TURUN KAUPUNKI
YMPÄRISTÖNSUOJELUTOIMISTO

# KÄÄRIÄISTUHOT RUISSALON TAMMIMETSISSÄ

JULKAISU 6/90

Kansipiirros:
Kari Saikkonen

Ympäristönsuojelutoimiston julkaisuja 6 /90

# KÄÄRIÄISTUHOT RUISSALON TAMMIMETSISSÄ

Koponen, Seppo 1)
Niemelä, Pekka 1) 2)
Lindgren, Martti 1) 2)
Karhu, Kari 3)

1) Turun yliopisto
2) nyk. Metsäntutkimuslaitos
3) Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto

Joulukuu 1990

TIIVISTELMÄ

Ruissalon tammimetsissä on tammikääriäinen (Tortrix viridana) aiheuttanut toistuvasti tuhoja. Ensimmäinen tunnettu tuho sattui vuonna 1886, ja sittemmin niitä on ollut 5-7 vuoden välein. Mahdollisesti tuhojen kesto on viime vuosikymmeninä pidentynyt yhdestä kesästä 2-3 kesään. Turun seudulla tuhot näyttävät keskittyvän Ruissaloon. Muissa (pienemmissä) tammimetsissä ne ovat satunnaisia.

Tuhojen syitä ja vaikutuksia tammimetsiin selvitettiin vuosina 1987-88 viidellä koealalla Ruissalossa sekä vertailun vuoksi Muhkurissa, Katariinanlaaksossa, Askaisissa ja Mietoisissa. Selvityksen kohteena oli neljä kääriäiskannan kasvua rajoittavaa ympäristötekijää: talvilämpötila, loiset, ravinnon laatu sekä saasteet.

Yksikään tutkituista tekijöistä ei selittänyt tyhjentävästi tuhojen dynamiikkaa eikä niiden keskittymistä Ruissaloon. Alhainen talvilämpötila selitti kyllä kääriäiskantojen romahtamisen talvella 1986-87 mutta ei selittänyt alueellisia eroja. Loisinnan takia ennen lisääntymisikää kuolevien kääriäistoukkien suhteellisessa osuudessa ei ollut eroja koealojen välillä. Tammen lehdet olivat (vastoin teoreettisia malleja) ensimmäisenä tutkimusvuotena huonointa ravintoa toukille nimenomaan tiheimmän kääriäiskannan metsiköissä. Toisena tutkimusvuotena eroja ei havaittu. Lehdistä tehdyt kemialliset analyysit osoittivat lyijyn lisäävän toukkien kuolleisuutta ja hidastavan niiden kasvua. Korkeimmat lyijypitoisuudet mitattiin kuitenkin pahimpien kääriäistuhojen

**Tammikääriäistuhot ovat ilmeisesti pysyvä ilmiö Turun tammimetsissä. Ilmansaasteiden ja muiden tammeen kohdistuvien stressitekijöiden lisääntyessä on mahdollista, että tuhoja sattuu useammin, ne kestävät pidempään, ne ovat laajempia ja tammet selviävät niistä heikommin kuin tähän saakka. Tammimetsien kunnon tarkkailemiseksi tulisi perustaa pysyviä koealoja ja tammikääriäiskantojen kehitystä tulisi seurata vuosittain.**

SISÄLLYSLUETTELO

1. RUISSALON TAMMITUHOJEN HISTORIAA . . . . . 1

2. TUTKIMUSALUEET . . . . . 2

3. MUNAMÄÄRÄT KEVÄÄLLÄ . . . . . 4

4. TOUKKAKASVATUKSET LAJISTON SELVITTÄMISEKSI . . . . . 6

5. VALOPYYNTIAINEISTO . . . . . 9

6. TAMMIKÄÄRIÄISTUHOJEN SYYT . . . . . 11

6.1. SÄÄOLOT . . . . . 11

6.2. LOISTEN JA TAUTIEN ESIINTYMINEN . . . . . 12

6.2.1. KÄÄRIÄISET . . . . . 12

6.2.2. PETOYÖKKÖNEN . . . . . 14

6.3. RAVINNON LAATU . . . . . 17

6.3.1. PETOYÖKKÖSTEN KASVATUKSET . . . . . 18

6.3.1.1. MENETELMÄT . . . . . 18

6.3.1.2. TULOKSET . . . . . 19

6.3.2. KÄÄRIÄISKASVATUKSET LABORATORIOSSA . . . . . 22

6.3.2.1. MENETELMÄT . . . . . 22

6.3.2.2. TULOKSET . . . . . 23

6.3.3. PUSSEISSA KASVATETUT KÄÄRIÄISET . . . . . 23

6.3.3.1. MENETELMÄT . . . . . 23

6.3.3.2. TULOKSET . . . . . 25

6.3.4. YHTEENVETO KASVATUSKOKEISTA . . . . . 27

7. LEHTINÄYTTEIDEN KEMIALLINEN ANALYYSI JA PETOYÖKKÖSEN MENESTYMINEN . . . . . 29

7.1. TAUSTAA . . . . . 29

7.2. KEMIALLISET ANALYYSIT JA NIIDEN TULOKSET . . . . . 31

7.2.1. TUTKITTUJEN ALKUAINEIDEN PITOISUUDET TAMMENLEHDISSÄ . . . . . 32

7.2.1.1. LEHTIEN TYPPIPITOISUUS . . . . . 32

7.2.1.2. LEHTIEN LYIJYPITOISUUS . . . . . 33

7.2.1.3. LEHTIEN SINKKIPITOISUUS . . . . . 34

7.2.1.4. LEHTIEN RIKKIPITOISUUS . . . . . 35

7.2.2. PETOYÖKKÖSEN KOTELOPAINOJEN SUHDE MITATTUJEN AINEIDEN . . . . . 36

8. TULOSTEN TARKASTELUA . . . . . 37

9. TAMMIKÄÄRIÄISTUHOJEN VAIKUTUS TAMMIMETSIEN TILAAN . . 39

10. TULEVAT TOIMENPITEET . . . . . 42

11. KIRJALLISUUS . . . . . 44

# 1. RUISSALON TAMMITUHOJEN HISTORIAA

Lounais-Suomen tammivyöhyke on tunnetusti maamme vallitsevasta luonnosta jyrkästi poikkeava alue, usein sitä kutsutaan keskieurooppalaiseksi lehtovyöhykkeeksi. Ruissalon tammimetsät ovat sen merkittävin keskus. Tammikääriäisen (Tortrix viridana) aiheuttamat tuhot ovat tyypillisiä Ruissalon tammimetsille ja niistä on kirjallisia tietoja suhteellisen pitkältä ajalta. Ensimmäinen tunnettu tuho oli vuonna 1886 ja seuraava vuonna 1901. Sen jälkeen tuhot toistuivat 5-7 vuoden välein seuraavien neljän vuosikymmenen aikana: 1909, 1916-17, 1925-26, 1932 ja 1939 (Vappula 1962). Ruissalokirjassa Rainio (1979) mainitsee pitkäaikaiset tuhokaudet 1950-luvun puolivälistä talveen 1965-66 sekä uudelleen 1970-luvun alkupuolella. 1980-luvulla on tuhoja esiintynyt vuosina 1984-86. Valitettavasti tiedot mahdollisista tuhoista puuttuvat 1940-luvulta.

Mielenkiintoinen piirre tuhojen esiintymisessä ja kestossa ovat 1950-luvulta alkaneet pitkäkestoiset (useiden peräkkäisten kesien) tuhokaudet verrattuna aikaisempiin yhden tai korkeintaan kahden tuhokesän sarjoihin. Mikäli tämä kuva on todellinen voidaan ympäristömuutoksia arvella syyksi. Toisaalta vuosisadan alkupuolen tuhotiedot ovat maatalousentomologien havaintoja, ja näin ollen mahdollisesti vain todella laajat tuhot on huomioitu tänä aikana.

Etelämpänä, tammikääriäisen levinneisyysalueen ydinosissa näyttävät kannan huippuvuodet (tuhovuodet) usein seuraavan toisiaan 3-4 vuoden välein (esim. Schwerdtfeger 1961, Razowski 1984).

Tammikääriäisen kantoja on seurattu vuosina 1984-88 arvioimalla 40 nuoren tammen lehtien tuhoaste. Tutkitut puut sijaitsevat Ruissalossa kasvitieteellisen puutarhan

alueella, ne on merkitty yksilöllisesti maastoon ja tuhoaste on arvioitu samoista puista viitenä seuranta-vuonna. Tammikääriäistoukkien aiheuttamat lehtibiomassan keskimääräiset menetykset olivat syönnösprosentteina seuraavat:

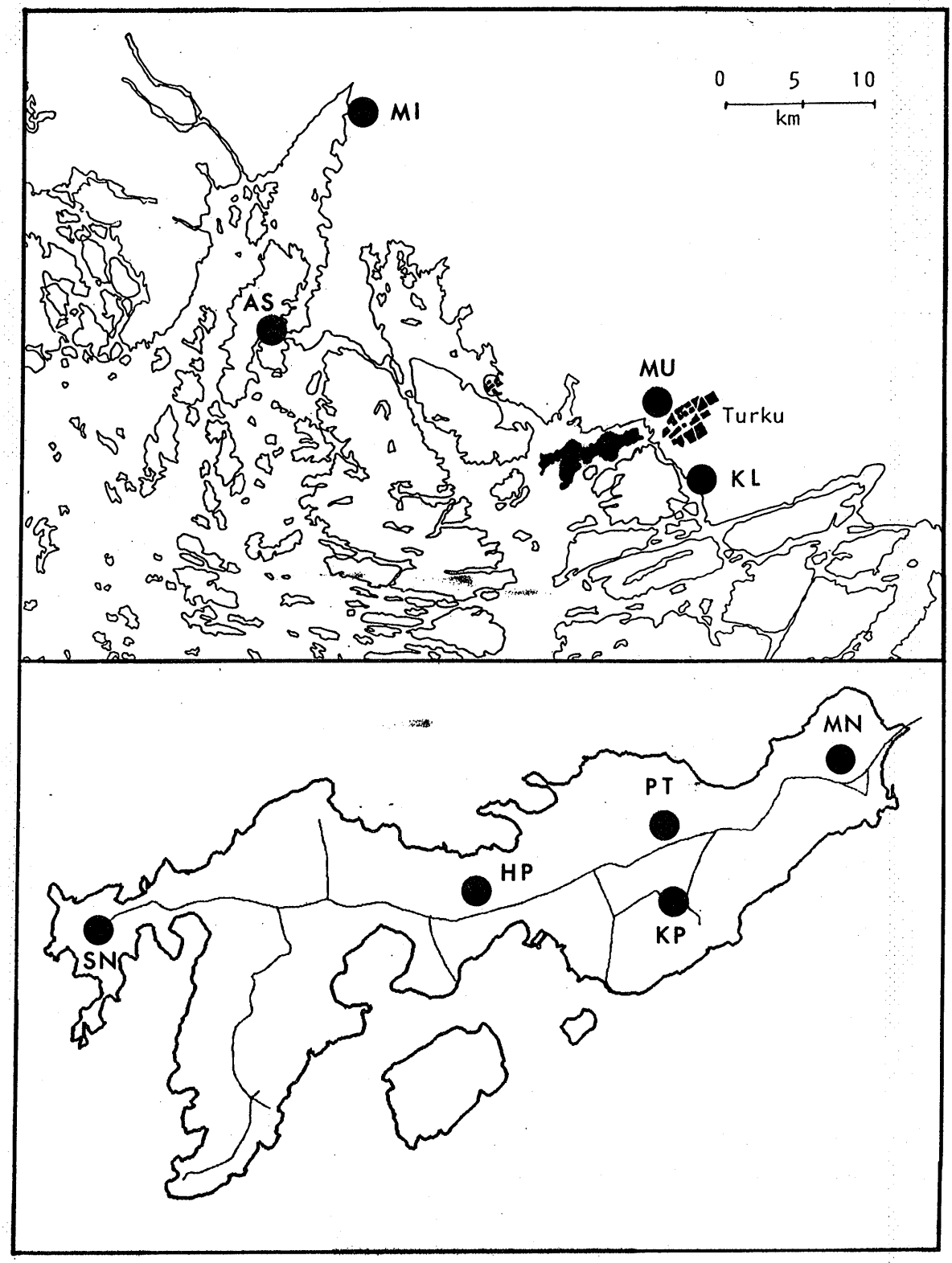
| 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
|---|---|---|---|---|
| 53 | 18 | 31 | 2 | 2 |

Syönnösaineiston mukaan tammikääriäiskannat olivat vuonna 1984 varsin korkeat (yli puolet lehtibiomassasta syöty) ja myös vuonna 1986 huomattavat (lähes kolmannes), mutta selvä romahdus on havaittavissa kesällä 1987. On huomattava, että edellä esitetyt syönnösmäärät sisältävät myös muiden tammenlehtiä ravintonaan käyttävien hyönteistoukkien syönnöstä.

## 2. TUTKIMUSALUEET

Tutkimuksen pääkohteena olivat Ruissalon tammimetsät, mutta lisäksi suoritettiin vertailevaa tutkimusta Muhkurissa ja Katariinanlaaksossa sekä Mietoisten Saaressa. Lisäksi keväällä 1987 kerättiin kääriäisen munanäytteitä Askaisten Livonsaaresta (kuva 1).

Kaikki tutkimusalueet sijaitsevat lähellä meren rantaa, suurin etäisyys rantaviivasta on runsas kilometri (Muhkurissa ja Mietoisissa). Tutkimusalueista useimmat sijaitsevat noin 5 m mpy; vain Marjaniemi, Muhkuri ja Katariinanlaakso, ovat hieman korkeammilla paikoilla, noin 20-25 m mpy. Kauimpana toisistaan sijaitsevien Katariinanlaakson ja Mietoisten alueiden etäisyys on 33 km.




Kuva 1. Ruissalon varsinaiset koealueet olivat Saaronniemessä (SA), Turun yliopiston kasvitieteellisessä puutarhassa (PT) ja Marjaniemessä (MN). Eräissä vertailuissa näistä käytetään yhteisnimeä Ruissalo (RS). Muut varsinaiset koealueet olivat Turun Muhkurissa (MU) ja Katariinanlaaksossa (KL) sekä Mietoisten Saaressa (MI). Lisähavaintoalueet olivat Ruissalon Honkapirtillä (HP) ja Kansanpuistossa (KP) sekä Askaisten Livonsaaressa (AS).

Tutkimusalueiden etäisyys kilometreinä ja suunta on esitetty ohessa verrattuna keskeisesti sijaitsevaan puutarhan tutkimusalueeseen:

| | etäisyys | suunta |
|---|---|---|
| Saaronniemi | 5.0 | SW |
| Honkapirtti | 1.5 | SW |
| Kansanpuisto | 0.5 | S |
| Puutarha | - | - |
| Marjaniemi | 1.5 | NE |
| Muhkuri | 3.5 | NE |
| Katariinanlaakso | 6.0 | SE |
| Askainen | 24.0 | NW |
| Mietoinen | 28.0 | NW |

Kaikki tutkitut alueet sijaitsevat Lounais-Suomen yhtenäisellä tammivyöhykkeellä ja käsittävät melko laajoja tammistoja (Tapana 1958).

Kultakin varsinaiselta tutkimusalueelta valittin viisi suurta ja viisi pientä tammea. Näistä kerättiin lehtiä toukkien kasvatuskokeisiin ja kemiallisiin analyyseihin (vuonna 1987). Suurista tammista otettiin lehtiä vain alaoksista, pienistä puista (pensaista) kaikista osista.

Puutarhassa ja Mietoisissa kasvatettiin kääriäistoukkia vuosina 1987-88 myös tammenoksien ympärille asetetuissa harsopusseissa (sekä pienissä että suurissa tammissa).

## 3. MUNAMÄÄRÄT KEVÄÄLLÄ

Tammikääriäisen munintatapa on varsin erikoinen, laji munii kaksi munaa aivan lähekkäin - toisinaan ne peittävät osittain toisensa - ja peittää sen jälkeen munat. Niiden etsiminen vaatii tarkkaa mikroskooppitutkimusta. Sich'n (1916) ja Gasow'n (1925) tutkimusten mukaan muiden tammella elävien kääriäisperhosten munintatapa on erilainen, joten erittäin todennäköisesti seuraavat munatiheydet koskevat tammikääriäistä.

Kirjallisuustietojen mukaan tammikääriäisnaaras munii yleensä 60-70 munaa (Schwerdtfeger 1961, Razowski 1984).

Munatiheyksiä tutkittiin ottamalla oksanäytteitä toukokuun puolivälissä 1987 ja 1988 sekä tutkimalla ne laboratoriossa. Useimmissa Ruissalon kohteissa laskettiin vuonna 1987 munatiheydet erikseen suurten tammien yläoksista ja alaoksista. Yläoksat kerättiin käyttäen tikasautoa. Kussakin näytteessä on kolmen eri puun oksista lasketut munamäärät.

Munatiheydet oksametriä kohden tammenoksien kärkiosissa olivat vuonna 1987 (keskimäärin 4.5 m oksaa/näyte):

| | yläoksat | alaoksat |
|---|---|---|
| Saaronniemi | 0.0 | 1.0 |
| Honkapirtti | 9.3 | 0.8 |
| Kansanpuisto | 9.1 | - |
| Puutarha | 7.8 | 1.7 |
| Marjaniemi | 14.7 | 4.1 |
| Muhkuri | - | 26.7 |
| Katariinanlaakso | - | 3.1 |
| Askainen | - | 1.1 |
| Mietoinen | - | 0.0 |

Yllä olevat määrät osoittavat edellisen kesän (1986) tammikääriäistiheyksiä. Munatiheydet ovat yleensä suurimpia tammien oksiston yläosissa, josta toukat normaalisti alkavat tuhonsa (esim. Saalas 1949). Munista huomattava osa näytti kuolleilta. Syynä munien talvikuolleisuuteen saattaa olla vuosisadan kylmin talvi, jolloin minimilämpötila oli kolmena päivänä tammikuussa alle -33°C. Lumenpinnan yläpuolella talvehtivien perhosmunien tiedetään olevan usein herkkiä koville pakkasille (Niemelä 1979).

Keväällä 1988 (12.5.) kerättiin oksanäytteitä tammien yläoksistosta Saaronniemestä, puutarhasta, Marjaniemestä, Muhkurista ja Katariinanlaaksosta. Oksia tutkittiin 5-11 metriä kultakin tutkimusalueelta ja vain puutarhasta löytyi tammikääriäisen muna (0.2 munaa/metri tammenoksaa). Näin ollen tammikääriäiskannat olivat olleet vuonna 1987 paljon pienemmät kuin vuonna 1986 munatiheystutkimustenkin mukaan.

Taulukko 1. Eri pikkuperhosryhmien osuudet tammenlehtiä "käärineistä" toukista kesäkuussa 1987.

1. keräys (10.-15.6.1987):

| | Puu-tarha | Marjaniemi | | Muhkuri | | Kata-riinan laakso |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II | |
| tammikääriäinen | 5 | 1 | 4 | 13 | 0 | 5 |
| kääriäiset yht. | 110 | 18 | 30 | 54 | 30 | 11 |
| jäytäjäkoit | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 7 |
| kehrääjäkoit | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| yhteensä | 110 | 18 | 32 | 56 | 31 | 18 |

2. keräys (25.-28.6.1987):

| | Saaron-niemi | Puu-tarha | Marja-niemi | Katariinan-laakso |
|---|---|---|---|---|
| tammikääriäinen | 0 | 4 | 1 | 0 |
| kääriäiset yht. | 3 | 6 | 1 | 0 |
| jäytäjäkoit | 19 | 8 | 10 | 45 |
| kehrääjäkoit | 0 | 0 | 0 | 0 |
| yhteensä | 22 | 14 | 11 | 45 |

## 4. TOUKKAKASVATUKSET LAJISTON SELVITTÄMISEKSI

Tammikääriäisen esiintymistä tutkittiin keräämällä kesäkuussa 1987 kahteen otteeseen tammenlehtiä "käärineitä" perhostoukkia eri alueilta. Kääriäisperhosten (Totricidae) ohella tämä aineisto käsitti jäytäjäkoiden (Gelechiidae) sekä kehrääjäkoiden (Ypsolophidae) edustajia (taulukko 1).

Tammikääriäisiä tavattiin eniten puutarhassa ja Katariinanlaaksossa; kummassakin lähes 30 % aikuistuneista perhosista, puutarhassa jälkimmäisenä ja Katariinanlaaksossa aikaisempana keräysaikana. Muhkurin kahden keräyksen tulokset olivat hyvin erilaiset: toisessa 23 %

tammikääriäisiä ja toisessa ei lainkaan tätä lajia. Näiden keräysten väliä oli vain kolme päivää. Syynä erilaisen tulokseen on todennäköisesti se, että edellinen keräys tehtiin avoimen kallioaluen laidoilla ja jälkimmäinen varjoisessa alemmassa tammikossa. Salmikivi (1931) keräsi vuonna 1928 tammikääräistoukkia avoimilla paikoilla ja metsässä varjossa kasvavista tammista ja havaitsi erittäin selvät erot tiheyksissä: tunnin keräilyä kohti keskimäärin 404 toukkaa avoimilla paikoilla ja 17 toukkaa varjossa. Muhkurissahan tavattiin korkeimmat munatiheydet keväällä; nämä oksanäytteet kerättiin suhteellisen avoimilta paikoilta.

Runsaslukuisimmat tammenlehdiltä tammikääriäistoukkien ohella kerätyt "kääriäislajit" olivat Ptycholoma lecheanum (Tortricidae), Aleimma loeflingianum (Tortricidae), Pandemis spp (Tortricidae), Psoricoptera gibbosella (Gelechiidae) sekä Ypsolopha spp (Ypsolophidae). Kaikilla Turun tammialueilla oli myös petoyökkönen (Cosmia trapezina) varsin tavallinen. Puutarhan ympäristössä, Marjaniemessä ja Muhkurissa petoyökkösen toukat olivat runsaampia tai ainakin yhtä runsaslukuisia kuin kääriäistoukat vuonna 1987.

Aikaisemman keräilykauden kasvatuksista (1987) oli Ruissalossa ja Muhkurissa noin puolet kaikista kääriäisistä lajia Ptycholoma lecheanum. Jälkimmäisen keräilyn valtalajina oli jäytäjäkoi Psoricoptera gibbosella, joka oli Katariinanlaaksossa tavallinen jo aikaisemmalla keräilykaudella.

Lajien runsaussuhteiden vertailua vaikeuttaa se, että eri kääriäislajit suosivat erilaisilla paikoilla (erityisesti varjostuksen suhteen) kasvavia tammia ja myös eri kokoisia puita; erityisesti tammikääriäinen ja Ptycholoma lecheanum -kääriäinen suosivat erityyppisiä tammia (Salmikivi 1931).

Vuonna 1988 kerättiin "kääriäismäisiä" toukkia toukokuun lopulla ja kesäkuun alussa. Yhtään tammikääriäistä ei

Taulukko 2. Eri pikkuperhosryhmien osuudet tammenlehtiä "käärineistä" toukista toukokuussa ja kesäkuussa 1988.

| | Saaronniemi | | Puutarha | | Marjaniemi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.6. | 9.6. | 30.5. | 7.6 | 30.5. | 2.6. |
| tammikääriäinen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| kääriäiset yht. | 19 | 7 | 21 | 16 | 25 | 21 |
| jäytäjäkoit | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| kehrääjäkoit | 0 | 12 | 0 | 4 | 2 | 3 |
| yhteensä | 24 | 20 | 21 | 20 | 27 | 27 |

| Muhkuri | | Katariinanlaakso | |
|---|---|---|---|
| 1.6. | 6.6. | 1.6. | 7.6 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 9 | 20 | 11 |
| 1 | 0 | 6 | 2 |
| 0 | 9 | 0 | 11 |
| 25 | 18 | 26 | 24 |

saatu tästä keräyksestä, aineisto käsitti muita kääriäisiä, erityisesti Ptycholoma lecheanum ja Pandemis-kääriäisiä, jäytäjäkoita (Gelechiidae) ja kehrääjäkoita (Ypsolophidae) (taulukko 2).

Jälleen oli Ptycholoma lecheanum -kääriäinen aikaisemman keräyksen valtalaji. Jälkimmäisessä keräyksessä vuonna 1988 oli mm. Ypsolopha-kehrääjäkoi melko runsaslukuinen, selvästi runsaampi kuin vuonna 1987, kun taas Psoricoptera gibbosella -jäytäjäkoi oli vähälukuisempi kuin edellisenä vuonna.

Turun tammialueilta alkukesällä 1987 ja 1988 kerätyistä kääriäistoukista (Tortricidae) aikuistui eri lajeja seuraavasti:

| | 1987 | 1988 |
|---|---|---|
| Tammikääriäinen | 47 | 2 |
| Ptycholoma lecheanum | 225 | 134 |
| Pandemis-kääriäiset | 110 | 93 |
| Muut kääriäiset | 7 | 11 |
| Yhteensä | 389 | 240 |

Tammikääriäisen kannat olivat siis vuonna 1988 vielä matalammalla tasolla kuin 1987. Laji oli lähes kateissa Ruissalossa ja muilla Turun tammialueilla: 12 % kasvatetuista kääriäisistä vuonna 1987 ja vain 1 % vuonna 1988.

Salmikivi (1931) tutki Ruissalon ja lähialueiden tammimetsien perhoslajistoa vuosina 1928-30. Saamistamme lajeista hän löysi runsaasti tammikääriäistä, jonka kannat laskivat kolmen tutkimuskesän aikana (kirjallisuudessa mainitut huippuvuodet olivat 1926 ja 1932); myös Ptycholoma lecheanum -kääriäinen, Aleimma loeflingianum -kääriäinen, Ypsolopha-kehrääjäkoit ja petoyökkönen olivat yleisiä. Sen sijaan Pandemis-kääriäiset ja Psoricoptera gibbosella -jäytäjäkoi olivat vähälukuisia.

## 5. VALOPYYNTIAINEISTO

Tammen tuholaisia tutkittiin keräämällä hyönteismateriaalia valorysällä puutarhan tammimetsikössä. Pyyntiä suoritettiin kahteeen otteeseen vuonna 1987: tammikääriäisen lentoaikaan ja myöhemmin tyypillisen tammen tuholaisen, petoyökkösen lentoaikaan; pyyntikaudet olivat 14.-31.7.1987 ja 6.8.-21.9.1987. Edellisellä kaudella pyyntilamppuna 250 W ja jälkimmäisellä kaudella 160 W sekavalolamppu ja rysänä ns. Jalas-pyyntirysä. Perhosaineisto puutarhasta ajalta 14.7.-31.7.1987 oli seuraava:

| | |
|---|---|
| tammikääriäinen | 2 |
| Pandemis-kääriäiset | 45 |
| Aleimma loeflingianum | 24 |
| yökkösperhoset (Noctuidae) | 436 |
| mittariperhoset (Geometridae) | 435 |
| ns. pikkuperhoset (Microlepidoptera) | 1 185 |
| yhteensä | 2 087 |

Tammikääriäisen määrät valopyyntiaineistossa olivat erittäin alhaiset: vain 0.1 % kokonaisperhosmäärästä. Valopyynti ei liene kovin tehokas tammikääriäisten keräysmenetelmänä, mutta sen on todettu olevan käyttökelpoinen kannanvaihteluiden seurantaan (esim. Szontagh 1974).

Petoyökkösen osuus suurperhossaaliista oli kolmen viimeisen pyyntikauden aikana noin 20 % (taulukko 3). Petoyökkösen kantojen tiedetään vaihtelevan huomattavasti eri vuosina esim. Ruissalossa (Clayhills 1929, Salmikivi 1931); joskin Mikkola ja Jalas (1979) toteavat lajin olevan "lähes säännöllisesti jokseenkin runsas parhailla biotoopeillaan". Kylmästä kesästä johtuen petoyökkösen lentoaika oli selvästi normaalia myöhäisempi.

Vuonna 1988 kerättiin perhosia jälleen valorysällä (160 W sekavalolamppu) puutarhassa. Yhtään tammikääriäistä ei saatu. Sen sijaan petoyökköstä saatiin 52 yksilöä; siis suunnilleen yhtä paljon kuin edellisenä kesänä. Kesän sääsuhteista johtuen lentokauden huippu oli paljon aikaisemmin kuin vuonna 1987, jo heinäkuussa (15.-27.7.1988).

Taulukko 3. Puutarhasta valorysillä kerätty suurperhosaineisto 6.8.-21.9.1987.

| keräysjakso | petoyökkönen | muut yökösperhoset | mittarit | yhteensä |
|---|---|---|---|---|
| 6.-10.8. | 0 | 38 | 16 | 54 |
| 11.-15.8. | 0 | 58 | 61 | 119 |
| 16.-23.8. | 6 | 87 | 60 | 153 |
| 24.-29.8. | 7 | 29 | 50 | 86 |
| 30.8.-5.9. | 10 | 18 | 15 | 43 |
| 6.-12.9. | 18 | 32 | 33 | 83 |
| 13.-21.9. | 6 | 14 | 9 | 29 |
| yhteensä | 47 | 276 | 244 | 567 |

# 6. TAMMIKÄÄRIÄISTUHOJEN SYYT

## 6.1. SÄÄOLOT

Tammikääriäinen kuuluu perhoslajeihin, joka talvehtii munana. Useiden perhoslajien munien on todettu olevan herkkiä alhaisille lämpötiloille. Esimerkiksi tunturimittarin munat kuolevat alle -37°C pakkasessa (Niemelä 1979), hallamittarin munat eivät kestä alle -35°C pakkasia (MacPhee 1967).

Edellä on esitetty tammikääriäiskantojen voimakas romahdus talven 1986-87 jälkeen. Talven 1986-87 sekä alkukesän 1987 keskilämpötilat tutkimusalueella (Turku ja Mietoinen) on esitetty ohessa astepoikkeamana normaalikauden (1931-60) keskiarvoista (Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1986-87):

| | Turku | Mietoinen |
|---|---|---|
| joulukuu 1986 | -4.0 | -4.0 |
| tammikuu 1987 | -10.8 | -10.8 |
| helmikuu 1987 | 0.0 | -0.5 |
| maaliskuu 1987 | -2.2 | -2.5 |
| huhtikuu 1987 | -0.7 | -0.3 |
| toukokuu 1987 | -0.9 | -1.5 |
| kesäkuu 1987 | -1.7 | -2.1 |
| heinäkuu 1987 | -1.4 | -2.1 |

Joulukuu 1986 ja etenkin tammikuu 1987 olivat selvästi keskimääräistä kylmempiä; tätä talvea pidetäänkin vuosisadan kylmimpänä. Tammikuussa 1987 Turussa oli kuusi vuorokautta, jolloin minimilämpötila oli alle -30°C ja kolme alle -33°C, kylmin päivä oli 10.1.: -34.8°C. Siten on mahdollista, että tammikääriäiskantojen romahtaminen talven 1986-87 jälkeen johtui osaltaan suuresta munakuolleisuudesta alhaisessa lämpötilassa. Tätä todistaa myös munalaskennassa todettu suuri munakuolleisuus.

Talven 1987/88 ja alkukesän 1988 lämpötilat olivat keskimääräistä korkeammat. Vuosien 1987 ja 1988 suuret lämpötilaerot aiheuttivat selvät erot sekä tammen lehtien puhkeamisajankohtaan että lehtiä syövien toukkien ja myös aikuisten perhosten esiintymisen ajoittumiseen.

## 6.2. LOISTEN JA TAUTIEN ESIINTYMINEN

### 6.2.1. KÄÄRIÄISET

Loisinnan ja tautien mahdollisia eroja eri tutkimusalueilla ja eriasteisen tammituhon alueilla tuhojen sijoittumisen eräänä selittäjänä tutkittiin vuosina 1987-88 keräämällä tammella kääriäismäisesti eläviä toukkia ja kasvattamalla ne sitten laboratoriossa. Koska loispistiäiset ovat usein ravinnonvalinnaltaan generalisteja eli loisivat useilla samankaltaiset elintavat omaavilla isäntäeläinlajeilla, voidaan tämän tutkimuksen tulosten katsoa osoittavan "yleistä kääriäistoukkien loisintapainetta" tutkimusalueilla.

Tammen lehtien suojassa eläviä, kääriäismäisiä, toukkia kerättiin kahteen otteeseen vuonna 1987. Taulukossa 4 on esitetty loisten ja tautien aiheuttama kuolleisuus näissä kasvatuksissa. Toukat olivat kerättäessä yleensä keskikokoisia tai suuria; lajistosta ks. edellä oleva selvitys toukkakasvatuksista.

Loisintaosuus oli vuonna 1987 suhteellisen alhainen (0-27 %) ja aikuistumisosuus varsin korkea (54-82 %). Selviä, tilastollisesti merkitseviä eroja ei löydetty eri alueiden välillä loisten tai tautien aiheuttamassa kuolleisuudessa.

Vastaavanlainen loiskasvatus tehtiin myös vuonna 1988. Tulokset ovat taulukossa 5.

Loisinta-aste oli vuonna 1988 kautta linjan korkeampi kuin vuonna 1987, vaihdellen 15 % ja 34 % välillä. Aikuistumisosuus oli kuitenkin lähes samaa tasoa kuin vuonna 1987 eli 51 % - 67 %. Selvää suuntausta ei havaittu loisintapaineessa eikä toisaalta aikuistuneiden kääriäisten osuudessa tutkimusalueiden välillä vuonna 1988; joten tilanne muistutti tässä suhteessa edellisen kesän loistutkimusta.

**Taulukko 4.** Loisittujen, tauteihin kuolleiden ja aikuistuneiden tammenlehtiä "käärineiden" toukkien osuudet (%) kasvatuksissa kesäkuun alussa ja lopussa 1987.

Kesäkuun alku (10.-15.6.1987):

| | Puutarha | Marjaniemi | | Muhkuri | | Katariinan laakso |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II | |
| loisittuja | 9.7 | 0.0 | 15.2 | 10.7 | 9.5 | 13.3 |
| tauteihin kuolleita | 17.7 | 25.9 | 15.2 | 20.2 | 16.7 | 26.7 |
| aikuistuneita | 72.6 | 74.1 | 69.6 | 69.1 | 73.8 | 54.2 |
| yhteensä (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| yhteensä (yks.) | 175 | 27 | 46 | 84 | 42 | 30 |

Kesäkuun loppu (25.-28.6.1987):

| | Saaroniemi | Puutarha | Marjaniemi | Katariinanlaakso |
|---|---|---|---|---|
| loisittuja | 11.1 | 26.9 | 6.7 | 9.5 |
| tauteihin kuolleita | 7.4 | 19.5 | 20.0 | 19.0 |
| aikuistuneita | 81.5 | 53.8 | 73.3 | 71.4 |
| yhteensä (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| yhteensä (yks.) | 27 | 26 | 15 | 63 |

Koska varsin merkittävät loislajit heimosta Ichneumonidae munivat kääriäisten koteloihin (Cole 1967), jää näiden loisten osuus kokonaisuudessaan pois edellä olevasta loisinta-asteen arvioinnista, joka perustuu toukkakeräykseen. Tammikääriäisen loisia tunnetaan Keski-Euroopasta runsaasti useista pistiäisheimoista sekä loiskärpäsistä (Razowski 1984). Salmikivi (1931) mainitsee 8 Ichneumonidae-heimon loispistiäislajia tammikääriäiseltä.

Salmikivi (1931) ilmoittaa tammikääriäisen loisittujen toukkien osuudeksi vuonna 1929 16.5 % (n = 97) ja vuonna 1930 25.6 % (n = 255) ja vastaavasti aikuistumisprosentiksi 52.5 ja 58.8 %. Vuonna 1930 oli 34.3 % Ptycholoma lecheanum -kääriäisen toukista loisittuja (n = 35) (Salmikivi 1931).

Taulukko 5. Loisittujen, tauteihin kuolleiden ja aikuistuneiden tammenlehtiä "käärineiden" toukkien osuudet (%) kasvatuksissa toukokuussa ja kesäkuussa 1988. Ensimmäinen keräys tapahtui 30.5.-1.6. ja toinen 2.6.-9.6.

| | Saaronniemi | | Puutarha | | Marjaniemi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.6. | 9.6. | 30.5. | 7.6. | 30.5. | 2.6. |
| loisittuja | 21.1 | 30.8 | 33.3 | 34.2 | 25.0 | 27.5 |
| tauteihin kuolleita | 15.8 | 17.9 | 8.3 | 13.2 | 11.8 | 5.0 |
| aikuistuneita | 63.2 | 51.3 | 58.3 | 63.2 | 67.5 | 67.5 |
| yhteensä (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| yhteensä (yks.) | 38 | 39 | 36 | 38 | 40 | 40 |

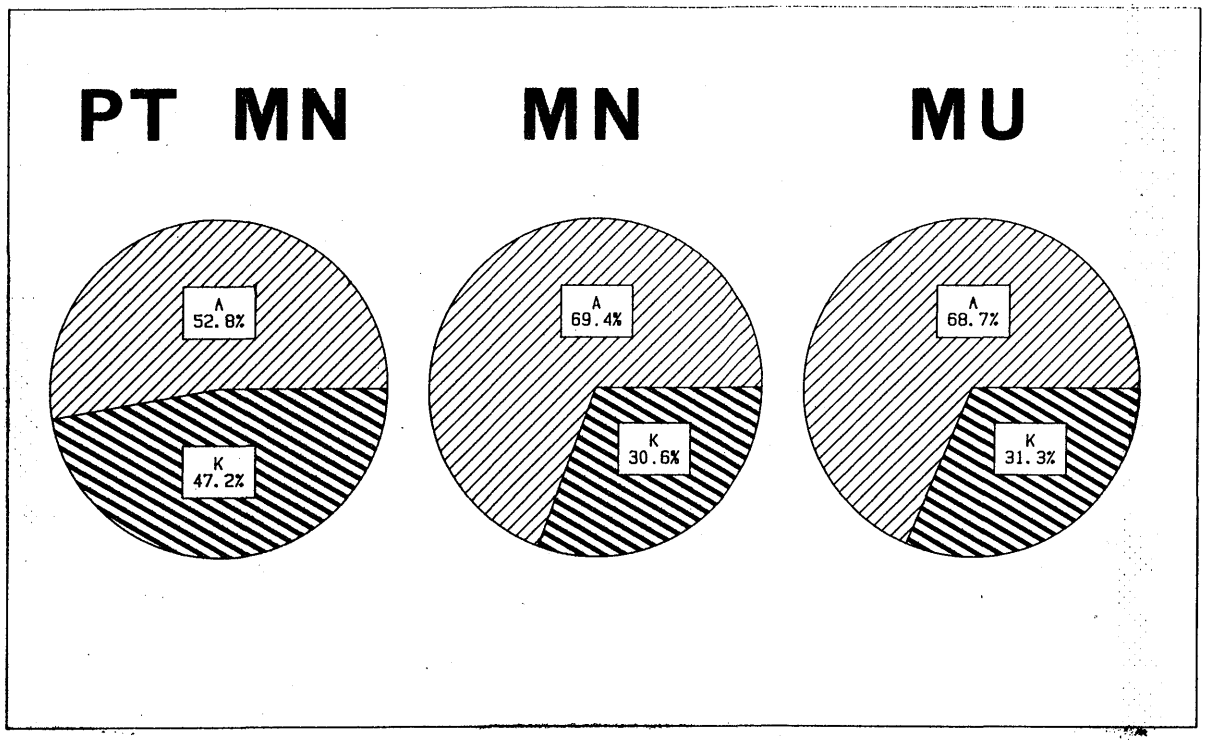
| | Muhkuri | | Katariinanlaakso | |
|---|---|---|---|---|
| | 1.6. | 6.6. | 1.6. | 7.6 |
| loisittuja | 23.1 | 31.4 | 15.4 | 23.1 |
| tauteihin kuolleita | 12.8 | 17.1 | 17.9 | 15.4 |
| aikuistuneita | 64.1 | 51.4 | 66.7 | 61.5 |
| yhteensä (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| yhteensä (yks.) | 39 | 35 | 39 | 39 |

### 6.2.2. PETOYÖKKÖNEN

Petoyökkösen toukkia kerättiin Ruissalosta ja Muhkurista 10.-16.6.1987. Toukat olivat pienikokoisia, kasvatuksessa ei havaittu lainkaan loisia mutta tauteihin kuoli varsin merkittävä osuus toukkakasvatuksista (kuva 2).

Puutarhasta, Marjaniemestä ja Muhkurista 10.6. kerätyillä pienikokoisilla petoyökkösen toukilla (joita kasvatettiin eri alueilta kerätyillä tammenlehdillä) oli tautien aiheuttama kuolleisuus:

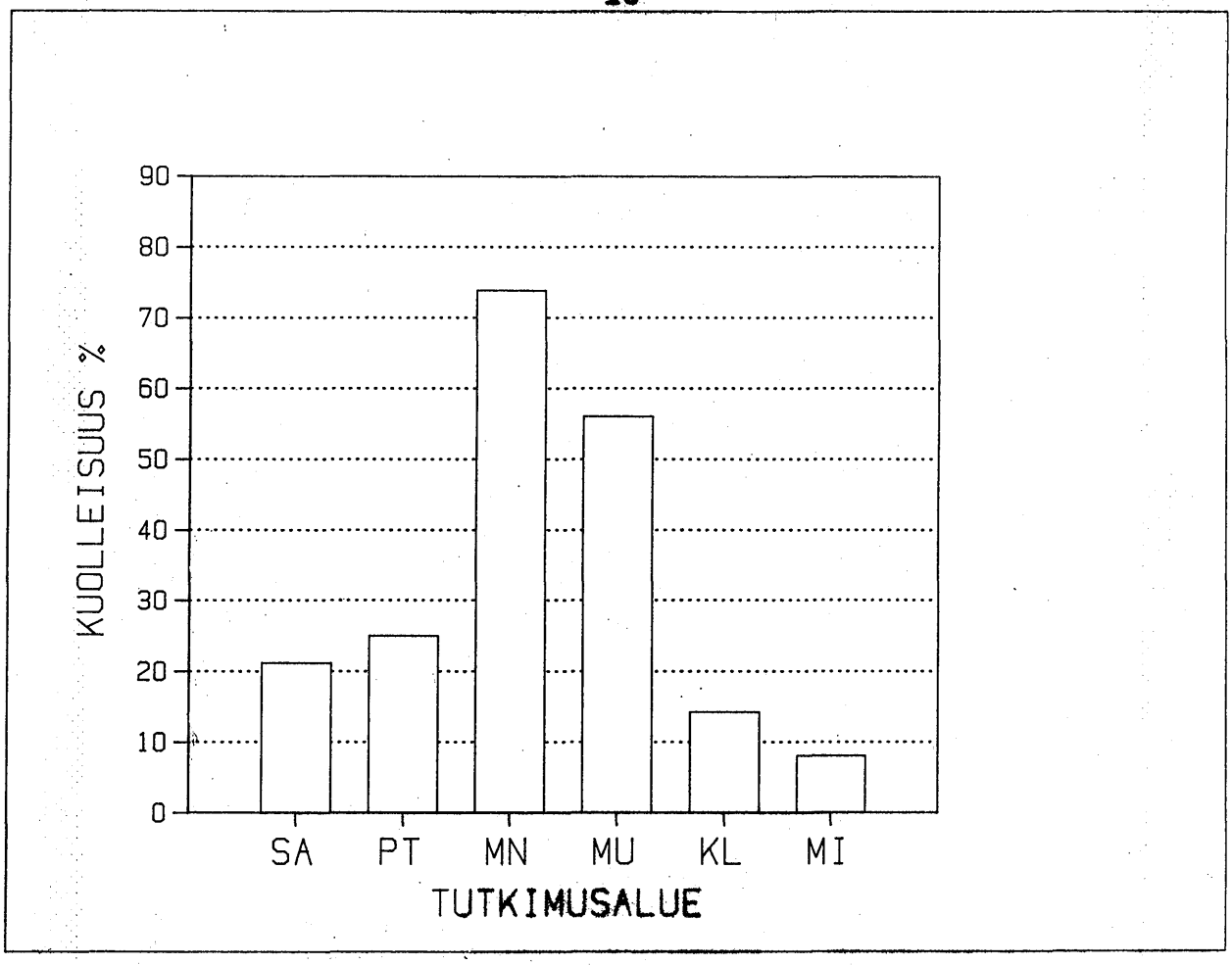
| | | |
|---|---|---|
| Ruissalosta kerätyt | 47.2 % | (n=60) |
| Muhkurista kerätyt | 31.1 % | (n=540) |




**Kuva 2.** Petoyökkösten (Cosmia trapezina) toukkakuolleisuus kasvatuksissa toukkien alkuperän mukaan eroteltuina.
A = aikuistui
K = kuoli tauteihin

Petoyökkösen toukkia kerättiin Marjaniemestä 16.6.1987; toukat olivat melko pienikokoisia eikä loisia tavattu lainkaan. Tauteihin kuoli 30.6 % (n = 36).

Petoyökköstoukkien kasvatuksessa havaittiin suuria eroja tautikuolleisuudessa eri paikkojen tammenlehtiä ravintona käytettäessä. Selvästi suurin kuolleisuus oli Marjaniemen ja Muhkurin tammenlehdillä kasvatetuilla petoyökköstoukilla ja pienin kuolleisuus Mietoisten lehdillä ruokituilla toukilla (kuva 3). Pienillä tammilla kasvatetuilla toukilla kuolleisuus oli aina alhaisempi verrattuna saman alueen suurilla tammilla ruokittuihin toukkiin. Saaronniemen tammilla tämä ero oli erittäin suuri (taulukko 6). Kuolleisuustilastot ovat samansuuntaisia kuin




**Kuva 3.** Petoyökkösten (*Cosmia trapezina*) toukkien kuolleisuus kasvatuksissa eri tutkimusalueilta peräisin olevilla tammenlehdillä vuonna 1987. Toukkien alkuperä: Ruissalo ja Muhkuri.

myöhemmin selostettavissa kasvatuskokeissa saadut tulokset toukkien suhteellisesta kasvusta ja koosta (kotelopainosta): vanhojen tuhoalueiden, erityisesti Marjaniemen ja Muhkurin, tammenlehdillä kasvatettujen toukkien kuolleisuus oli suurin ja kasvu heikointa elossa säilyneilläkin toukilla.

Salmikivi (1931) havaitsi vuonna 1930 varsin korkean loisinta-asteen petoyökkösen toukilla: 39.5 % (n = 43); hän mainitsee loisinnan suorastaan haitanneen kasvatuksia. Sen sijaan hänellä ei ole mainintaa taudeista. Loisten puuttuminen aineistostamme johtuu tietysti osittain siitä, että keräsimme petoyökkösten toukat

Taulukko 6. Puutarhasta ja Muhkurista kerättyjen petoyökkösen (Cosmia trapezina) toukkien kuolleisuus eri tutkimusalueilta peräisin olevilla suurten ja pienten tammien lehdillä vuonna 1987. Kaikissa kokeissa oli aluksi 50 toukkaa, joista muutama osoittautui kasvaessaan kuuluvan johonkin muuhun lajiin.

| lehtien alkuperä | | kuolleita toukkia | | | petoyökkös-toukkia kokeen alussa |
|---|---|---|---|---|---|
| tutkimus-alue | puiden kokoluokka | Puutarhan alkuperää | Muhkurin alkuperää | yhteensä | |
| Saaronniemi | | | | | |
| | suuret | 4 | 16 | 20 | 50 |
| | pienet | - | 1 | 1 | 49 |
| Puutarha | | | | | |
| | suuret | 3 | 11 | 14 | 47 |
| | pienet | 2 | 8 | 10 | 49 |
| Marjaniemi | | | | | |
| | suuret | 4 | 32 | 36 | 44 |
| | pienet | 3 | 29 | 32 | 48 |
| Muhkuri | | | | | |
| | suuret | 4 | 28 | 32 | 49 |
| | pienet | 4 | 19 | 23 | 49 |
| Katariinan-laakso | | | | | |
| | suuret | - | 8 | 8 | 45 |
| | pienet | - | 5 | 5 | 46 |
| Mietoinen | | | | | |
| | suuret | - | 5 | 5 | 50 |
| | pienet | 2 | 1 | 3 | 49 |

varsin nuorina. Korkea tautikuolleisuus voi olla seurausta edellisten vuosien tammikääriäisen massaesiintymisestä. Korkean toukkatiheyden vallitessa virus- tai bakteeriperäiset taudit yleistyvät helposti.

Kokeissa petoyökkösen toukat, aivan nuoria lukuunottamatta, söivät säännöllisesti lajikumppaneitaan.

## 6.3. RAVINNON LAATU

Yhtenä syynä tammikääriäistuhojen esiintymiseen juuri Ruissalon ja Muhkurin metsiköissä voi olla tammenlehtien parempi laatu kääriäistoukkien ravintona näillä alueilla. Hyvä ravinnon laatu tekee mahdol-

liseksi 1) nopean toukkakasvun, mikä lyhentää toukkakautta ja lyhentää siten myös aikaa jolloin toukka on alttiina petojen saalistukselle tai loisinnalle, 2) alhaisen toukkakuolleisuuden ja 3) suuren aikuiskoon, joka taas vaikuttaa naaraan tuottamien jälkeläisten määrään. Suuret naaraat munivat enemmän munia kuin pienikokoiset.

Koska itse tammikääriäisen toukkia oli niukasti saatavilla jouduttiin kasvatuskokeet suorittamaan käyttämällä pääasiassa muita tammen perhoslajeja koe-eläiminä. Kokeita suoritettiin kolme: 1) kasvatuskokeet laboratoriossa koe-eläimenä petoyökkönen, 2) kasvatuskokeet laboratoriossa koe-eläiminä tammikääriäinen, Ptycholoma lecheanum ja Pandemis-kääriäiset sekä 3) maastokasvatukset näillä kolmella kääriäislajilla.

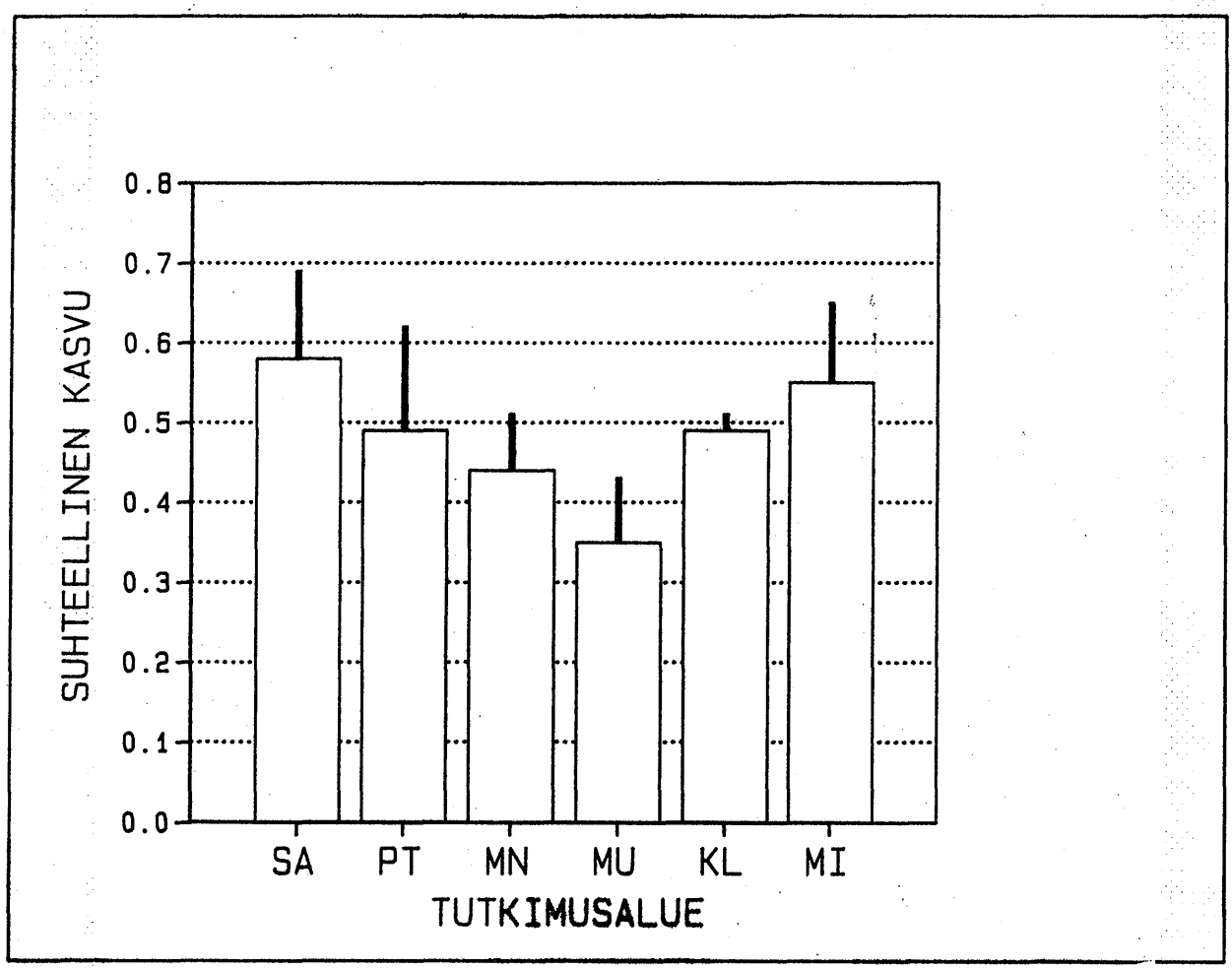
### 6.3.1. PETOYÖKKÖSTEN KASVATUKSET

#### 6.3.1.1. MENETELMÄT

Tutkimusalueita oli kuusi: Saaronniemi, puutarha, Marjaniemi, Muhkuri, Katariinanlaakso ja Mietoinen. Kultakin tutkimusalueelta valittiin viisi suurta ja viisi pientä tammea koepuiksi. Siten koepuita oli yhteensä 10 kpl tutkimusaluetta kohden. Kasvatukset suoritettiin laboratoriokasvatuksena siten, että yhtä aluetta vastasi yksi kasvatuskehikko, jossa oli 100 toukkaa jaettuna 10 toukkaa koepuuta kohden.

Kokeessa käytetty toukkamateriaali kerättiin puutarhasta ja Muhkurista. Toukat jaettiin kokeeseen tasaisesti siten, että kullakin koepuulla oli yksi toukka puutarhan alueelta ja loput yhdeksän Muhkurista kerättyjä toukkia.

Kasvatuskoe aloitettiin 12.6.1987 ja sitä jatkettiin kunnes toukat koteloituivat. Toukat ruokittiin kahdesti viikossa koepuista noudetuilla lehdillä. Toukkien painonkehitystä, mikä on kasvun mitta, seurattiin punnitsemalla toukat muutaman päivän välein. Samoin kotelot punnittiin ja määritettiin sukupuoli.

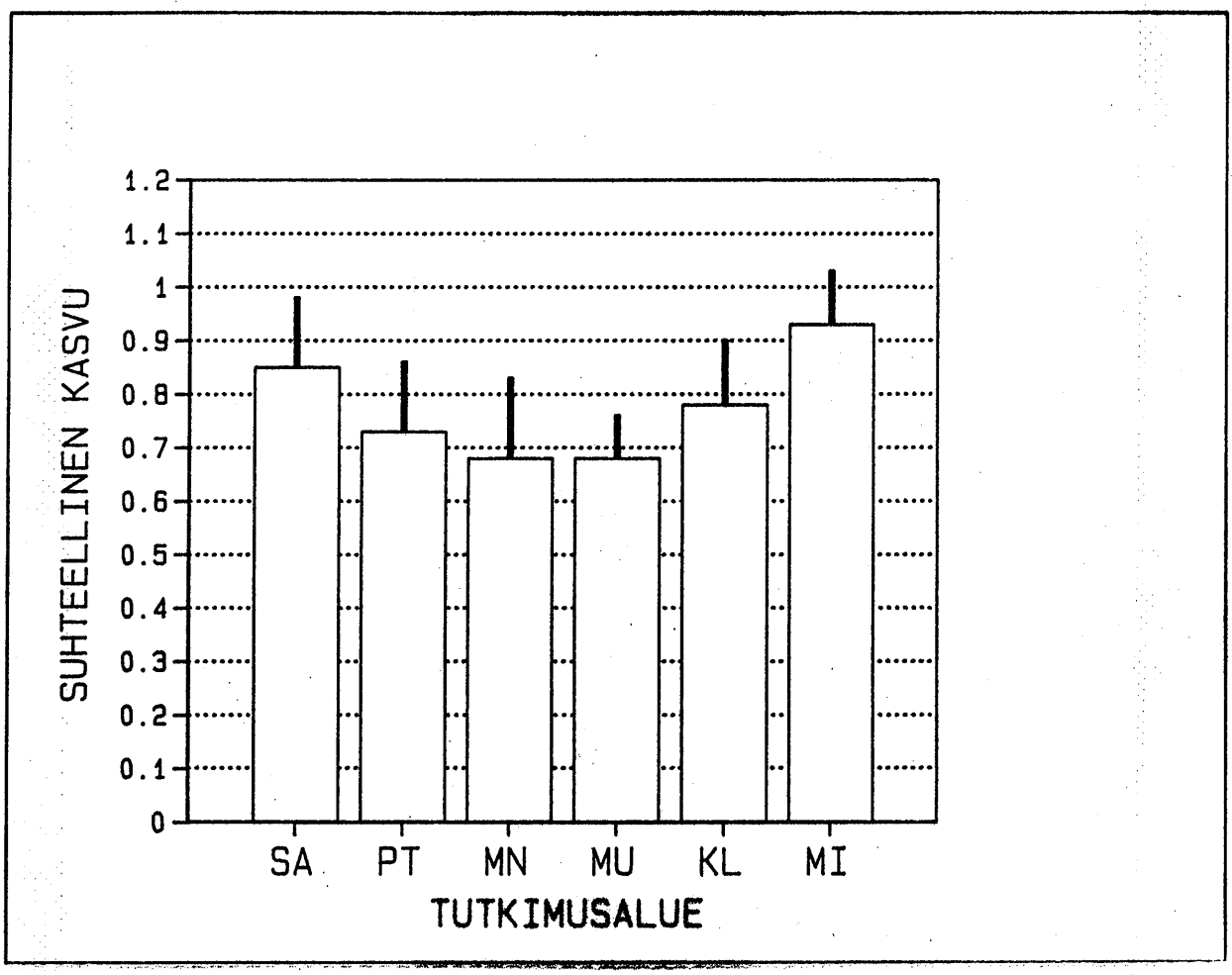



**Kuva 4.** Petoyökköstoukkien (Cosmia trapezina) suhteellinen kasvu (g) aikavälillä 17.6.-25.6.1987 eri tutkimusalueiden suurilla puilla. (ANOVA: F = 3.82, Df = 5, p = 0.0110).

6.3.1.2. TULOKSET

Kokeessa olleista toukista ei ainoakaan ollut loisittu. Sensijaan toukissa esiintyi viruksen tai bakteerin aiheuttama tauti, joka tappoi osan toukista kokeen lopussa. Tautikuolleisuus on esitetty taulukossa 6.

Toukkien suhteellinen kasvu tutkimusalueiden suurilla ja pienillä puilla on esitetty kuvissa 4 ja 5. Tulosten perusteella toukkien suhteellinen kasvu oli hitainta puutarhan, Marjaniemen ja Muhkurin tammilla, eli juuri niillä alueilla missä tammikääriäistuho on ollut suurin. Alueilla, joissa ei ole tiettävästi esiintynyt mittavia tammikääriäistuhoja (Saaronniemi, Katariinanlaakso ja Mietoinen)




**Kuva 5.** Petoyökkösen (Cosmia trapezina) toukkien suhteellinen kasvu (g) aikavälillä 15.6.-26.6.1987 eri tutkimusalueiden pienillä puilla. (ANOVA: F = 3.39, Df = 5, p = 0.0186).

suhteellinen kasvu oli parasta. Suuntaus on samanlainen sekä suurilla että pienillä koepuilla ja tilastollisesti merkitsevä.

Samanlainen ero esiintyy myöskin kotelopainoissa (taulukko 7). Alhaisimmat kotelopainot ovat puutarhan, Marjaniemen ja Muhkurin puilla ja korkeimmat tammikääriäistuhoalueen ulkopuolisilla tutkimusalueilla (Saaronniemi, Katariinanlaakso ja Mietoinen). Trendi on samanlainen sekä koirailla ja naarailla. Lisäksi kotelopainot olivat suuremmat pienillä koepuilla (taulukko 7).

**Taulukko 7.** Petoyökkösen (Cosmia trapezina) kotelopainot (mg) eri tutkimusalueilla vuonna 1987. Arvot perustuvat puukohtaisiin keskiarvoihin. Naarastoukkien vertailussa ei ole mukana Marjaniemen tuloksia, koska sen suurilla tammilla ei ollut naarastoukkia.

K o i r a s t o u k a t:

| | Saaronniemi | | Puutarha | | Marjaniemi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | suuret | pienet | suuret | pienet | suuret | pienet |
| x | 130 | 167 | 107 | 151 | 135 | 113 |
| S.D. | 30 | 17 | 14 | 11 | 6 | 13 |
| n | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 |

| Muhkuri | | Katariinanlaakso | | Mietoinen | |
|---|---|---|---|---|---|
| suuret | pienet | suuret | pienet | suuret | pienet |
| 100 | 110 | 156 | 165 | 165 | 175 |
| 14 | 12 | 22 | 18 | 29 | 17 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

| ANOVA | F | Df | p |
|---|---|---|---|
| tutkimusalue | 15.38 | 5 | 0.0000 |
| tammen koko | 8.38 | 1 | 0.0058 |
| yhdysvaikutus | 3.28 | 5 | 0.0130 |

N a a r a s t o u k a t:

| | Saaronniemi | | Puutarha | |
|---|---|---|---|---|
| | suuret | pienet | suuret | pienet |
| x | 150 | 174 | 129 | 150 |
| S.D. | 33 | 24 | 14 | 36 |
| n | 4 | 5 | 4 | 5 |

| Muhkuri | | Katariinanlaakso | | Mietoinen | |
|---|---|---|---|---|---|
| suuret | pienet | suuret | pienet | suuret | pienet |
| 125 | 126 | 174 | 188 | 183 | 200 |
| 11 | 16 | 22 | 31 | 39 | 16 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

| ANOVA | F | Df | p |
|---|---|---|---|
| tutkimusalue | 9.02 | 4 | 0.0000 |
| tammen koko | 3.54 | 1 | 0.0680 |
| yhdysvaikutus | 0.20 | 4 | 0.9345 |

## 6.3.2. KÄÄRIÄISKASVATUKSET LABORATORIOSSA

### 6.3.2.1. MENETELMÄT

Tutkimusalueita oli kolme: Saaronniemi, puutarha ja Mietoinen. Kultakin tutkimusalueelta valitsimme viisi suurta ja viisi pientä tammea koepuiksi. Puut olivat samat kuin petoyökkösen kasvatuksissa. Kasvatukset suoritettiin laboratoriokasvatuksena siten, että yhtä aluetta vastasi yksi kasvatuskehikko, jossa oli 100 toukkaa jaettuna 10 toukkaa kutakin koepuuta kohden.

Kokeessa käytetty toukkamateriaali kerättiin puutarhan, Marjaniemen ja Muhkurin tammilta. Toukista tehtiin tasalaatuiset toukkaryhmät siten, että kullakin koepuulla oli eri toukka-alkuperiä seuraavasti: seitsemän puutarhasta, yksi Marjaniemestä ja kaksi Muhkurista.

Kasvatuskoe aloitettiin 11.6.1987 (ensimmäinen punnitus) ja sitä jatkettiin kunnes kaikki toukat olivat koteloituneet. Toukat ruokittiin kahdesti viikossa koepuista noudetuilla lehdillä. Toukkien painonkehitys mitattiin punnitsemalla toukat muutaman päivän välein. Samoin kotelot punnittiin ja kotelopunnituksen yhteydessä määritettiin sukupuoli.

Taulukko 8. Pandemis-kääriäisten kotelopainot (mg) kolmen tutkimusalueen tammilla kasvatettuina vuonna 1987.

Koirastoukat:

| | Saaronniemi | Puutarha | Mietoinen |
|---|---|---|---|
| x | 30.6 | 32.6 | 33.6 |
| S.D. | 2.9 | 1.5 | 2.2 |
| n | 10 | 9 | 9 |

Naarastoukat:

| | Saaronniemi | Puutarha | Mietoinen |
|---|---|---|---|
| x | 42.7 | 47.9 | 48.5 |
| S.D. | 5.8 | 5.8 | 7.0 |
| n | 9 | 15 | 13 |

### 6.3.2.2. TULOKSET

Koska toukat olivat jakaantuneet useisiin lajeihin (joita ei voitu tunnistaa kokeen alussa), jäivät lukumäärät lajia kohden pieniksi. Tämä esti tilastollisten analyysien suorittamisen. Lajin Ptycholoma lecheanum, joka oli kasvatuksessa runsaslukuisin kääriäinen, kotelopainot on esitetty kuvassa 6, Pandemis-kääriäisten taulukossa 8 ja tammikääriäisen taulukossa 9. Tulosten perusteella ei kääriäislajien kohdalla näytä olevan menestymisessä suurta eroa tutkimusalueiden välillä.

## 6.3.3. PUSSEISSA KASVATETUT KÄÄRIÄISET

### 6.3.3.1. MENETELMÄT

Tutkimusalueita oli kaksi: puutarha ja Mietoinen, joista kummastakin valittiin koepuiksi kahdeksan tammea: neljä pientä ja neljä suurta puuta. Toukkamateriaalin keräys ja lajittelu tapahtui samalla tavoin kuin yksittäin kasvatettujen kääriäisten kohdalla (katso edellä).

Kuhunkin koepuuhun laitettiin puun vastakkaisille puolille kaksi suurta harsopussia, joissa kussakin oli 10

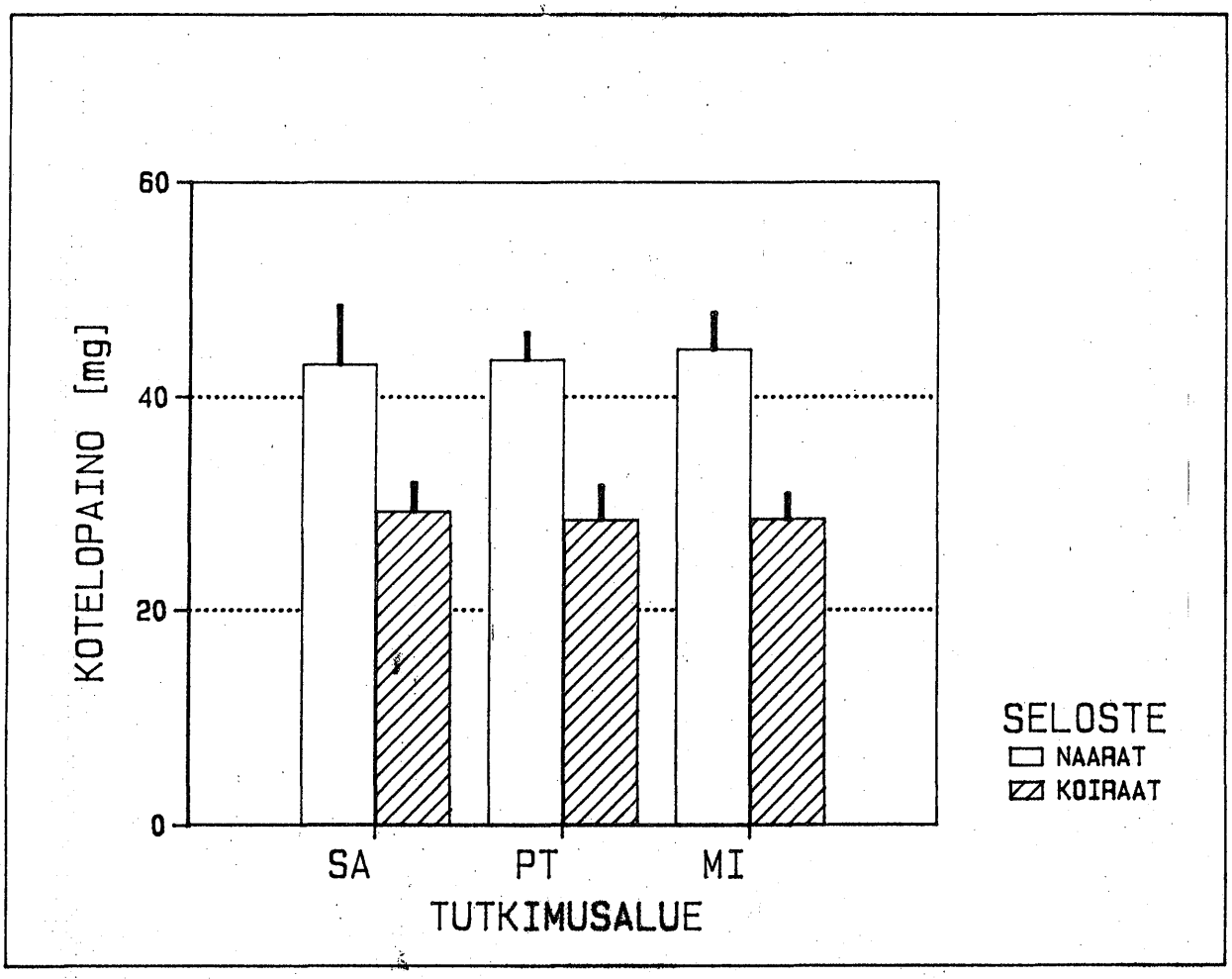
**Taulukko 9.** Tammikääriäisen (Tortrix viridana) kotelopainot (mg) kolmen tutkimusalueen tammilla kasvatettuina vuonna 1987.

Koirastoukat:

| | Saaronniemi | Puutarha | Mietoinen |
|---|---|---|---|
| x | 30.1 | 31.5 | 34.2 |
| S.D. | 5.7 | 4.0 | 0.0 |
| n | 6 | 3 | 1 |

Naarastoukat:

| | Saaronniemi | Puutarha | Mietoinen |
|---|---|---|---|
| x | 44.8 | 0.0 | 40.4 |
| S.D. | 7.0 | 0.0 | 4.5 |
| n | 8 | 0 | 2 |




**Kuva 6.** Ptycholoma lecheanum -kääriäisen kotelopainot eri tutkimusalueiden tammilla kasvatettuna 1987.

toukkaa. Koe aloitettiin 10.6. ja pussit poistettiin puista 29.6., jonka jälkeen oksat pusseineen olivat vielä vedessä laboratoriossa (noin 14°C) kunnes kaikki toukat olivat koteloituneet. Pussit tarkistettiin ja niistä poistettiin kotelot 1.-2.7. sekä tyhjennettiin lopullisesti 8.7. Kotelot tai jo kuoriutuneet aikuiset punnittiin.

Keväällä 1988 suoritettiin vastaavanlaiset pussikasvatukset puutarhan ja Mietoisten tammilla käyttäen Ptycholoma lecheanum -kääriäistä. Koepuita oli neljä suurta ja neljä pientä kummassakin. Kasvatus aloitettiin 27.5. ja punnitus tapahtui 14.6.

6.3.2.3. TULOKSET

Myös tässä kasvatuksessa kääriäiset jakautuivat useisiin lajeihin (taulukko 10). Tilastollista analyysiä varten eri lajit yhdistettiin. Tulosten perusteella kääriäiset saavuttivat suuremman kotelopainon Mietoisten tammilla, vaikka ero oli tilastollisesti merkitsevä vain koirailla (taulukko 11). Lisäksi kasvu oli parempaa suurilla puilla.

Kevään 1988 pussikasvatustulokset on esitetty taulukossa 12. Tulokset osoittivat ettei vuonna 1988 Ptycholoma lecheanum -kääriäisen kotelopainoissa esiintynyt merkitseviä eroja Ruissalon ja Mietoisten välillä. Tämä päti sekä koiraisiin että naaraisiin. Erona edelliseen vuoteen puiden koko ei vaikuttanut kotelopainoihin.

Taulukko 10. Pussikasvatuksissa aikuistuneiden kääriäisten lukumäärät lajeittain kahdella tutkimusalueella vuonna 1987.

| laji | sukupuoli | Puutarha | Mietoinen | yhteensä |
|---|---|---|---|---|
| Ptycholoma lecheanum | | | | |
| | koiraat | 22 | 25 | 47 |
| | naaraat | 17 | 17 | 34 |
| Pandemis-kääriäiset | | | | |
| | koiraat | 4 | 5 | 9 |
| | naaraat | 8 | 11 | 19 |
| Aleimma loeflingianum | | | | |
| | koiraat | 1 | - | 1 |
| | naaraat | - | - | - |
| tammikääriäinen (Tortrix viridana) | | | | |
| | koiraat | 1 | 3 | 3 |
| | naaraat | 4 | 4 | 8 |
| yhteensä | | | | |
| | koiraat | 28 | 33 | 61 |
| | naaraat | 29 | 32 | 61 |

Taulukko 11. Kääriäistoukkien kotelopainot (mg) kahdella tutkimusalueella vuonna 1987.

* = havaittu ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä
** = havaittu ero tilastollisesti merkitsevä

Koirastoukat:

| | | Ruissalo | | Mietoinen | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | suuret | pienet | suuret | pienet |
| x | | 29.3 | 25.4 | 33.7 | 28.5 |
| S.D. | 1.5 | 1.2 | 4.0 | 2.3 | |
| n | | 4 | 3 | 4 | 3 |

| ANOVA | F | Df | p |
|---|---|---|---|
| tutkimusalue | 6.83 | 1 | 0.0259* |
| tammen koko | 10.24 | 1 | 0.0095** |
| yhdysvaikutus | 0.20 | 1 | 0.6608 |

Naarastoukat:

| | | Ruissalo | | Mietoinen | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | suuret | pienet | suuret | pienet |
| x | | 37.2 | 39.3 | 44.2 | 39.9 |
| S.D. | 3.3 | 5.6 | 5.3 | 7.9 | |
| n | | 4 | 3 | 4 | 3 |

| ANOVA | F | Df | p |
|---|---|---|---|
| tutkimusalue | 1.58 | 1 | 0.2372 |
| tammen koko | 0.14 | 1 | 0.7137 |
| yhdysvaikutus | 1.12 | 1 | 0.3152 |

Taulukko 12. Ptycholoma lecheanum -koiraiden ja naaraiden kotelopainot (mg) Puutarhassa ja Mietoisissa kasvatetuilla suurilla ja pienillä tammilla vuonna 1988.

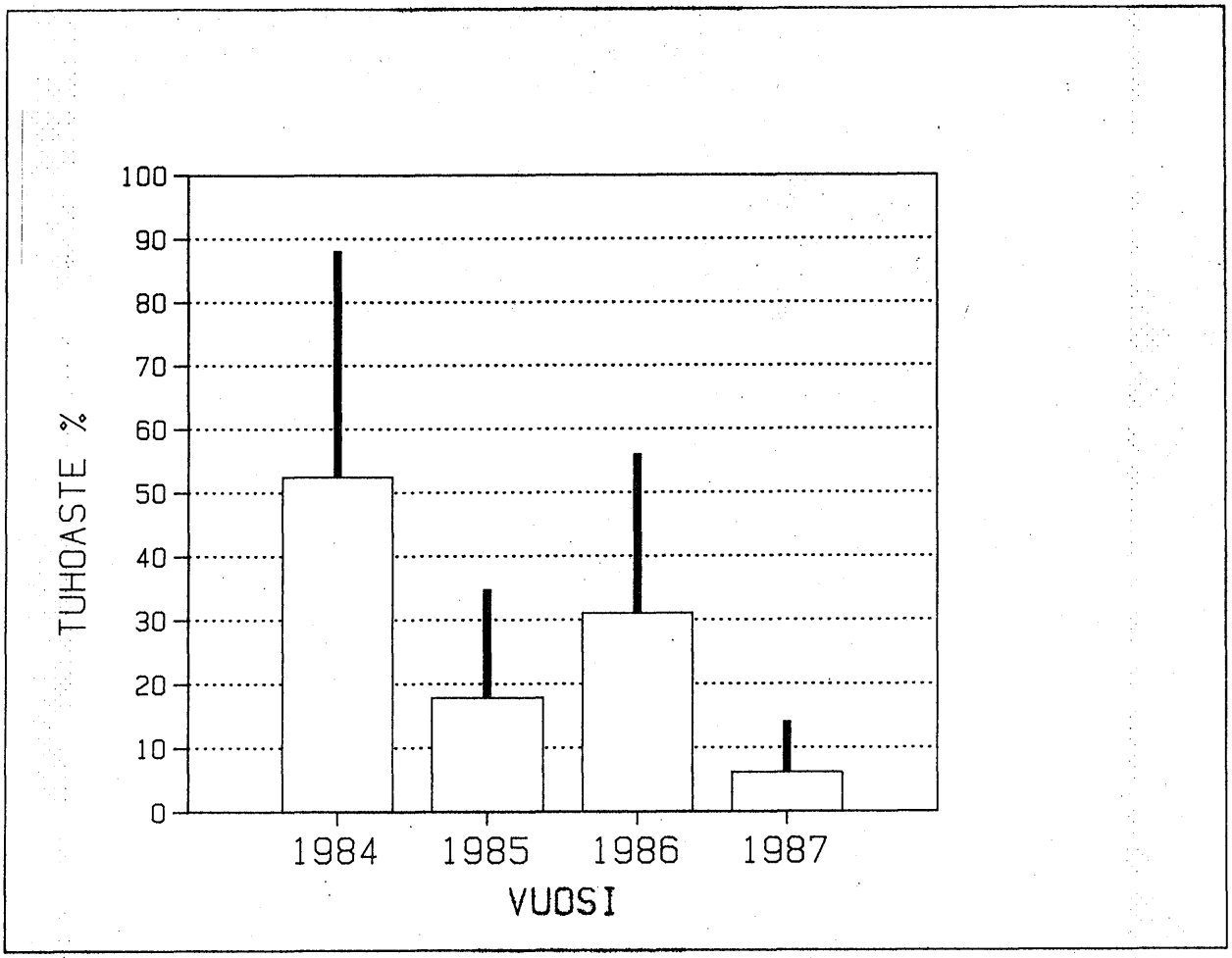
| Naarastoukat: | | x | S.D. | n |
|---|---|---|---|---|
| Puutarha Suuri | | 47.8 | 4.52 | 3 |
| | Pieni | | 42.9 | 4.43 | 4 |
| Mietoinen | Suuri | | 47.4 | 2.76 | 3 |
| | Pieni | | 38.7 | 1.34 | 4 |
| **Koirastoukat:** | | | | |
| Puutarha Suuri | | 25.5 | 4.55 | 3 |
| | Pieni | | 27.3 | 2.55 | 4 |
| Mietoinen | Suuri | | 28.0 | 3.26 | 4 |
| | Pieni | | 29.5 | 1.38 | 3 |

### 6.3.3. YHTEENVETO KASVATUSKOKEISTA

Toukkakasvatuskokeiden perusteella eivät kääriäistuhoalueiden (puutarha, Marjaniemi ja Muhkuri) tammet ole perhostoukkien ravintona parempilaatuisia kuin tuhoalueen ulkopuoliset tammet (Katariinanlaakso ja Mietoinen). Pikemminkin tilanne on päinvastainen. Etenkin petoyökkösen toukat ja pussikasvatuskääriäiset kasvoivat paremmin tuhoalueen ulkopuolisilla tammilla.

Johtopäätöksenä tuloksista on, ettei tuhojen syy ole yksiselitteisesti ravintokasvin laadun eroavuuksissa. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa kuitenkin kaksi tärkeää seikkaa. Ensinnäkin, pääosaa kokeista ei voitu suorittaa itse tammikääriäisen toukilla lajin vähäisyyden vuoksi. Teoreettisesti ajatellen tammikääriäinen voi reagoida tammen lehtien laatuun toisin kuin muut kokeessa käytetyt perhoslajit. Tosin yksittäiskasvatuksessa mukana ollut pieni tammikääriäisaineisto ei antanut tukea tälle olettamukselle (taulukko 9).

Toiseksi, useilla puilla (esimerkiksi raudus- ja hieskoivulla) esiintyy paljaaksisyönnin vaikutuksesta puolustusreaktio, joka muuttaa




**Kuva 7.** Puiden kuolleisuuden riippuvuus edellisen vuoden tammikääriäistuhon tuhoasteesta puutarhan 40 koepuulla vuosina 1984-87.

syömisen jälkeisenä vuonna lehden laadun kasvinsyöjän kannalta huonoksi (Tuomi ja muut 1988). Jos tämä reaktio esiintyy myös tammella, olisi lehden laatu huonoin juuri tuhoalueilla (kuten Marjaniemessä ja Muhkurissa). Kasvatuskokeissa saavutetut tulokset sopisivat siten hyvin tähän teoriaan. Toistaiseksi meillä ei ole tietoa esiintyykö meikäläisellä tammella kyseinen paljaaksisyönnin laukaisema puolustusreaktio ja asian selvittäminen vaatisi lisäkokeita sellaisina vuosina, joita ei ole edeltäneet tammikääriäistuhot. Toisaalta indusoituvan puolustusreaktion esiintymistä vastaan todistaa puutarhan alueella tehty seurantatutkimus (kuva 7). Useilla seuratuilla puilla tuhoaste pysyi korkeana usean vuoden ajan, mikä ei tue oletusta paljaaksisyönnin indusoimasta reaktiosta ainakaan näillä koepuilla.

Kuvassa 8 on esitetty petoyökkösen koiraiden ja naaraiden kotelopainojen välinen korrelaatio samoilla puilla tutkimusalueittain. Voisi olettaa ettei sukupuolten välillä ole eroja ravinnon käsittelyssä ja että kotelopainojen välillä on hyvä positiivinen korrelaatio. Näin ei kuitenkaan ole. Koiraiden ja naaraiden kotelopainot korreloivat positiivisesti vain Saaronniemen ($r = 0.740$) ja Mietoisten ($r = 0.866$) tammilla. Muilla tutkimusalueilla korrelaatio ei ole merkitsevä. Emme tiedä syytä ilmiöön. On mielenkiintoista, että juuri Saaronniemi ja Mietoinen ovat alueita, joissa ei ole ollut mittavia kääriäistuhoja. Ehkä tammikääriäistuho muuttaa jotenkin puiden laatua siten, että eri sukupuolet menestyvät syödyillä puilla eri tavoin. Toisaalta Katariinanlaakson tulisi silloin kuulua tähän joukkoon.

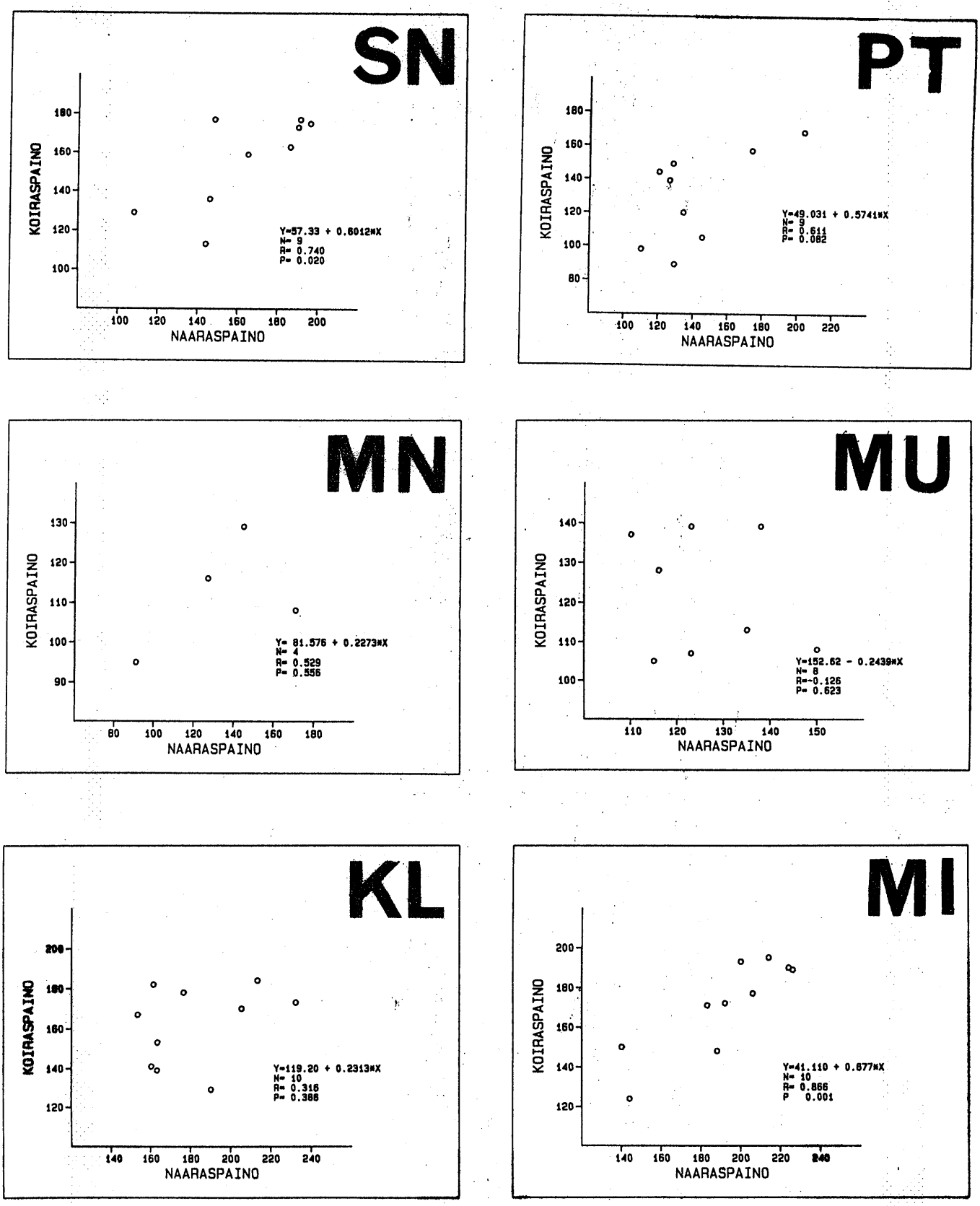
Toinen mielenkiintoinen ilmiö on suurten ja pienten puiden välinen ero toukkien menestymisessä. Nuoret puut näyttivät olevan vastustuskykyisempiä suuriin puihin verrattuna, myös niilläkin tutkimusalueilla joilla ei ollut esiintynyt tammikääriäistuhoja. Ikäspesifistä resistenssin esiintymistä tiedetään esiintyvän useilla puilla (Niemelä ja muut 1980, Bryant ja muut 1988) ja tammi näyttäisi kuuluvan näiden puiden joukkoon.

## 7. LEHTINÄYTTEIDEN KEMIALLINEN ANALYYSI JA PETOYÖKKÖSEN MENESTYMINEN

### 7.1. TAUSTAA

Tuhohyönteisten menestyminen riippuu mm. kasvien sisältämien positiivisten ravintoaineiden ja negatiivisten haitta-aineiden tai kasvua alentavien yhdisteiden määristä (suhteista). On todettu, että kohonnut kasvin ravintoarvo (laatu) kasvinsyöjien ravintona voi vaikuttaa positiivisesti myös toukkien taudin yms. kestävyyteen.

Ilman epäpuhtauksien on arveltu voivan vaikuttaa metsien tuholaisten joukkoesiintymisiin (Alstad ja muut 1982, Fuhrer 1985). Ilmansaasteet voivat vaikuttaa puiden tuholaisiin joko suoraan (myrkkyvaikutus) (Alstad ja muut 1982) tai epäsuoraan petojen ja loisien määrän kautta (Heliövaara ja muut 1982, Braun ja Fluckieger 1984) tai muuntamalla kasvituholaisen isäntäkasvin laatua kasvinsyöjän ravintona (Hughes ja muut 1981, Dohmen ja muut 1984, Dohmen 1985, White 1984, Braun ja Fluckieger 1985, Neuvonen ja Lindgren 1987).




**Kuva 8.** Petoyökkösen (Cosmia trapezina) koiras- ja naarastoukkien kotelopainojen välinen korrelaatio eri tutkimusalueilla vuonna 1987.

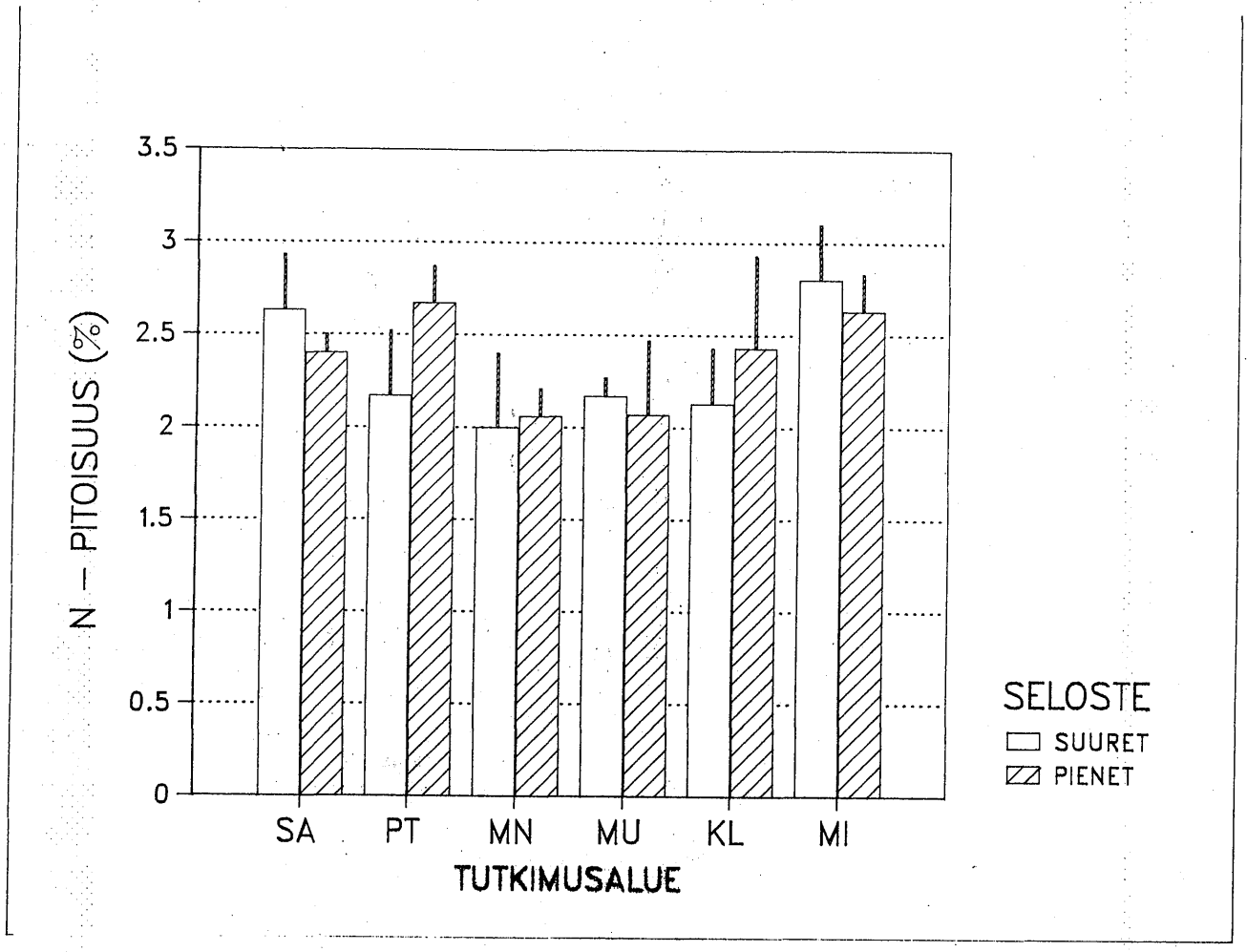
Loisittujen pihkakääriäisten äkämien osuus ei riippunut paikan etäisyydestä saastutuslähteeseen (Heliövaara ja Väisänen 1986b). Sen sijaan punalatikan erään loisen tiheydet olivat huomattavasti pienemmät teollisuuslaitoksen läheisyydessä, missä taas punalatikan tiheydet olivat korkeammat (Heliövaara ja muut 1982). Krakovan lähellä Puolassa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että tammikääriäistuhot rautatehtaan läheisyydessä korreloivat positiivisesti päästöjen määrän kanssa (Nuorteva ja muut 1987). Varsinkin alumiini- ja kadmium-pitoisuudet osittivat samansuuntaista kasvua tuhojen kanssa; rauta-, sinkki- ja elohopeapitoisuudet eivät.

Suomessa, Harjavallan teollisuusalueella tehdyissä tutkimuksissa on havaittu mm. punalatikan hyötyneen ilmansaasteiden vaikutuksesta samoin samaan perhosryhmään kuin tammikääriäinen kuuluvan pihkakääriäisen on arveltu hyötyvän ilman epäpuhtauksista, lähinnä rikin oksidien lisääntymisestä (Heliövaara 1986, Heliövaara ja Väisänen 1986a). On kuitenkin huomattava, että pihkakääriäisen toukka elää tiiviin äkämän suojassa kun taas tammikääriäisen toukka elää lehtien välissä ja on siten helpommin saasteille alttiina.

Harjavallassa eräiden raskasmetallien pitoisuudet olivat noin kolminkertaiset punalatikassa verrattuna pihkakääriäistoukkaan. Tämän eron katsottiin johtuvan ko. hyönteisten erilaisesta kyvystä erittää näitä aineita elimistöstä (Heliövaara ja muut 1987). Valitettavasti emme tiedä miten saasteet käyttäytyvät tammikääriäisen tai petoyökkösen ruoansulatuskanavassa. Joidenkin perhosten tiedetään voivan erittää haitallisia aineita kuten lyijyä elimistöstään (Nuorteva 1988, Andrzejewska suullinen tiedonanto).

## 7.2. KEMIALLISET ANALYYSIT JA NIIDEN TULOKSET

Kultakin tutkimusalueelta kerättiin 13-14.8.1987 kolmen suuren ja kolmen pienen koepuun lehtiä kemiallisia määrityksiä varten. Kyseisistä lehtinäytteistä määritytettiin Viljavuuspalvelulla seuraavat alkuaineet: typpi (N), lyijy (Pb), rikki (S) ja sinkki (Zn). Tutkittujen alkuaineiden puukohtaiset pitoisuudet on esitetty liitteessä 1. Lehtinäytteiden kemiallisella analyysillä pyrittiin arvioimaan lehtien laatua perhostoukkien ravintona sekä eräiden keskeisten ilman epäpuhtauksien määriä eri tutkimusalueiden tammissa.

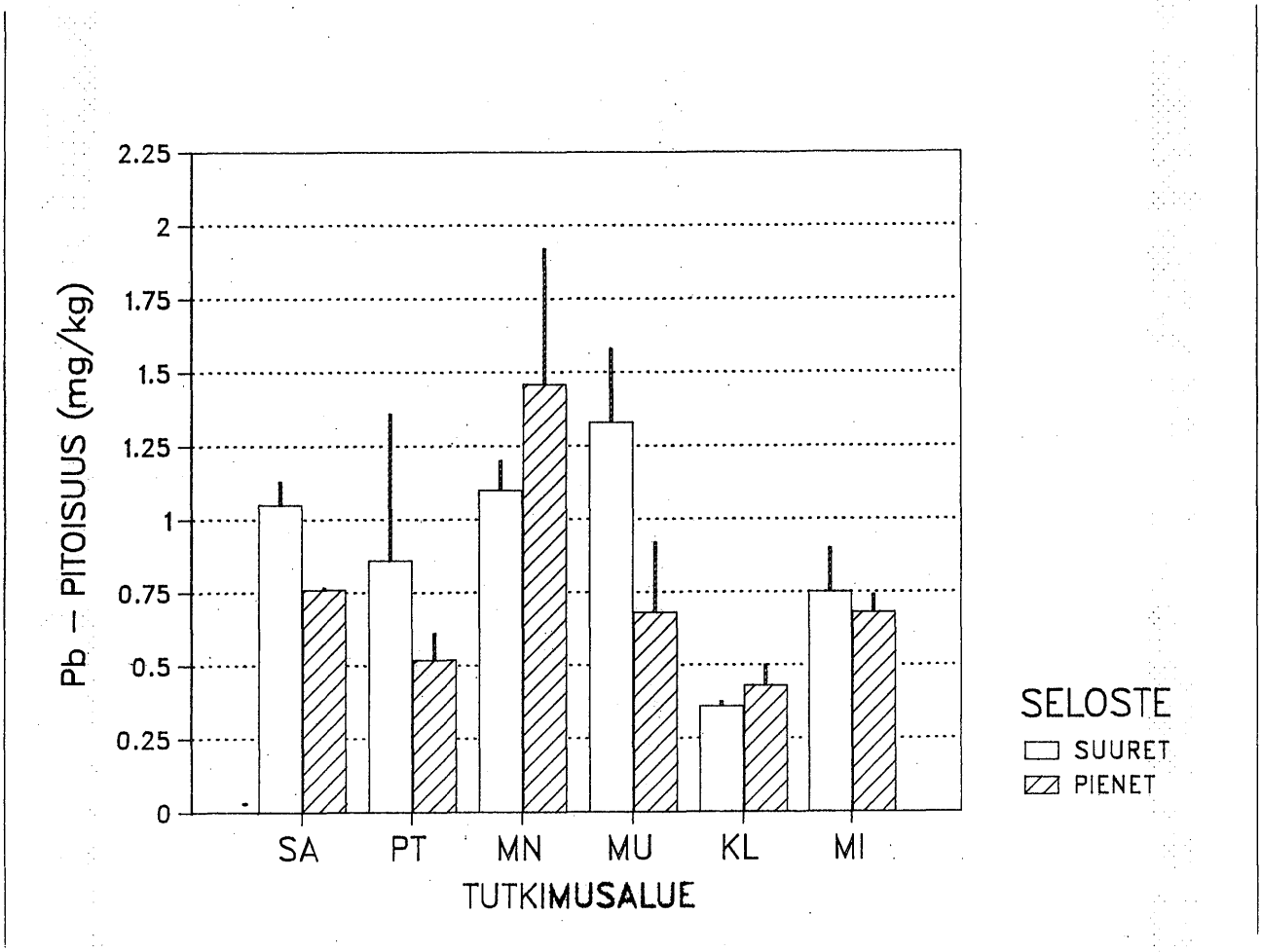



**Kuva 9.** Lehtien typpipitoisuus prosentteina lehtien kuivapainosta suurilla ja pienillä koepuilla erikseen vuonna 1987.

### 7.2.1. TUTKITTUJEN ALKUAINEIDEN PITOISUUDET TAMMENLEHDISSÄ

#### 7.2.1.1. LEHTIEN TYPPIPITOISUUS

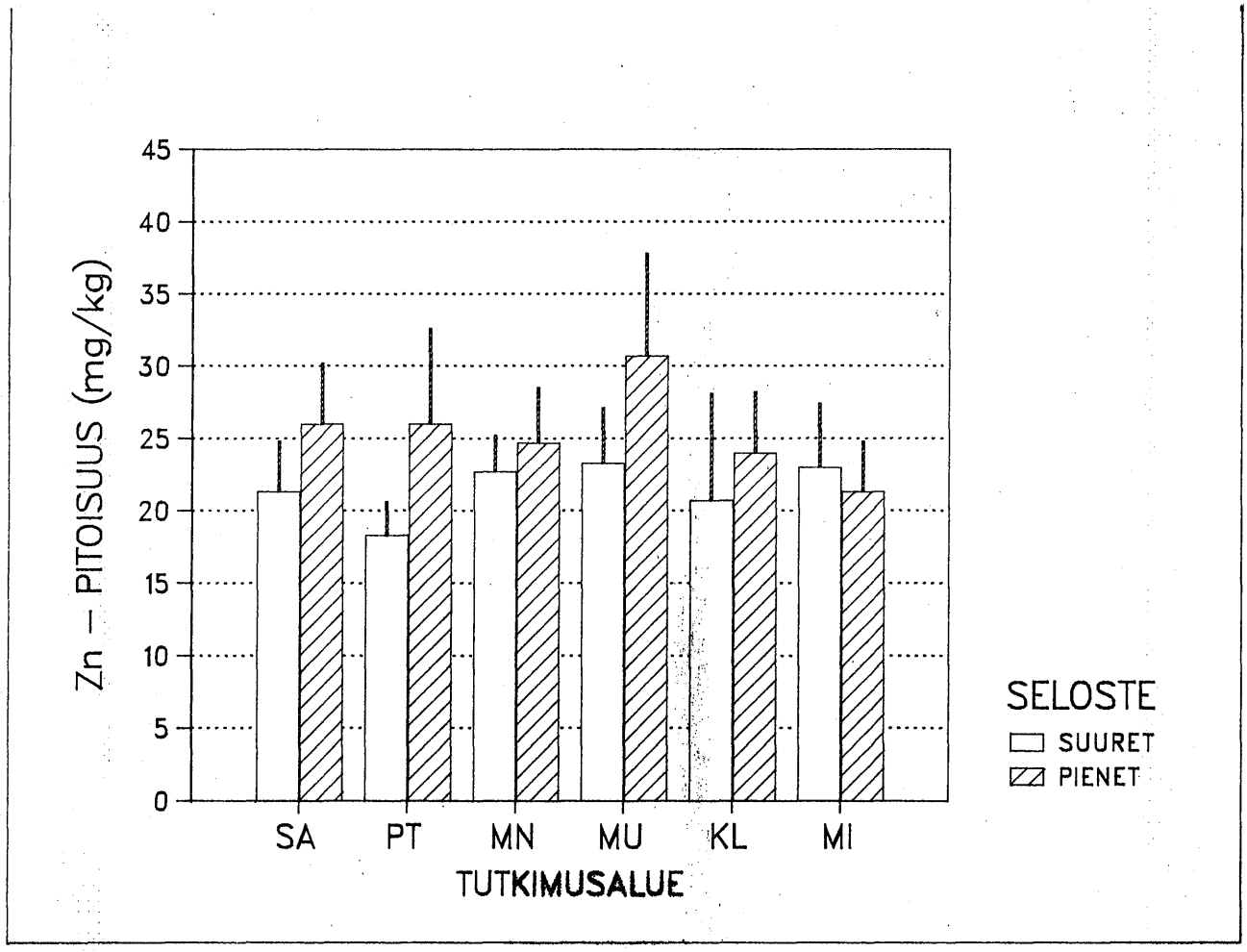
Kasvien kuiva-aineesta on typpeä keskimäärin 1-3% (Raitio 1983). Nyt tutkittujen alueiden lehtien typpipitoisuus oli korkein Mietoisten tutkimusalueen suurten tammien lehdissä (2.8 %) ja matalin Marjaniemen tutkimusalueen suurten tammien lehdissä (2.0 %) (kuva 9). Eri kokoisten tammien välillä (suuret vs. pienet) ei lehtien typpipitoisuudessa ollut kuitenkaan mitään yhtenäistä suuntausta, samoin typpipitoisuus vaihteli tammien välillä riippumatta tutkimusalueesta (kuva 9).




**Kuva 10. Lehtien lyijypitoisuus miljoonasosina kuivapainosta suurilla ja pienillä koepuilla erikseen vuonna 1987.**

### 7.2.1.2. LEHTIEN LYIJYPITOISUUS

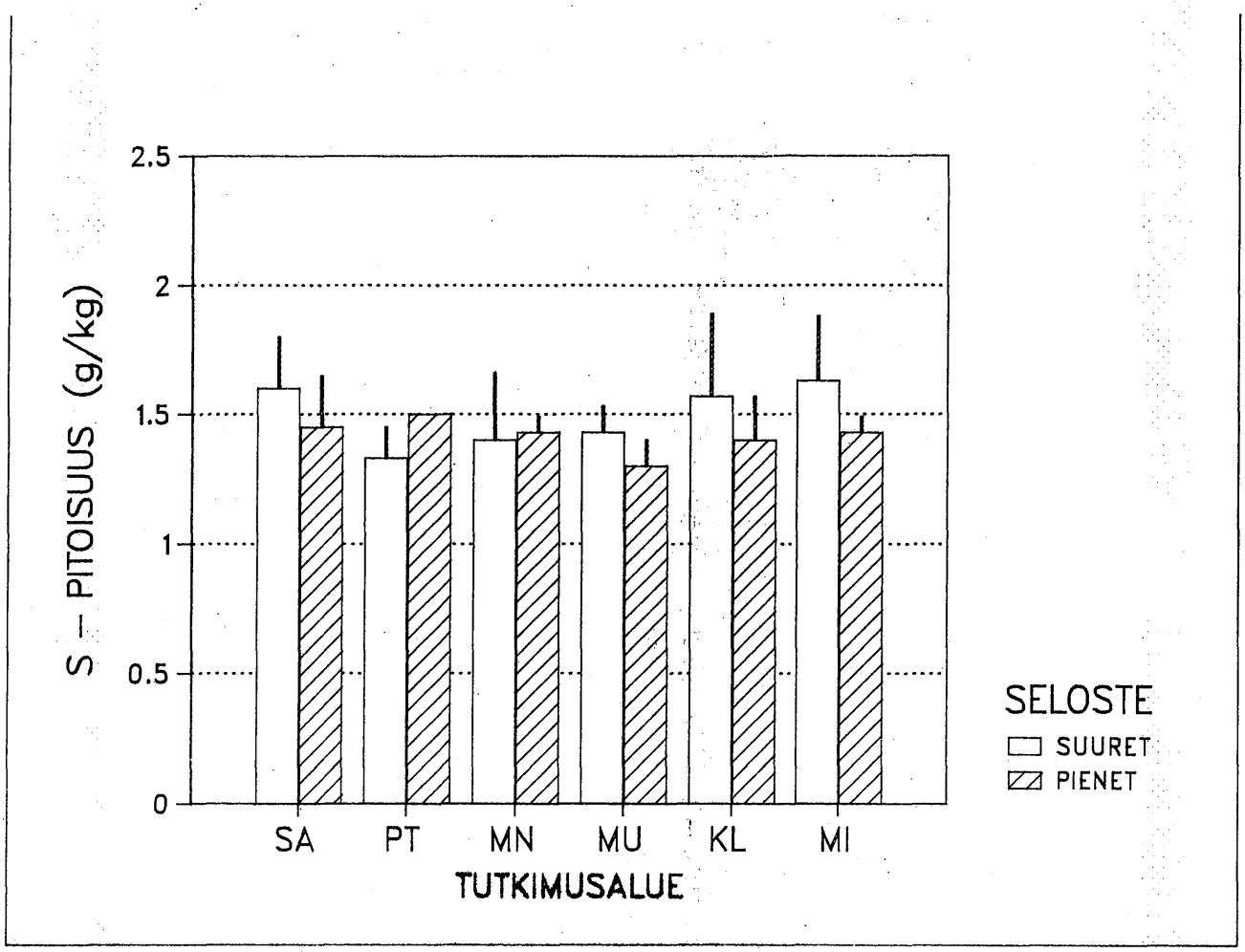
Lehtien lyijypitoisuus oli korkein Marjaniemen tutkimusalueen pienillä tammilla (1.46 mg/kg) ja pienin Katariinanlaakson tutkimusalueen suurilla tammilla (0.36 mg/kg). Mietoisten alueella saattaa tien läheisyys vaikuttaa lehtien lyijypitoisuuteen (kuva 10). Pitoisuus oli keskimäärin korkeampi niillä alueilla, joilla tammikääriäistuhot ovat olleet suuret. Lyijypitoisuus kuitenkin vaihteli tutkimusalueiden sisällä eri kokoisten tammien välillä huomattavasti. Alueilla, joilla voidaan lyijypitoisuuksien olettaa olevan suurempia (Saaronniemi, puutarha, Marjaniemi ja Muhkuri) oli yleinen suuntaus se, että suurilla puilla nämä pitoisuudet olivat korkeampia (kuva 10).




**Kuva 11. Lehtien sinkkipitoisuus miljoonasosina kuivapainosta suurilla ja pienillä koepuilla erikseen vuonna 1987.**

### 7.2.1.3. LEHTIEN SINKKIPITOISUUS

Lehtien sinkkipitoisuus oli pääsääntöisesti pienillä tammilla suurempi kuin suurilla (poikkeuksena Mietoinen). Kyseisillä puilla sinkkipitoisuus vaihteli 18.3 mg/kg ja 30.7 mg/kg välillä (kuva 11). Alueellisesti lehtien sinkkipitoisuus oli jonkin verran korkeampi Muhkurin tutkimusalueella kuin muilla tutkituilla alueilla (kuva 11). Vertailun vuoksi voidaan mainita jo kasvunsa päättäneiden tammenlehtien sinkkipitoisuus voimakkaasti saastuneelta alueelta Puolasta läheltä Krakovaa, jossa pitoisuudet vaihtelivat 30:stä 55:een ppm/lehden kuivapaino (Nuorteva ja muut 1987). Kasvien sinkkipitoisuus on keskimäärin 20-100 ppm kuiva-aineesta (Raitio 1983).




**Kuva 12.** Lehtien lyijypitoisuus tuhannesosina kuivapainosta suurilla ja pienillä koepuilla erikseen vuonna 1987.

### 7.2.1.4. LEHTIEN RIKKIPITOISUUS

Lehtinäytteiden rikkipitoisuus vaihteli 1.37 g/kg (Muhkurin pienet tammet) ja 1.63 g/kg (Mietoisten suuret tammet) välillä (kuva 12). Yleensä kasvien kuiva-aineesta on rikkiä noin 0.2 % - 0.5 % (Raitio 1983), joten nyt tutkittujen tammien lehtien S-pitoisuus oli lähes normaali. Lehtien rikki- ja typpipitoisuuden välillä oli tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio; sen sijaan muiden mitattujen aineiden välillä ei merkitseviä korrelaatioita ollut (taulukko 13).

Taulukko 13. Lehtinäytteistä mitattujen alkuainepitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot vuonna 1987.
* = havaittu ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä

| | typpi | lyijy | rikki | sinkki |
|---|---|---|---|---|
| typpi | 1.000 | | | |
| lyijy | -0.041 | 1.000 | | |
| rikki | 0.458* | -0.040 | 1.000 | |
| sinkki | 0.145 | -0.072 | 0.159 | 1.000 |

Taulukko 14. Petoyökkösen (Cosmia trapezina) koiras- ja naarastoukkien kotelopainojen korrelaatio niiden syömistä lehdistä mitattujen alkuainepitoisuuksien kanssa.

* = havaittu ero tilastollisesti jokseenkin merkitsevä
** = havaittu ero tilastollisesti merkitsevä

| alkuaine | kotelopaino | |
|---|---|---|
| | koiras (n = 32) | naaras (n = 28) |
| typpi | 0.4157* | 0.3158* |
| lyijy | -0.4738** | -0.4095* |
| rikki | 0.1593 | 0.1861 |
| sinkki | -0.0050 | 0.0940 |

### 7.2.2. PETOYÖKKÖSEN KOTELOPAINOJEN SUHDE MITATTUJEN AINEIDEN PITOISUUKSIIN

Taulukossa 14 on esitetty petoyökkösen kotelopainon korrelaatiot eri mitattujen aineiden suhteen. Typpipitoisuuden ja kotelopainon (koiraat ja naaraat erikseen tai yhdessä) korrelaatio oli positiivinen eli puilla, joilla lehtien typpipitoisuus oli suuri menestyivät petoyökköset paremmin (kotelopaino oli suurempi). Tulos on yhtenevä sen yleisen näkemyksen kanssa, että ravinnon typpipitoisuuden ja hyönteisten menestymisen (esim kotelopaino) välillä on positiivinen korrelaatio (Mattson 1980). Mielenkiintoista on se, että typpipitoisuus oli alhaisin alueilla, joilla on esiintynyt tammien paljaaksisyöntiä.

Tutkimusalueen lehtien lyijypitoisuuden ja petoyökkösen kotelopainon välillä oli merkitsevä negatiivinen korrelaatio (taulukko 14) eli petoyökköset saavuttivat pienemmän kotelopainon tammilla, joiden lehtien lyijypitoisuus oli suuri. Joidenkin perhoslajien toukkien tiedetään pystyvän erittämään elimistöstään haitallisia aineita kuten lyijyä (Andrzejewska suullinen tiedonanto, Nuorteva 1988) ja siten kyseisillä aineilla ei olisi kohtuullisina pitoisuuksina vaikutusta. Petoyökkösen lyijynerityskyvystä ei ole tutkittua tietoa. Verrattaessa petoyökkösen kuolleisuutta (kuva 3) voidaan todeta, että kuolleisuus (suuret ja pienet tammet) oli suurinta niillä alueilla, joilla lyijypitoisuus oli suurin ja typpipitoisuus alhaisin (kuvat 10 ja 9). Lisäksi typpipitoisuuden ja lyijypitoisuuden välillä ei ollut korrelaatiota (taulukko 13).

Lehtien rikkipitoisuuden ja kotelopainojen välillä on heikko positiivinen korrelaatio. Sen sijaan sinkkipitoisuus ei näytä juurikaan korreloivan petoyökkösen kotelopainon kanssa (taulukko 14). Lehtien typpipitoisuuden sekä muidenkin mitattujen aineiden ja petoyökkösen kotelopainon korrelaation suhteen on kuitenkin huomattava, että lehtinäytteet kerättiin ajankohtana jolloin tutkittu perhoslaji oli jo koteloitunut, minkä tähden tuloksiin tulee suhtautua tietyin varauksin. Tulokset antavat kuitenkin mahdollisuuden karkeasti arvioida eri mitattujen ominaisuuksien mahdollisia vaikutuksia petoyökkösen menestymiseen.

## 8. TULOSTEN TARKASTELUA

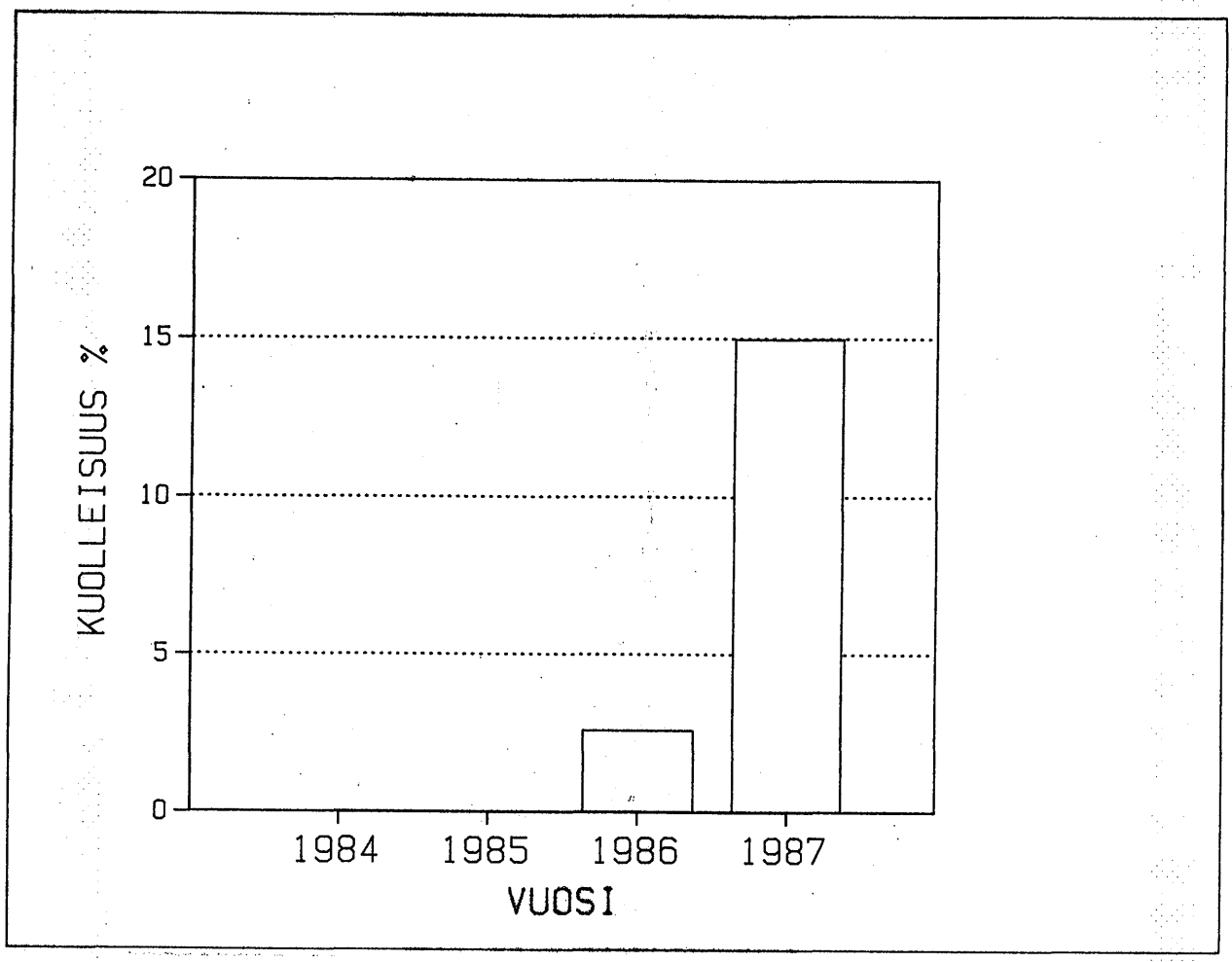
Witkowski (1975) tutki Puolassa erilaisten ympäristötekijöiden vaikutusta tammikääriäispopulaatioiden kokoon vuosina 1966-73. Merkittäväksi tekijäksi hän havaitsi säätilan (matalan lämpötilan ja vähäisen sademäärän) toukkien kuoriutumisen aikaan; tällöin kuoriutumisen ja lehtien puhkeamisen synkronisaatio murtui aiheuttaen ravinnonpuutetta pienille kääriäistoukille (Witkowski 1975). Bioottiset tekijät olivat vähemmän merkittäviä; tämä koski niin kilpailua (ravinnosta) kuin tauteja, petoja ja loisia. Mielenkiintoista oli päätelmä, että loisten merkitys populaatiokoon säätelyssä oli vähäinen mutta tautien, ainakin sopivien sääsuhteiden vallitessa merkittävämpi (Witkowski 1975).

Omassa analyysissämme keskityimme analysoimaan neljää kääriäispopulaation säätelyyn vaikuttavaa keskeistä tekijäryhmää: talvilämpötilaa, loisten ja tautien vaikutusta, ravinnon laatua ja ympäristösaasteita.

Yksikään tekijä ei kyennyt tyhjentävästi selittämään tuhojen mekanismia. Talvilämpötila voisi selittää kääriäiskantojen romahtamisen ankaran talven 1986-87 jälkeen mutta ei alueellisia eroja tammimetsiköiden välillä. Samoin loisinta-asteessa ei esiintynyt tutkimusjaksolla eroja eri tammimetsiköiden välillä. Kuitenkaan lintujen ja muiden toukkia ravinnokseen käyttävien petojen vaikutusta ei tutkittu. Ravinnon laatu näytti petoyökköskasvatusten perusteella olevan, vastoin ennusteita, huonoin intensiivisemmän tuhoalueen tammimetsiköissä vuonna 1987. Toisaalta kääriäiskasvatukset vuonna 1987 osoittivat koiraiden menestyvän paremmin tuhoalueen ulkopuolisilla tammilla mutta vuoden 1988 kääriäiskasvatuksissa ei ravinnon laadussa esiintynyt eroja Ruissalon ja Mietoisten tammimetsiköiden välillä.

Ympäristösaasteanalyysit osittivat etenkin lyijyn vaikuttavan kuolleisuutta lisäävästi ja toukkakehitystä hidastavasti. Kuitenkin korkeimmat lyijypitoisuudet esiintyvät juuri pahimmin tammikääriäistuhoista kärsivillä alueilla eli Marjaniemessä ja mahdollisesti Muhkurissa.

Ratkaisevana tekijänä tammikääriäistuhojen esiintymiseen saattaa olla tammimetsikön koko. Suuri metsikkö, kuten Ruissalo, tarjoaa tammikääriäisen tapaiselle spesialistiherbivorille parhaimmat lisääntymismahdollisuudet ja suuri metsikkö mahdollistaa niin suuren yksilömäärän nopean kasvun että massaesiintyminen käy mahdolliseksi. Perusedellytyksenä massaesiintymien synnylle tietenkin on se, että yksilömäärän kasvu on niin nopea etteivät loiset ja pedot kykene populaation koon säätelyyn. Tammikääriäinen on ajoittanut toukkakautensa kevääseen, lehtien kasvukauteen. Tällöin tammen lehtien laatu on poikkeuksellisen hyvä (korkea typpipitoisuus, alhainen tanniinipitoisuus, Feeny 1970), mikä mahdollistaa erittäin nopean toukkakasvun. Nopean kasvun myötä toukka on vain lyhyen ajan alttiina pedoille ja loisille. Vastaavantyyppisiä lisääntymismahdollisuuksia muutamista puista muodostuneissa pirstoutuneissa metsiköissä ei tammikääriäiselle ole.

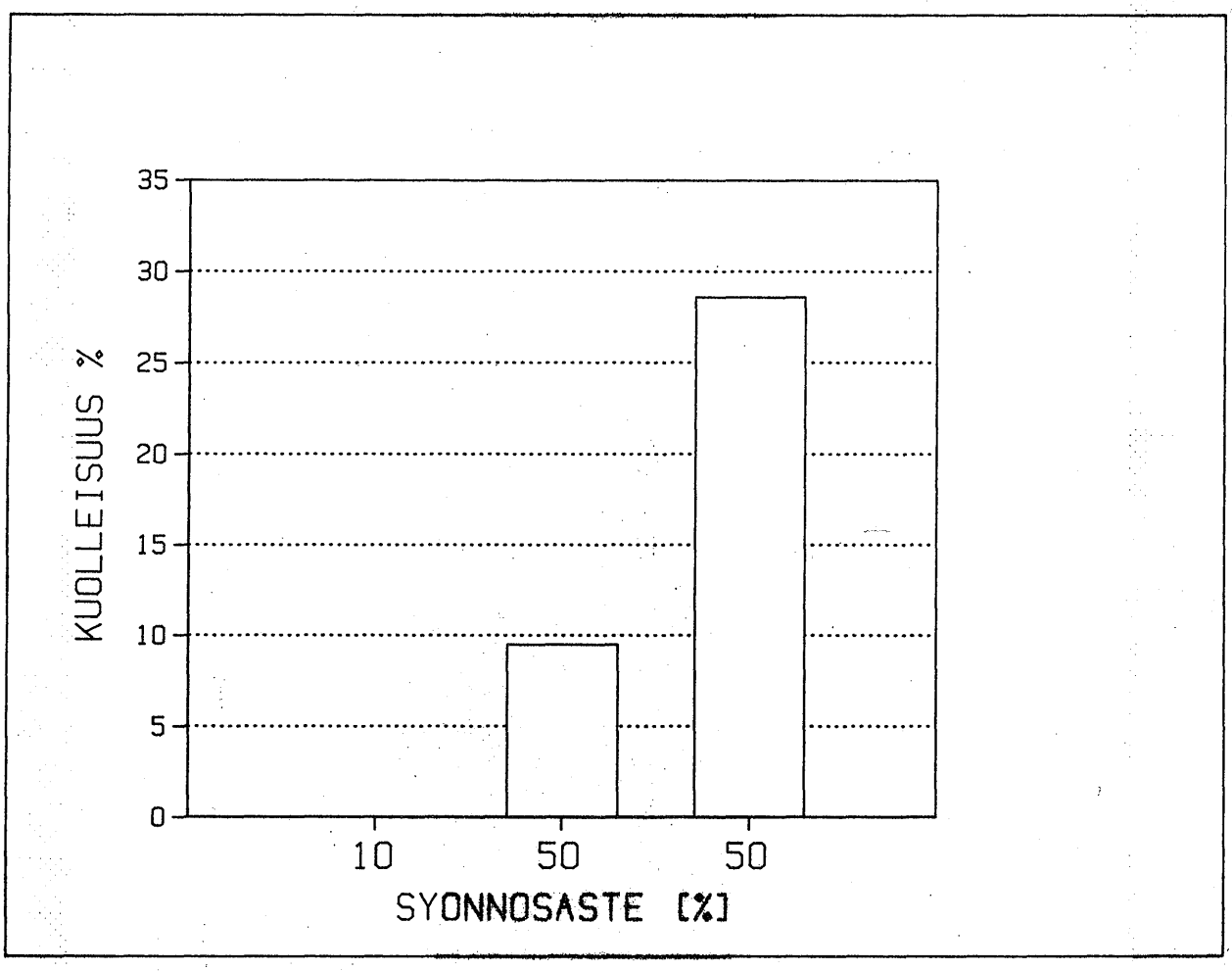



**Kuva 13. Tammikääriäistuhon aiheuttama tammien kuolleisuus puutarhan 40 koepuulla vuosina 1984-87.**

## 9. TAMMIKÄÄRIÄISTUHOJEN VAIKUTUS TAMMIMETSIEN TILAAN

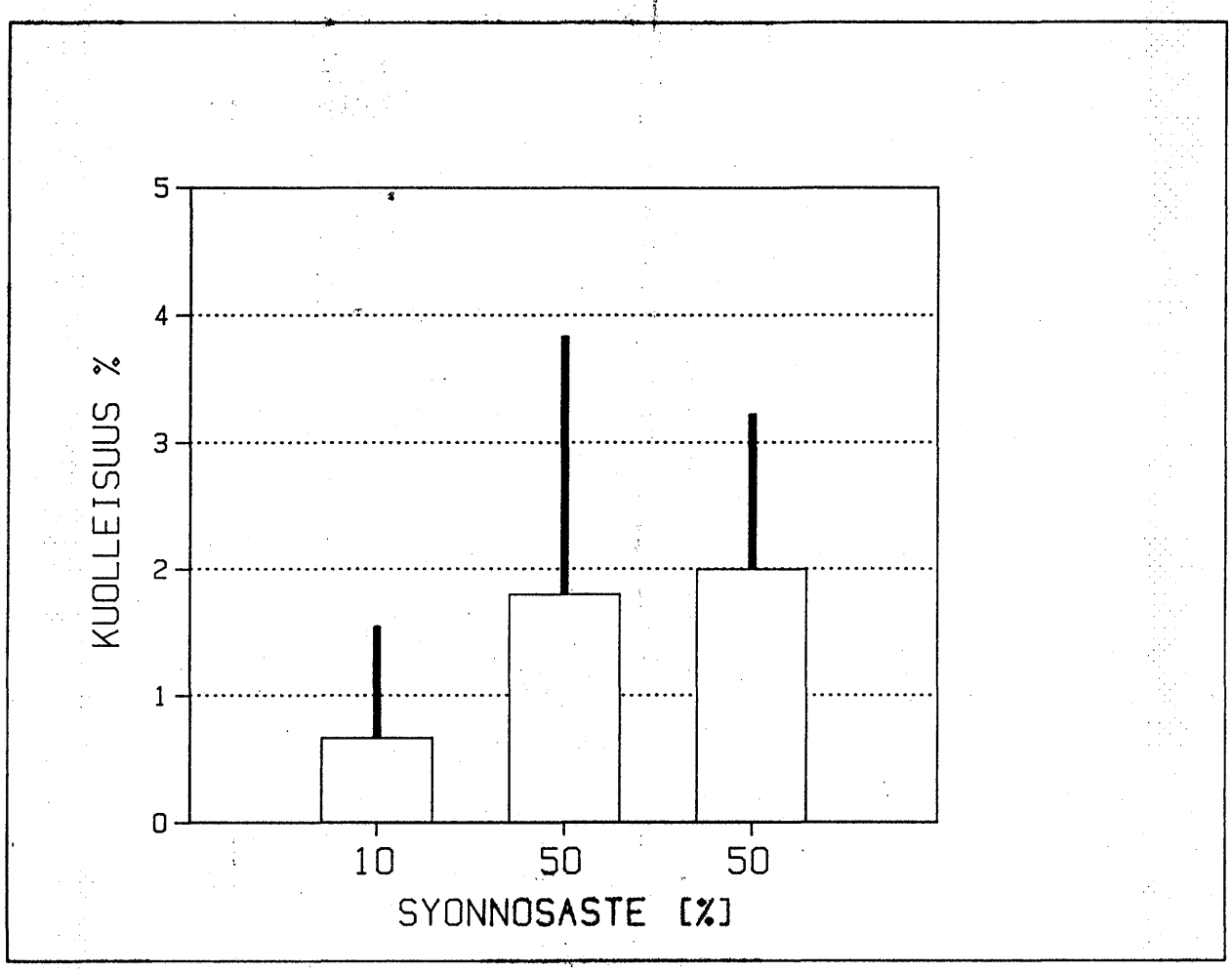
Tammikääriäistuhon yhteydessä puu saattaa menettää jopa useana vuonna peräkkäin lehvästönsä joko osittain tai kokonaan. Lehvästön menetys heijastuu puuhun joko kasvun vähentymisenä tai alentuneena lisääntymiskapasiteettina. Äärimmäisenä on puun menehtyminen tuhon seurauksena.

Tammikääriäistuhon vaikutusta puiden ja oksiston kuolleisuuteen olemme tutkineet puutarhan alueella 40 yksilöllisesti merkityn puun avulla vuosina 1984-88. Puiden lehvästön keskimääräiset tuhoasteet




**Kuva 14.** Puiden kuolleisuuden riippuvuus edellisen vuoden tammikääriäistuhon tuhoasteesta puutarhan 40 koepuulla vuosina 1984-87.

olivat: vuonna 1984 keskimäärin yli 50 %, vuonna 1985 keskimäärin noin 20 % ja vuonna 1986 jälleen noin 30 %. Vuonna 1987 ja 1988 kääriäisen aiheuttamat lehvästömenetykset olivat pieniä, alle 5 %. Osa puista ei kestänyt toistuvia paljaaksisyöntejä, vaan vuodesta 1986 lähtien on puita kuollut. Vuonna 1987, kolmen tuhovuoden jälkeen, noin 15 % puista menehtyi (kuva 13). Kuvasta 14 ilmenee, että juuri ne puut menehtyvät joiden keskimäärinen syönnösaste oli edellisinä vuosina ollut korkea.




**Kuva 15. Puiden oksakuolleisuuden riippuvuus edellisen vuoden tammikääriäistuhon tuhoasteesta puutarhan 40 koepuulla vuonna 1987.**

Vuonna 1987 mittasimme myös oksakuolleisuuden koepuistamme. Loppusyksystä 1986 koepuista karsittiin pois kaikki aikaisemmin kuolleet oksat ja sen jälkeen kuolleet oksat laskettiin kesällä 1987. Kuvasta 15 ilmenee, että myös puiden oksakuolleisuus oli korreloitunut syönnösasteeseen. Mitä korkeampi syönnösaste sen suurempi oksakuolleisuus.

Tulokset osoittivat, että tammikääräisillä voi olla ratkaiseva vaikutus tammien menestymiseen. Koepuistamme noin 15 % menehtyi tammikääräistuhon seurauksena. On kuitenkin huomioitava, että tutkimamme puut olivat suhteellisen pieniä, noin 1-6 metrin korkuisia, ja useimmat kuolleista puista olivat alistetussa asemassa olevia aluspuita. Lisäksi useilla "kuolleista" puista (87 %) tavattiin syksyllä 1988 juurivesoja. Suurilla dominoivilla puilla tammikääriäisten aiheuttama kuolleisuus lienee vähäistä, mutta toisaalta tuhot saattavat vaikuttaa tammimetsien uudistumiseen jos taimet menehtyvät tuhojen seurauksena tai jos tuho alentaa puiden lisääntymiskapasiteettia. Niinpä syksyllä 1988, kahden kääriäistuhoista vapaan kesän jälkeen, oli tammenterhosato Ruissalossa erittäin suuri.

## 10. TULEVAT TOIMENPITEET

Tuloksemme osoittivat, että tammikääriäiset saattavat olennaisesti vaikuttaa tammimetsien tilaan. Vaikutukset ovat kuitenkin lyhytaikaisia ja tammilla, ainakin suurilla ja hyväkuntoisilla, on hyvä toipumiskyky jopa usean vuoden perättäisistä paljaaksisyönneistä. Laajamittaisiin torjuntatoimenpiteisiin ei siten liene aihetta. Lisäksi Fratian (1985) totesi Romaniassa, ettei kemiallinen tai mikrobiologinen tammikääriäiskantojen romahduttaminen vaikuttanut kääriäiskantojen tulevaan vaihtelurytmiin eikä massaesiintymisten ajoittumiseen.

Ruissalon ja muidenkin Turun seudun tammimetsien luonnon, erityisesti hyönteisten tutkimus ja tuntemus ei kuitenkaan ole ollut riittävää. Ruissalon pitäisikin sijaintinsa ja erikoisluonteensa puolesta olla esimerkiksi Turun yliopiston pysyvänä tutkimuskohteena.

Turun yliopiston toiminnan alkuvuosikymmeniltä lähtien onkin tehty suuri joukko eläin- ja kasvitieteen opinnäytetöitä Ruissalon ja lähialueiden tammimetsistä. Valitettavasti niitä ei yleensä ole julkaistu, joskin tuloksia on osittain käytetty yleisölle tarkoitetuissa Ruissaloa ja Turun alueen muita tammimetsiä käsittelevissä julkaisuissa. Näistä mainittakoon Ruissalokirja (Kallio 1979), Turun Ylioppilas -julkaisusarja, erityisesti osat I (1929), III (1954), IV (1955) ja V (1958) sekä Turun luonnonkohteet 1 ja 2 (Kallio ja muut 1985, Lemmetyinen ja muut 1987). Lisäksi voidaan mainita julkaisu

Ruissalon tammistojen kovakuoriaisista (Laamanen 1938) sekä Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelukomitean mietintö (1985), jossa mainitaan suuri joukko Ruissalon harvinaisuuksia.

Vuosina 1987-88 selviteltiin maanpinnalla liikkuvaa selkärangattomien eläinten lajistoa Ruissalossa. Työ on Ympäristöministeriön osittain rahoittama. Ympäristöministeriö ja Lääninhallitus ovat käynnistäneet vuonna 1988 myös Ruissalon ja muidenkin Turun seudun tammimetsien kovakuoriaislajiston tutkimuksen, jossa painopisteenä on harvinaisten, uhanalaisiksi luonnehdittujen kovakuoriaislajien esiintymisen selvittäminen.

Tiedossa ei sensijaan ole mitään tutkimusohjelmaa nyt käsillä olevan raportin lisäksi, jossa olisi tutkittu tammen menestymiseen vaikuttavien kasvinsyöjien, erityisesti tammikääriäisen esiintymistä, elintapoja ja merkitystä tammien hyvinvoinnille ja Ruissalon luonnon säilymiselle.

Ruissalon tammien tuhohyönteislajiston perusseuranta olisi nyt aloitettava; tämä mahdollistaisi tammikääriäistutkimusten ajoittamisen sopivasti. Vuodet 1987-88 olivat tässä suhteessa hieman heikkoja, koska tammikääriäiskannat olivat juuri romahtaneet tuhovuosien jälkeen. Koska uusi tuhoperiodi vääjäämättä on ennemmin tai myöhemmin edessä, antaa jatkuva seuranta mahdollisuuden tutkia kääriäispopulaation lisääntymistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä heti alusta alkaen. Samoin voitaisiin ratkaista kysymys ovatko tammikääriäistuhot Ruissalon riesana pelkästään siitä syystä, että se on maamme suurin yhtenäinen tammimetsikkö.

## 11. KIRJALLISUUS

Alstad, D.N., Edmunds, G.F. and Weinstein, L.H. 1982: Effects of air pollutants on insect populations. - Ann. Rev. Ent. 27: 369-384.

Braun, S. and Fluckiger, W. 1984: Increased population of the aphid Aphis pomi at a motorway. Part 1: field evaluation. - Env. Pollut. 33: 107-120.

Braun, S. and Fluckiger, W. 1985: Increased population of the aphid Aphis pomi at a motorway. Part 3: the effects of exhaust gases. - Env. Pollut. 39: 183-192.

Bryant, J.P., Tuomi, J. and Niemelä, P. 1988: Environmental constraints of constructive and long-term inducible defenses in woody plants. - In: Spencer, K.C. (ed.) Chemical Mediation of Coevolution. Academic Press. Pp. 367-389.

Clayhills, T.H. 1929: Zur Kenntnis der Temperaturabhängigkeit der jährlichen Abundanzkurven von Calymnia trapezina L. - Mem. Soc. F. Fl. Fenn. 5: 91-95.

Cole, L.R. 1967: A study of the life-cycles and hosts of some Ichneumonidae attacking pupae of the green oak-leaf roller moth, Tortrix viridana (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) in England. - Trans. R. Ent. Soc. Lond. 119: 267-281.

Dohmen, G.P. 1985: Secondary effects of air pollution: enchanced aphid growth. - Env. Pollut. 39: 227-234.

Dohmen, G.P., McNeill, S. and Bell, J.N.B. 1984: Air pollution increases Aphis fabae pest potential. - Nature 307: 52-53.

Dohmen, G.B. 1985: secondary effects of air pollution: enhanced aphid growth. - Environ. Poll. 39: 227-234.

Feeny, P. 1970: Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. - Ecology 51: 565-581.

Fratian, A. 1985: Some aspects of population dynamics of Gypsy moth (Lymantria dispar) and Oak leaf roller moth (Tortrix viridana) in chemically and biologically treated oak stands. - Forestry Comm. Res. Devel. Paper 135: 100-103.

Fuhrer, E. 1985: Air pollution and incidence of forest insect problem. - Z. ang. Ent. 99: 371-377.

Gasow, H. 1925: Der grune Eichenwickler (Tortrix viridana Linné) als Forstschädling. Ein monographischer Versuch. - Arb. Biol. Reichsanst. Land Forstw. 12: 355-508.

Heliövaara, K. 1986: Occurrence of Petrova resinella (Lepidoptera, Tortricidae) in a gradient of industrial air pollutants. - Silva Fennica 20: 83-90.

Heliövaara, K. and Väisänen, R. 1986a: Industrial air pollution and the pine bark bug, Aradus cinnamomeus Panz. (Het., Aradidae). - Z. ang. Ent. 101: 469-478.

Heliövaara, K. and Väisänen, R. 1986b: Parasitization in Petrova resinella (Lepidoptera, Tortricidae) galls in relation to industrial air pollutants. - Silva Fennica 20: 233-236.

Heliövaara, K., Terho, E. and Koponen, M. 1982: Parasitism in the eggs of the pine bark-bug, Aradus cinnamomeus (Heteroptera, Aradidae). - Ann. Ent. Fenn. 48: 31-32.

Heliövaara, K., Väisänen, R., Braunschweiler, H. and Lodenius, M. 1987: Heavy metal levels in two biennial pine insects with sap-sucking and gall-forming life-styles. - Env. Pollut. 48: 13-23.

Hughes, P.R., Potter, J.E. and Weinstein, L.H. 1981: Effects of air pollutants on plant-insect interactions: Reactions of the Mexican bean beetle to SO2 fumigated pinto beans. - Env. Ent. 10: 741-744.

Kallio, P. (toim.) 1979: Ruissalo. Luontoa ja kulttuuria. - Otava, Helsinki.

Kallio, P., Huhtinen, S., Lemmetyinen, R. ja Mansikkaniemi, H. (toim.) 1985: Turun luonnonkohteet 1. Kuvaus Katariinanlaakson, Muhkurin, Nunnavuoren ja Pomponrahkan (Isosuon) luonnosta, eläimistöstä ja kasvillisuudesta. - Turun kaupunki.

Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1986-88. - Ilmatieteen laitos.

Laamanen, M. 1938: Katsaus Ruissalon tammistojen kovakuoriaiselämistöön. - Ann. Univ. Turkuensis Ser. A 6(7): 1-28.

Lemmetyinen, R., Huhtinen, S., Kallio, P. ja Mansikkaniemi, H. (toim.) 1987: Turun luonnonkohteet 2. Kuvaus Vaarniemen, Toijaisten, Tammimäen ja Kulhon saaren luonnosta, eläimistöstä ja kasvillisuudesta. - Turun kaupunki.

Mattson, W.J. 1980: Herbivory in relation to plant nitrogen content. - Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 119-161.

MacPhee, A.W. 1967: The winter moth Operophtera brumata (Lepidoptera: Geometridae), a new pest attacking apple orchards in Nova Scotia, and its coldhardines. - Can. Ent. 99: 829-834.

Mikkola, K. ja Jalas, I. 1979: Suomen perhoset. Yökköset 2. - Otava.

Neuvonen, S. and Lindgren, M. 1987: The effects of simulated acid rain on performance of aphid Euceraphis betulae (Koch) on silver birch. - Oecologia 74: 77-80.

Niemelä, P. 1979: Topographical delimitation of Oporinia-famages. experimental evidence of the effect of winter temperature. - Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 15: 33-36.

Niemelä, P., Tuomi, J. and Haukioja, E. 1980: Age-specific resistance in trees: defoliation of tamaracks (Larix laricina) by larch bud moth (Zeiraphera improbana) (Lep., Tortricidae). - Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 16: 49-57.

Nuorteva, P. 1988: Tutkimuksia metallien osuudesta metsiä tuhoavassa monistressisairaudessa. - Lounais-Hämeen Luonto 75: 62-76.

Nuorteva, P., Witkowski, Z. and Nuorteva, S.-L. 1987: Chronic damage by Tortrix viridana L. (Lepidoptera,Torticidae) related to the content of iron, alminium, zinc, cadmium and mercury in oak leaves in Niepolomice forest. - Ann. Ent. Fennici 53: 36-38.

Rainio, R. 1979: Menneen ilmastokauden luonnonmuseo. - Teoksessa: Kallio, P. (toim.). Ruissalo. Luontoa ja kulttuuria. - Otava.

Raitio, H. 1983: Ravinnepitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä. Teoksessa: Raitio, H. (toim.). Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. - Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

Raitio, H. (toim.) 1983: Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. - Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

Razowski, J. 1984: Tortricini. - Microlepidoptera Palaearctica 6: 1-376.

Saalas, U. 1949: Suomen metsähyönteiset. - Werner Söderström.

Salmikivi, H. 1931: Morfologis-bionominen tutkielma Ruissalossa tammella esiintyvistä perhostoukista. - Käsikirjoitus, Turun yliopiston biologian laitos.

Schwerdtfeger, F. 1961: Das Eichenwickler-Problem. - Forschung Beratung Reihe C 1: 1-174.

Sich, A. 1916: Life cycle of Tortrix viridana, L. - Proc. London Ent. Nat. Hist. Soc. 1915/16: 15-20.

Szontagh, P. 1974: Die Bedeutung der Lichtfallenforschung in der forstlichen Schädlinge. - Fol. Ent. Hung. 27(Suppl.): 153-157.

Tapana, P. 1958: Tammi (Quercus robur L.) Lounais-Suomen mantereella. - Turun Ylioppilas 5: 30-66.

Tuomi, J., Niemelä, P., Chapin III, F.S., Bryant, J. and Siren, S. 1988: Defensive responses of trees in relation to their carbon/nutrien balance. - In: Mattson, W., Levieux, J. and Bernard-dagan, C. (eds.) Mechanisms of Woody Plant Defenses against Insects. Springer Verlag. Pp 57-72.

Turun Ylioppilas I, 1929 - Turun Yliopiston Ylioppilaskunta.

Turun Ylioppilas III, 1954 - Turun Yliopiston Ylioppilaskunta.

Turun Ylioppilas IV, 1955 - Turun Yliopiston Ylioppilaskunta.

Turun Ylioppilas V, 1958 - Turun Yliopiston Ylioppilaskunta.

Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö, 1985. - Komiteanmietintö 1985: 43.

Vappula, N.A. 1962: Suomen viljelykasvien tuhoeläinlajisto. - Ann. Agric. Fenn. 1(Suppl.): 1-275.

White, T.C.R. 1984: The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availbility of nitrogen in stressed food plants. - Oecologia 63: 90-105.

Witkowski, Z. 1975: Environmental regulation of the population size of the oak leaf roller moth (Tortrix viridana L.) in the Niepolomice Forest. - Bull. Acad. Polon. Sciences Biol. 23: 513-519.

Liite 1. Eri tutkimusalueilta otettujen lehtinäytteiden kemiallisen analyysin puukohtaiset tulokset.

| tutkimusalue | puu | typpi (g/kg) | lyijy (mg/kg) | rikki (g/kg) | sinkki (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Saaronniemi | 3 suuri | 28 | 0.96 | 1.8 | 21.0 |
| | 4 suuri | 28 | 1.10 | 1.6 | 25.0 |
| | 5 suuri | 23 | 1.10 | 1.4 | 18.0 |
| | 1 pieni | 25 | 0.76 | 1.6 | 29.0 |
| | 4 pieni | 23 | 0.75 | 1.3 | 23.0 |
| Puutarha | 2 suuri | 25 | 1.40 | 1.4 | 17.0 |
| | 3 suuri | 18 | 0.42 | 1.2 | 17.0 |
| | 5 suuri | 22 | 0.75 | 1.4 | 21.0 |
| | 3 pieni | 24 | 0.50 | 1.5 | 20.0 |
| | 4 pieni | 28 | 0.43 | 1.5 | 25.0 |
| | 5 pieni | 28 | 0.62 | 1.5 | 33.0 |
| Marjaniemi | 1 suuri | 22 | 1.20 | 1.1 | 20.0 |
| | 4 suuri | 22 | 1.10 | 1.6 | 25.0 |
| | 5 suuri | 16 | 1.00 | 1.5 | 23.0 |
| | 1 pieni | 19 | 0.98 | 1.3 | 23.0 |
| | 3 pieni | 22 | 1.90 | 1.4 | 22.0 |
| | 4 pieni | 21 | 1.50 | 1.4 | 29.0 |
| Muhkuri | 2 suuri | 21 | 1.60 | 1.4 | 25.0 |
| | 3 suuri | 22 | 1.30 | 1.4 | 26.0 |
| | 5 suuri | 22 | 1.10 | 1.5 | 19.0 |
| | 1 pieni | 25 | 0.68 | 1.4 | 32.0 |
| | 3 pieni | 20 | 0.44 | 1.3 | 37.0 |
| | 4 pieni | 17 | 0.91 | 1.2 | 23.0 |
| Katariinanlaakso | 1 suuri | 18 | 0.38 | 1.8 | 18.0 |
| | 2 suuri | 24 | 0.36 | 1.7 | 29.0 |
| | 4 suuri | 22 | 0.35 | 1.2 | 15.0 |
| | 1 pieni | 30 | 0.35 | 1.6 | - |
| | 3 pieni | 20 | 0.53 | 1.3 | 27.0 |
| | 4 pieni | 23 | 0.42 | 1.3 | 21.0 |
| | 5 pieni | 28 | 0.62 | 1.5 | 33.0 |
| Mietoinen | 2 suuri | 26 | 0.64 | 1.6 | 21.0 |
| | 3 suuri | 27 | 0.70 | 1.4 | 20.0 |
| | 5 suuri | 31 | 0.92 | 1.9 | 28.0 |
| | 1 pieni | 29 | 0.67 | 1.5 | 21.0 |
| | 2 pieni | 25 | 0.75 | 1.4 | 18.0 |
| | 4 pieni | 25 | 0.63 | 1.4 | 25.0 |

ISBN 951-9262-48-2

ISSN 0783-3229