



Kaasrahastanud Euroopa Liit
Euroopa Põllumajanduse Tagatisfond

EESTI MESINDUSKOGU



VARROALESTA TÕRJEPREPARAATIDE EFEKTIIVSUS, RESISTENTSUS JA MÕJU MESILASPEREDE TERVISELE

Ülevaade

Koostaja: nimetatud teadur Sigmar Naudi, PhD

Tartu 2025



SISUKORD

LÜHENDID JA SELGITUS.....	3
SISSEJUHATUS	4
2. METOODIKA	7
3. TULEMUSED	8
3.1. ORGAANILISED AKARITSIIDID.....	8
3.1.1. OBLIKHAPPE EFEKTIIVSUS	8
3.1.1.1. OBLIKHAPPE MÕJU.....	10
3.1.2. TŪMOOLI EFEKTIIVSUS	14
3.1.2.1. TŪMOOLI MÕJU	15
3.1.3. SIPELGHAPPE EFEKTIIVSUS	18
3.1.3.1. SIPELGHAPPE MÕJU.....	20
3.2. SÜNTEETILISED AKARITSIIDID	23
3.2.1. AMITRAASI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS	23
3.2.1.1. AMITRAASI MÕJU.....	25
3.2.2. TAU-FLUVALINAADI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS.....	28
3.2.2.1. TAU-FLUVALINAADI MÕJU	29
3.2.3 FLUMETRIINI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS.....	31
3.2.3.1. FLUMETRIINI MÕJU	33
KOKKUVÕTE	35
SOOVITUSED MESINIKELE.....	37
KASUTATUD ALLIKAD	38



LÜHENDID JA SELGITUS

LD₅₀ (letaalne doos 50) tähendab seda, kui suur kogus mingit ainet (näiteks pestitsiidi) on vaja, et tappa pooled katserühmas olevad organismid. Tavaliselt väljendatakse seda kui milligrammi ainet kehakaalu kilogrammi kohta (mg/kg). Kui LD₅₀ on näiteks 10 mg/kg, siis tähendab see, et 10 mg ainet iga kilogrammi kehakaalu kohta tapab umbes pooled loomad või putukad, kellele see annus anti.

LC₅₀ (letaalne kontsentratsioon 50) näitab, kui suur peab olema mürgise aine kontsentratsioon keskkonnas (näiteks õhus, vees või viaalis), et põhjustada poole katserühma isendite surm. Kui LC₅₀ on näiteks 20 µg/mL, siis tähendab see, et 20 mikrogrammi ainet ühes milliliitris keskkonnas (nt vedelikus või auras) tapab umbes pooled putukad, kes sellega kokku puutuvad.

LC₉₀ (letaalne kontsentratsioon 90) näitab, kui suur peab olema mürgise aine kontsentratsioon keskkonnas (nt vedelikus või auras), et hukkuks 90% katserühma isenditest. Kui LC₉₀ on näiteks 50 µg/mL, siis tähendab see, et sellise kontsentratsiooniga aine tapab 90% lestadest või teistest katseputukatest.

EC₅₀ (efektiivne kontsentratsioon 50%) on kontsentratsioon, mille juures täheldatakse testorganismide populatsioonis 50% ulatuses mingisugust mõõdetavat vastust või mõju, kuid mitte tingimata surma. Kui LD₅₀ ja LC₅₀ näitavad, milline doos või kontsentratsioon põhjustab 50% suremuse, siis EC₅₀ näitab, milline aine kontsentratsioon põhjustab 50% maksimaalsest füsioloogilisest või käitumuslikust reaktsioonist - näiteks liikumise aeglustumine, arengupeatetus, ensüümide aktiivsuse muutus, söögiisu vähenemine, kasvukiiruse langus jne.

OH (oblikhape) on loodusliku päritoluga akaritsiid.

SH (sipelghape) on loodusliku päritoluga akaritsiid.



SISSEJUHATUS

Varroalest (*Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000) on tänapäeval kõige laastavam mesilasi kahjustav parasiit maailmas, eelkõige Euroopa meemesilastele (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) (Jack & Ellis, 2021). Varroalest hakkas globaalselt levima alates 1950. aastast, jõudes järjestikku mitmetesse riikidesse: esmalt NSV Liitu 1952. aastal, seejärel Jaapanisse (1958), Saksamaale (1958) ning Ameerika Ühendriikidesse 1987. aastal (Rosenkranz *et al.*, 2010). Eestis tuvastati varroalest esmakordselt 1978. aastal (Vejsnæs *et al.*, 2019). Parasiidi rahvusvahelise leviku üheks oluliseks teguriks on olnud inimtegevus - muu hulgas rändmesindus ja kaubanduslik mesilasemade ning -perede liikumine (Rosenkranz *et al.*, 2010).

Täiskasvanud emaslestad on umbes 1,5–2,0 mm pikkused ning levivad fooreesia teel, kinnitudes täiskasvanud töomesilastele. Paljunemiseks liiguvad lestad vastsete juurde vahetult enne haudme kaanetamist (Rosenkranz *et al.*, 2010). Paljunemiseks liiguvad nad vahetult enne haudme kinnikaanetamist mesilasvastsete juurde, eelistatult lesehaudmesse, kus vastse pikem arenguaeg võimaldab neil muneda rohkem järglasi. Näiteks Calderón *et al.* (2007) uuringus leiti, et kuigi varroalestade viljakusprotsent oli töomesilaste ja leskede haudmes üsna sarnane (vastavalt 76,5% ja 79,3%), oli elujõuliste järglaste osakaal leskede haudmes märkimisväärselt suurem (38,1% vs 13,8%), kuna lesehaudme pikem arenguaeg võimaldab lestadel edukamalt järglasi kasvatada.

Umbes 60-70h pärast kannu kaanetamist, muneb emaslest oma esimese muna. Esmalt munetakse isaslesta muna, millele järgneb iga ~30 tunni järel mitu emaslesta. Paaritumine toimub kaanetatud haudmes, kus emased lestad viljastatakse oma venna poolt. Noore mesilase koorumisel lahkub kärjest koos temaga ka ema- ja tütarlestad, samas kui isane sureb sealsamas kannus (Roth *et al.*, 2020).

Varroalestad toituvad mesilaste rasvkehast (Ramsey *et al.*, 2019), kahjustades arengut ning põhjustades väärarenguid (Erban *et al.*, 2024). Nakatunud mesilastel on sageli lühenenud eluiga, mis mõjutab kogu mesilaspere talvitumisvõimet (Grozinger & Flenniken, 2019). Lisaks kannavad varroalestad edasi viiruseid, näiteks kärbunud tiiva viirus (DWV), krooniline mesilaste paralüüsi viirus (CBPV), musta emakupu viirus (BQCV), kotthaudmeviirus (SBV) jt (Doublet *et al.*, 2024). Eriti ohtlik on viiruste ülekandumine haudmeperioodil, mil lestad toituvad pidevalt vastsetel. DWV on üks peamisi tegureid, mida seostatakse mesilasperede äkilise kollapsi sündroomiga



(Colony Collapse Disorder (CCD)) (Martin *et al.*, 2012; Schroeder & and Martin, 2012).

Varroalesta tõrjumiseks on välja töötatud mitmeid erinevaid meetodeid (Roth *et al.*, 2020). Varasemalt on efektiivseteks peetud sünteetilisi akaritsiide nagu tau-fluvalinaat, amitraas ja kumafoss. Kuigi mõningad neist on Euroopa Liidus endiselt lubatud varroatoosi tõrjeks, on nende kasutamine paljudes riikides piiratud, kuna varroalestadel on kujunenud resistentsus nende toimeainete suhtes. Selle tulemusena on nende preparaatide tõrjefunktsioon paljudes piirkondades oluliselt vähenenud (Rosenkranz *et al.*, 2010; Tihelka, 2018).

Alternatiivina sünteetilistele ainetele, on üha laialdasemalt hakatud kasutama orgaanilisi happeid, eelkõige oblikhapet ja sipelghapet, mille suhtes resistentsust ei ole seni tuvastatud ning mille toime varroalestadega vastu on osutunud üsnagi tõhusaks (Kosch *et al.*, 2024). Lisaks on nende kasutamine lubatud ka mahesertifikaadiga mesindusettevõtetes. Varroalesta tõrjeks kasutatakse erinevaid meetodeid, sõltuvalt kasutatava toimeaine omadustest ja manustamisviisist. Peamised meetodid on fumigatsioon (näiteks oblikhappe aurustamine), kontakttoime (nt amitraasi või flumetriini sisaldavad ribad nagu Apivar ja Bayvarol) ning süsteemne tilgutamine (nt oblikhappe lahuse tilgutamine haudmevabal ajal). Samuti kasutatakse aurustuvaid geele, näiteks tümoolipõhine Apiguard, mis levib aeglaselt taruõhuga.

Igal tõrjemeetodil on oma spetsiifilised kasutustingimused ja efektiivsus. Oluline on silmas pidada, et ebaõige annustamine, sobimatu rakendusaeg või ebasobivad keskkonnatingimused võivad põhjustada mesilaste mürgistusi, haudme kahjustusi ning mesindussaaduste saastumist akaritsiidide jääkidega (Bogdanov, 2006; Raimets *et al.*, 2020; Rosenkranz *et al.*, 2010; Wallner, 1999). Seetõttu on tõrjeprotsessi pidev jälgimine ja analüüs ülioluline. Näiteks sipelghappe aeglase aurustumise meetodi puhul tuleb hinnata, kas taru on piisavalt suletud, et saavutada soovitud aurustumiskiirus - ligikaudu 10 g päevas. Kui aurustumine on liiga kiire või aeglane, võib tõrje osutuda ebaefektiivseks. Levinud viga on see, et sipelghappega immutatud lapp asetatakse lihtsalt taru peale, kuid jäetakse taru õhutusavad lahti, mistõttu hape aurustub soovitud 14 päeva asemel vaid paari päevaga, vähendades oluliselt tõrje tõhusust (autori enda tähelepanekud).

Hoolimata mitmesuguste tõrjemeetodite olemasolust puudub endiselt meetod, mis tagaks varroalesta täieliku hävitamise. Parasiit kujutab seetõttu jätkuvalt olulist probleemi mesindussektorile üle maailma. Uus suund on püüda aretada mesilasliine, mis taluksid paremini varroalestadega olemasolu või omaksid loomulikku resistentsust lesta vastu, eelkõige nn VSH



(Varroa Sensitiivne Hügieen) omadust (Danka *et al.*, 2011). VSH-mesilased suudavad tuvastada lestadega nakatunud haudmekanne ja need enne valmimist avada ning haue eemaldada, katkestades sel moel lesta paljunemistsükli (Harbo & and Harris, 2009). Mõningast edu on küll saavutatud ning sellised liinid näitavad vähendatud lestasust, kuid senini on probleeme taluvuskoefitsiendi alalhoidmise ja stabiilsuse tagamisega põlvkondade lõikes. VSH-omaduse pärandumine on keeruline, kuna tegemist on polügeense tunnusega, mida kontrollivad mitmed geenid, ja mille säilitamiseks peab pidevalt rakendama tugevat valikurõhku (Locke, 2016).

Pestitsiidiresistentsus lestades tähendab nende võimet ellu jääda akaritsiidide toimel, mis tuleneb sageli geneetilistest või metaboolsetest kohastumustest (González-Cabrera *et al.*, 2013). Resistentsus areneb pikaajalise selektiivse surve tõttu, kus juhuslikud mutatsioonid võimaldavad teatud isenditel ellu jääda ja oma resistentseid geene edasi anda. Pidev kokkupuude madaladoosiliste akaritsiidijääkidega - näiteks vaha või haudme kaudu - võib soodustada resistentsete isendite valikut ja levikut (Rinkevich *et al.*, 2017). Selline selektiivne surve võib kaasa tuua ka ristresistentsuse, mille puhul lestad muutuvad resistentseks mitmele keemiliselt sarnasele või toimetehhanismilt lähedasele toimeainele (Martin, 2015).

Lestade suurenenud taluvust erinevate akaritsiidide suhtes saab tuvastada kontrollitud laborikatsete kaudu (nt määrates LC_{50} või LC_{90} väärtusi) või järeldada kaudselt, kui katsetes mesilasperedega täheldatakse tõrjetõhususe langust. Katsetulemusi mõjutavad mitmed tegurid, sealhulgas varroalesta olemasolev resistentsustase, esialgne nakkuse ulatus, haudme hulk, reinvasiooni intensiivsus ning ka keskkonnatingimused - näiteks temperatuur, niiskus ja haudme arengutsüklid, mis mõjutavad lesta paljunemist (Kamler *et al.*, 2016). Pestitsiidiresistentsuse teke on üks peamisi põhjuseid, miks varem efektiivsed keemilised tõrjevahendid aja jooksul tõhususe kaotavad (Rosenkranz *et al.*, 2010; Sammataro *et al.*, 2000). Resistentsuse kinnitamine eeldab toksikoloogilisi bioanalüüse (nt kontakttestid), biokeemilisi uuringuid (nt ensüümide aktiivsuse hindamine) või molekulaargeneetilisi analüüse (nt resistentsusgeenide tuvastamine), kasutades erinevatest piirkondadest kogutud lestasid (González-Cabrera *et al.*, 2013; Hubert *et al.*, 2014; Maggi *et al.*, 2010).



2. METOODIKA

Käesoleva töö eesmärk oli koguda ja süstematiseerida teadusartikleid, mis käsitlevad sipelghappe, tümooli, oblikhappe, amitraasi, tau-fluvalinaadi ja flumetriini kasutamist ning tõrjeefektiivsust varroalesta vastu, keskendudes seejuures viimase 15 aasta jooksul (ajavahemik: 2010-2025) avaldatud uuringutele. Fookuses olid eelkõige originaaluuringud, mis käsitlesid nende toimeainete mõju mesilastele, varroalesta tõrjeefektiivsust ning resistentsuse võimalikku kujunemist.

Kirjanduse otsing viidi läbi Web of Science Core Collection andmebaasis (webofknowledge.com, ISI Web of Science liides), kasutades struktureeritud märksõnaotsingut. Otsingus kasutati järgmisi märksõnu ja nende kombinatsioone, et tagada võimalikult lai haare: (toimeaine/preparaadi nimi) AND (efficacy OR effectiveness) AND (resistance OR resistant) AND (honey bee OR "Apis mellifera")*. Kui mõne preparaadi või toimeaine kohta ei leitud piisavalt artikleid, täiendati otsingut Google Scholar'i abil. Analüüs viidi läbi publikatsioonide pealkirjade, kokkuvõtete ning autorite märksõnade (Topic Search) alusel.

Valimisse kaasati ainult metoodiliselt põhjalikud ja rangelt läbi viidud empiirilised uuringud, mille puhul olid selgelt määratletud nii metoodika kui ka tulemuste hindamise kriteeriumid. Samuti välistati tööd, mis käsitlesid liiki *Varroa jacobsonii*, kuna see liik ei ole Eesti oludes aktuaalne, ning uuringud, mis põhinesid üksnes mesinike küsitlustel. Samuti ei kaasatud töid, kus uuritav preparaat või toimeaine oli esitatud vaid positiivse kontrollina.

Kirjanduse otsingul Web of Science'i kaudu tuvastati kokku 89 teadusartiklit. Nende tulemuste tõlgendamisel valiti välja metoodiliselt kõige kvaliteetsemad ning sisuliselt asjakohaseimad uuringud. Iga preparaadi tulemuste jaotise lõppu koostati ka kokkuvõtlik tabel, kus on esitatud kümme kõige olulisemat ja usaldusväärsemat teadusallikat, võimaldades lugejal vajadusel süvitsi edasi uurida.



3. TULEMUSED

3.1. ORGAANILISED AKARITSIIDID

3.1.1. OBLIKHAPPE EFEKTIIVSUS

Viimase 15 aasta jooksul on oblikhappel põhinevaid tõrjepreparaate uuritud mitmes vormis - sealhulgas aurustatavate pulbrite (nt Api-Bioxal, Varroxaal), tilgutatavate lahuste ning glütseriiniga immutatud kandematerjalidena. Eestis kasutatakse aga valdavalt üksnes oblikhapet (OH) toimeainena, ilma registreeritud kaubanduslike preparaatideta.

OH kasutamine varroalesta vastu on osutunud efektiivseks, sõltudes nii kontsentratsioonist kui ka rakendusmeetodist. Tilgutamisviisi korral saavutati parim tulemus 100 g oblikhappega (4,2% lahus), mille keskmine lestatõrje efektiivsus ulatus 81%-ni, varieerudes perede lõikes 67,2% kuni 93,8%. Madalama kontsentratsiooniga lahused (3,2% ja 2,1%) andsid vastavalt keskmiseks efektiivsuseks 70 g puhul 65-87% ja 50 g puhul 55,7-81,9%, mis oli oluliselt madalam (Adjlane *et al.*, 2016). Oluline on märkida, et Eestis on levinud oblikhappe kasutusprotokolliks 70-75 g oblikhapet 1 kg suhkruga ja 1 liitri vee kohta, mis vastab ligikaudu 3,2% lahusele - antud uuringu andmetel aga osutus see kontsentratsioon märgatavalt vähem efektiivseks võrreldes 4,2% lahusega.

Ameerika Ühendriigis Berry *et al.* (2022) tehtud katse tulemusena leiame, et korduva 1-grammise OH-aurustamise puhul iga 5 päeva tagant täheldati kontrollgruppidega võrreldes olulist erinevust lestanakkuse intensiivsuses - nimelt kasvas varroalesta tase ajas kontrollgruppides, samas kui OH vähendas lestad arvu mõõdukalt (0,7 ühiku võrra). Seega OH-tõrje ei vähendanud lestad arvu, vaid hoidis selle muutumatuna. Lisaks ei avaldanud mitmekordne OH-aurustamine märgatavat mõju täiskasvanud mesilaste arvule, haudme pindalale ega meevardude kogusele. Siinkohal tuleb arvesse võtta, et antud katse dünaamika nägi ette, et tehti aurutamist haudmetegevuse perioodil ning oblikhappe on kõige tõhusam just haudmevabal perioodil (Jack *et al.*, 2020). Ühtlasi tundub 1g manustamine vähe. Pigem peaks see olema 2g haudmekorpuse kohta nagu näitab ka Toufalia *et al.* (2016) oma töös.

Viimastel aastatel on populaarsust kogumas oblikhappe-glütseriinisegu kasutamine, kus segu immutatakse paberirätikutesse või muudesse kandematerjalidesse ja asetatakse tarusse aeglaseks toimeaine vabanemiseks. Samas on uuringutulemused selle meetodi efektiivsuse osas vastuolulised. Näiteks 2022. aastal läbi viidud uuringus, kus kasutati glütserooli ja oblikhappe



seguga immutatud paberirätikuid, ei täheldatud olulist mõju varroalestade arvukuse vähenemisele (Bartlett *et al.*, 2023). Samas näitas hiljutine uuring Bulgaarias Hristov *et al.* (2025), et parima tulemuse andsid 2,3 mm paksused ribad, mis olid valmistatud tselluloosi ja puuvilla segust ning immutatud glütserool-oblikhappe seguga - nendes peredes oli varroalestade nakatumise määr vaid 0,33%. Ka sama paksusega paber-tselluloosiribad näitasid lestataseme vähenemist, kuigi veidi väiksemas ulatuses. Võrreldes 1,3 mm paksuste ribadega oli selge, et paksemad ja paremini imavad kandematerjalid tagasid pikemaajalise ning tõhusama toime, kuna need jäid tarusse stabiilsemalt ja neid ei eemaldatud mesilaste poolt kergesti. Seega on tõrjemeetodi efektiivsuse tagamiseks äärmiselt oluline valida sobiv kandematerjal, mis tagab toimeaine stabiilse vabanemise ja pikemaajalise toime tarus.



3.1.1.1. OBLIKHAPPE MÕJU

Uued teadusuuringud kinnitavad, et OH kasutamine meemesilaste tõrjes on üldiselt ohutu, kui järgitakse soovituslikke annuseid. Näiteks 2024. aastal avaldatud uuringus Prieto *et al.* (2024) hinnati aurustatud oblikhappe korduvat manustamist (fumiginiseerimine) annustes 0, 5, 10 ja 20 g mesilaspere kohta nädalas nelja nädala jooksul. Tulemused näitasid, et ainult kõrgeim annus (20 g) põhjustas statistiliselt olulise, kuid lühiajalise täiskasvanud mesilaste suremuse suurenemise (366 mesilast). See suremus moodustas siiski vaid umbes 1,5-2% mesilaspere töomesilastest ning ei mõjutanud oluliselt mesilaspere üldist arengut. Samas uuringus leiti, et oblikhappe kasutamine ei avaldanud märkimisväärset mõju mesilasemade viljakusele ega sperma kvaliteedile. Ka haudme pindala ja mesilaspere suurus ei näidanud olulisi erinevusi võrreldes kontrollrühmadega.

Ka varasemad uuringud on näidanud, et OH kasutamine on mesilastele üldiselt ohutum kui sipelghappe (SH). SH-tõrjega kaasnes suurem mesilaste ja emade suremus, eriti kuumade ilmastikutingimuste korral või kui ületati soovitatud doosid (Moro & Mutinelli, 2019). OH-rühmades säilisid kõik mesilasemad ning pered arenesid normaalselt, sh kevadise ja suvise meekorje osas. SH-rühmades täheldati seevastu nii mesilaste suremust kui ka haudme pindala vähenemist, mis mõnel juhul viis pere kokkuvarisemiseni.

Oluline ja sageli alahinnatud aspekt on asjaolu, et kuigi oblikhappe ei pruugi olla toksiline täiskasvanud töomesilastele, võib see siiski avaldada kahjulikku mõju haudmele, eriti just noorematele vastsetele (Terpin *et al.*, 2019). Uuringus leiti, et oblikhappe suukaudne manustamine põhjustas toksilist toimet, mis sõltus vastse arengujärgust - teise arengujärgu vastsed olid oluliselt tundlikumad kui kolmanda ja neljanda arengujärgu vastsed. Meemesilaste vastse arengujärke on viis, mille järel toimub nukkumine. Kolmanda ja neljanda arengustaadiumi vastsetel määratud LC₅₀ väärtused olid märkimisväärselt kõrgemad, mis viitab nende suuremale taluvusele oblikhappe suhtes.



Tabel 1. Oblikhapet sisaldavate preparaatide efektiivsus ja toksilisus varroalesta tõrjes.

Preparaat	Mõju varroalestale ((efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Mõju mesilastele.	Viide
Oblikhappe tilgutamine	100 g OH keskmine efektiivsus 81%. 70 g OH keskmine vahemik 57,4-87,7%. 50 g OH keskmine vahemik 55,7-81,9. Grammid on toodud, et saada vastavad kontsentratsioonid (1/1 suhkur vesi suhtega). Näiteks 100g OH annab 4.2% lahuse.		(Adjlane <i>et al.</i> , 2016)
Oblikhappe aurustamine	Lestad: madalaim tase Apivar-rühmas. OH (1× vs 3×): sarnane lestalangus.	Apivar: 0 peresurma, ellujäämise tõenäosus +42,4× suurem. Haudmepaus (ilma OH-ta): ellujäämise tõenäosus - 21×, madalaim haudmekogus. Mesilaste arv: väiksem haudmepausi rühmades.	(Jack <i>et al.</i> , 2020)
Oblikhappe aurustamine	OH (1 g korpuse kohta iga 5 päeva järel): peatas lestade arvu kasvu -0,7 ühiku võrra. Kontrollperedes: lestade arv kasvas märgatavalt 4,4 ühiku võrra.	Mesilaspere tervis: haue, mesilaste arv ja mesi ei muutunud.	(Berry <i>et al.</i> , 2022)
Oblikhappe-glütseriini lapp	0 g OH: lestade arv tõusis veidi. 12 g OH: lestade arv tõusis veidi.		(Bartlett <i>et al.</i> , 2023)



	18 g OH: väike langus, aga mõju oli väga väike. Kontroll (ilma igasuguse tõrjeta): lestade arv kasvas kõige rohkem. Grammid on toodud taru kohta, et kui palju OH glütseriililapile pandi.		
Aluen CAP (tselluloosiribad), 10g riba	Keskmine lestade suremus oli 93,1%.	Tõrje käigus ega järel ei täheldatud surnud hauet ega mesilasemasid.	(Maggi <i>et al.</i> , 2016)
Api-Bioxal	Katse 1: Efektiivsus: Tilgutamine: 81,5% (35 g. 500ml suhkrulahus). Aurustamine (2,3 g pere kohta): 95,1% Kontrolltõrje (CheckMite+): 97,8%. Katse 2: Efektiivsus: Kõik testgrupid: >90% Kontrollrühm: 8,6% Dooside võrdlus (aurustamine): 2,3 g (pere kohta): 94,3% efektiivsus. 1,3 g (pere kohta): 90,2% efektiivsus.	Haudme pindala kevadel ei erinenud rühmade vahel.	(Coffey & Breen, 2016)
Tilgutamine glütserooli-rätik	Efektiivsus: Tilgutamine (2.9% 1x nädalas 3 nädalat): Sügis: +337% Talv: -69% Kevad -71% Suvi: +175%		(Jack <i>et al.</i> , 2024)



	Glütserooli-rätik: Sügis: +883% Talv: +156% Kevad: +12% Suvi: -2%		
Oblikhape tilgutamine	Efektiivsus: 3,2% - 94,84% ± 0,34, 4,2% - 92,68% ± 0,37		(Qadir <i>et al.</i> , 2021)
ProVap 110 aurustamine	2 g vs 3 g OH haudmekorpuse kohta: vahet ei olnud - mõlemad annused võrdselt tõhusad Ainult OH: lestade suremus 2,9× suurem kui tõrjumata peredes Ainult haudmepaus: ei andnud olulist mõju. Haudmepaus + OH koos: lestade suremus 6× suurem kui tõrjumata peredes. Haudmepaus kahekordistas oblikhappetõrje tõhususe.		(Berry <i>et al.</i> , 2023)
Oblikhape	Efektiivsus: 0.5% (25ml kärjetänav): Ühe tilgutusega 97,6-99,0% ja kahekordse tilgutusega 99,2- 99,8%.		(Toomemaa, 2019)



3.1.2. TÜMOOLI EFEKTIIVSUS

Tümoolil põhinevad tõrjemeetodid, eelkõige Apiguard, mis on levinud ka Eestis ja kuulub lubatud preparaaside hulka, on näidanud mitmetes uuringutes järjepidevalt kõrget efektiivsust varroalesta tõrjel. Kevadistes tingimustes saavutati Apiguard-i kasutamisel keskmiselt 89,8% tõrjeefektiivsus, mis ületas oluliselt amitraasil (Apivar) põhineva tõrje tulemust, milleks oli 64,3% (Leza *et al.*, 2015). Statistiline analüüs näitas Apiguard-i ja kontrollrühma vahel olulist erinevust, samas kui Apivar-i ja kontrollrühma vahel ilmnes vaid tendents.

Sügisperioodil, mil keskmised temperatuurid langesid 13 °C juurde, vähenes Apiguard-i efektiivsus märgatavalt, saavutades vaid 30,8% lestade languse. See kinnitab tümooli temperatuuritundlikkust - alla 15 °C langevad temperatuurid pärsivad tümooli aurustumist ning sellega kaasneb akaritsiidse toime oluline vähenemine. Selliseid tulemusi tuleb tõlgendamisel arvesse võtta koos varasema kasutusajalooga, sest mitmes Euroopa piirkonnas on varroalesta tõrjes domineerinud amitraas, mille efektiivsuse langus võib olla seotud resistentsuse kujunemisega.

Üldiselt on tümool näidanud stabiilselt häid tulemusi ka teistes uuringutes. Näiteks Loucif-Ayad *et al.* (2010) teatasid, et Apiguard hävitas keskmiselt 93-97% lestadest, ületades nii Apivar-i (amitraas) (82-88%) kui Bayvarol-i (flumetriin) (85-90%) efektiivsuse. Tümooltõrje tõhusust saab veelgi suurendada, kui seda kombineerida kunstliku haudmepausiga - sellise strateegia kasutamisel saavutati kuni 97% tõrjeefektiivsus, võrreldes 76,1%-ga pelgalt Apiguard-i rakendamisel. Ainuüksi haudmepaus andis oluliselt tagasihoidlikuma tulemuse - vaid 40,6% (Jack *et al.*, 2024).



3.1.2.1. TÜMOOLI MÕJU

Tümooli võimalikku mõju meemesilastele on käsitletud mitmetes teadusuuringutes, kusjuures enamik andmeid viitab selle suhtelisele ohutusele tavapäraste rakendustingimuste korral. Siiski on teatavatel juhtudel täheldatud ka negatiivseid toimeid. Tümooli toksikoloogiliste omaduste hindamisel on leitud, et selle 48-tunnine suukaudne LD₅₀ mesilasvastsetele on 0,044 mg/vastne (Charpentier *et al.*, 2014). Väiksem LD₅₀ väärtus viitab suuremale toksilisusele, mis tähendab, et juba väga väike annus võib põhjustada poolte vastsete hukkumise. Võrdluseks on see näitaja oluliselt madalam kui paljudel sünteetilistel akaritsiididel, näiteks amitraasil või flumetriinil, mis omakorda viitab tümooli suhteliselt suuremale riskile just noorte arengujärgkude puhul. Samas tuleb arvestada, et reaalsetes rakendustingimustes, näiteks tümoolipõhiste preparaaside kasutamisel, jääb vastsete tegelik kokkupuude üldjuhul oluliselt alla eksperimentaalsetes tingimustes määratud LD₅₀ taseme, kuna tümool levib peamiselt taru keskkonnas aurudena ning avaldab oma mõju eelkõige täiskasvanud mesilaste vahendusel.

Molekulaarsel tasandil pärineb oluline teave tümooli toimemehhanismi kohta uuringust Price & Lummis, (2014), milles kirjeldatakse varroalesta GABA-retseptori (RDL) ebatüüpilist aminohappejääki kanalisuuna piirkonnas. Tümool toimib varroalestadele eelkõige nende närvisüsteemi kaudu. See aine mõjutab lestade närvirakke, häirides normaalset signaalide liikumist ja põhjustades nende närvisüsteemi talitlushäireid. Lihtsamalt öeldes muudab tümool lestade närvid tavapärasest tundlikumaks, kuid ei blokeeri neid täielikult. Tänu sellele on tümooli toime varroalestale mitmekülgne – lestadel on väga raske selle aine vastu resistentseks muutuda, sest nad peaksid selleks korraga muutma mitut erinevat närviraku omadust. Seetõttu erineb tümool sünteetilisest preparaatidest, mille toime põhineb sageli vaid ühel kindlal närvisüsteemi osal ning mille vastu resistentsus tekib kergemini.

Huvitava tähelepaneku on teinud Colin *et al.* (2020), kes leidsid, et tümooli ja imidaklopriidi (insektitsiid) kombinatsioon mõjutas negatiivselt mesilaste visuaalset õppimist, samas kui üksikute ainete mõju ei olnud märgatav.



Tabel 2. Tümooli sisaldavate preparaate efektiivsus ja toksilisus varroalesta tõrjes.

Preparaat	Kommentaar (efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Viide
Apiguard	Efektiivsus: Apiguard + haudmepaus (kombineeritud): 96,9% - peaaegu täielik lesta eemaldus. Ainult Apiguard: 76,1% (vahemikus 60,5-86,3%). Ainult kunstlik haudmepaus (emade puuristamine): 40,6% (vahemikus 30,2-47,8%). Looduslik lestade langemine (ilma tõrjeta): 5,2%.	(Giacomelli <i>et al.</i> , 2016)
Apiguard	Kevadised tulemused: Efektiivsus: 89,8%. Sügisene tulemus: Efektiivsus: 30,8%.	(Leza <i>et al.</i> , 2015)
Apiguard ApiLife Var	Efektiivsus: Apiguard: 95 ± 2%. ApiLife Var: 96 ± 2%.	(Loucif-Ayad <i>et al.</i> , 2010)
Apiguard	Efektiivsus: Sügis: +38%. Talv: -76%. Kevad: -95%. Suvi: -7%.	(Jack <i>et al.</i> , 2024)
Tümoool-geel Tümoool + tüümian Tümoool + mentool + eukalüpt	Keskmiselt 70 päeva jooksul langes tarudest: Tümoool-geel: 14,9 lesta (sügis) / 4,07 (kevad).	(Khajehali <i>et al.</i> , 2023)



	Tümool + tüümian: 7,41 lesta. Tümool + mentool + eukalüpt: 8,40 lesta.	
Tümool	5 g tümool + piparmünt: 97,3%. 4 g tümool + piparmünt: 95,8%. Tõrjeta: ~30% (loomulik langus).	(Salkova <i>et al.</i> , 2024)
Apiguard	Efektiivsus: Apiguard iga 5 päeva järel: 100%. Iga 6 päeva järel: 100%. Iga 7 päeva järel: 98%. Kontroll: Lestade arv suurenes 179%. Kokku 35 päeva.	(Chinkangsadarn <i>et al.</i> , 2024)
Tümool õlina	Efektiivsus: 82%.	(Özüüçli <i>et al.</i> , 2024)
Tümool	Efektiivsus: 96,9%. Kasutati 2x25g.	(Calderón <i>et al.</i> , 2014)
Tümool	Efektiivsus: 100% varroalestade surm 2h jooksul.	(Hýbl <i>et al.</i> , 2021)



3.1.3. SIPELGHAPPE EFEKTIIVSUS

Sipelghappe kasutamine varroalesta tõrjeks näitas erinevates välikatsetes ja kliimatingimustes suurt potentsiaali, kuid selle efektiivsus ja ohutus sõltuvad märkimisväärselt happe kontsentratsioonist, manustamisviisist, tarude konstruktsioonist ning ümbritsevatest ilmastikutingimustest. Näiteks Steube *et al.* (2021) näitasid, et 65%-lise SH aurustamine andis üldiselt kesise tõrjeefektiivsuse ($51,9 \pm 27,8\%$) ning oli tugevalt mõjutatud välistemperatuurist, eriti kahe korpusega tarudes. Teisalt aga, 85%-line SH pakkus natukene kõrgemat ja stabiilsemat tõrjetõhusust ($65,7 \pm 27,6\%$) ning vähem temperatuuritundlikkust. Eestis on talvitumisel väga laialdaselt kasutusel Farrar-tüüpi kahekorpuselised tarud ning sageli kombineeritakse neid ka Langstrothi raamidega (nt Farrar+Langstroth), samuti kasutatakse traditsioonilisi Eesti kahekorpuselisi tarusid, mis kõik on kõrge mahuga ning vähendatud ventilatsiooniga. Sellistes tarudes võib sipelghappe aurustumine olla ebaühtlasem ja aeglasem, mis mõjutab otseselt selle efektiivsust – seega tuleb tarutüüpi kindlasti arvestada sobiva kontsentratsiooni ja manustamismeetodi valikul. Seega tundub, et kõige efektiivsem on sipelghape just kõrge raamiga ühekorpuselistes tarudes.

Erinevad manustamismeetodid nagu MiteAwayII, MAQS ribad on Euroopas küll populaarsed, aga Eestis mitte saadavad. Sipelghappe kasutamine ribadena sobivas temperatuurivahemikus (10–29 °C) osutus kõige efektiivsemaks, saavutades kuni 97% efektiivsuse. Patjade ja aurustitega manustades jäi tõhusus sagedamini alla 80%, mistõttu on ribad eelistatud meetod (Campolo *et al.*, 2017). Suletud haudmes oli SH keskmine efektiivsus $68,64 \pm 8,39\%$, ulatudes piirkonniti 40,32% kuni 88,71%, kuid ka selles kategoorias jäi SH toime statistiliselt madalamaks kui OH-l huvitaval kombel.

Keskkonna temperatuur on sipelghappe tõrjeefektiivsuse üks olulisemaid mõjutajaid. Kui õhutemperatuur tõuseb üle 30 °C, kiireneb happe aurustumine märgatavalt, mis võib põhjustada mesilastele toksilisi mõjusid. Vastupidiselt, madal temperatuur aeglustab aurustumist ja vähendab seeläbi tõrje tõhusust. Optimaalseks rakendustingimuseks peetakse perioodi kui päevased temperatuurid jäävad vahemikku 10–29,5 °C ning pered ei ole koormatud tugeva nektarivooga. Steube *et al.* (2021) näitasid, et kui temperatuur langes alla selle vahemiku, vähenes sipelghappe



Kaasrahastanud Euroopa Liit
Euroopa Põllumajanduse Tagatisfond

EESTI MESINDUSKOGU

aurude kontsentratsioon tarus kiiresti, mis omakorda lühendas toimeaega ja halvendas lõpptulemust. SH ja OH kombineeritud kasutamine andis paremaid tulemusi kui SH üksi. Näiteks Nassenheider Professional ja OH kombinatsioon andis 92,7% tõhususe võrreldes SH-preparaadi üksiktulemusega 73,2% (Pietropaoli & and Formato, 2022). Samas tõid need kombineeritud tõrjemeetodid kaasa olulise languse mesilaste ja haudme hulgas, näiteks Varterminator + OH vähendas haudme hulka 83,9%.



3.1.3.1. SIPELGHAPPE MÕJU

Üldises võtmes on sipelghape mesilastele tugevama toimega ning raskesti vastuvõetavam kui näiteks oblikhape. MAQS-ribade mõju uurinud uuringus leiti, et SH-ga töödeldud peredes oli päevane mesilaste suremus keskmiselt 44,5 isendit, samas kui kontrollperedes oli see 24,4 (Emsen *et al.*, 2020). Samas töös täheldati ka perede suuruse märgatavat vähenemist pärast tõrjet: SH-ga töödeldud perede suurus kahanes keskmiselt 38%, võrreldes oblikhappega töödeldud perede 28% vähenemisega.

Sipelghappe negatiivne mõju kevadisel kasutamisel on osutunud eriti tõsiseks. Leedus läbi viidud uuringus Pileckas *et al.* (2012), põhjustas kevadine SH-tõrje kuue mesilaspere hukkumise kümnest. Lisaks hukkus pärast kevadist sipelghappetöötlust kuus peret kümnest, neljas allesjäänud peres suurenes märgatavalt lesehaudme osakaal, mis moodustas umbes 85% kogu haudmest. Pärast esimest ja teist töötlust oli mesilaste arvukuse langus vastavalt 15 ja 16,8 korda suurem kui oblikhappetõrje korral. Uute emade lisamine nendesse peredesse põhjustas sülemlemist ja lõpuks perede hukkumist. Antud katses kasutati siis Nassenheideri aurustit.

Näiteks Hendriksma *et al.* (2024) leidsid, et SH kasutamine põhjustas 1,6 korda suurema haudmekao ja umbes 30% suurema mesilasemade kaotuse võrreldes kontrollrühmaga. Tõrje ajal täheldati mesilasperedes stressikäitumist, sealhulgas mesilaste kogunemist taru välisküljele ja kahe mesilaspere täielikku hülgamist. Üldiselt peeti tahket vormi (Formic Pro) lihtsamaks ja ohutumaks, kuna see oli kiirem ja vähendas kokkupuudet sipelghappe aurudega. Uuringus kasutati Hollandi „simplex“ tüüpi tarusid, mis on umbes 22% väiksemad kui standardne Langstrothi taru. See võis põhjustada suurema sipelghappe kontsentratsiooni tarus, mõjutades tõrje efektiivsust ja mesilaste heaolu. Uuringus märgiti ka, et temperatuurid olid muutlikud 19,4 °C ning väga tihti päevane temperatuur ületas 25 °C.

Gashout *et al.* (2018) täheldasid, et kuigi sipelghappe kasutamine ei mõjutanud oluliselt mesilaste hügieenilist käitumist, vähendas see märkimisväärselt nende korjeaktiivsust, sest SH töödeldud mesilased sooritasid oluliselt vähem korjereise võrreldes kontrollrühmadega.



Tabel 3. Sipelghappe tõrjeefektiivsus ja mõju meemesilastele sõltuvalt kasutusviisist.

Preparaat	Kommentaar (efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Mõju mesilastele.	Viide
Sipelghape (65%) 150g.	Efektiivsus: 94,7%.		(Calderón <i>et al.</i> , 2014)
Nassenheider Professional (60%) MAQS	Efektiivsus: Nassenheider Professional: $73.2 \pm 12.5\%$. MAQS: $49.3 \pm 14.9\%$.		(Pietropaoli & Formato, 2022)
Sipelghape (10ml, 70% iga kahe päeva järel)	Lestade tase alla majandusliku läve (<3 lesta 300 mesilase kohta) kuni 24 päeva jooksul pärast tõrje alustamist.		(Sajid <i>et al.</i> , 2020)
Sipelghape (65% ja 85%)	Efektiivsus: 85%: $65,7 \pm 27,6\%$. 65%: $51,9 \pm 27,8\%$.		(Steube <i>et al.</i> , 2021)
Sipelghape (65%) kolmel viisil: MiteWipe Flash-meetod MiteAwayII™	Märkimisväärne lestade langus.	5 mesilasema surm, haudme arengu pidurdumine, väiksem meekogus.	(Giovenazzo & Dubreuil, 2011)
Nassenheideri aurusti (40ml, 60%).	Lestalangus suurenes 1,4 korda võrreldes loomuliku langusega. Põhjustas mesilaste suremust 15-16,8 korda rohkem	Kuus mesilaspere hukkusid pärast kevadist sipelghappe tõrjet; neljas mesilasperes suurenes lesehaudme	(Pileckas <i>et al.</i> , 2012)



	võrreldes OH-ga.	osakaal ~85%-ni haudmest.	
Maqs ribad.	Kõrge efektiivsus sügisel: 96.8%.	SH kasutamine põhjustas mõningatel juhtudel märkimisväärse mesilaste suremuse: keskmiselt 44.5 mesilast päevas võrreldes 24.4 mesilasega kontrollrühmas.	(Moro & and Mutinelli, 2019)
Formic Pro Sipelghape 65%	Formic Pro 14-päevane tõrje saavutas 89,4% efektiivsuse, 20-päevane tõrje 82,4%. 65% sipelghape saavutas 62% efektiivsuse.		(McCallum & Cutler, 2019)
Tahke: Formic Pro Vedel: 220ml sipelghape (60%)	Efektiivsus: Tahke vorm 96,0% Vedel vorm 95,4%.		(Hendriksma <i>et al.</i> , 2024)
Varterminator (36%, 250g geel).	Keskmine efektiivsus 94.62% ± 1.23.	Leiti ka, et preparaat põhjustas ligikaudu 80% munade suremuse. Ühtlasi põhjustas antud preparaat ca 12 % mesilasemade suremuse.	(Giusti <i>et al.</i> , 2017)



3.2. SÜNTEETILISED AKARITSIIDID

3.2.1. AMITRAASI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS

Amitraasi, sealhulgas Apivar ja Supatraz preparaatide kasutamine lestatõrjel on maailmas väga populaarne. Nii Lõuna- kui ka Kesk-Euroopas kasutatakse seda laialdaselt ning üldiselt on need preparaadid globaalselt levinud. Eestis on aga nii toimeaine kui ka antud preparaatide kasutamine lestatõrjel keelatud.

Viimastel aastatel on mitmetes piirkondades täheldatud, et amitraasi tõrjeefektiivsus on hakanud langema alla 90% lävendi, mida peetakse oluliseks tõhusaks varroatoosi kontrolliks. Efektiivsuse vähenemine viitab suurel määral preparaadi ülekasutamisele ja ebaõigele rakendamisele mesinduspraktikas. Paljudes riikides on dokumenteeritud, et amitraasi sisaldavaid preparaate kasutatakse järjestikustel hooaegadel - sügisel haudmevabal perioodil, kevadel haudmega ning ka suvel. Selline kasutusmuster loob pideva selektiivse surve, mis soodustab resistentsete lestadellujäämist ning viib järk-järgult toimeaine efektiivsuse vähenemiseni. Seetõttu rõhutatakse üha enam vajadust tõrjeskeemide vaheldamise ja integreeritud tõrjestrategie rakendamise järele, et säilitada akaritsiidide tõhusus pikemas perspektiivis.

Näiteks Poolas läbi viidud uuringus Pohorecka *et al.* (2018) hinnati amitraasi efektiivsust neljakordse fumigatsiooni järel haudmeperioodil. Tulemused olid ootuspärasest madalamad - lestapopulatsiooni vähenemine jäi vahemikku vaid 43-61%, mis viitab selgelt toimeaine piiratud efektiivsusele haudmega peredes. Kui sama tõrje viidi läbi Wakont-seadme abil, oli efektiivsus küll mõnevõrra kõrgem (74%), kuid siiski alla soovitusliku tõrjeläve. Oluliselt paremaid tulemusi saavutati haudmeta peredes, kus tõrjeaine ligipääs lestadele on suurem. Kõrgeim efektiivsus mõõdeti oktoobris: juba pärast esimest töötlust oli tõrjetulemus 96,5% ning pärast neljandat 98,5%. Sarnaseid trende täheldati ka Hispaania riiklikus seireprogrammis Hernández-Rodríguez *et al.* (2021), kus amitraasi sisaldava preparaadi Apivar keskmine efektiivsus oli vaid (74%). Sama toimeainega, kuid erineva formulatsiooniga preparaat Amicel Varroa andis pisut kõrgema lestad suremuse - keskmiselt (79%). Uuringus viidi lisaks läbi ka laboratoorsed bioanalüüsid, mis kinnitasid resistentse olemasolu mitmes piirkonnas. Tulemuste kontekstis koguti igast mesilasperest ka teave varasemate tõrjekuuride kohta. Selgus, et amitraasi sisaldavaid akaritsiide kasutati 88% juhtudest, püretroididel põhinevaid vahendeid 5% ning pehmeid akaritsiide (nt



orgaanilised happed ja eeterlikud õlid) vaid 7% juhtudest. See näitab selgelt, et ühe toimeaine domineeriv kasutus suurendab resistentsuse tekkeriski ning rõhutab vajadust vahelduvate ja kombineeritud tõrjestrategiate järele.

Leza *et al.* (2015) uuringus võrreldi Apivar tõrjeefektiivsust kevad- ja sügisperioodil. Kevadel ulatus preparaadi keskmine tõhusus ligikaudu 64%-ni, samas kui sügisel oli lestade arvukuse vähenemine veelgi tagasihoidlikum - vaid 17,9%, mis viitab toimeaine oluliselt vähenenud efektiivsusele antud ajaperioodil. Samuti näitas Wahida *et al.* (2010) uuring, et amitraasi efektiivsus jäi alla mitmetele looduslikele eeterlikele õlidele, saavutades vaid mõõduka tõrjetulemuse 82-88%.

Veelgi tähelepanuväärsemad tulemused pärinevad Bahreini *et al.* (2020) uuringust, mis viidi läbi Kanadas. Uuringus hinnati amitraasi tõrjeefektiivsust haudmega perioodil ning leiti, et efektiivsus oli ca >90 % olenevalt mesilaspere individuaalsest seisundist. Lisaks Bahreini *et al.* (2025) viis läbi lestade geneetiline analüüs, mille käigus tuvastati Oct β 2R geeni H215 homosügootse resistentsusalleeli kõrge sagedus, ulatudes mõnes piirkonnas kuni 95,67%. Eriti levinud oli see alleel just nendes lestopopulatsioonides, mis olid varasemalt puutunud kokku Apivar-tõrjega.

Täiendavalt käsitles Almecija *et al.* (2024) uuring matemaatilist modelleerimist, mille eesmärk oli hinnata amitraasil põhinevate preparaate tõrjeefektiivsust sõltuvalt nende füüsikalise-keemilistest omadustest. Uuring näitas, et toimeaine efektiivsus ei sõltu üksnes keemilisest koostisest, vaid olulist rolli mängivad ka preparaadi tehnoloogilised parameetrid, nagu vabanemiskiirus ja kandematerjali omadused. Väiksed erinevused toimeaine eraldumise dünaamikas - näiteks liialt aeglane või ebaregulaarne vabanemine - võivad oluliselt vähendada efektiivsust, isegi resistentsuseta lestopopulatsioonides. Samuti rõhutati, et kandematerjali (nt polümeeride või ribade) füüsikaline struktuur mõjutab oluliselt seda, kuidas ja kui kiiresti toimeaine jõuab mesilaste kaudu lestani. Mudel prognoosis, et ebaühtlase vabanemismustriga preparaadid võivad põhjustada subletaalseid kokkupuuteid, mis omakorda soodustavad resistentsuse kujunemist. Seetõttu rõhutab uuring vajadust mitte ainult toimeaine valiku, vaid ka preparaadi formulatsiooni ja manustamisviisi täpse standardiseerimise järele, et säilitada tõrje pikaajaline efektiivsus.



3.2.1.1. AMITRAASI MÕJU

Amitraasi toksilisus meemesilastele on võrreldes mitmete teiste laialdaselt kasutatavate pestitsiididega suhteliselt madal. Näiteks Dai *et al.* (2017) uuring, milles hinnati mitmete toimeainete mõju mesilasvastsetele, kes on pestitsiidide suhtes eriti tundlikud, näitas, et amitraas oli testitud ühenditest kõige väiksema toksilisusega. Toksisuse järjestus oli järgmine: kloorpüriifoss > fluvalinaat > kumafoss = imidaklopriid > amitraas. Amitraasi puhul oli leitud LC_{50} väärtus 494,27 mg/L ja LD_{50} väärtus 14,83 µg/vastse kohta. Täiskasvanud töomesilaste osas käsitles amitraasi toksilisust näiteks Yang *et al.* (2019) uuring, kus hinnati suukaudse kokkupuute mõjusid. Selles uuringus oli amitraasi LC_{50} väärtus töomesilastele 78,4 mg/L. Lisaks leiti, et kroonilise kokkupuute korral (15 päeva jooksul kontsentratsiooniga 1,0 mg/L) ei olnud täheldatavat mõju ei ellujäämisele, toidutarbimisele ega mesilaste soole mikrobiota koosseisule. Lisaks näitas Dai *et al.* (2018) uuring, et amitraasi krooniline toksilisus meemesilaste vastsetele on madal. Uuringus hinnati erinevate kontsentratsioonide mõju vastsete arengule ja ellujäämisele ning leiti, et kontsentratsioonid kuni 25 mg/L ei avaldanud olulist negatiivset mõju. Alles 46 mg/L juures, mis on suhteliselt kõrge doos, täheldati statistiliselt olulist ellujäämise vähenemist.

Uus-Meremaal läbi viidud laboratoorsed bioanalüüsid McGruddy *et al.* (2024) näitasid, et aastaks 2022 oli varroalesta tundlikkus amitraasile oluliselt suurenenud: kui 2003. aastal oli amitraasi LC_{50} väärtus 110 µg/g, siis 2022. aastal oli see langenud 12 µg/g. Antud katse tulemused näitavad, et pikaajaline katkestus või harvem kasutamine võib taastada lestade tundlikkust amitraasi suhtes. Kui akaritsiidide kasutamine toimub rotatsioonis koos teiste tõrjevahenditega ja välditakse pidevat üheainsa toimeaine kasutamist, võib resistentsuse tase lesta populatsioonis väheneda ning tõrje efektiivsus taastuda.

Kokkuvõttes kinnitavad käesolevas töös esitatud uuringud, et amitraasi äge ja krooniline toksilisus meemesilastele on suhteliselt madal, eriti võrreldes teiste laialdaselt kasutatavate pestitsiididega. Samas ei tähenda see, et aine oleks täiesti ohutu. Näiteks Dai *et al.* (2018) näitas, et amitraasi laguproduktid DMPF, võib teatud kontsentratsioonidel mõjutada mesilaste südame löögisagedust ja närvisüsteemi funktsioone. Samuti on täheldatud, et amitraas võib muuta mesilaste toitumiskäitumist, suurendades nende toidu tarbimist ja vähendades õietolmu tarbimist, mis omakorda võib mõjutada mesilaspere toitumuslikku tasakaalu ja haudme arengut



Tabel 4. Amitraasil põhinevate preparaaside tõhusus ja resistentsuse levik eri piirkondades.

Preparaat	Kommentaar (efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Viide
Apiwarol	Efektiivsus: Fumigatsiooniga (43-61%). Wakont- seadmega suitsutades (74%).	(Pohorecka <i>et al.</i> , 2018)
Apitraz Amicel Varroa	Efektiivsus: Apitraz 74%. Amicel Varroa 79%.	(Hernández-Rodríguez <i>et al.</i> , 2021)
Apivar	Efektiivsus: >90 %	(Bahreini <i>et al.</i> , 2020)
Apitraz	Efektiivsus: Pered, mida ei olnud varem töödeldud amitraasiga $82 \pm 10\%$; pered, mida on korduvalt töödeldud $74 \pm 8\%$.	(Hernández-Rodríguez <i>et al.</i> , 2025)
Amitraas	2023 LC ₅₀ (12 µg/g). 2003 (141 µg/g).	(McGruddy <i>et al.</i> , 2024)
Apivar	Efektiivsus: Kevadel 64,3%; Sügisel langes preparaadi tõhusus umbes 40% võrreldes kevadega.	(Leza <i>et al.</i> , 2015)



Kaasrahastanud Euroopa Liit
Euroopa Põllumajanduse Tagatisfond

EESTI MESINDUSKOGU

Apivar	Apivar vähendas nakatumist talvel 34,6%, tõusis sügisel 33%, kevadel 7,9% ja suvel 66,2%.	(Jack <i>et al.</i> , 2024)
Apivar	Efektiivsus: 93%.	(Marsky <i>et al.</i> , 2024)
Supatraz Apivar	LT90: Supatraz 28,4 päeva Apivar 50,9 päeva	(Almecija <i>et al.</i> , 2020)
Apivar	Efektiivsus: 82-88%.	(Loucif-Ayad <i>et al.</i> , 2010)



3.2.2. TAU-FLUVALINAADI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS

Tau-fluvalinaat, mis on tuntud kaubamärgi Apistan all, on olnud üks enimkasutatavaid sünteetilisi akaritsiide varroalesta tõrjeks. Algselt suure tõhususega toimeainena näitas see nii labori- kui ka peredega katsetes häid tulemusi, kuid resistentsuse kujunemine mitmel pool maailmas on aja jooksul oluliselt vähendanud selle usaldusväärsust.

Prantsusmaal läbi viidud uuringus Almecija *et al.* (2020) grupeeriti lestapopulatsioonid tundlikkuse alusel kolme kategooriasse: tundlikud, mõõdukalt resistentsed ja tugevalt resistentsed. Ligikaudu 43% populatsioonidest kuulusid tundlike hulka, samas kui 57% näitasid mõõdukat kuni tugevat resistentsust. Tugevalt resistentsete lestade puhul jäi suremus isegi LC₉₀ kontsentratsiooni juures alla 40%, võrreldes tundlike populatsioonide 75-100% suremusega. Huvitava kombel tuvastati resistentseid lestapopulatsioone ka mesilates, kus varasemat kokkupuudet fluvalinaadiga ei olnud, mis viitab kas kaudsele ainelevikule või resistentsuse geneetilisele levikule.

Resistentsuse dünaamikat ajas on kirjeldatud näiteks USA-s, kus Kanga *et al.* (2010) uuring näitas, et tau-fluvalinaadi suhtes resistentsuse tase varieerus aastate lõikes. Texas oli resistentsus kõrge 2007. aastal, langes 2008. aastal ja tõusis taas 2009. aastal. Samal perioodil täheldati Floridas resistentsuse üldist vähenemist. Need andmed näitavad, et resistentsus ei ole üksnes geograafiliselt varieeruv, vaid sõltub ka kohalikest kasutusmustritest ja selektiivsest survest.

Bahreini *et al.* (2024) laboratoorses uuringus hinnati Apistan-i efektiivsust erinevate bioanalüüsimeetodite ja kokkupuute kestuse alusel. Katsetes, kus kasutati apiarium- ja Mason-purki meetodeid, oli lestade suremus 4 tunni möödudes alla 33%, kuid 24 tunni jooksul tõusis see mõõdukale tasemele, jäädes siiski alla soovitusliku tõrjeläve ($\geq 85\%$). Uuringus ei erinenud Apistan-i efektiivsus statistiliselt oluliselt teisest püretroidist Bayvarol-ist, kuid jäi alla Apivar-ile (amitraas), mis oli ainus preparaat, mis saavutas kõrge efektiivsuse kogu katseperioodi vältel. Tulemustest selgub, et Apistan-i tõrjetulemus sõltub märkimisväärselt kokkupuute kestusest - mida pikem on lesta kontakt ribaga, seda suurem on suremus.



3.2.2.1. TAU-FLUVALINAADI MÕJU

Tau-fluvalinaadi toksilisus meemesilastele on üldiselt suurem kui mitmetel teistel akaritsiididel, sealhulgas amitraasil. Gashout *et al.* (2018) uuringus määrati tau-fluvalinaadi 48-tunnine suukaudne LD₅₀ täiskasvanud töomesilastele väärtuseks 0,448 µg/mesilane, samas kui amitraasi puhul oli vastav väärtus 1,986 µg/mesilane. See viitab selgelt fluvalinaadi oluliselt kõrgemale ägedale toksilisusele. Lisaks täheldati, et isegi väikestes kogustes võib tau-fluvalinaat mõjutada mesilaste füsioloogilisi protsesse, sealhulgas stressitaluvust ning detoksifikatsiooniensüümide (nt tsütokroom-P450) aktiivsust. See tähendab, et isegi ilma vahetu suremuseta võib aine kahjustada mesilaste tervist.

Dai *et al.* (2017) uuringus hinnati tau-fluvalinaadi toksilisust ka mesilaste vastsetele. Selles uuringus oli määratud LC₅₀ väärtus 27,69 mg/L, mis paigutub keskmisele tasemele võrreldes teiste testitud toimeainetega. Võrdluseks oli amitraasi LC₅₀ samas katses oluliselt kõrgem - 494,27 mg/L, mis näitab, et fluvalinaat on ka toksilisem arengujärgus olevatele mesilastele. Lisaks leiti, et tau-fluvalinaadi vakladele avalduv toksiline kontsentratsioon (EC₅₀) oli vaid 0,83 mg/L, kinnitades selle suuremat potentsiaali arenguhäirete esilekutsumiseks. Varroalesta resistentsuse hindamisel tau-fluvalinaadi suhtes on eri piirkondades saadud varieeruvaid tulemusi. Näiteks USA Michigani osariigis määrati lestade LC₅₀ väärtuseks 384 ng/viaal ja LC₉₀ väärtuseks 8,99 µg/viaal (Johnson *et al.*, 2010).

Laboratoorsetes toksikoloogilistes testides on määratud tau-fluvalinaadi LC₉₀ väärtuseks 12 µg/mL, mis on mitmekordselt kõrgem võrreldes amitraasi LC₉₀-ga (0,4 µg/mL) (Almecija *et al.*, 2020). Lestade tapmiseks on tau-fluvalinaati vaja palju rohkem kui amitraasi. See tähendab, et lestad on tau-fluvalinaadi suhtes vähem tundlikud ehk vastupidavamad, mistõttu see aine ei pruugi enam hästi toimida.

Türgis läbi viidud geneetilises uuringus Erdem *et al.* (2024) tuvastati, et kõikides uuritud mesilasperedes esinesid varroalesta populatsioonides mutatsioonid VGSC-geeni (voltaaž-tundliku naatriumkanali geeni) positsioonides L925I ja L925M, mis on teadaolevalt seotud püretroidresistentsusega, sealhulgas tau-fluvalinaadi suhtes. Resistentsusalleelide sagedus, ehk kui paljudel lestadel olid need muutused olemas, ulatus piirkonniti 33% kuni 97%. Ehk resistentsus tõrjevahendile oli väga kõrge.



Tabel 5. Tau-fluvalinaadi efektiivsus ja resistentsuse näitajad.

Preparaat	Kommentaar (efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Viide
Apistan	Sügiskatses esialgu tõhus (10-20 päeva), mõju rauges hiljem; 70 päeva jooksul $8,6 \pm 2,0$ lesta. Kevadkatses mõõdukalt tõhus: 7 nädala jooksul $7,71 \pm 2,06$ lesta.	(Khajehali <i>et al.</i> , 2023)
Apistan	4 h: madal efektiivsus (<33%), 24 h: mõõdukas (~56-84%).	(Bahreini <i>et al.</i> , 2024)
Apistan	LC90 = $20 \pm 0,01$ µg/mL; madalam tundlikkus kui amitraasil. Ainult 43% lestadest tundlikud: 57% mõõdukalt või tugevalt resistentsed. Tugevalt resistentsete populatsioonide suremus LC90 juures < 40%.	(Almecija <i>et al.</i> , 2020)
Tau-fluvalinaat	Mõõdukas kuni kõrge resistentsus (2,6-4,5 korda); varieeruv aastati ja piirkonniti. Soovitav diagnostiline kontsentratsioon: 5,0 µg/viaal.	(Kanga <i>et al.</i> , 2010)
Apistan	LC50 = 384 ng/viaal; LC90 = 8,99 µg/viaal - viitab mõõdukale resistentsusele.	(Johnson <i>et al.</i> , 2010)
Apistan	Efektiivsus hooajati varieeruv; suvel ja sügisel madalam. Vältida üksikpreparaadi korduvat kasutust, rakendada rotatsioonistrateegiat.	(Jack <i>et al.</i> , 2024)
Fluvalinaat	1 riba tõhus kuni 14 päeva; 2 riba kuni 25 päeva.	(Norain Sajid <i>et al.</i> , 2020)
Tau-Fluvalinaat	Efektiivsus minimaalselt efektiivne 72%; resistentsuse tunnused Kanada Ontario mesilasperedes.	(Morfin <i>et al.</i> , 2023)
Tau-Fluvalinaat	LC ₅₀ väärtus täiskasvanutel 27.69 mg/L. LC ₅₀ vakladele 0.83 mg/L.	(Dai <i>et al.</i> , 2018)
Fluvalinaat	Efektiivsus: 92%.	(Chinkangsadarn <i>et al.</i> , 2024)



3.2.3 FLUMETRIINI EFEKTIIVSUS NING RESISTENTSUS

Flumetriin kuulub sünteetiliste püretroidide hulka ning seda kasutatakse maailmas peamiselt Bayvarol ja Varostop kaubamärkide all. Eestis on lubatud kasutada üksnes Bayvaroli kaubamärgiga preparaati.

Bulgaaria välikatsetes Salkova *et al.* (2024) hinnati flumetriinil põhineva preparaadi (3,6 mg/riba) efektiivsust kahes piirkonnas – Zlatiya ja Boychinovtsi mesilates. Mõlemas kohas töödeldi kümmet mesilasperet, paigutades igasse tarusse neli flumetriiniriba 35 päevaks. Zlatiya piirkonnas vähenes varroalestate nakatumistase töömesilastel 1,50%-lt 0,51%-le ($\pm 0,18$), kontrollrühmas oli vastav näitaja 3,38% ($\pm 1,06$). Keskmine tõrjeefektiivsus oli 87,8% ($\pm 3,1$), ulatudes kuni 99,3%-ni. Kiirtestid samades peredes ei tuvastanud resistentsust flumetriini suhtes – keskmiselt langes 2,3 lesta ja 0,6 jäi mesilastele. Boychinovtsi piirkonnas saavutati veel kõrgem tõrjetulemus: lestate nakatumine vähenes 4,32%-lt 0,42%-le ($\pm 0,21$), keskmise tõrjeefektiivsusega 94,5% ($\pm 1,2$). Keskmiselt langes 1314 lesta taru kohta, kontrollrühmas oli langus alla 6%.

Uuringus, mille viisid läbi Sajid *et al.* (2020), võrreldi flumetriinitõrje efektiivsust ühe ja kahe ribaga. Lestate populatsiooni jälgiti majandusliku kahjuriläve (9 lesta 300 mesilase kohta) ületamiseni. Tuleb tõdeda, et täna tegelikult see lävi selline ei ole ning võiks öelda, et see on 3-9 korda väiksem. Ühe ribaga tõrje korral vähenes lestate arv märkimisväärselt kahe esimese nädala jooksul, kuid alates 14. päevast ületas lestate hulk taas kahjuriläve ning jälgimine lõpetati 18. päeval. Kahe ribaga tõrje oli oluliselt efektiivsem: lestate arv jäi kontrolli alla 39 päevaks, kahjurilävi ületati alles 42. päeval. Tulemused kinnitavad, et flumetriini tõrjeefektiivsus sõltub kasutatud annusest – ühe riba kasutamine mesilaspere kohta pakub vaid lühiajalist kaitset, kahe riba kasutamine võimaldab lestate arvukust kontrolli all hoida kuni 5,5 nädalat.

Varostopi puhul saavutati neljanädalase tõrjega keskmine efektiivsus 94,5% (Girişkin & Aydın, 2010). Flumetriiniribade (275 mg/riba) kasutamine näitas erakordselt kõrget efektiivsust varroalesta vastu – keskmiselt 99,9%, kusjuures suurem osa lestadest langes esimese viie nädala jooksul pärast tõrje alustamist (Blacquièrre *et al.*, 2017). Kontrollrühmas oli lestate langus samal perioodil minimaalne.

Sloveenias 2007–2008 läbi viidud välikatsetes (Ivana *et al.*, 2011) võrreldi flumetriini efektiivsust oblikhappega looduslikult nakatunud mesilasperedes. 2007. aastal oli looduslik lestate langus



madal (keskmiselt 0,11 lesta päevas, $\pm 0,14$), moodustades 1,12% ($\pm 0,86$) kogu lestapopulatsioonist. Flumetriinitõrje (4 riba haudmekorpuse kohta) põhjustas olulise lestage languse võrreldes loodusliku suremusega. Efektiivsus varieerus suuresti, ulatudes 41,4%-st 97,6%-ni (keskmiselt 73,6%), olles võrreldav kolme järjestikuse oblikhappega töötlemisega (keskmine efektiivsus 70,1%).

Iisraelis läbi viidud uuringus Mavridis *et al.* (2025) tuvastati flumetriini resistentsus varroalestadel. Flumetriiniga töödeldes oli lestage suremus vaid 39,5%, samas kui tundlikel populatsioonidel ületas suremus 90%. Resistentsuse põhjuseks leiti ensüümi CYP3002B2 aktiivsuse tõus lestadest, mis võimaldas neil flumetriini lagundada. Ensüümi aktiivsus oli resistentsetes lestadest kuni kolm korda kõrgem võrreldes tundlikega, laboratoorselt suutsid resistentset lestad lagundada ligikaudu 16,5% flumetriinist.

See viitab sellele, et resistentsus võib lisaks geneetilistele mutatsioonidele areneda ka ensüümide vahendatud mehhanismide kaudu. Selle tõttu on oluline kasutada flumetriini rotatsiooniga teiste akaritsiididega ning vältida selle järjestikust iga-aastast kasutamist, et pidurdada resistentset lestage levikut.



3.2.3.1. FLUMETRIINI MÕJU

Flumetriini ohtlikkus meemesilastele seisneb eelkõige resistentsuse kujunemises, mis on põhjustatud preparaadi liigkasutamisest ja mille tagajärjel selle tõrjeefektiivsus järjest väheneb. Lisaks võib flumetriin mõjutada mesilaste erinevaid füsioloogilisi ja käitumuslikke protsesse.

Laborikatsetes Uruguays määrati flumetriini LC_{50} väärtused: tundliku Treinta y Tres populatsiooni LC_{50} oli 0,11 µg/tass, resistentsel Colonia populatsioonil aga 3,8 µg/tass, mis on 34,5 korda kõrgem ja kinnitab tugevat resistentsust (Sajid *et al.*, 2021).

Türgis tehtud uuringus tuvastati VGSC-geeni mutatsioonidega seotud resistentsuse ulatuslik levik. PCR-RFLP meetodil analüüsitud 718 lestast olid 69% homosügootselt resistentsed, 28% heterosügootsed ning vaid 3% tundlikud. Kõrgeim resistentsuse tase (94–96%) tuvastati Vahemere piirkonnas ja madalaim (41%) Musta mere regioonis (Bak *et al.*, 2022).

Teises geneetilises uuringus leiti 332 analüüsitud lestast 55% olevat homosügootselt resistentsed VGSC L925V mutatsiooni suhtes ning 14% heterosügootsed. Kõige sagedamini esinenud mutatsioonid olid GTG (valiin) ja ATA (isoleutsiin), resistentsuse levimus ulatus Ordu provintsis 94%-ni (Mavridis *et al.*, 2023).

Laboratoorsed bioanalüüsid kinnitasid resistentsuse teket: 2022. aastal mõõdetud flumetriini LC_{50} väärtus (156 µg/g) oli 26 korda kõrgem võrreldes 2003. aastaga (6 µg/g). Vaatamata tundlikkuse vähenemisele ei leitud üheski analüüsitud 32 järjestatud proovis VGSC-geeni piirkonnas tuntud resistentsusega seotud mutatsioone (nt M918L või L925V/M/I). Kõik järjestused vastasid kontrolljärjestusele, mis viitab sellele, et flumetriini resistentsuse taga võivad olla kas seni tuvastamata geneetilised muutused või mittegeneetilised mehhanismid, näiteks metaboolne resistentsus.



Tabel 6. Flumetriinil põhinevate preparaatide tõhusus ja resistentsus.

Preparaat	Kommentaar (efektiivsus, manustamine, LD50, LC90 jne).	Viide
Flumetriin	2003: LC ₅₀ 6 µg/g. 2022: LC ₅₀ 156 µg/g. Flumetriini kasutas 68-81% mesinikke.	(McGruddy <i>et al.</i> , 2024)
Flumetriin	Efektiivsus: Katse 1: 87,8%. Katse 2: 94,5%.	(Salkova <i>et al.</i> , 2024)
Flumetriin	Efektiivsus: 73,62%.	(Ivana <i>et al.</i> , 2011)
Flumetriin	LC ₅₀ : Treinta y Tres (tundlik populatsioon): 0,11 µg/tass. San José (tundlik populatsioon): 0,36 µg/tass. Colonia (resistentne populatsioon): 3,8 µg/tass.	(Mitton <i>et al.</i> , 2016)
Varostop	Efektiivsus: 94,9%.	(Girişkin & Aydın, 2010)
Flumetriin	Efektiivsus: 99,9%.	(Blacquièrre <i>et al.</i> , 2017)
Flumetriin	Keskmine resistentsuse alleelisagedus oli ligikaudu 83,3%. Ehk väga kõrge.	(Mavridis <i>et al.</i> , 2025)
Flumetriin	Resistentsus: 69%. 31% näitasid sensitiivsust.	(Yarsan <i>et al.</i> , 2024)
Flumetriin	Efektiivsus: 78%.	(Morfin <i>et al.</i> , 2022)
Flumetriin	Flumetriin põhjustas statistiliselt olulisi füsioloogilisi muutusi vaklades, sealhulgas vähenenud ellujäämust, aeglasemat arengut ja stressoritele vastavate geenide ülesregulatsiooni.	(Qi <i>et al.</i> , 2020)



KOKKUVÕTE

Kokkuvõttes võib öelda, et varroalesta tõrjeks kasutatavate preparaatide efektiivsus ning nende mõju meemesilastele varieerub märkimisväärselt sõltuvalt toimeainest, manustamisviisist ja kasutusajast. Üha selgemaks saab nii teaduskirjandusele kui ka praktilistele kogemustele tuginedes, et vajadus uute preparaatide ja toimeainete järele on vältimatu. Enamik praegu kasutusel olevatest akaritsiididest pärineb perioodist, mil varroalest esmakordselt avastati ning nende pikaajaline korduv kasutamine on mitmel pool maailmas viinud resistentsuse väljakujunemiseni. On ilmne, et varroalestal on märkimisväärne mutatsioonivõime, mis võimaldab tal kiiresti kohaneda ja vähendada olemasolevate sünteetiliste tõrjevahendite tõhusust.

- Oblikhape näitas üldiselt head efektiivsust, eriti tilgutamismeetodiga 4,2%-lise lahuse juures, saavutades kuni paljudel juhtudel üle 90% tõhususe. Aurustamise puhul selgus, et korduv madala doosiga (1g) aurustamine on vähem efektiivne kui soovitatud 2g doos. Glütserooliga immutatud oblikhappelahuste puhul sõltus tõhusus tugevalt kandematerjali omadustest.
- Tümooli efektiivsus oli üldiselt kõrge (kuni 97%), kuid ilmnes tugev temperatuurisõltuvus. Alla 15°C langes tümooli efektiivsus järsult. Molekulaarsel tasemel toimib tümool lestade närvisüsteemi mõjutades, mistõttu resistentsust üldjuhul ei kujune.
- Sipelghape näitas suurt tõrjepotentsiaali, kuid selle kasutamine on väga tundlik väliste tingimuste ja manustamisviiside suhtes. Kõrge kontsentratsioon ja liiga kõrge temperatuur võivad põhjustada märkimisväärset mesilaste ja haudme suremust. Sipelghappe kombineerimine oblikhappega suurendas üldist tõhusust, kuid samuti suurendas mesilaste ja haudme kahjustamise riski.
- Amitraas oli laialdaselt mujal maailmas kasutatav sünteetiline preparaat, kuid resistentsuse tõttu oli selle tõhusus hooajati ja piirkonniti väga varieeruv. Efektiivsus kõikus märgatavalt, eriti madal oli tõhusus haudmega perioodidel. Resistentsuse põhjusena tuvastati geneetilised muutused ning preparaadi pidev kasutamine vähendas oluliselt selle pikaajalist tõhusust.
- Tau-fluvalinaadi resistentsus on samuti kujunenud märkimisväärses probleemiks. Tugevalt resistentsetes populatsioonides jäi isegi kõrgete kontsentratsioonide juures



lestade suremus madalaks. Lisaks on tau-fluvalinaat suhteliselt toksiline mesilastele, mõjutades nende stressitaluvust ja füsioloogilisi protsesse.

- Flumetriin oli tõhus sünteetiline akaritsiid, mille efektiivsus oli üldiselt kõrge (isegi kuni 99%) ja resistentsuse tasemed suhteliselt madalad. Resistentsuse korral oli tegemist peamiselt geneetiliste mutatsioonidega, eriti CYP ensüümi aktiivsusega seotud mehhanismidega.

Üldiselt antud ülevaattetöö tulemusel selgub, et efektiivse ja jätkusuutliku varroalestate tõrje tagamiseks on oluline tõrjestrategiaid pidevalt kohandada, vältida ühe preparaadi pikaajalist järjestikust kasutamist ning kombineerida erinevaid meetodeid, et minimeerida resistentsuse kujunemist ja negatiivseid mõjusid mesilasperede tervisele. Eriti oluline on seda tähele panna just sünteetiliste ainete puhul.



SOOVITUSED MESNIKELE

- Kombineeri erinevaid tõrjemeetodeid, et vähendada resistentsuse kujunemise riski (nt vahelda orgaanilisi ja sünteetilisi preparaate).
- Välti sama toimeaine korduvat kasutust järjestikustel hooaegadel – see soodustab resistentsete varroalestade populatsiooni kujunemist.
- Tee tõrje eelistatult haudmevabal ajal, et maksimeerida tõhusust.
- Kasuta tõrjeaineid täpses koguses ja õigetel tingimustel (nt temperatuur), et vältida ebaefektiivsust ja mesilaste surmamist.
- Kinnita aurustuvad preparaadid suletud tarukeskkonda, et tagada piisav toimeaine kontsentratsioon (nt sipelghappega töötlemisel hoia õhutusavad suletud).
- Vali kandematerjal hoolikalt – näiteks oblikhappe-glütseriini puhul on ribade paksus ja materjal määrava tähtsusega tõhususe osas.
- Välti ainult sünteetiliste akaritsiidide (nt flumetriin, tau-fluvalinaat) kasutamist, kuna mitmel pool on täheldatud ulatuslikku resistentsust.
- Hinda tõrje efektiivsust süstemaatiliselt, nt loendades loomulikku lestade langust või tehes alkoholitest.
- Tugevda looduslikku vastupanuvõimet läbi aretuse, nt kasuta või toeta VSH-omadustega mesilasemade levikut.
- Välti aladoose ja valesid kasutusaegu, kuna need loovad soodsa pinnase resistentsuse arenguks.
- Jälgi regulaarset teadusinfot ja uuenda tõrjepraktikat vastavalt uusimatele uuringutulemustele ja piirkondlikule resistentsusolukorrale.
- Sipelghappe kevadine kasutamine võib olla meemesilastele raske taluda.
- Oblikhappe tilgutamise korral võiks kaaluda 4,2% lahust, mis paistab olema tõhusam.



KASUTATUD ALLIKAD

- Adjlane, N., Tarek, E.-O., & Haddad, N. (2016). Evaluation of Oxalic Acid Treatments against the Mite *Varroa destructor* and Secondary Effects on Honey Bees *Apis mellifera*. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 10(4), 501–509.
- AL Toufailia, H., Scandian, L., & Ratnieks, F. (2016). Towards integrated control of varroa: 2) comparing application methods and doses of oxalic acid on the mortality of phoretic *Varroa destructor* mites and their honey bee hosts. *Journal of Apicultural Research*, 54, 1–13. <https://doi.org/10.1080/00218839.2015.1106777>
- Almecija, G., Poirot, B., Cochard, P., & Suppo, C. (2020). Inventory of *Varroa destructor* susceptibility to amitraz and tau-fluvalinate in France. *Experimental & Applied Acarology*, 82(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00535-w>
- Almecija, G., Poirot, B., Mielgo, P., Watkins, M., & Suppo, C. (2024). Influence of Amitraz-Based Product Characteristics on *Varroa* Mite Population Control. *Parasitologia*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/parasitologia4010006>
- Almecija, G., Schimmerling, M., Cont, A., Poirot, B., & Duquesne, V. (2022). *Varroa destructor* resistance to tau-fluvalinate: Relationship between in vitro phenotypic test and VGSC f mutation. *Pest Management Science*, 78. <https://doi.org/10.1002/ps.7126>
- Bahreini, R., Docherty, C., Feindel, D., & Muirhead, S. (2024). Comparing the efficacy of synthetic Varroacides and *Varroa destructor* phenotypic resistance using Apiarium and Mason jar bioassay techniques. *Pest Management Science*, 80(3), 1577–1592. <https://doi.org/10.1002/ps.7891>
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., de Herdt, O., Muirhead, S., & Feindel, D. (2020). Evaluation of potential miticide toxicity to *Varroa destructor* and honey bees, *Apis mellifera*, under laboratory conditions. *Scientific Reports*, 10(1), 21529. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78561-2>
- Bartlett, L., Baker, C., Bruckner, S., Delaplane, K., Hackmeyer, E., Phankaew, C., Williams, G., & Berry, J. (2023). No evidence to support the use of glycerol-oxalic acid mixtures delivered via paper towel for controlling *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) mites in the Southeast United States. *Journal of Insect Science (Online)*, 23. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead097>
- Berry, J. A., Braman, S. K., Delaplane, K. S., & Bartlett, L. J. (2023). Inducing a summer brood break increases the efficacy of oxalic acid vaporization for *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) control in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Insect Science*, 23(6), 14. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead085>
- Berry, J., Bartlett, L., Bruckner, S., Baker, C., Braman, S., Delaplane, K., & Williams, G. (2022). Assessing Repeated Oxalic Acid Vaporization in Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies for Control of the Ectoparasitic Mite *Varroa destructor*. *Journal of Insect Science (Online)*, 22. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab089>
- Blacquièrre, T., Altreuther, G., & Krieger, K. J. (2017). Evaluation of the Efficacy and Safety of Flumethrin 275 mg Bee-hive Strips (PolyVar Yellow®) against *Varroa destructor* in Naturally Infested Honey Bee Colonies in a Controlled Study. *Parasitology Research*, 116(Suppl 1), 109–122. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5497-8>



- Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1051/apido:2005043>
- Calderón, R. A., Ramírez, M., Ramírez, F., & Villalobos, E. (2014). Effectiveness of formic acid and thymol in the control of Varroa destructor in africanized honey bee colonies. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 175–188.
- Calderón, R. A., Zamora, L. G., Van Veen, J. W., & Quesada, M. V. (2007). A comparison of the reproductive ability of Varroa destructor (Mesostigmata:Varroidae) in worker and drone brood of Africanized honey bees (Apis mellifera). *Experimental & Applied Acarology*, 43(1), 25–32.
<https://doi.org/10.1007/s10493-007-9102-1>
- Campolo, O., Malacrinò, A., Laudani, F., Algeri, G. M., Giunti, G., Strano, C. P., Zoccali, P., & Palmeri, V. (2017). Field efficacy of two organic acids against Varroa destructor. *Entomologia Generalis*, 251–260. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2017/0430>
- Charpentier, G., Vidau, C., Ferdy, J.-B., Tabart, J., & Vetillard, A. (2014). Lethal and sub-lethal effects of thymol on honeybee (Apis mellifera) larvae reared in vitro. *Pest Management Science*, 70(1), 140–147. <https://doi.org/10.1002/ps.3539>
- Chinkangsadarn, S., Mendez, C., Clerger, F., & Kafle, L. (2024). An assessment of the effectiveness of the thymol-based acaricide (Apiguard) gel against the Varroa mites on European honeybees in Pingtung, Taiwan. *Journal of Entomological Research*, 48, 436–442.
<https://doi.org/10.5958/0974-4576.2024.00087.9>
- Coffey, M. F., & Breen, J. (2016). The efficacy and tolerability of Api-Bioxal® as a winter varroacide in a cool temperate climate. *Journal of Apicultural Research*, 55(1), 65–73.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1200866>
- Colin, T., Plath, J. A., Klein, S., Vine, P., Devaud, J.-M., Lihoreau, M., Meikle, W. G., & Barron, A. B. (2020). The miticide thymol in combination with trace levels of the neonicotinoid imidacloprid reduces visual learning performance in honey bees (Apis mellifera). *Apidologie*, 51(4), 499–509.
<https://doi.org/10.1007/s13592-020-00737-6>
- Dai, P., Jack, C. J., Mortensen, A. N., & Ellis, J. D. (2017). Acute toxicity of five pesticides to larvae reared in vitro. *Pest Management Science*, 73(11), 2282–2286. <https://doi.org/10.1002/ps.4608>
- Dai, P., Jack, C., Mortensen, A., Bustamante, T., & Ellis, J. (2018). Chronic toxicity of amitraz, coumaphos and fluvalinate to Apis mellifera L. larvae reared in vitro. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24045-3>
- Danka, R. G., Harris, J. W., & Villa, J. D. (2011). Expression of Varroa Sensitive Hygiene (VSH) in Commercial VSH Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(3), 745–749. <https://doi.org/10.1603/EC10401>
- Doublet, V., Oddie, M. A. Y., Mondet, F., Forsgren, E., Dahle, B., Furuseth-Hansen, E., Williams, G. R., De Smet, L., Natsopoulou, M. E., Murray, T. E., Semberg, E., Yañez, O., de Graaf, D. C., Le Conte, Y., Neumann, P., Rimstad, E., Paxton, R. J., & de Miranda, J. R. (2024). Shift in virus composition in honeybees (Apis mellifera) following worldwide invasion by the parasitic mite and virus vector Varroa destructor. *Royal Society Open Science*, 11(1), 231529.
<https://doi.org/10.1098/rsos.231529>
- Erban, T., Kadleckova, D., Sopko, B., Harant, K., Talacko, P., Markovic, M., Salakova, M., Kadlikova, K., Tachezy, R., & Tachezy, J. (2024). Varroa destructor parasitism and Deformed wing virus infection in honey bees are linked to peroxisome-induced pathways. *PROTEOMICS*, 24(9), 2300312. <https://doi.org/10.1002/pmic.202300312>
- Erdem, E., Koç-İnak, N., Rüstemoğlu, M., & İnak, E. (2024). Geographical distribution of pyrethroid resistance mutations in Varroa destructor across Türkiye and a European overview. *Experimental & Applied Acarology*, 92(3), 309–321. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00879-z>
- Gashout, H. A., Goodwin, P. H., & Guzman-Novoa, E. (2018). Lethality of synthetic and natural acaricides to worker honey bees (Apis mellifera) and their impact on the expression of health and



- detoxification-related genes. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(34), 34730–34739. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3205-6>
- Giacomelli, A., Pietropaoli, M., Carvelli, A., Iacoponi, F., & Formato, G. (2016). Combination of thymol treatment (Apiguard®) and caging the queen technique to fight Varroa destructor. *Apidologie*, 47(4), 606–616. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0408-4>
- Giovenazzo, P., & Dubreuil, P. (2011). Evaluation of spring organic treatments against Varroa destructor (Acari: Varroidae) in honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies in eastern Canada. *Experimental and Applied Acarology*, 55(1), 65–76. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9447-3>
- Girişkin, A. O., & Aydın, L. (2010). Determining the Efficacy of Flumethrin (Varostop) Against to Varroa Testructor in Honey Bee Colonies in Fall Season. *Uludag Bee Journal*, 10(2), Article 2.
- Giusti, M., Sabelli, Cristiano, Di Donato, Alberto, Lamberti, Devis, Paturzo, Chiara Elisabetta, Polignano, Valentina, Lazzari, Roberto, & Felicioli, A. (2017). Efficacy and safety of Varterminator, a new formic acid medicine against the varroa mite. *Journal of Apicultural Research*, 56(2), 162–167. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1291207>
- González-Cabrera, J., Davies, T. G. E., Field, L. M., Kennedy, P. J., & Williamson, M. S. (2013). An Amino Acid Substitution (L925V) Associated with Resistance to Pyrethroids in Varroa destructor. *PLOS ONE*, 8(12), e82941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082941>
- Grozinger, C. M., & Flenniken, M. L. (2019). Bee Viruses: Ecology, Pathogenicity, and Impacts. *Annual Review of Entomology*, 64(Volume 64, 2019), 205–226. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111942>
- 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. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.3.02>
- Hendriksma, H. P., Cornelissen, Bram, & Panziera, D. (2024). Liquid and solid matrix formic acid treatment comparison against Varroa mites in honey bee colonies. *Journal of Apicultural Research*, 63(2), 357–359. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2285159>
- Hernández-Rodríguez, C. S., Marín, Ó., Calatayud, F., Mahiques, M. J., Mompó, A., Segura, I., Simó, E., & González-Cabrera, J. (2021). Large-Scale Monitoring of Resistance to Coumaphos, Amitraz, and Pyrethroids in Varroa destructor. *Insects*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.3390/insects12010027>
- Hernández-Rodríguez, C. S., Moreno-Martí, S., Emilova-Kirilova, K., & González-Cabrera, J. (2025). A new mutation in the octopamine receptor associated with amitraz resistance in Varroa destructor. *Pest Management Science*, 81(1), 308–315. <https://doi.org/10.1002/ps.8434>
- Hristov, P., Hristakov, I., Atanasov, A., & Zhelyazkov, P. (2025). Effectiveness of glycerin-oxalic acid strips and essential oils in controlling Varroa destructor in honeybee. *Veterinární Medicína*, 70. <https://doi.org/10.17221/94/2024-VETMED>
- Hubert, J., Nesvorna, M., Kamler, M., Kopecky, J., Tyl, J., Titera, D., & Stara, J. (2014). Point mutations in the sodium channel gene conferring tau-fluvalinate resistance in Varroa destructor. *Pest Management Science*, 70(6), 889–894. <https://doi.org/10.1002/ps.3679>
- Hýbl, M., Bohatá, A., Rádsetoulalová, I., Kopecký, M., Hoštičková, I., Vaníčková, A., & Mráz, P. (2021). Evaluating the Efficacy of 30 Different Essential Oils against Varroa destructor and Honey Bee Workers (*Apis mellifera*). *Insects*, 12(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/insects12111045>
- Ivana, M., Smodiš Škerl, M., Nakrst, M., Žvokelj, L., & Gregorc, A. (2011). The acaricidal effect of flumethrin, oxalic acid and amitraz against Varroa destructor in honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies. *Acta Veterinaria Brno*, 80. <https://doi.org/10.2754/avb201180010051>
- Jack, C. J., Boncristiani, H., Prouty, C., Schmehl, D. R., & Ellis, J. D. (2024). Evaluating the seasonal efficacy of commonly used chemical treatments on Varroa destructor (Mesostigmata: Varroidae) population resurgence in honey bee colonies. *Journal of Insect Science*, 24(3), 11. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae011>



- 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), 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab058>
- Jack, C. J., van Santen, E., & Ellis, J. D. (2020). Evaluating the Efficacy of Oxalic Acid Vaporization and Brood Interruption in Controlling the Honey Bee Pest Varroa destructor (Acari: Varroidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 582–588. <https://doi.org/10.1093/jee/toz358>
- Johnson, R., Huang, Z., & Berenbaum, M. (2010). Role of detoxification in Varroa destructor (Acari: Varroidae) tolerance of the miticide tau-fluvalinate. *International Journal of Acarology*, 36, 1–6. <https://doi.org/10.1080/01647950903468273>
- Kamler, M., Nesvorna, M., Stara, J., Erban, T., & Hubert, J. (2016). Comparison of tau-fluvalinate, acrinathrin, and amitraz effects on susceptible and resistant populations of Varroa destructor in a vial test. *Experimental & Applied Acarology*, 69(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0023-8>
- Kanga, L. H. B., Adamczyk, J., Marshall, K., & Cox, R. (2010). Monitoring for resistance to organophosphorus and pyrethroid insecticides in Varroa mite populations. *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1797–1802. <https://doi.org/10.1603/ec10064>
- Khajehali, J., Poorjavand, N., Bolandnazar, A., Shahim-Germi, F., Kimiaie, M., & Ardestani, M. M. (2023). Efficiency of plant-based acaricide gels compared to fluvalinate-impregnated strips for control of Varroa destructor in honey bee colonies. *Experimental and Applied Acarology*, 91(1), 57–67. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00833-z>
- Kosch, Y., Mülling, C., & Emmerich, I. U. (2024). Resistance of Varroa destructor against Oxalic Acid Treatment—A Systematic Review. *Veterinary Sciences*, 11(9), 393. <https://doi.org/10.3390/vetsci11090393>
- Leza, M. M., Lladó, G., & Miranda-Chueca, M. A. (2015). Short communication. Comparison of the efficacy of Apiguard (thymol) and Apivar (amitraz) in the control of Varroa destructor (Acari: Varroidae). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015133-6880>
- Locke, B. (2016). Inheritance of reduced Varroa mite reproductive success in reciprocal crosses of mite-resistant and mite-susceptible honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 47(4), 583–588. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0403-9>
- Loucif-Ayad, W., Aribi, N., Smagghe, G., & Soltani, N. (2010). Comparative Effectiveness of Some Acaricides used to Control Varroa destructor (Mesostigmata: Varroidae) in Algeria. *African Entomology*, 18(2), 259–266. <https://doi.org/10.4001/003.018.0211>
- Maggi, M. D., Ruffinengo, S. R., Negri, P., & Eguaras, M. J. (2010). Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite Varroa destructor of Argentina. *Parasitology Research*, 107(5), 1189–1192. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1986-8>
- Maggi, M., Tourn, E., Negri, P., Szawarski, N., Marconi, A., Gallez, L., Medici, S., Ruffinengo, S., Brascesco, C., De Feudis, L., Quintana, S., Sammataro, D., & Eguaras, M. (2016). A new formulation of oxalic acid for Varroa destructor control applied in *Apis mellifera* colonies in the presence of brood. *Apidologie*, 47(4), 596–605. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0405-7>
- Marsky, U., Rognon, B., Douablin, A., Viry, A., Rodríguez Ramos, M. A., & Hammaidi, A. (2024). Amitraz Resistance in French Varroa Mite Populations—More Complex Than a Single-Nucleotide Polymorphism. *Insects*, 15(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/insects15060390>
- Martin, S. (2015). Acaricide (pyrethroid) resistance in Varroa destructor. *Bee World*, 85, 67–69. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2004.11099632>
- Martin, S. J., Highfield, A. C., Brettell, L., Villalobos, E. M., Budge, G. E., Powell, M., Nikaido, S., & Schroeder, D. C. (2012). Global Honey Bee Viral Landscape Altered by a Parasitic Mite. *Science*, 336(6086), 1304–1306. <https://doi.org/10.1126/science.1220941>



- Mavridis, K., Tsakireli, D., Vlogiannitis, S., Charamis, J., Siden-Kiamos, I., Osabutey, A. F., Soroker, V., & Vontas, J. (2025). Identification and functional characterization of CYP3002B2, a cytochrome P450 associated with amitraz and flumethrin resistance in the major bee parasite *Varroa destructor*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 210, 106364. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2025.106364>
- McCallum, R., & Cutler, G. (2019). *The efficacy of Formic Pro™ and 65% liquid formic acid against varroa mite (Varroa destructor) in honey bee (Apis mellifera) colonies in autumn in Nova Scotia, Canada*. 15, 40–45.
- McGruddy, R. A., Bulgarella, Mariana, Felden, Antoine, Baty, James W., Haywood, John, Stahlmann-Brown, Philip, & and Lester, P. J. (2024). Are increasing honey bee colony losses attributed to *Varroa destructor* in New Zealand driven by miticide resistance? *Journal of Apicultural Research*, 63(4), 648–659. <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2364146>
- Mitton, G. A., Quintana, Silvina, Giménez Martínez, Pablo, Mendoza, Yamandú, Ramallo, Gustavo, Brasesco, Constanza, Villalba, Agustina, Eguaras, Martín J, Maggi, Matías D, & and Ruffinengo, S. R. (2016). First record of resistance to flumethrin in a varroa population from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*, 55(5), 422–427. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1257238>
- Morfin, N., Goodwin, P. H., & Guzman-Novoa, E. (2023). *Varroa destructor* and its impacts on honey bee biology. *Frontiers in Bee Science*, 1. <https://doi.org/10.3389/frbee.2023.1272937>
- Morfin, N., Rawn, D., Petukhova, T., Kozak, P., Eccles, L., Chaput, J., Pasma, T., & Guzman-Novoa, E. (2022). Surveillance of synthetic acaricide efficacy against *Varroa destructor* in Ontario, Canada. *The Canadian Entomologist*, 154(1), e17. <https://doi.org/10.4039/tce.2022.4>
- Moro, A., & and Mutinelli, F. (2019). Field evaluation of Maqs® and Api-Bioxal® for late summer control of *Varroa mite* infestation in Northeastern Italy. *Journal of Apicultural Research*, 58(1), 53–61. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1494921>
- Norain Sajid, Z., Aziz, M. A., Bodlah, I., Rana, R. M., Ghramh, H. A., & Khan, K. A. (2020). Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.04.017>
- Özüüçli, M., Girişgin, A. O., Kısadere, I., Demirbaş, Ö., & Baykalır, Y. (2024). Determination of the Efficacy of Thymol, Eucalyptus and Oxalic Acid in the Control of Varroosis in Honey Bees. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.53424/balikesirsbd.1339642>
- Pietropaoli, M., & and Formato, G. (2022). Formic acid combined with oxalic acid to boost the acaricide efficacy against *Varroa destructor* in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 61(3), 320–328. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1972634>
- Pileckas, V., Švirmickas, G. J., Razmaitė, V., & Paleckaitis, M. (2012). Efficacy of different ecological methods for honeybee (*Apis mellifera*) varroa prevention in spring. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 59, 65–70.
- Pohorecka, K., Skubida, P., & Semkiw, P. (2018). Varroacidal Efficiency of Treatment with Amitraz in Honey Bee Colonies with Brood. *Journal of Apicultural Science*, 62, 285–292. <https://doi.org/10.2478/jas-2018-0026>
- Price, K. L., & Lummis, S. C. R. (2014). An atypical residue in the pore of *Varroa destructor* GABA-activated RDL receptors affects picrotoxin block and thymol modulation. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 55, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.10.002>
- Qadir, Z. A., Idrees, A., Mahmood, R., Sarwar, G., Bakar, M. A., Ahmad, S., Raza, M. M., & Li, J. (2021). Effectiveness of Different Soft Acaricides against Honey Bee Ectoparasitic Mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Insects*, 12(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/insects12111032>



- Qi, S., Zhu, L., Wang, D., Wang, C., Chen, X., Xue, X., & Wu, L. (2020). Flumethrin at honey-relevant levels induces physiological stresses to honey bee larvae (*Apis mellifera* L.) in vitro. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110101. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110101>
- Raimets, R., Bontšutšnaja, A., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Kaart, T., Puusepp, L., Pihlik, P., Keres, I., Viinalass, H., Mänd, M., & Karise, R. (2020). Pesticide residues in beehive matrices are dependent on collection time and matrix type but independent of proportion of foraged oilseed rape and agricultural land in foraging territory. *Chemosphere*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900449810>
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., Hawthorne, D., & vanEngelsdorp, 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>
- Rinkevich, F. D., Danka, R. G., & Healy, K. B. (2017). Influence of Varroa Mite (*Varroa destructor*) Management Practices on Insecticide Sensitivity in the Honey Bee (*Apis mellifera*). *Insects*, 8(1), 9. <https://doi.org/10.3390/insects8010009>
- Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S96–S119. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>
- Roth, M. A., Wilson, J. M., Tignor, K. R., & Gross, A. D. (2020). Biology and Management of Varroa destructor (Mesostigmata: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Colonies. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz036>
- Salkova, D., Gurgulova, K., & Zhelyazkova, I. (2024). Clinical trial of the efficiency of three different compositions of acaricidal substances against varroosis in honey bee colonies. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 71(2), Article 2. <https://doi.org/10.33988/auvfd.1033097>
- Sammataro, D., Gerson, U., & Needham, G. (2000). Parasitic mites of honey bees: Life history, implications, and impact. *Annual Review of Entomology*, 45, 519–548. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.519>
- Schroeder, D. C., & Martin, S. J. (2012). Deformed wing virus: The main suspect in unexplained honeybee deaths worldwide. *Virulence*, 3(7), 589–591. <https://doi.org/10.4161/viru.22219>
- Steube, X., Beinert, P., & Kirchner, W. H. (2021). Efficacy and temperature dependence of 60% and 85% formic acid treatment against Varroa destructor. *Apidologie*, 52(3), 720–729. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00859-5>
- Tellarini Prieto, E. E., Pietropaoli, M., Camus, Y., Polizel Camilli, M., Raza, M. F., Jose, M. S., Obshta, O., Bezerra da Silva, M. C., Kozii, I., Moshynskyy, I., Edirithilake, T. L. K., Baril, E., Glavinic, U., Simko, E., & Wood, S. C. (2024). Safety assessment of high doses of vaporized oxalic acid on honey bee worker health and queen quality. *Frontiers in Bee Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/frbee.2024.1442030>
- Terpin, B., Perkins, D., Richter, S., Leavey, J. K., Snell, T. W., & Pierson, J. A. (2019). A scientific note on the effect of oxalic acid on honey bee larvae. *Apidologie*, 50(3), 363–368. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00650-7>
- Tihelka, E. (2018). Effects of synthetic and organic acaricides on honey bee health: A review. *Slovenian Veterinary Research*, 55. <https://doi.org/10.26873/SVR-422-2017>
- Toomemaa, K. (2019). The synergistic effect of weak oxalic acid and thymol aqueous solutions on Varroa mites and honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 58(1), 37–52. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1486695>
- Wahida, L., Aribi, N., Smagghe, G., & Soltani, N. (2010). Comparative Effectiveness of Some Acaricides used to Control Varroa destructor (Mesostigmata: Varroidae) in Algeria. *African Entomology*, 18. <https://doi.org/10.4001/003.018.0211>



Kaasrahanud Euroopa Liit
Euroopa Põllumajanduse Tagatisfond

EESTI MESINDUSKOGU

Wallner, K. (1999). Varroacides and their residues in bee products. *Apidologie*, 30(2–3), 235–248.
<https://doi.org/10.1051/apido:19990212>

Yarsan, E., Yilmaz, F., Sevin, S., Akdeniz, G., Celebi, B., Ozturk, S. H., Ayikol, S. N., Karatas, U., Ese, H., Fidan, N., Agacdiken, B., Babur, C., Buldag, M., & Pehlivan, S. (2024). Investigation of resistance against to flumethrin using against Varroa destructor in Türkiye. *Veterinary Research Communications*, 48(3), 1683–1696. <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10351-x>