

TARTU JAAN POSKA GÜMNAASIUM

KATARIINA KURINA

12.D KLASS

TUULE MÕJU LIBLIKARÖÖVIKUTELE SALU-SAMBLIKUVAKSIKU (*HYPOMECEIS PUNCTINALIS*) NÄITEL

JUHENDAJAD: MSc MARI-LIIS VILJUR, LAURI MÄLLO

SISSEJUHATUS

Tuul on ilmastikutegur, mis keskkonda, sealhulgas inimesi, väga palju mõjutab. Globaalsed kliimamuutused võivad elusloodust oluliselt mõjutada, seejuures mitte ainult temperatuuri, vaid ka muuta tuulekiirust. Paraku on tuule mõju elusorganismidele pälvinud oluliselt vähem tähelepanu kui temperatuuri mõju, mistõttu teadmised tuulemuutuste võimalikest ökoloogilistest tagajärgedest on napid. Väikeste loomade, nagu näiteks putukate, elutegevust võib märkimisväärselt mõjutada ka juba suhteliselt vähene muutus tuule tugevuses. Putukad kui toiduahela väga tähtsad lülid mõjutavad ka kogu ülejäänud ökosüsteemi toimimist. Tuule mõju putukatele on seni väga vähe uuritud. Siinne töö ongi autori püüe luua selgust niivõrd olulises teemas.

Töös uuriti tuule mõju putukate arengule salu-samblikuvaksiku röövikute näitel. Valitud liigi areaal on muutumises (Mikkola *et al.*, 1989, 19; Viidalepp, 1970), mis võib olla tingitud kliimamuutustest, sealhulgas tuule karakteristikute muutustest. Uurimistöö käigus tehtud katses loodi katsealuse liblika röövikutele võimalikult sarnased tingimused nagu looduses tekitades nõrka tehistuult. Täpsemalt uuriti röövikute kaalude vahet katse-eelselt ja järgselt ning kaalumuutuse sõltuvust tuule tugevusest. Varasematest uuringutest on teada, et tuul võib mõjutada putukate käitumist ning kehasoojuse ja niiskuse regulatsiooni (Chown, Nicolson, 2004; Kuussaari *et al.*, 2017, 2). Mõju käitumisele on uuritud ka liblikaröövikutel ning leitud, et tuul võib neid toitumisel häirida (Leonard *et al.* 2016). Sellest tulenevalt püstitatigi hüpotees, et tuule tugevus mõjutab röövikute kasvu negatiivselt. Teema pakkus autorile huvi ning ta põhieesmärk oli õppida paremini tundma tuule mõju putukatele ja nende kaudu tervele ökosüsteemile ning arendada tuule mõju uurimise metoodikat.

Töö koosneb neljast peamisest peatükist: kaks teoreetilist osa – ülevaade tuule mõjust ökosüsteemidele ja salu-samblikuvaksikust varasema kirjanduse põhjal. Kolmas osa kirjeldab meetodikat ja hõlmab ülevaadet nii varasematest uurimistöödest, tehtud katsest kui ka andmete analüüsiks kasutatud meetoditest. Neljas osa kirjeldab katse tulemusi ja nende põhjal tehtud järeldusi. Töö teoreetiline osa põhineb peamiselt vastavasisulise teaduskirjanduse analüüsil.

Autor tänab juhendajaid ja kõiki teisi Tartu Ülikooli ja Eesti Maaülikooli entomolooge, tänu kellele õnnestus töö kirjutajal saada esmakordseid kogemusi röövikute kasvatamisel ja nendega toimetamisel.

SISUKORD

1. TUUL ABIOOTILISE MÕJURINA ÖKOSÜSTEEMIDES	4
2. SALU-SAMBLIKUVAKSIK (<i>HYPOMECIS PUNCTINALIS</i>).....	6
2.1 Salu-samblikuvaksiku morfoloogia ja eristamistunnused	7
2.2 Salu-samblikuvaksiku levik ja bioloogia	8
3. METOODIKA.....	10
3.1 Ajakava ja katse käik.....	10
3.2 Andmeanalüüs	12
4. TULEMUSED JA ARUTELU	13
KOKKUVÕTE	15
ABSTRACT	16
KASUTATUD ALLIKAD	17
LISAD	19
Lisa 1	19
Lisa 2	19
Lisa 3	19

1. TUUL ABIOOTILISE MÕJURINA ÖKOSÜSTEEMIDES

Ökosüsteeme mõjutavad nii biootilised kui ka abiootilised tegurid, millest esimesed tulenevad elusloodusest ja teised organisme ümbritsevast anorgaanilisest maailmast. Lisaks valgusele, temperatuurile ja sademetele on üks olulisimaid abiootilisi tegureid ka tuul. Tuult on defineeritud kui õhuliikumist Maa pinna suhtes, mis tekib tingituna õhurõhu ebaühtlasest jaotusest (EE 637).

Metsaökosüsteemides mõjutab tuul puude füsioloogiat ja võib muuta puidu mehaanilisi omadusi (Gardiner, Quine, 2000, 261). Tuul võib taimede füsioloogiat mõjutades reguleerida nii nende veebilanssi kui ka tugevalt häirida mitmete puudest sõltuvate liikide elutegevust nii otseselt kui ka kaudselt. Näiteks on oletatud, et lehtede liikumine vähendab herbivoorsete putukate kolonisatsiooni ja munemist, põhjustades nende surma või ümberasumise teistele taimedele. Samuti võib tuul katkestada toitumist, mõjutada liigisisest suhtlust ja paarumiskäitumist (Yamazaki, 2011, 738). Pidev ühesuunaline tuul võib aga mehaaniliselt kujundada puuvõrasid (Konôpka *et al.*, 2016, 1) ja seeläbi mõjutada seal elavaid organisme. Puude mehaanilisi omadusi mõjutades võib tuul tugevalt kaasa aidata nii puutüvede murdumisele, ülesjuurimisele kui ka mõjutada ümbritsevat temperatuuri ja pinnase niiskust (Konôpka *et al.*, 2016, 1)

Ehkki globaalne soojenemine on olnud kliimamuutuste uuringute põhilises fookuses, on ka teistel abiootilistel elementidel oluline ökoloogiline efekt. Nii on tunduvat vähem uuritud globaalset tuulekiirust, mis on viimase 30 aasta jooksul langenud hinnanguliselt 5–15% ja tõenäoliselt langeb ka tulevikus. Tuulekiiruse langusel on kaks peamist põhjust. Esiteks vähendab kiirem temperatuuri tõus poolustel võrreldes väiksemate laiuskraadidega ekvatoriaal-polaarset soojusgradienti, põhjustades seega atmosfääri tsirkulatsiooni vähenemist. Teiseks põhjuseks võib lugeda inimtekkelisi struktuure, mis toimivad maastikul füüsiliste takistustena (Barton, 2014, 2375). Organismid on kohanenud kindlate elutingimustega, väheste uuringute tõttu võib nii tuule kiiruse kui ka teiste kliimatiliste muutuste mõju neile olla alahinnatud.

Tuul soodustab seene-eoste ja taimeseemnete levimist ning reguleerib seega metsa taimestiku ja loomastiku ruumilist levikut (Zhu *et al.*, 2004, 154). Paljudele taimede reproduktiivosadele on evolutsiooniliselt arenenud n-õ tiivakesed, mille abil tuul neid paremini kannab. Samuti on tuulel oluline mõju taimede tolmlamisele. Nii võib mitmete liikide leviku haare aastati erineda suuresti just tuulest tingituna.

Nii tuule suunal kui ka kiirusel on otsene mõju putukate levimisele. Sellega on seostatud näiteks suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae*) massrännet üle avamere Soome soojade kagutuultega 1960. aastate lõpus (Vepsäläinen, 1968, 223). Lisaks jõuavad paljud Eestis

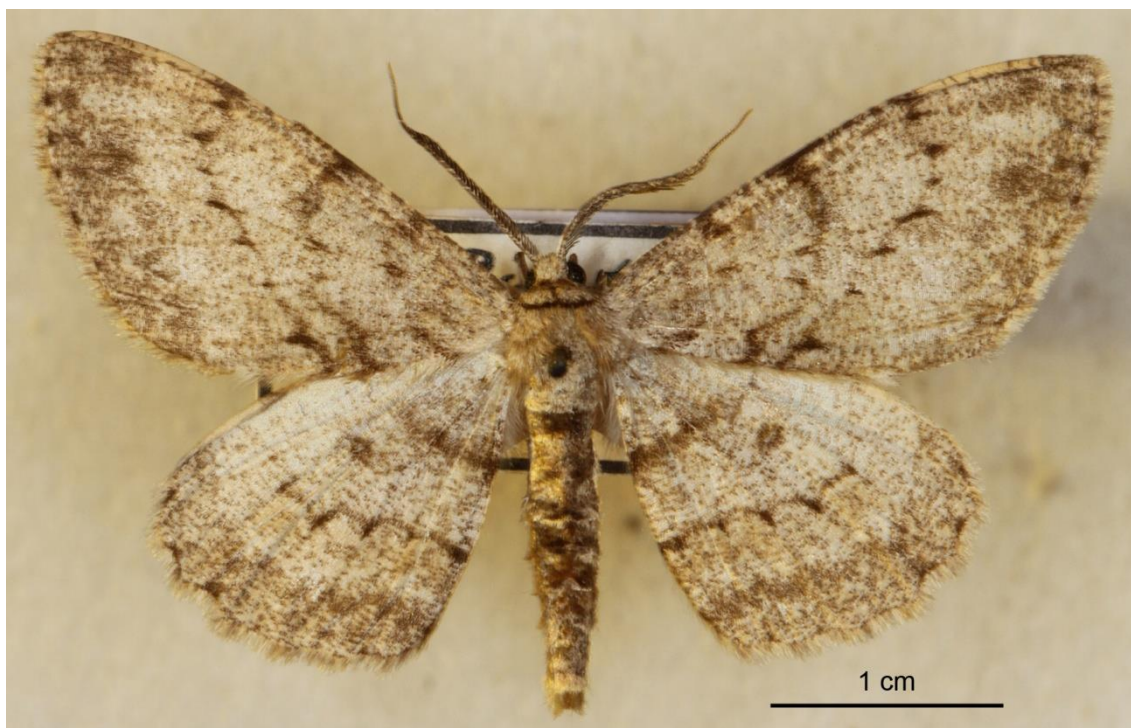
kohatavad tüüpilised rändliblikad (nt admiral, ohakaliblikas) ja kiilid siia soodsa ilmastiku, sealhulgas tuulte toel (Tammaru, 1993, 12; *Anonymous*, 2017, 8).

Lisaks keskkonnahäiringutele, tolmlamisele ja levikule on uuritud tuule mõju ka kiskja-saaklooma vastastikustele suhetele. Nimelt võib tuule põhjustatud passiivne lehtede liikumine paljastada herbivoorsete putukate kamuflaazi lehtedel ja teha nad kiskjatele märgatavaks (Yamazaki, 2011, 738). Taimede liikumine kerge tuule käes kahekordistab aga aega, mille jooksul näiteks lepatriinu alustab lehetäi söömist. Lisaks häirib taime võnkumine lepatriinut niivõrd, et vähendab tõenäosust, et ta lehetäi ära sööb, lausa $\frac{2}{3}$ võrra. (Barton, 2014, 2375) Need eksperimendid näitavad suurepäraselt, kuidas tuul võib mõjutada nii saakloomi kui ka kiskjaid ning kui tähtsad on need väheuuritud seosed.

2. SALU-SAMBLIKUVAKSIK (*HYPOMECIS PUNCTINALIS*)

Vaksiklaste (*Geometridae*) sugukonda kuuluvat salu-samblikuvaksikut (vt joonis 1) kirjeldas esimesena 1763. aastal Austria loodusteadlane Giovanni Antonio Scopoli, keda on kutsutud ka Austria Linnéks (Kirby *et al.*, 1897, 186). Kirjeldatud liblikas on oma kummalises kauniduses küllaltki erinev teistest sama perekonna esindajatest, tema ingliskeelne nimigi ütleb ülistavalt kahvatu tamme kaunitar (*pale oak beauty*). Soome- ja rootsikeelsed nimed (*rengasharmomittari*, *ringad eklav-mätare*) viitavad hallidele vöötidele valmiku tiibadel. Vaksiklaste soomekeelne nimi *mittari* ja rootsikeelne *mätare* on samatähenduslikud Eesti rahvapärase nimetusega *maamõõtja*, mis kirjeldab salu-samblikuvaksikute vastsete liikumisviisi.

Lisaks nominaalsele, laialt levinud alamliigile – *Hypomecis punctinalis subsp. punctinalis* (Scopoli 1763) – on hiljuti avastatud ka endemne alamliik Küprosel: *Hypomecis punctinalis subsp. kerstinae* (Ficher, Lewandowski, 2004; Karsholt, Nieukerken, 2013). Küprose alamliik eristub isaste genitaalaparaadi morfoloogiliste detailide poolest (Ficher, Lewandowski, 2004). Nominaalse alamliigi piires eristatakse Euroopas mitmeid värvusvariatsioone (Leraut, 2009, 180).



Joonis 1. Salu-samblikuvaksik Eesti Maaülikooli kollektsioonist (Foto: Katariina Kurina)

2.1 Salu-samblikuvaksiku morfoloogia ja eristamistunnused

Salu-samblikuvaksik on väike (tiibade siruulatus kuni 35 mm) pruunikas-hall ja puutüvel tihti märkamatuks jääv liblikas. Esitiiva välisserv on sirge, ilma väljalõiketa. Tiibade kesktähn on heledatuumaline, ovaalne, ümar või poolkuukujuline. Isaste tagasääred on tugevasti paisunud ning tagakäppadest kaks korda pikemad. Emased on isastest pisut väiksemad ja keskmiselt heledamad (Viidalepp, Remm, 1996, 197–198).

Sageli aetakse teda segamini hiid-samblikuvaksikuga (*Hypomecis roboraria*; Denis, Schiffermüller 1775). Hiid-samblikuvaksiku tiibade siruulatus (45 mm) ületab aga mõneti salu-samblikuvaksiku oma. Tiiva ristvöödid on selgemini eristatavad ja tiiva kannapoolsed tähnid on tumedatuumalised (Leraut, 2009, 181).

Salu-samblikuvaksikut, nagu ka teiste vaksiklaste röövikuid, on kõige lihtsam eristada nende karvutu keha ja omapärase liikumise järgi (vt joonis 2). Üldiselt on liblikaröövikutel neli paari kõhtmiseid ebajalgu, kuid vaksiklaste sugukonda kuuluvatel liikidel on neid ainult üks funktsioneeriv paar. Sellest on tingitud ka neile iseloomulik „maad mõõtev“ liikumisviis. Rööviku värv, mis oleneb nii tema toidutaimest kui ka soost, võib erineda isegi liigisiselt, jäädes rohelistesse ja pruunidesse toonidesse. Maamõõtja pea kummalgi poolel suu läheduses on kuus eraldiseisvat silma (*stemmata*). Silmadega tajuvad röövikud varje ja valguse liikumist, optilist pilti nad ei näe (Hausmann, 2001, 63–64).



Joonis 2. Salu-samblikuvaksiku röövik (Foto: Elsa Busto)

2.2 Salu-samblikuvaksiku levik ja bioloogia

Salu-samblikuvaksik on levinud terves Euraasias (vt joonis 3), kuid eelistab pigem lõunapoolseid piirkondi (Karsholt, Nieuwerkerken, 2013; Viidalepp, Remm, 1996, 397–398). Esimesed andmed salu-samblikuvaksiku esinemisest Eestis pärinevad alles 1935. aastast, mil teda leiti Tartust Raadi ümbrusest (Numers, 1935). 1960. aastate alguseks oli salu-samblikuvaksikut leitud üksikute isenditena juba pea kõikjalt Eestist (Kaisila, 1962; Viidalepp, 1970), kuid arvukamaks muutus liik alles 1970. aastate lõpus (Viidalepp, suulised andmed). Varasemas kirjanduses on Eestit peetud tema levila põhjapiiriks ning seetõttu on teda siin ka pigem harvaks kui sagedaseks loetud. (Viidalepp, Remm, 1996, 397–398)

Viimastel aastatel on nende arvukus tõusuteel ning nende kohtamine varasuvises metsas ei ole üldse vähetõenäoline. Salu-samblikuvaksik on põhja suunas leviv liik. Soome ilmus ta üksikute isenditena 1930. aastate lõpus, kuid 1960. aastate alguses kadus ühtäkki peaaegu täielikult. Alates 1984. aastast on teda kohatud sagedamini (Mikkola *et al.*, 1989, 19). Tänapäeval on liik Lõuna-Soomes sage, ulatudes Pori-Kuopio mõttelise liinini (Silvonen *et al.*, 2014, 383). Tema leviala põhjapoolset laienemist võib seostada kliimaatiliste muutustega, sealhulgas globaalse kliimasoojenemisega. Eestis saab salu-samblikuvaksiku valmikutega kohtuda maist juunini leht- ja segametsades ning põõsastikes (Viidalepp, Remm, 1996, 397–398). Rootsist on liik teada alates 1957. aastast (Viidalepp, 1970). Saksamaal on teda jälgitud ka mägistes piirkondades – Baden-Württembergis on salu-samblikuvaksikut leitud isegi 1210–1225 m kõrguselt (Bartsch *et al.*, 2003, 488).



Joonis 3. Salu-samblikuvaksiku levik ülemaailmse bioloogilise mitmekesisuse andmebaasi järgi (GBIF 2017)

Nagu kõikidel täismoodega putukatel on ka salu-samblikuvaksikute arengus neli selgesti eristatavat staadiumit – muna, vastne, nukk ja valmik. Salu-samblikuvaksiku valmikud munevad maist juunini ja munad kooruvad 12 päeva jooksul. Salu-samblikuvaksiku röövikud toituvad mitmesugustel lehtpuudel, sealhulgas kasel, lepal, toomingal ja pärnal, aga ka vaarikatel (Mikkola *et al.*, 1986, 191; Viidalepp, Remm, 1996, 397). Vaksiklaste vastsed kestuvad tavaliselt neli korda, millele järgneb nukkumine. (Hausmann, 2001, 63–64)

3. METOODIKA

3.1 Ajakava ja katse käik

Esmalt püüti kinni üks munemisvalmis salu-samblikuvaksik. Katseks valiti salu-samblikuvaksiku röövikud, sest looduses elavad nad puuvõras, mistõttu peavad nad toime tulema üsna tuulise keskkonnaga. Puuvõrast maha kukkumine tähendaks rööviku jaoks tõenäoliselt surma. Mõni päev pärast isendi kinnipüüdmist oli liblikas munenud mitu munade kogumit ehk kurna. Munade juurest tuli eemaldada surnud emaliblikas ja liigsed veepiisad. Olenevalt kurnast koorusid esimesed röövikud 8–9 päeva pärast. Röövikuid kasvatati arukasel (*Betula pendula*). Röövikute purgist tuli aeg-ajalt eemaldada söödud arukase lehed, väljaheited ja veepiisad (vt lisa 1 röövikute kasvatamisest).

Katse viidi läbi Tartu Ülikooli putukaökoloogia laboris. Katsega alustati kui röövikud olid 12–13-päevased. Imiteeritud tuule mõju röövikute kasvule ei ole kunagi varem uuritud, seetõttu oli vaja katse disaini suures osas välja mõelda (vt joonis 4 ja lisa 2). Tuule tekitamiseks kasutati tavalisi lauaventilaatoreid, mille töökiirust oli võimalik reguleerida kahele tasemele. Pöörlevad tuulikud tootsid tuult keskmiste kiirustega vastavalt 1,3 ja 1,9 m/s. Enne katse algust kaaluti röövikud laborikaaluga ja jaotati kaalu järgi (nii et rühmades oleks võrdne kaal) viiestesse rühmadesse 24 kaseoksale. Kaks tuulikut pandi tootma tugevamat ja kaks nõrgemat tuult. Iga tuuliku ette asetati neli oksa. Seega olid 40 röövikut tugeva ja 40 nõrga tuule mõjualas, 40 röövikut aga tuulevaikuses.



Joonis 3. Katse (Foto: Katariina Kurina)

Selleks, et röövikute toit püsiks värske, aga nad ise vette ei kukuks, tehti okste hoidmiseks spetsiaalsed anumad. Plastmasstopside põhja pandi natuke vett ja nende sisse veel üks tops, mille põhjas oli auk. Auguga topsi sisse pandi arukase oks nii, et see otsapidi vette ulatus. Topsid omakorda asetati kaussidesse, et juhul kui röövikud kukuvad, oleks teada, millise oksa pealt nad on kukkunud. Katse tehti ruumis, kus puudusid aknad ja seega imiteeris päikesevalgust lamp. Katseruumi valgus reguleeriti põlema ajavahemikus 04.00–22.00 ning temperatuur 22 °C-le, et oleks võimalikult loodusele sarnane keskkond ja röövikute toitumist ei segaks muud faktorid peale tuule.

Teisel päeval käidi kontrollimas, kuidas röövikud on öö üle elanud. Kõik röövikud olid elus ja söönud (vt joonis 5). Katse kolmandal päeval vahetati kaseoksi, kaaluti röövikud üle ning tõsteti ka esimesed kukkujad okstele tagasi. Katset jätkati samamoodi nädal aega. Siinses töös on käsitlemist leidnud vaid katse-eelsed kaalud ja katse ajal tehtud esimese kaalumise tulemused, sest edaspidi hakkasid lisaks tuulele röövikute arengut mõjutama ka teised tegurid (paljud hakkasid kestuma ning enne kestumist röövikute kaal langeb).



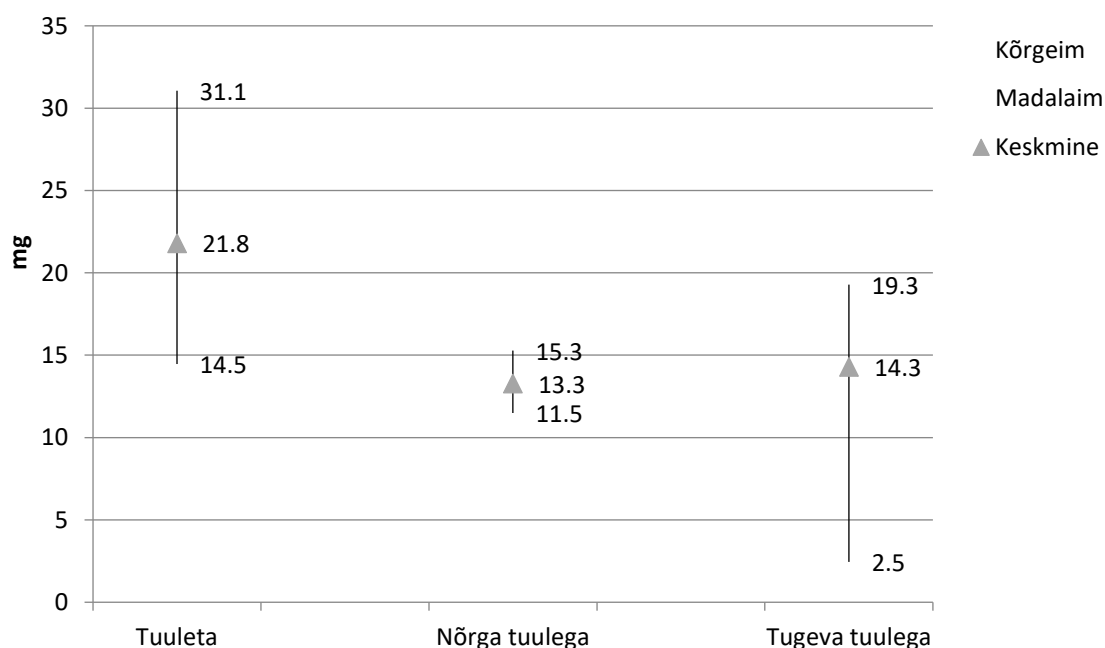
Joonis 5. Röövikud katses (Foto: Katariina Kurina)

3.2 Andmeanalüüs

Esmalt kanti röövikute kaalud andmetabelisse. Analüüsi võeti vaid nende röövikurühmade (rühma moodustasid samal taimel kasvavad röövikud) andmed, kuhu kuuluvate isendite kaalud ei langenud kahe esimese kaalumise vahel, kuna osade röövikute kaalukaotuse tõenäoline põhjus oli kestumine, mille mõju kaalumuutusele polnud aga selle uurimuse fookuses. Analüüsi kaasati 13 röövikurühma andmed. Arvutati iga rühma keskmine kaaluiive (kaalumuutus esimese ja teise kaalumise vahel) ning leiti rühmade kaaluiivete aritmeetiline keskmine, miinimum ja maksimum iga mõjuala kohta (tugev tuul, nõrk tuul ja tuulevaikus). Röövikute kaaluiibe ja tuulekiiruse vaheliste seoste paremaks mõistmiseks koostati korrelatsioonigraafik programmis MS Excel. Selleks, et analüüsida, kas erineva tuulekiiruse ja tuulevaikuse mõjualades kasvanud röövikute kaaluiivete erinevus oli statistiliselt oluline, kasutati kovariatsioonanalüüsi (ANCOVA – *analysis of covariance*). Arvesse võeti ka röövikurühma keskmist algkaalu, kuna erineva algkaaluga röövikute kasvus võis olla suhtelisi erinevusi. Andmetötluseks kasutati programmi MS Excel, kovariatsioonanalüüs tehti internetitarkvaraga VassarStats.

4. TULEMUSED JA ARUTELU

Oodatavalt oli röövikute arengule kõige soodsam ilma tuuleta mõjuala, kus nende kaaluive oli keskmiselt kõige suurem. See viitab võimalusele, et kliimamuutustega ennustatavalt kaasnev tuulekiiruse langus võib kiirendada röövikute arengut looduslikes tingimustes. Kuna salusamblikuvaksiku röövikud toituvad looduses puuvõras, kus sageli esineb kerget tuult, siis ilmselt oli nõrga tuulega mõjuala kõige sarnasem nende looduslike kasvutingimustega. Nõrga tuulega mõjualas võtsid röövikud vähem kaalus juurde kui tuuleta mõjualas, mis tundub ka igati mõistetav, sest tehiskes tingimustes ehk ilma häirivate faktoriteta võiksid loomad kasvada kiiremini ja suuremaks kui looduses. Teisalt on näidatud, et tehistingimustes tehtud katsed putukatega ei ole sageli ülekantavad loodusesse (Sinclair *et al.*, 2015, 190–194; Hoffmann, Ross, 2018, 505–508). Tugevama tuulega kasvanud röövikud võtsid kaalus keskmiselt natuke rohkem juurde kui nõrga tuulega kasvanud (vt joonis 6).



Joonis 6. Salu-samblikuvaksiku kaalum muutus erineva tuuletugevuse korral

Tugeval tuulel on tõenäoliselt röövikute kasvule veel muud kõrvalmõjud, mis võivad pärssida edaspidist kasvu, hakkamasaamist valmikutena ja isegi ellujäämist. Oksalt maha kukkumine võib looduses lõppeda rööviku surmaga, sest tagasitee on energiakulukas ja ohtlik. Näiteks üks tugeva tuule mõjualas kasvanud röövik võttis juurde kõigest 2,5 mg, samas kui teised selle mõjuala röövikud võtsid juurde keskmiselt 17,3 mg. Madala kasvu üks võimalik põhjus on oksalt kukkumine.

Statistiliselt aga ei osutunud tuulekiiruse mõju röövikute kaalukasvule oluliseks ($F_{2,10} = 1,64$; $p = 0,21$; vt ANCOVA analüüsi tulemusi lisast 3). Selle põhjus on tõenäoliselt asjaolu, et uuritud röövikurühmi oli liiga vähe. Kuna keskmiste kaalukasvude erinevusi võrreldes paistab siiski, et tuulevaikuses kasvasid röövikud suuremaks kõigest kahe päeva jooksul, tuleks katset tulevikus korrata suurema valimiga ja pikema aja jooksul. Samuti tuleks edaspidi kasuks, kui röövikud katses üksteisest eraldada nii, et oleks võimalik uurida iga rööviku kaalukasvu isendipõhiselt. See aga nõuaks palju rohkem aega ja vahendeid, kuid annaks röövikute arengu kohta rohkem informatsiooni.

KOKKUVÕTE

Töös uuriti, kuidas erineva tugevusega tuul mõjutab salu-samblikuvaksiku röövikute arengut. Töö põhiline eesmärk oli katseliselt kindlaks teha, kuidas ja kui palju tuul katsealuste röövikute kasvu mõjutab. Autor ennustas, et tuule kiirus on mõjutab röövikute kasvu negatiivselt.

Selleks, et teha kindlaks tulle mõju röövikute kasvule, kaaluti üle 120 röövikut ning jaotati nad 5 kaupa kaseokstele. Kaseoksad jaotati kolme erinevasse mõjualasse (tuuleta-, nõrga tuule- ja tugeva tuule mõjualasse). Kaseoksi vahetati ja röövikuid kaaluti ülepäeviti.

Autori püstitatud hüpotees leidis osaliselt toetust – salu-samblikuvaksiku röövikute kasvu soosis kõige enam tuulevaikus. Röövikute kasvukiiruste erisused erineva tugevusega tuule mõjualades ei olnud aga statistiliselt olulised, kuna ilmselt oli valim liiga väike seosele statistilise kinnituse leidmiseks. Sellegipoolest võib tendents kõrgemale kaalukasvule tuulevaiksetes tingimustes viidata võimalusele, et globaalsete kliimamuutuste käigus toimuv tuulekiiruse langus on röövikute arengule soodne.

Töö tulemusena saab öelda, et tuulel näib olevat mõju röövikute toitumisele, mis võib mõjutada röövikute kasvu ja ellujäämist. Kindlasti väärrib tuule mõju röövikutele ja ka putukatele üldisemalt edasist uurimist. Selles töös kogutud teave aitab oluliselt edasisi uurimusi läbi viia.

ABSTRACT

This research has been written on the topic “The effect of the wind on butterfly larvae with the example of pale oak beauty (*Hypomecis punctinalis*)“ by Tartu Jaan Poska Gymnasium’s student Katariina Kurina. The aim of the research was to investigate how wind affects the development of *H. punctinalis*’ larvae. It was based on the experiment made in the laboratory of the University of Tartu in July 2017.

The first chapter describes wind’s effect on different ecosystems with possible influence to insects’ eating habits, their reproduction and distribution. In addition, wind can change the physiology of trees and the transmission of seeds. Unfortunately, climate change affects wind significantly, thus it has a pressure on insects. The second chapter provides an overview of the *Hypomecis punctinalis*, from morphological characteristics of larva and imago to distributional patterns. The third and fourth chapters concentrate on the experiment. The third chapter describes the structure of the experiment and implemented analyses while the results are provided and discussed in the fourth chapter.

As a result of the study we can state that wind has a role in the growth of pale oak beauty larvae. The best conditions for the larvae’s growth were expectedly in the windless treatment, where the increase in larval mass was highest compared to the light wind and the strong wind treatments. However, the analysis yielded no significant relationship between wind intensity and larval growth that is probably caused by too small sample size.

KASUTATUD ALLIKAD

Anonymous 2017. Pärnumaalt on leitud Eestile uus kiililiik. – *Eesti Loodus* nr 11, lk 8.

Barton, Brandon 2014. Reduced wind strengthens top-down control of an insect herbivore. – *Ecological Society of America* nr 95, lk 2375–2381.

Bartsch *et al.* = Bartch, Daniel, Armin Becher, Günter Ebert, Stefan Hafner, René Herrmann, Oliver Karbiener, Michael Meier, Rolf Mörtter, Ulrich Ratzel, Arno Schanowski, Axel Steiner, Jürgen Thiele, Robert Trusch 2003. Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 9: Nachfalter VII. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Chown, L. Steven, Sue Nicoloson 2004. Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns. Oxford: Oxford University Press.

EE = Eesti Entsüklopeedia, IX köide, 1996. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.

Gardiner, Barry A., Christopher Quine 2000. Management of forests to reduce the risk of abiotic damage, a review with particular reference to the effects of strong winds. – *Forest Ecology and Management* nr 135, lk 261–277.

Hausmann, Axel 2001. The Geometrid Moths of Europe. Volume 1. Stenstrup: Apollo Books.

Hoffmann, Ary A., Perran A. Ross 2018. Rates and patterns of Laboratory Adaption in (Mostly) Insects. – *Journal of Economic Entomology* nr 111, lk 501-509.

Kaisila, Juoko 1962. Immigration und Expansion der Lepidopteren in Finnland in den Jahren 1869 – 1960. – *Acta Entomologica Fennica* nr 18, lk 1–452.

Karsholt, O., Nieukerken, E.J. van 2013. Lepidoptera, Moths. Fauna Europaea version 2017.06. Kättesaadav: <https://fauna-eu.org>. (25.11.2017).

Kirby, W. F. 1897. A Hand-Book to the Order Lepidoptera. London: Edward Lloyd Limited.

Konôpka *et al.* = Konôpka, Bohdan, Peter Zach, Ján Kulfan 2016. Wind – an important ecological factor and destructive agent in forests. – *Lesínsky časopis Forestry Journal* nr 62 , lk 123–130.

Kuussaari *et al.* = Kuussaari, Mikko, Susu Rytteri, Risto K. Heikkinen, Janne Heliölä, Peter von Bagh 2017. Weather explains high annual variation in butterfly dispersal. – *Proceedings of Royal Society B* 283: 20160413.

Leonard *et al.* = Leonard, Ryan J., Clare McArthur, Dieter F. Hochuli 2016. Exposure to wind alters insect herbivore behaviour in larvae of *Uraba lugens* (Lepidoptera: Nolidae). – *Austral Entomology* nr 55, lk 242–246.

Leraut, Patrice 2009. Moths of Europe. Paris: N.A.P Editions.

Mikkola *et al.* = Mikkola, Kauri, Ilkka Jalas, OsmoPeltonen 1989. Suomen perhoset. Mittarit 2. Helsinki: Hangon Kirjapaino.

Numers, B. 1935. Haruldasi liblikate leide Lõuna-Eestist. – *Eesti Loodus* nr 3, lk 132.

Silvonen *et al.* = Silvonen, Kimmo, MortenTop-Jensen, Michael Fibiger 2014. Suomen päiva ja yöperhoset. – *Maastokäsikirja*. Helsinki: BugBook Publishing.

Sinclair *et al.* = Sinclair, Brent J., Litza E. Coello Alvarado, Laura V. Ferguson 2015. An invitation to measure insect cold tolerance: Methods, approaches, and work flow. – *Journal of Thermal Biology* nr 53, lk 180-197.

Zhu *et al.* = Zhu, Jio-jun, Zu-gen Liu, Xiu-fen Li, Matsuzaki Takeshi, Gonda Yutaka 2004. Review: effects of wind on trees. – *Journal of Forestry Research* nr 15, lk 153–160.

Tammaru, Toomas 1993. Kassitapusuru (*Agrius convolvuli* L.) (Sphingidae) sisserännetest Eestisse, eriti 1992. aastal. – *Lepidopteroogiline Informatsioon* nr 8, lk 11–15.

Vepsäläinen, Kari 1968. The immigration of *Pieris Brassicae* L. (Lep., Pieridae) into Finland in 1966, with a general discussion on insect migration. – *Annales Entomologica Fennica* nr 34, lk 223–243.

Viidalepp, Jaan 1970. Изменя в фауне чешуекрылых Эстонской ССР. – *Известия Академия наук Эстонской ССР* nr 1, lk 53–77.

Viidalepp, Jaan, Hans Remm 1996. Eesti liblikate määraja. Tallinn: Valgus.

Yamazaki, Kazuo 2011. Gone with the wind: trembling leaves may deter herbivory. – *Biological Journal of the Linnean Society* nr 104, lk 783–747.

LISAD

Lisa 1

Video röövikute kasvatamisest

<https://drive.google.com/file/d/1MRZaZahOWT6FfqY6Rn4o8Z5rdANrtfug/view?usp=sharing>

Lisa 2

Video katsest

<https://drive.google.com/file/d/1c7Z2t7s9jc2pdCqWHOECpfHgyGqYqQW2/view?usp=sharing>

Lisa 3

ANCOVA andmeanalüüsi tulemused

Dependent Variable			
Sample			Total
A	B	C	
n			
5	3	5	13
Observed Means			
20.228	13.2667	14.304	16.3431
Adjusted Means			
20.4712	13.4777	13.9342	16.3431

Aggregate Correlation within Samples: CV vs DV	
r = 0.21	r ² = 0.04