



SAVONLINNAN KAUPUNKI  
Ympäristönsuojelupalvelut

# MÄNNYN RUNKOJÄKÄLÄ- JA NEULASVUOSIKERTAKARTOITUS SAVONLINNASSA VUONNA 2024



Ympäristösuunnittelija Heidi Käyhkö, 10.5.2024

# Sisällys

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>TAUSTAA</b> .....	<b>3</b>
2.1	Männyn runkojäkälät bioindikaattorina .....	4
2.2	Männyn neulasmassa bioindikaattorina .....	5
2.3	Tutkimusalueen päästölähteet .....	5
2.4	Savonlinnan ilmanlaatu .....	6
<b>3</b>	<b>TUTKIMUKSEN TOTEUTUS</b> .....	<b>9</b>
3.1	Tutkimuspisteet .....	9
3.2	Maastokartoitus .....	9
3.3	Jäkälien vaurioiden ja peittävyysien arvioiminen .....	9
3.4	Kartoitetut jäkälälajit .....	10
3.5	Männyn elinvoimaisuuden arviointi .....	14
<b>4</b>	<b>TULOKSET</b> .....	<b>15</b>
4.1	Jäkälälajien vaurioluokitus .....	15
4.2	Sormipaisukarpeen peittävyys .....	16
4.3	Ilman epäpuhtauksille herkkien lajien lukumäärä .....	17
4.4	Neulasvuosikertojen lukumäärä .....	18
4.5	Vuosittainen vaihtelu Savonlinnassa 1993–2024 .....	19
<b>5</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>21</b>
5.1	Tulosten tulkintaa .....	21
5.2	Virhelähteet ja luotettavuus .....	23
5.3	Tulosten vertailu .....	23
5.4	Jatkoseuranta .....	24
<b>6</b>	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>LIITTEET</b> .....	<b>25</b>

# 1 JOHDANTO

Bioindikaattoritutkimuksen menetelmät perustuvat eliöiden herkkyyteen ympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja/tai niiden ominaisuuteen kerätä aineita itseensä. Männyn runkojäkälien ja neulasmassan arviointia on käytetty yleisesti ilmanlaadun ja ilmansaasteiden vaikutusten selvittämiseen teollisuusalueiden ympäristössä ja taajama-alueilla. Menetelmä on edullinen ja yksinkertainen vaihtoehto kalliille ja hankalasti siirrettäville mittauslaitteille. Erityisesti jäkälästä voidaan päätellä hyvin ilmanlaadussa tapahtuvia muutoksia, sillä ne reagoivat usein sekä morfologisilla että lajistollisilla muutoksilla. Jäkälät ovat erityisen herkkiä rikkidioksidille ja fluoriyhdisteille. Ilmansaasteille herkät lajit harvinaistuvat kuormittuneilla alueilla ja saasteita kestävätkin lajit ilmentävät ilmanlaadun vaikutuksia kitukasvuisuudella ja vaurioilla.

Männyn neulasvuosikerrat kuvastavat mäntyjen elinvoimaisuutta, johon ilmanlaadulla on todettu olevan ainakin välillisiä vaikutuksia.

Bioindikaattoritutkimusta vaikeuttavat ekosysteemien monimutkaisuus, lajien väliset vuorovaikutukset, eliöiden sisäinen geneettinen vaihtelu, kasvupaikasta johtuvat luontaiset vaihtelut sekä menetelmien vakiintumattomuus. Haitta-ainepitoisuuksista ei saada täsmällistä tietoa eikä kaikille muutoksille ole olemassa sopivaa indikaattoria. Pahoin saastuneilta alueilta bioindikaattorit voivat puuttua kokonaan. Bioindikaattoritutkimukset eivät näin ollen täysin korvaa suoria päästömittauksia, leviämismallilaskelmia ja laskeumia kuvaavina menetelminä.

# 2 TAUSTAA

Ilmanlaadulle on annettu kansallisia ohje- ja raja-arvoja valtioneuvoston päätöksellä 480/1996 ja valtioneuvoston asetuksella 79/2017. Raja-arvot on annettu ilman epäpuhtauden pitoisuuksille sekä arviointikynnyksille ilmanlaadun seurantarpeen arviointia varten. Lisäksi on erikseen määritelty kriittiset tasot rikkidioksidille ja typen oksideille kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi. Näitä sovelletaan ensisijaisesti laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla, kuten Natura-alueilla ja muilla luonnonsuojelualueilla. Maailman terveysjärjestö WHO on tiukentanut globaaleja ohjearvoja vuonna 2021. EU:n komissio on vuonna 2023 antanut esityksen EU:n ilmanlaatudirektiivien päivityksestä. Tavoitteena on, että ilmanlaadun raja-arvoja tultaisiin vuoteen 2030 mennessä kiristämään niin, että ne paremmin vastaisivat WHO:n uusia ohjearvoja.

Ilmansuojelulain (67/1982) 4 §:n mukaan kunnan tehtävänä on alueellaan valvoa ja edistää ilmansuojelua sekä tässä tarkoituksessa huolehtia paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ilmanlaadun seurannan järjestämisestä. Jatkuvatoimista ilmanlaadunseurantaa toteutetaan Etelä-Savossa kolmen kaupungin, Mikkelin, Savonlinnan ja Pieksämäen sekä suurimpien energiantuotantolaitosten yhteistyönä siirrettävällä mittausasemalla. Mittausasema sijaitsee Savonlinnassa Ola-

vinkadun varrella vuosina 2022–2025. Aikaisemmin mittausasema on ollut Savonlinnassa vuosina 2006–2007, 2011–2012 ja 2016–2017.

Männyn runkojäkälien esiintymistä ja vaurioituneisuutta sekä neulasvuosikertojen lukumääriä kartoittamalla on seurattu Savonlinnan ilmanlaatua vuodesta 1989 lähtien. Kartoitus on aikaisemmin tehty vuosina 1989, 1993, 1997, 2002, 2005, 2011–2012 ja 2017. Tutkimuksen avulla täydennetään ilmanlaadun mittaustuloksia ja saadaan pitkän aikavälin tietoa muutoksista.

## 2.1 Männyn runkojäkälet bioindikaattorina

Jäkälien herkkyys ilman epäpuhtauksille perustuu niiden rakenteeseen. Koska jäkäliitä puuttuvat kehittyneemmille kasveille tyypilliset tiiviit ja suojaavat pintasolukerrokset eikä niillä ole kaasujen vaihtoa sääteleviä ilmarakoja, jäkälillä ei ole kunnollista suojaa ulkoisia vaikutuksia vastaan. Ilman epäpuhtaudet pääsevät näin ollen kiinnittymään jäkälien soluseinämien proteiineihin. Jäkälät ovat myös erityisen alttiita ilman epäpuhtauksien haitallisille vaikutuksille siksi, että ne ottavat tarvitsemansa ravinteet ja veden suodattamattomina suoraan ilmasta, sadevedestä tai runkoa pitkin valuvasta vedestä. Jäkälillä ei myöskään ole talvella suojaa lumesta, kuten kenttäkerroksen lajeilla. Monet jäkälät pystyvät kasvamaan jopa pakkasessa, jonka vuoksi jäkälät ovat alttiita ilman epäpuhtauksille ympäri vuoden.

Voimakkaimmin jäkäliin vaikuttavat rikkidioksidi- ja typpiyhdisteet joko suoraan ilman kautta tai välillisesti aiheuttaessaan maaperän happamoitumista. Alkaliset päästöt taas muuttavat erityisesti havupuulla kasvavien jäkälien normaalisti happanta kasvualustaa emäksisemmäksi. Hiilivedyt, raskasmetallit ja orgaaniset epäpuhtaudet ovat myös vahingollisia jäkälille.

Jäkälät ovat hyvin hidaskasvuisia. Yleensä muutokset näkyvät vasta vuosien päästä kuormituksesta ja pitkään kuormituksen vähennyttyä, jonka vuoksi jäkäläkartoitus on ilmanlaadun tutkimuksessa ensisijaisesti pitkäaikavälin seurantaan soveltuva menetelmä. Suurissa pitoisuuksissa ilman epäpuhtaudet voivat tosin saada aikaan nopeitakin muutoksia.

Pelkästään jäkäläkasvillisuuden peittävyysprosentti ei indikoi ilmanlaatua, koska saasteita sietävät ja niistä hyötyvät lajit valtaavat alaa herkemmiltä. Esimerkiksi viherleväjäkäliden ja -levien on todettu hyötyvän typpikuormituksesta. Peittävyyttä mitattaessa onkin käytettävä vain tiettyjä, samalla tavalla ilmansaasteisiin reagoivia lajeja. Sormipaisukarve on erityisen hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattori, sillä se kestää hyvin suuriakin saastepitoisuuksia, mutta ilmentää niitä morfologisilla muutoksilla, joita voidaan arvioida vaurioasteen avulla. Kuormitustason kasvaessa sormipaisukarve voi vahvana kilpailijana vallata kasvualaa, mikä näkyy lajin peittävyuden kasvamisena lievässä kuormitustasossa. Sormipaisukarve kestää kuitenkin kuormitusta vain tiettyyn pisteeseen asti, jonka jälkeen sen vauriot pahenevat ja peittävyys pienenee.

Eri ilmansaasteiden osuutta ei voida jäkälätutkimuksessa luotettavasti arvioida, vaan jäkäläaineisto ilmentää kaikkien ilmansaasteiden yhteisvaikutusta. Ilmanlaadun lisäksi jäkälien runsauteen ja lajistoon vaikuttavat paikallinen ilmasto ja kas-

vuolosuhteet. Vaikka puunrunko on jäkälille suhteellisen tasalaatuinen kasvualusta, maaperässä tapahtuvat muutokset vaikuttavat myös jäkälälajistoon mm. kaarnan ominaisuuksien muuttumisen kautta. Jäkälälajistoon vaikuttavat maaperätekijöiden ohella puiden lajikoostumus, ikärakenne ja tiheys. Talvella lämpötilojen vaihtelu ja kevättalven auringonpaiste rasittavat lumipeitteen yläpuolella kasvavia runkojäkäliä. Pitkällä aikavälillä ilmastonmuutos voi lisätä esim. viherleväjäkälien ja -levien esiintymistä lämpötilan kohoamisen ja humidisuuden vuoksi.

## **2.2 Männyn neulasmassa bioindikaattorina**

Mäntyjen neulasmassan määrää on käytetty ilmentämään männyn yleistä elinvoimaisuutta. Koska havupuut ovat vihreitä talvellakin, neulaset ovat runkojäkälien tapaan alttiina ilman epäpuhtauksille ympäri vuoden. Ilmansaasteet voivat vaikuttaa puun neulasvuosikertojen määrään sekä suoraan vaurioittaen neulasia että välillisesti maaperän kautta. Ilman epäpuhtaudet vaurioittavat neulasta peittävää vahakerrosta ja neulasten ilmarakojen toimintaa, jolloin neulasten vanheneminen nopeutuu ja variseminen aikaistuu. Epäsuorasti ilmansaasteet vaikuttavat neulasiin esimerkiksi maan happamoitumisen kautta. Maan happamuuden kasvu lisää ravinteiden huuhtoutumista maaperästä ja puille myrkyllisten raskasmetallien vapautumista maahiukkasista. Tämä saattaa häiritä puiden ravinne- ja vesitasapainoa, jolloin puun vastustuskyky erilaisia stressitekijöitä vastaan heikkenee.

Ilman epäpuhtauksien on havaittu yhdessä muiden tekijöiden kanssa johtavan mäntyjen vähäisempään neulasvuosikertojen lukumäärään. Neulaset säilyvät puissa useita vuosia (3–5 vuotta) ja niiden elinikä riippuu ilmalaadun kuormituksen lisäksi mm. maantieteellisestä sijainnista, puun iästä ja perinnöllisistä ominaisuuksista, ilmaston vaihteluista, kasvupaikasta, puiden välisestä vuorovaikutuksesta sekä mahdollisista neulastuhoista. Vanhimpien neulasten vuosittainen variseminen elo-syyskuussa on luonnollinen ilmiö.

Koska neulasvuosikertojen lukumäärään vaikuttavat ilmanlaadun lisäksi monet muut tekijät, neulasmassa ei sovellu yhtä hyvin kuvaamaan ilmanlaadun vaikutuksia kuin jäkälät. Epäpuhtauksien kuormittamillakin alueilla neulasvuosikertojen lukumäärään on todettu olevan hyvin paikallinen ilmiö, joten tuloksia ei voida luotettavasti yleistää kuvaamaan havaintoalan ulkopuolisten alueiden mäntyjen elinvoimaisuutta. Vaikka neulasvuosikerrat indikoivatkin ilmanlaatua heikosti, on se silti menetelmänä helppo ja nopea sekä selkeä puiden yleiskunnon mittari.

## **2.3 Tutkimusalueen päästölähteet**

Suurin osa Savonlinnan ilman epäpuhtauksista muodostuu kiinteistökohtaisesta lämmityksestä, liikenteestä, maataloudesta sekä teollisuus- ja energiantuotantolaitoksista. Liikennemääriin vaikuttaa suurelta osin Savonlinnan yhdyskuntarakenne, joka on hajaantunut vesistöisyyden (noin 38 % kaupungin pinta-alasta) ja väljän asumistiheyden vuoksi. Liikennemäärät ovat keskusta-alueilla haja-asutusalueita suuremmat. Keskusta-alueilla on myös enemmän teollisuuden ja energiantuotannon päästölähteitä, jotka heikentävät ilmanlaatua.



Savonlinnan keskusta-alueella päästöjä ilmaan aiheutuu liikenteestä, Lempeä Lämpö Oy:n lämpölaitoksista ja UPM-Kymmene Oyj:n vaneritehtaalta. Savonlinnan keskikaupungin alueella liikenteen päästöt ovat vähentyneet vuodesta 2012, jolloin raskasliikenne lähes kokonaan ja suuri osa yksityisliikenteestä siirtyi keskustan ohittavalle rinnakkaisväylälle.

Punkaharjun keskusta-alueella päästöjä ilmaan aiheutuu liikenteen lisäksi Metsä Wood Punkaharjun Kerto LVL- ja vaneritehtaalta sekä Punkavoima Oy:n voimalaitokselta.

Kerimäen keskusta-alueella päästöjä ilmaan aiheutuu liikenteen lisäksi Kerienergia Oy:n voimalaitokselta ja Sahakuutio Oy:n lämpökäsittelylaitokselta.

Keplakolla päästöjä ilmaan on aiheutunut vuonna 2019 lopettaneen Nordkalk Oy Ab:n kalkkitehtaan toiminnasta.

#### Savonlinnan hiukkaspäästöt (t/a) vuosina 2005–2022:

	Hiukkaspäästöt (t/a) vuosina 2005-2022																	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Järvi-Suomen	14	17	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	5
Voima Oy																		
Nordkalk Oy Ab	27	28	28	24	7			4		20	17				19			
Metsäliitto	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	8	2
Osuuskunta																		
Suur-Savon Sähkö Oy	2	2	2	1		<1	<1						1	1	1	<1	1	<1
UPM Plywood Oy			0	6	4	4	3	4	4	6	5	6	6	4	5	4	5	5
Muu teollisuus ja energiantuotanto	25	25	25	25	25	30	30	30	30	30	15	15	15	15	15	9	1	7
Tieliikenne	21	20	19	17	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3
Muu liikenne, työkoneet ja katupöly	98	98	98	98	98	93	93	93	93	93	90	90	90	90	90	85	85	85
Kiinteistökohtainen lämmitys	116	116	116	116	116	133	133	133	133	133	114	114	114	114	114	109	109	109
Maatalous	41	41	41	41	41	35	35	35	35	35	37	37	37	37	37	36	36	36

## 2.4 Savonlinnan ilmanlaatu

Ilmanlaatuindeksillä arvioituna Savonlinnan keskustan ilmanlaatu on ollut pääosin hyvä. Typpidioksidin pitoisuudet olivat vuonna 2023 hieman alhaisempia kuin vuonna 2017, jolloin Savonlinnassa edellisen kerran on mitattu typenoksideja. Typpidioksidipitoisuudet alittivat muuten ohje- ja raja-arvot, mutta vuorokausiarvo sivusi Maailman terveysjärjestön ohjearvoa. Huonoimmillaan ilmanlaatu on kaupungin keskustassa huhtikuussa katupölyjakson aikaan. Katupölytilanteen vuoksi ilmanlaatu oli vuonna 2023 huonompi kuin vuonna 2022.

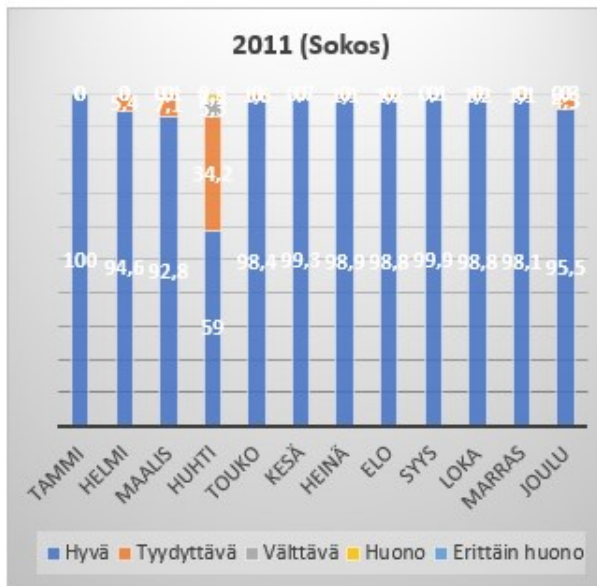
*Ilmanlaadun epäpuhtauksien pitoisuusrajat:*

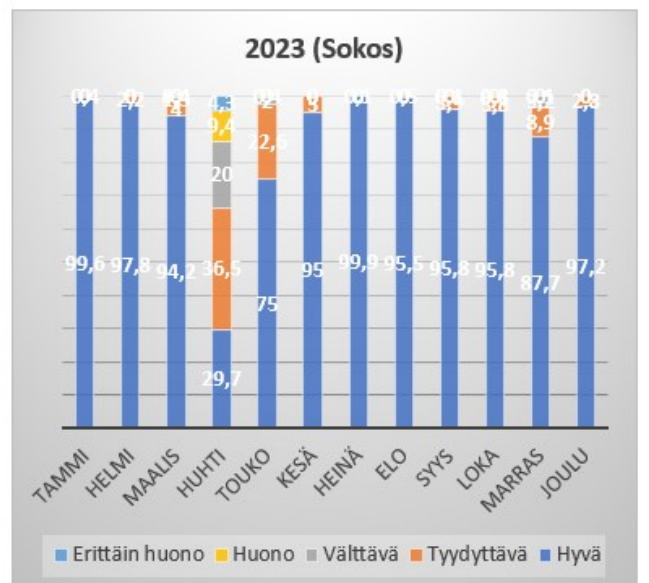
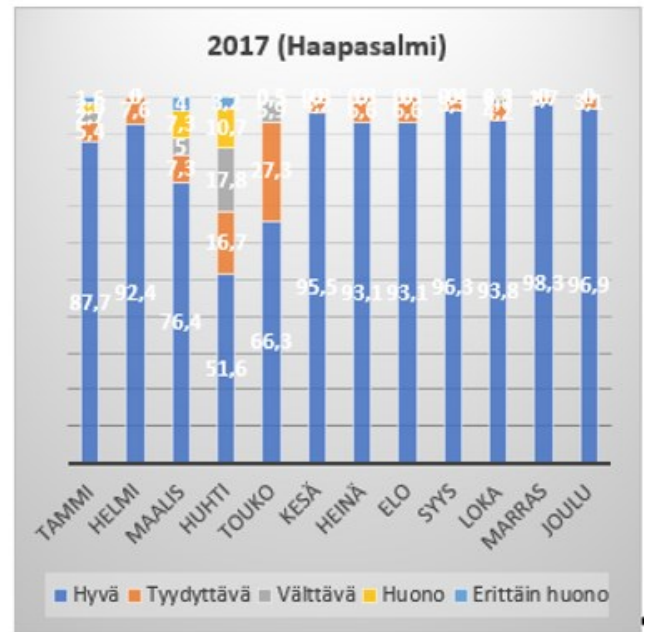
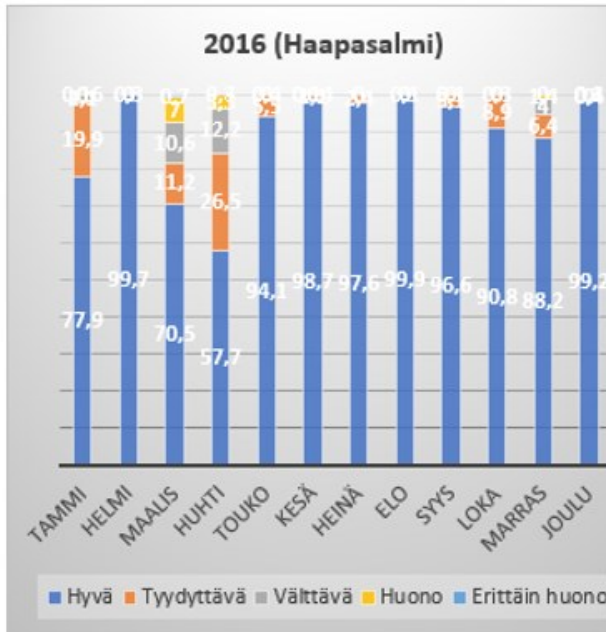
Ilmanlaatuiluokk	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	CO	BC	TRS
<b>hyvä</b>	<20	< 40	< 20	< 10	< 60	< 4000	<1	< 5
<b>tydyttävä</b>	20-80	40-70	20-50	10-25	60-100	4000-8000	1-3	5-10
<b>välttävä</b>	80-250	70-150	50-100	25-50	100-140	8000-20000	3-7	10-20
<b>huono</b>	250-350	150-200	100-200	50-75	140-180	-	7-12	20-50
<b>erittäin huono</b>	> 350	> 200	> 200	> 75	> 180	> 30000	>12	> 50

*Ilmanlaatu Savonlinnassa vuonna 2023:*

Ilmanlaatuiluokka	% vuoden tunneista
<b>hyvä</b>	88,9
<b>tydyttävä</b>	7,7
<b>välttävä</b>	2,1
<b>huono</b>	0,9
<b>erittäin huono</b>	0,4

*Savonlinnan ilmanlaatu hiukkasten osalta (% ajasta) vuosina 2011–2012, 2016–2017 ja 2022–2023:*







### 3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

#### 3.1 Tutkimuspisteet

Savonlinnan kaupungin alueelta valittiin tutkimukseen yhteensä 18 tutkimuspistettä, joista viisi (5) sijaitti keskustan alueella, viisi (5) keskustan ympäristössä ja kahdeksan (8) haja-asutusalueella. Tutkimukseen pyrittiin sisällyttämään samoja pisteitä kuin aikaisempien vuosien vastaavissa tutkimuksissa. Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty liitteissä 1 ja 2. Edellisessä, vuonna 2017 tehdyssä kartoituksessa oli mukana 24 kohdetta. Nyt tehtyyn kartoitukseen sisällytettiin näistä kohdeista 13. Vuoteen 2017 nähden poistettiin ydinkeskustan tutkimuspisteistä Kyrönniemi ja Talvisalon hautausmaa, keskustan ympäristön pisteistä Ensola, Ritala, Kotilahti, Sulosaari, Parkkolanmäki, Nojanmaan pururata, Karkulahti ja haja-asutusalueen tutkimuspisteistä Oravi, Niittylahti, Kesamonsaari ja Loikansaari. Uusia tutkimuspisteitä lisättiin liitoskuntien Punkaharjun, Savonrannan ja Kerimäen keskusta sekä Keplakolle haja-asutusalueen tutkimuspiste.

#### 3.2 Maastokartoitus

Maastokartoituksen toteutti Jyrki Uotila FinnTrek Ky:n Luontopalveluista huhtikuussa 2024. Kartoitus tehtiin vertailtavuuden vuoksi vastaavalla tavalla kuin edelliset kartoitukset. Kriteerit jäkäläkartoituksessa käytettävälle metsikölle on esitetty Suomen Standardisoimisliiton standardissa SFS 5670. Tärkeimpiä ovat metsikön ikä, puuston tiheys sekä aluskasvillisuuden esiintyminen. Valintakriteerien suhteen optimaaliset havaintoalat sijaitsevat kuivahkoilla tai kuivilla kankailla, joilla aluskasvillisuus on matalaa ja metsä melko harvaa. Havaintoalojen valinnalla pyritään eliminoimaan luontaiset jäkälälajistoon sekä vaurioihin vaikuttavat mikroilmastolliset tekijät, joista tärkein on valoisuuden ja varjoisuuden suhde. Jokaiselta havaintoalalta valittiin satunnaisesti havaintoalan keskipisteestä myötöpäivään havainnoimalla 10–20 metrin säteellä viisi (5) kriteerit täyttävää puuta mahdollisimman tasaisin välimatkoin. Kohdepuiksi valittiin rinnankorkeuslähimitaltaan 20–30 cm paksuisia yksirunkoisia puita, jotka olivat oksattomia kolmen metrin korkeuteen saakka.

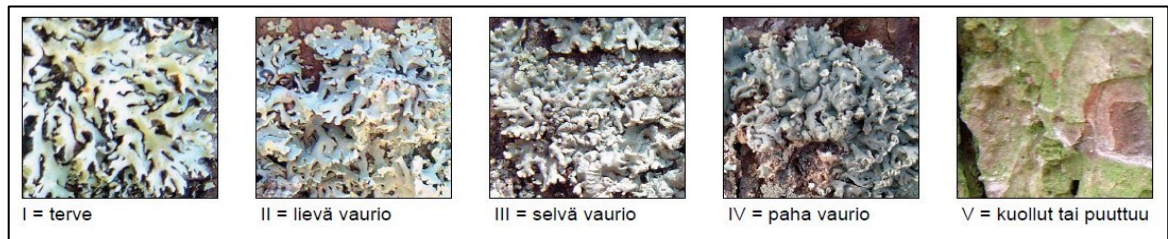
#### 3.3 Jäkäläien vaurioiden ja peittävyksien arvioiminen

Maastokartoituksessa arvioitiin jäkäläien morfologisia muutoksia, ilmansaasteille herkkien lajien esiintymistä sekä peittävyksiä. Morfologisia muutoksia arvioitiin sormipaisukarpeen vaurioasteen ja yleisen vaurioasteen avulla. Jäkälälajien ja erikseen sormipaisukarpeen vaurioita arvioitiin viisiportaisella luokituksella:

Vaurio	Sormipaisukarve	Yleinen
I terve	jäkälät terveitä tai lähes terveitä	kaikkien lajien ulkonäkö ja kasvu muuttumattomia

<b>II lievä vaurio</b>	lievästi kitukasvuisia, lieviä värimuutoksia	pensasmainen kitukasvuisia, lehtimäiset normaaleja
<b>III selvä vaurio</b>	jäkälät kitukasvuisia, vihertyneitä tai tummuneita tai kumpiakin	pensasmainen pieniä, lehtimäiset vaurioituneita
<b>IV paha vaurio</b>	jäkälät pieniä, ryppyisiä, vihertyneitä/tummuneita tai kumpiakin	pensasmainen puuttuvat, lehtimäiset pahoin vaurioituneita
<b>V kuollut tai puuttuu</b>		myös lehtimäiset puuttuvat, leväpeitettä voi esiintyä


Sormipaisukarpeen vaurioasteet kuvina:



Suhteellista peittävyttä tutkittiin sormipaisukarpeen ja loppojen osalta pistefrekvenssimenetelmällä. Pistefrekvenssit laskettiin jokaisen havaintopuun itä- ja länsipuolelta käyttäen apuna ruutusapluunaa, jossa on yhteensä 100 havainnointiruutua. Havaintopuukohtainen maksimipistefrekvenssi on näin ollen 200 (pistefrekvenssi 200 = puunrunko on täysin yhtenäisen sormipaisukarve- tai loppokasvuston peitteessä, pistefrekvenssi 0 = rungolla ei ole yhtäkään lajin yksilöä). Taulukossa on esitetty jokaisen havaintoalan pistefrekvensseille prosentuaalinen arvo, joka kuvastaa frekvenssilajien suhteellista peittävyttä havaintoalalla sekä sormipaisukarpeiden ja loppojen suurimmat ja pienimmät frekvenssit.

### 3.4 Kartoitetut jäkälälajit

SFS 5670-standardin ja aikaisemmin Savonlinnassa tehtyjen jäkäläkartoitusten mukaisesti tutkimukseen valittiin 12 jäkälälajia, joiden indikaattoriarvon luokitus (+++ hyvä, ++ kohtalainen, + pieni, – huono) on esitetty seuraavassa taulukossa:

<b>Sormipaisukarve (<i>Hypogymnia physodes</i>) +++</b>	
	<p>Sormipaisukarve on ilmanlaadun bioindikaattorina yleinen, sillä se sietää hyvin ilman epäpuhtauksia. Sormipaisukarpeen esiintymisfrekvenssit pienentyvät vasta voimakkaasti kuormitetuilla alueilla. Se on hyvä ilmanlaadun indikaattori, sillä myös sen sekovarren näkyvät vauriot kuvastavat ilman epäpuhtauksien kuormitusta. Herkkyys rikkidioksidille: melko kestävä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 2.</p>

### Keltatyvikarve (*Parmeliopsis ambigua*) +++



Keltatyvikarve on yleinen laji, joka sietää myös hyvin ilman epäpuhtauksia. Sen esiintymisfrekvenssit noudattavat ilman epäpuhtauksien kuormitusvyöhykkeitä. Keltatyvikarve viihtyy parhaiten sulkeutuneissa kosteissa metsissä. Herkkyys rikkidioksidille: melko kestävä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 2.

### Harmaatyvikarve ja tuhkakarve (*Parmeliopsis hyperopta* & *Imshaugia aleurites*) +++



Harmaatyvikarve ja tuhkakarve sijoittuvat kestävyydeltään kolmanneksi. Kahta edellistä lajia herkempänä näiden lajien pienentyneet esiintymisfrekvenssit ulottuvat vähemmän kuormitetuille alueille kuin sormipaisu- ja keltatyvikarpeella. Harmaatyvi- ja tuhkakarve ovat ilmansaasteita sietäviä, hyviä indikaattorilajeja. Ne suosivat kuivia ja valoisa kalliomänniköitä. Ne luetaan tässä samaksi lajiksi, koska niitä on hyvin vaikea luotettavasti erottaa toisistaan. Herkkyys rikkidioksidille: melko herkkä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 5.

### Seinäsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*) ++



Seinäsuomujäkälää kasvaa luontaisesti vanhojen mäntyjen rungoilla. Se pystyy käyttämään hyväkseen ilmassa olevia epäpuhtauksia ja sen esiintyminen lisääntyy ilman saasteiden kuormituksen lisääntyessä. Seinäsuomujäkälä on kohtalaisen hyvä ilman epäpuhtauksien positiivinen indikaattori eli sen esiintyminen kuvastaa lähinnä typpilaskeuman rehevöittävästä vaikutuksesta. Herkkyys rikkidioksidille: kestävä, hyötyvä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 2.

### Lupot (*Bryoria* spp.) +++



Lupoilla on keskimäärin eniten seuralaislajeja rungoilla, mikä osoittaa sen herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Luppojen esiintymisfrekvenssit noudattavat yleensä ilmansaasteiden kuormitusta ja luppojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavana tunnuksena. Lupot ovat hyviä ilmanlaadun indikaattoreita. Herkkyys rikkidioksidille: herkkä. Herkkyysarvo (Si): 6.

### Naavat (*Usnea* spp.) +++



Naavojen esiintymisfrekvenssit vaihtelevat ilmansaastekuormituksen mukaan yleensä samalla tavalla kuin lupoilakin. Eräs naavalaji (*Usnea longissima*) on jo kokonaan hävinnyt Suomesta, joskin häviämiseen lienee vaikuttanut myös vanhojen metsien häviäminen. Naavojen seuralaislajien määrä on yleensä melko suuri kuten lupoililla, mikä osoittaa näiden jäkälälajien herkkyyttä ilman epäpuhtauksille. Naavojen pituuksia voidaan myös käyttää kuormitusta kuvaavana tunnuksena. Rannikon läheisyys suosii naavojen esiintymistä. Herkkyys rikkidioksidille: herkkä. Herkkyysarvo (Si): 6.

### Harmaaröyhelö (*Platismatia glauca*) ++



Harmaaröyhelö on seuralaislajien määrän perusteella suhteellisen herkkä indikaattorilaji ja myös sen esiintymisfrekvenssit ovat yleensä loogisia: laji puuttuu kuormitetuilta alueilta ja eniten sitä todetaan puhtailla alueilla. Harmaaröyhelö on herkkä ilman epäpuhtauksille, mutta sen luontainen esiintyminen voi kuitenkin vaihdella suuresti, minkä vuoksi sen indikaattoriarvo jää kohtalaiseksi. Herkkyys rikkidioksidille: melko herkkä. Herkkyysarvo (Si): 4.



### Keltaröyhelö (*Vulpicida pinastris*) +



Keltaröyhelön esiintyminen on usein varsin satunnaista ja sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuilta alueilta ja toisaalta se saattaa puuttua tausta-alueilta. Keltaröyhelön luontainen esiintyminen vaihtelee suuresti, mutta mahdollisesti myös ilman epäpuhtauksilla on vaikutusta sen esiintymiseen. Keltaröyhelön arvo ilmanlaadun indikaattorina jää kuitenkin pieneksi. Herkkyys rikkidioksidille: melko kestävä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 4.

### Ruskoröyhelö (*Tuckermannopsis chlorophylla*) –



Ruskoröyhelö on yleensä 12 indikaattorilajin joukossa yksi harvinaisimmista lajeista. Sen esiintyminen vaihtelee usein hyvin satunnaisesti ja sitä voidaan löytää voimakkaasti kuormitetuiltakin alueilta. Ilmanlaadun indikaattorina ruskoröyhelö on huono. Herkkyys rikkidioksidille: melko kestävä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 4.

### Hankakarve (*Pseudevernia furfuracea*) ++



Hankakarve on hyvin yleinen jäkälälaji männyn rungolla. Keskimääräisen seuralaislajien määrän perusteella hankakarpeen voidaan katsoa olevan herkkä ilman epäpuhtauksille. Sen esiintymisfrekvenssien alueellinen jakauma vastaa yleensä ilman epäpuhtauksien kuormituksen jakaumaa. Ilmansaasteet aiheuttavat selvästi havaittavia muutoksia hankakarpeen sekovarressa. Rannikon läheisyys suosii hankakarpeen esiintymistä, sillä se viihtyy valoisissa, kuivissa kalliomänniköissä. Indikaattorina se on kohtalainen. Herkkyys rikkidioksidille: melko herkkä. Herkkyysarvo (S<sub>i</sub>): 4.



### Raidanisokarve (*Parmelia sulcata*) +



Raidanisokarve on harvinainen männyn rungolla esiintyvä jäkälälaji. Raidanisokarve on ravinteisuudesta hyötyvä jäkälälaji, jota esiintyy yleensä mm. kalkkipölyalueiden liepeillä. Raidanisokarve soveltuu hyvin kalkkipölyn indikaattoriksi. Yleensä raidanisokarve on niin harvinainen, että sen indikaattoriarvo jää pieneksi. Herkkyys rikki-diidoksille: melko herkkä.

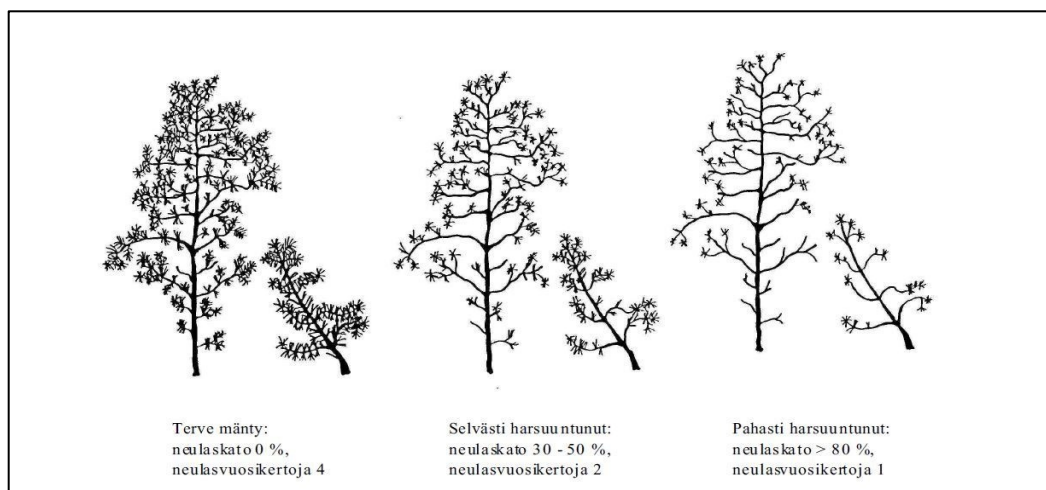
### Viherlevä ja vihersukkulajäkälä (*Algae & Scoliciosporum*) +++



Viherleväpeite lisääntyy lähinnä kasvaneen typpilaskeuman vaikutuksesta eli se on ilman epäpuh-tauksien positiivinen indikaattori. Viherleväpeite ja vihersukkulajäkälä ovat hyviä typpikuormituksen indikaattoreita. Niitä tavataan erityisesti taa-jamissa ja turkistarhojen ympärillä. Levän ja jäkä-län ero on usein häilyvä ja vaikeasti havaittava, joten ne on luettu tässä tutkimuksessa samaksi. Herkkyys ilmansaasteille (etenkin typpilas-keuma): kestävä, hyötyvä.

## 3.5 Männyn elinvoimaisuuden arviointi

Männyn neulasvuosikerrat laskettiin samoilta viideltä (5) havaintopuulta / havain-toala kuin jäkäläkartoitus. Täydeksi neulasvuosikerraksi luettiin osuus, jossa oli vähintään 50 % jäljellä. Jos neulasvuosikerta ei ollut yksiselitteisesti esimerkiksi kaksi, vaan oksien vanhimmissa kasvuosuuksissa oli alle 50 % jäljellä, neulasvuo-sikerraksi merkittiin 2+.



## 4 TULOKSET

### 4.1 Jäkälälajien vaurioluokitus

*Kartoituksessa havaittu sormipaisukarpeen vaurioaste tutkimuspisteittäin:*

Alue	Tutkimuspiste	Sormipaisukarpeen vaurioaste
Keskusta	Verkkosaari	3
	Lypsyniemi	3
	Punkaharju	3
	Savonranta	2
	Kerimäki	3
Keskustan ympäristö	Pitkäniemi	3
	Jätevedenpuhdistamo	3
	Talvisalon pururata	2
	Alttarkivi	3
	Pääskyniemen hautausmaa	3
Haja-asutusalue	Tappuvirta	2
	Laukunkangas	2
	Ikoinniemi	2
	Au-kylä	2
	Nikaniemi	2
	Kallislahti	2
	Pölläskylä	3
	Keplakko	2

Sormipaisukarve oli koko tutkimusalueella joko lievästi (50 % pisteistä) tai selvästi (50 % pisteistä) vaurioitunutta. Tervettä taikka pahasti vaurioitunutta sormipaisukarvetta ei havaittu millään tutkimuspisteellä. Miltään tutkimuspisteeltä sormipaisukarve ei myöskään puuttunut kokonaan. Kaikkien tutkimuspisteiden keskimääräinen vaurioaste oli 2,5.

Keskimääräinen vaurioaste oli sekä keskustan ja keskustaa ympäröivällä alueella 2,8 ja haja-asutusalueella 2,1. Keskustan ja keskustaa ympäröivillä pisteillä sormipaisukarve oli 80 %:sesti selvästi vaurioitunutta 20 % lievästi vaurioitunutta. Haja-asutusalueella sormipaisukarve oli 12,5 %:sesti selvästi vaurioitunutta ja 87,5 %:sesti lievästi vaurioitunutta.

Keskusta-alueiden osalta Savonrannan keskustassa sormipaisukarve oli terveempää kuin muilla keskustan alueiden pisteillä. Keskustaa ympäröivillä pisteillä Talvisalon pururadalla sormipaisukarve oli terveempää kuin muilla keskustaa ympäröivillä alueilla. Haja-asutusalueiden osalta Pölläskylässä sormipaisukarve oli vaurioituneinta.

Kartoituksessa havaittu jäkälien yleinen vaurioaste:

Alue	Tutkimuspiste	Yleinen vaurioaste
Keskusta	Verkkosaari	3
	Lypsyniemi	4
	Punkaharju	3
	Savonranta	3
	Kerimäki	3
Keskustan ympäristö	Pitkäniemi	3
	Jätevedenpuhdistamo	2,5
	Talvisalon pururata	3
	Alttarkivi	3
	Pääskyniemen hautausmaa	4
Haja-asutusalue	Tappuvirta	3
	Laukunkangas	3
	Ikoinniemi	3
	Au-kylä	3
	Nikaniemi	3
	Kallislahti	3
	Pölläskylä	3,5
	Keplakko	4

Hyväkuntoisinta (lievä vaurio 5,6 % kaikista tutkimuspisteistä) jäkälää havaittiin jätevedenpuhdistamon tutkimuspisteellä. Pahasti vaurioituneita jäkälät olivat Lypsyniemen, Pääskyniemen hautausmaan ja Keplakon tutkimuspisteillä (16,7 % kaikista tutkimuspisteistä). Muiden tutkimuspisteiden osalta jäkälät olivat vaurioluokaltaan selvästi vaurioituneita (77,8 % kaikista tutkimuspisteistä).

Keskimääräinen vaurioaste oli keskustassa ja haja-asutusalueella 3,2 sekä keskustaa ympäröivällä alueella 3,1.

## 4.2 Sormipaisukarpeen peittävyys

Kartoituksessa havaittu sormipaisukarpeen peittävyys pistefrekvenssinä tutkimuspisteittäin:

Alue	Tutkimuspiste	Pienin arvo	Suurin arvo	Pienimmän ja suurimman arvon keskiarvo
Keskusta	Verkkosaari	3	23	13
	Lypsyniemi	2	42	22
	Punkaharju	19	53	36
	Savonranta	11	26	18,5
	Kerimäki	9	40	24,5

Keskustan ympäristö	Pitkäniemi	1	34	17,5
	Jätevedenpuhdistamo	24	48	36
	Talvisalon pururata	9	41	25
	Alttarkivi	15	43	29
	Pääskyniemen hautausmaa	0	32	16
Haja-asutusalue	Tappuvirta	1	57	29
	Laukunkangas	11	38	24,5
	Ikoinniemi	10	43	26,5
	Au-kylä	12	48	30
	Nikaniemi	10	44	27
	Kallislahti	12	45	28,5
	Pölläskylä	4	16	10
	Keplakko	2	12	7
Kaikkien tutkimuspisteiden keskiarvo				23,3

Selvästi alle keskitason sormipaisukarvetta havaittiin Keplakon, Pölläskylän, Verkkoosaaren ja Pääskyniemen hautausmaan tutkimuspisteillä. Eniten havaintoja saatiin Punkaharjun keskustan, jätevedenpuhdistamon ja Au-kylän tutkimuspisteiltä.

Luppoja havaittiin ainoastaan Keplakon tutkimuspisteellä (pistefrekvenssin pienin arvo 0 ja suurin arvo 3).

### 4.3 Ilman epäpuhtauksille herkkien lajien lukumäärä

*Kartoituksessa havaittujen ilman epäpuhtauksille herkkien lajien lukumäärä tutkimuspisteittäin:*

Alue	Tutkimuspiste	Lajilukumäärä
Keskusta	Verkkosaari	2
	Lypsyniemi	2
	Punkaharju	3
	Savonranta	3
	Kerimäki	3
Keskustan ympäristö	Pitkäniemi	3
	Jätevedenpuhdistamo	2
	Talvisalon pururata	2
	Alttarkivi	2
	Pääskyniemen hautausmaa	2
Haja-asutusalue	Tappuvirta	3
	Laukunkangas	3
	Ikoinniemi	3
	Au-kylä	3

	Nikaniemi	3
	Kallistahti	3
	Pölläskylä	3
	Keplakko	3

Liitoskuntien Kerimäen, Punkaharjun ja Savonrannan keskustojen tutkimuspisteillä havaittu lajilukumäärä oli suurempi kuin kanta-Savonlinnan keskustan sekä valtaosin keskustan ympäristön tutkimuspisteillä ja yhtä suuri kuin haja-asutusalueiden tutkimuspisteillä. Keskusta-alueiden tutkimuspisteiden lajilukumäärä on keskimäärin 2,6, keskustaa ympäröivien alueiden 2,2 ja haja-asutusalueiden 3.

#### 4.4 Neulasvuosikertojen lukumäärä

*Kartoituksessa havaittu neulasvuosikertojen lukumäärä tutkimuspisteittäin:*

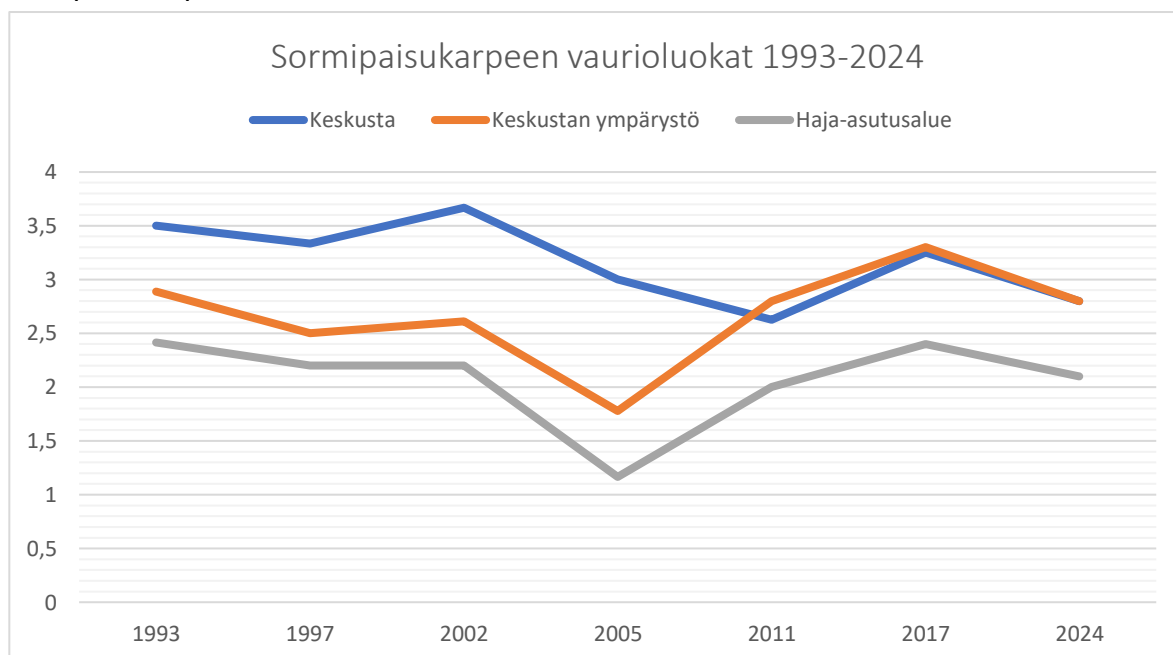
Alue	Tutkimuspiste	Yleinen vaurioaste
Keskusta	Verkkosaari	2
	Lypsyniemi	1,5
	Punkaharju	1
	Savonranta	2
	Kerimäki	2,5
Keskustan ympäristö	Pitkäniemi	2
	Jätevedenpuhdistamo	2
	Talvisalon pururata	2
	Alttarkivi	2
	Pääskyniemen hautausmaa	1,5
Haja-asutusalue	Tappuvirta	2
	Laukunkangas	2,5
	Ikoinniemi	2
	Au-kylä	2
	Nikaniemi	2,5
	Kallistahti	2
	Pölläskylä	2
	Keplakko	1,5

Runsaimmat neulasmassat (2,5) havaittiin Kerimäen keskustan, Laukunkankaan ja Nikaniemen tutkimuspisteillä. Punkaharjun keskustan tutkimuspisteellä neulasmassan määrä oli vähäisin, pisteellä havaittiin ainoastaan yksi neulasvuosikerta. Keskustan neulasvuosikertojen lukumäärä oli keskimäärin 1,8, keskustaa ympäröivien alueiden 1,9 ja haja-asutusalueen 2.

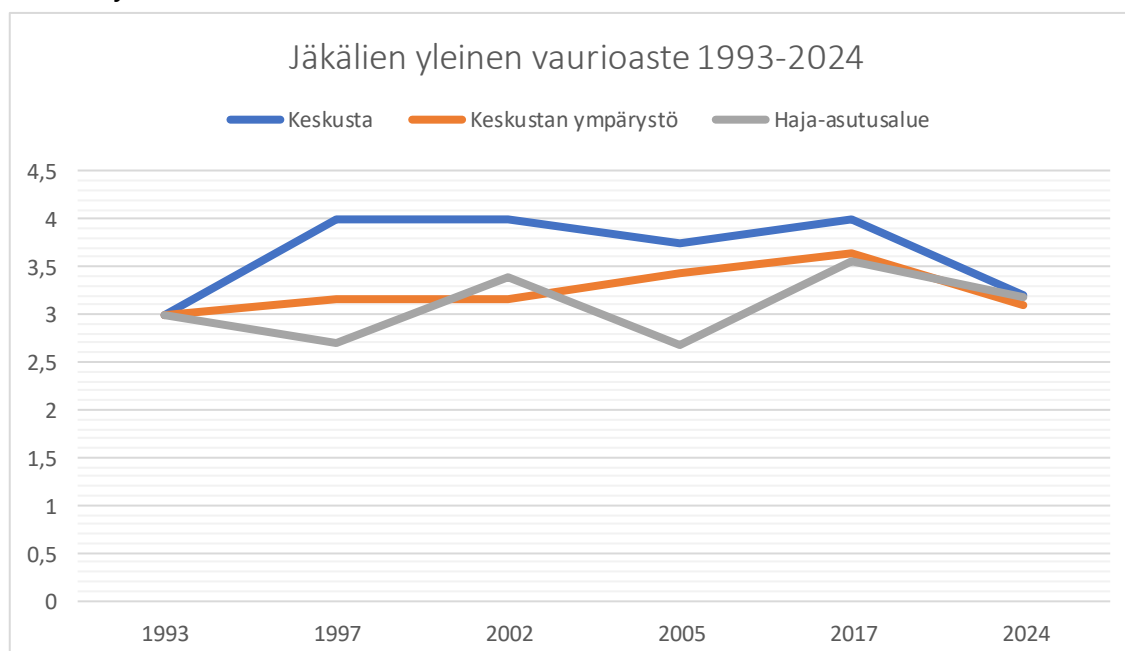


## 4.5 Vuosittainen vaihtelu Savonlinnassa 1993–2024

*Sormipaisukarpeen vaurioaste tutkimusvuosittain:*

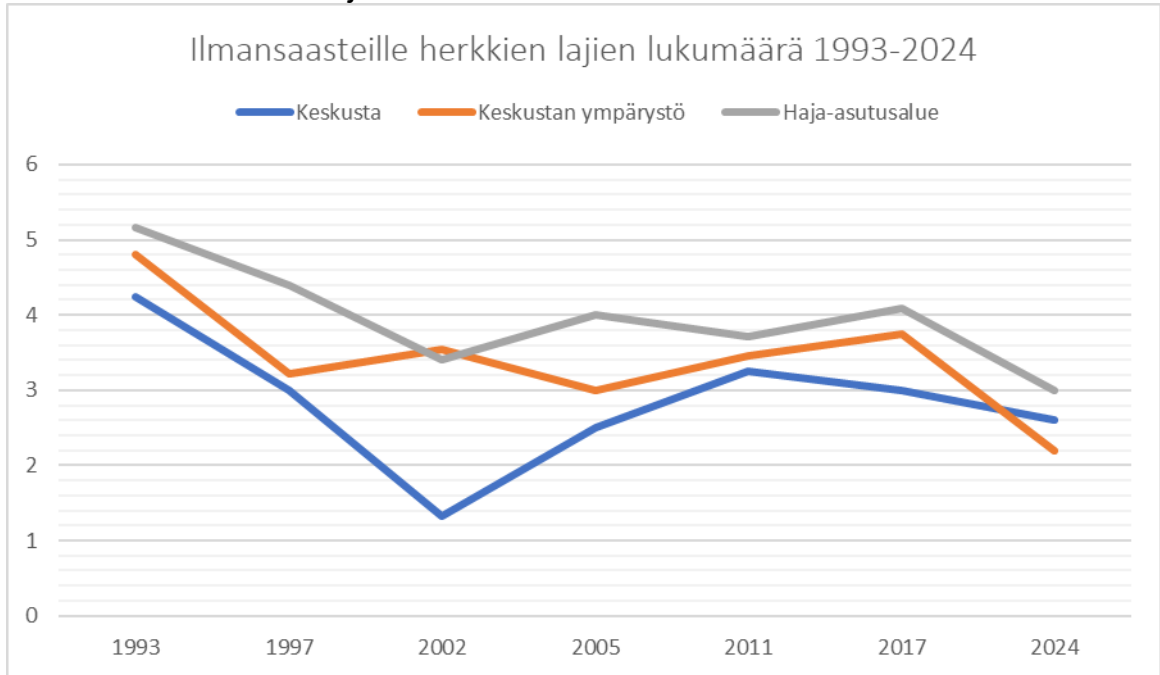


*Jäkälän yleinen vaurioaste tutkimusvuosittain:*

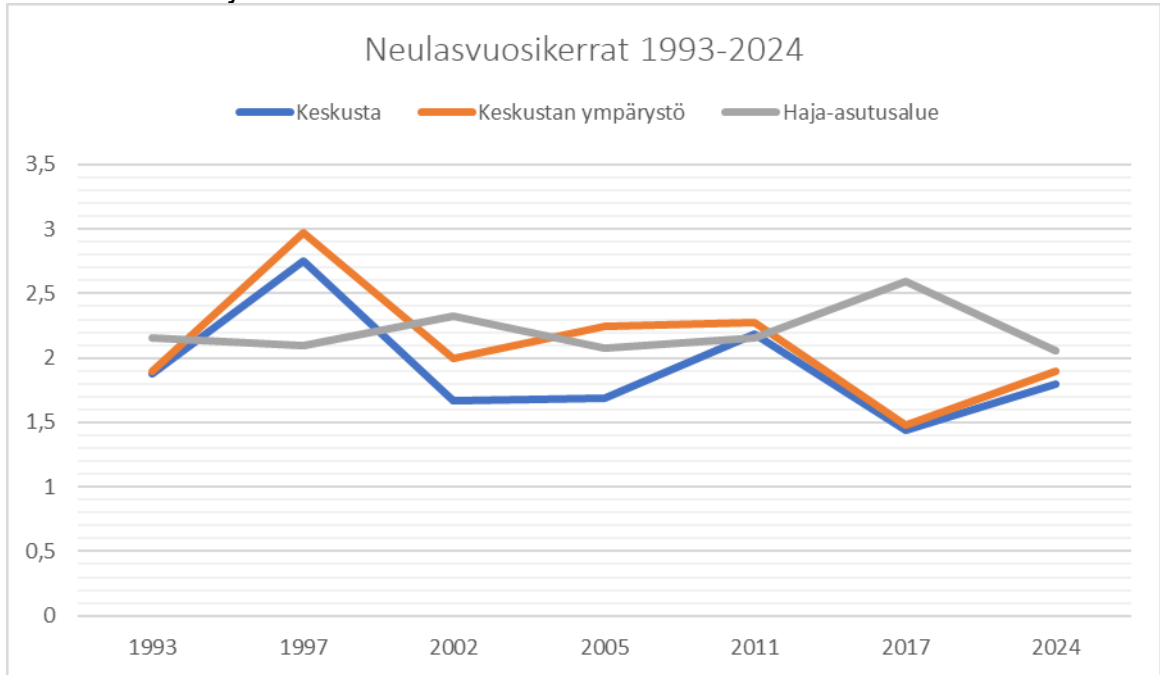


Vuosi 2011 on jätetty pois taulukosta, koska kyseisenä vuonna vaurioastetta ei ollut kartoitettu kuin yksittäisiltä pisteiltä, jonka vuoksi kuvantaminen olisi tuonut virhettä kaavioon.

*Ilmansaasteille herkkien lajien lukumäärä tutkimusvuosittain:*



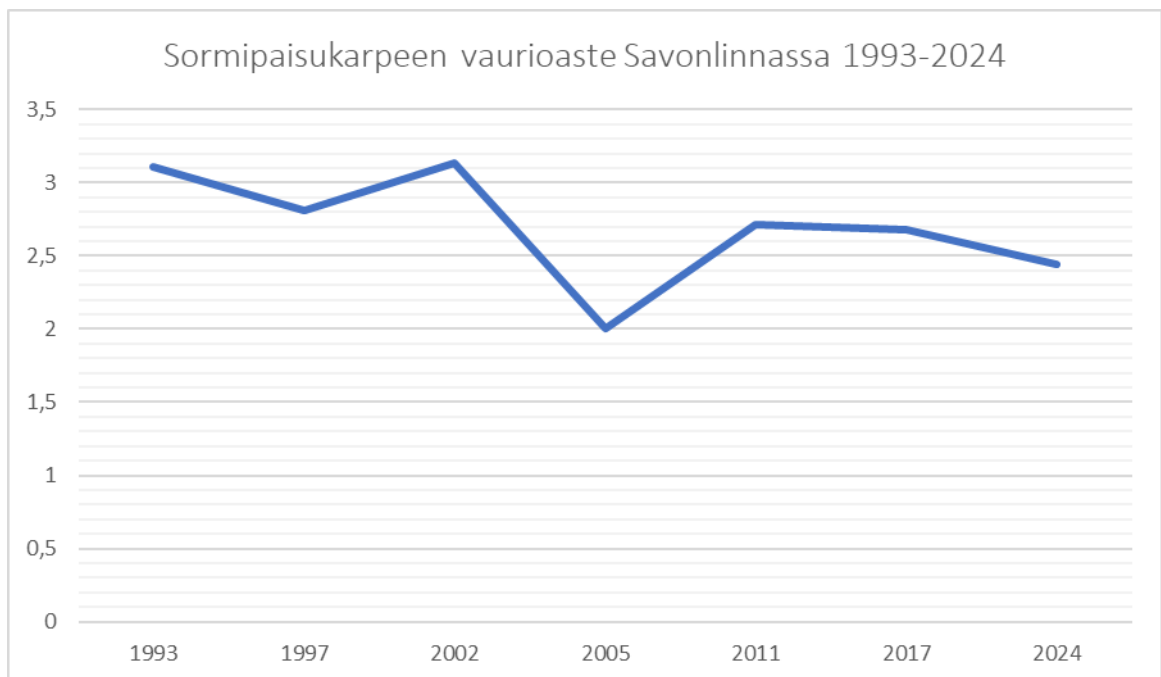
*Neulasvuosikertojen lukumäärä tutkimusvuosittain:*



*Sormipaisukarpeen vaurioaste vuosina 1993–2024 tutkimuspisteittäin:*

Tutkimuspiste	1993	1997	2002	2005	2011	2017	2024
Verkkosaari	4,5	3,5	5,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Lypsyniemi	3,5	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Punkaharju							3,0
Savonranta							2,0
Kerimäki							2,0

Pitkäniemi	3,0	2,0	2,5	1,0	4,0	3,0	3,0
Jätevedenpuhdistamo	3,0	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Talvisalon pururata	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	2,0	2,0
Alttarkivi	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	4,0	3,0
Pääskyniemen hautausmaa					3,0	4,0	3,0
Tappuvirta					2,0	2,0	2,0
Laukunkangas				2,0	3,0	1,0	2,0
Ikoinniemi	3,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,5	2,0
Au-kylä					2,0	2,5	2,0
Nikaniemi	3,0	2,0	2,5		2,0	2,0	2,0
Kallistahti	2,0				2,0	2,0	2,0
Pölläskylä					3,0	3,5	3,0
Keplakko							2,0



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Tulosten tulkintaa

Jäkälä- ja neulasvuosikertakartoituksen perusteella Savonlinnan alueen ydinkeskustojen ilmanlaatu on heikentynyt kaupungin muihin osiin verrattuna. Sormipaisukarpeen vaurioaste kuvaa tutkituilta osin ilmanlaatua parhaiten. Sormipaisukarve oli selvästi vaurioituneempaa keskustan ja keskustaa ympäröivillä tutkimuspisteillä kuin haja-asutusalueella, poikkeuksena Savonrannan keskustan tutkimuspiste, jossa vaurioluokka oli vastaava kuin haja-asutusalueilla valtaosin. Haja-asutusalueiden tutkimuspisteiden vaurioasteesta erottui Pölläskylän tutkimuspiste, jossa sormipaisukarve oli yhtä vaurioitunutta kuin valtaosin keskusta-alueilla. Savonrannan keskustan tutkimuspisteen hyvä tulos selittyy ainakin osittain vähäisimmillä liikennemäärillä muihin keskustojen tutkimuspisteisiin verrattuna. Pölläs-

kylän tutkimuspisteen osalta ympäröivä maatalous voisi selittää huonompia tuloksia muihin haja-asutusalueiden pisteisiin nähden.

Edelliseen, vuonna 2017 tehtyyn kartoitukseen nähden sormipaisukarpeen vaurioaste oli parantunut Pölläskylän, Au-kylän, Ikoinniemen, Alttarkiven ja Pääskyniemen hautausmaan tutkimuspisteillä. Vaurioaste oli huonontunut Laukunkankaan tutkimuspisteellä, jossa vuonna 2017 oli havaittu tutkimusalueen ainoaa vaurioasteeltaan tervettä jäkälää.

Jäkäliden yleisen vaurioasteen perusteella arvioiden jäkälät olivat hyväkuntoisimpia (vain lievä vaurio) jätevedenpuhdistamon tutkimuspisteellä. Pahasti vaurioituneita jäkälää havaittiin Lypsyniemen, Pääskyniemen hautausmaan ja Keplakon tutkimuspisteillä. Muiden tutkimuspisteiden osalta jäkälät olivat vaurioluokaltaan selvästi vaurioituneita. Vaurioaste oli yllättäen sama keskustassa sekä haja-asutusalueella. Keskustaa ympäröivällä alueella jäkälät olivat hieman vähemmän vaurioituneita. Merkittävää on, että kartoituksessa ei havaittu terveitä jäkälää millään tutkimuspisteeltä.

Määrällisesti selvästi alle keskitason sormipaisukarvetta havaittiin Keplakon, Pölläskylän, Verkkosaaren ja Pääskyniemen hautausmaan tutkimuspisteillä. Keskitasoa enemmän sormipaisukarvetta havaittiin Punkaharjun keskustan, jätevedenpuhdistamon ja Au-kylän tutkimuspisteiltä. Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että sormipaisukarpeen peittävyys reagoi ilman epäpuhtauksiin epälineaarisesti: lajin peittävyys usein ensin kasvaa epäpuhtauksien vaikutuksesta, ja kuormitustason edelleen kasvaessa peittävyys jälleen pienenee. Luppoja havaittiin ainoastaan Keplakon tutkimuspisteellä.

Ilman epäpuhtauksille herkkien lajien lukumäärä oli haja-asutusalueilla keskimäärin suurin ja keskustaa ympäröivillä alueilla pienin. Keskusta-alueiden parempi tulos keskustaa ympäröiviin alueisiin nähden selittyy liitoskuntien keskustojen hyvillä tuloksilla. Kerimäen, Punkaharjun ja Savonrannan keskustojen tutkimuspisteillä havaittu herkkien lajien lukumäärä oli suurempi kuin kanta-Savonlinnan keskustan sekä valtaosin keskustan ympäristön tutkimuspisteillä ja yhtä suuri kuin haja-asutusalueiden tutkimuspisteillä.

Neulasvuosikertojen perusteella koko tutkimusalueen mäntyjen elinvoimaisuus oli keskimäärin alentunut. Mäntyjä, joilla olisi neulasvuosikertoja kolme tai sitä enemmän, ei havaittu lainkaan. Runsaimmat neulasmassat havaittiin Kerimäen keskustan, Laukunkankaan ja Nikaniemen tutkimuspisteillä. Punkaharjun keskustan tutkimuspisteellä neulasmassan määrä oli vähäisin. Keskustojen neulasvuosikertojen lukumäärä oli vähäisin, keskustaa ympäröivien alueiden hieman runsaampi ja haja-asutusalueen runsain. Erot eivät olleet suuria kaupungin osien välillä, toisin kuin vuonna 2017 tehdyssä tutkimuksessa, jossa haja-asutusalueen pisteiden neulasmassamäärä on selvästi muita alueita suurempi.

Keplakon tutkimuspisteen tulokset ovat mielenkiintoisia. Tutkimuspiste on toisaalta ainoa, jolla esiintyi luppoa, joka indikoisi hyvää ilmanlaatua, mutta toisaalta juuri tällä pisteellä esiintyi vähiten sormipaisukarvetta. Myös neulasmassan määrä oli vähäinen. Tulokset voivat olla selitettävissä läheisen entisen kalkkitehtaan päästöillä, jotka ovat olleet sormipaisukarpeelle tuhoisia.

Savonlinnan ydinkeskustan muita alueita korkeammat liikennemäärät selittävät osan tuloksista. Myös teollisuuden ja energiantuotannon päästöt ilmaan kasvattavat ilman epäpuhtauksien määrää ydinkeskustojen alueella. Maaseutualueilla maataloustoiminnoilla voi olla paikallisia ilmanlaatuvaikutuksia.

## 5.2 Virhelähteet ja luotettavuus

Koska jäkälien runsauteen ja lajistosuhteisiin vaikuttavat ilmanlaadun lisäksi myös ilmastolliset ja paikalliset kasvuolosuhteet, ei vaurioita jäkälästössä voida selittää pelkästään ilmansaasteiden vaikutuksella, vaan paikalliset tekijät aiheuttavat myös eroja tutkimuspisteiden välille. Taustamuuttujien, esimerkiksi metsätyyppi, puiden ikä ja läpimitta, metsän kehitysaste sekä pohjapinta-ala vaikutus on pyritty minimoimaan tutkimuksessa.

Havaittuihin lajimääriin vaikuttaa samana pysyneiden tutkimusalojen osalta ikäänntyminen. Jäkälälajimäärä männyn rungolla vähenee metsän ja sitä kautta varjotuksen kasvaessa. Puun kasvaessa jäkälälajiston esiintymispaikat siirtyvät myös rungolla ylöspäin tutkittavan alueen ulkopuolelle. Sormipaisukarpeen peittävyys on suurempi varttuneissa kuin vanhoissa männiköissä.

Jäkäläkartoituksen tulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös se, että kartoituksen tekijät ovat olleet eri henkilöitä eri vuosien tutkimuksissa. Subjektiviisiin arvioihin pohjautuva jäkälien näkyvien vaurioiden arviointi ja luokittelu voi aiheuttaa kartoitajakohtaisia eroja tuloksiin, jotka ovat riippuvaisia myös tekijöiden lajituntemuksesta ja kokemuksesta bioindikaattoritutkimusten tekemisessä.

Vuosien välisen vertailun osalta havaintoalojen tarkat sijainnit ja tutkitut puut ovat vaihdelleet. Näin ollen tutkimukset eivät ole täysin vertailukelpoisia ja siten suoraa vertailua eri vuosina tehtyjen tutkimusten välillä ei voida tehdä.

Tutkimusalueen havaintoalat eivät ole haja-asutusalueillakaan luonnontilaisia, joten ilmanlaadun lisäksi metsien intensiivinen talouskäyttö vaikuttaa jäkälälajien vähäisyyteen.

## 5.3 Tulosten vertailu

Ramboll Finland Oy on tehnyt Pohjois-Karjalan maakunnan alueella bioindikaattoritutkimuksen, jonka Pohjois-Karjalan ELY-keskus on koonnut raportiksi 15/2021. Tutkimusalue kattoi Pohjois-Karjalan maakunnan kokonaisuudessaan, jossa seuranta toteutettiin 315 havaintoalalla.

Keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste Pohjois-Karjalassa oli 1,9 (lievä vaurio), kun se Savonlinnan kartoituksessa oli 2,4. Pohjois-Karjalassa 63 %:lla havaintoaloista sormipaisukarve oli lievästi vaurioitunutta, kun Savonlinnassa vastaava luku on 50 %. Pohjois-Karjalassa sormipaisukarve oli tervettä 26 %:lla havaintoaloista, Savonlinnassa tervettä jäkälää ei havaittu lainkaan. Myös selvästi vaurioitunutta sormipaisukarvetta esiintyi Savonlinnan tutkimusalueella merkittä-



västi enemmän, 50 % havaintoaloista, kun Pohjois-Karjalassa ainoastaan 8,9 %:lla havaintoaloista. Pahasti vaurioitunutta sormipaisukarvetta ei kuitenkaan Savonlinnassa esiintynyt lainkaan, Pohjois-Karjalan tutkimuksessa havaintoja tehtiin 1,0 %:lla havaintoaloista. Sormipaisukarve oli lisäksi kuollutta yhdellä Pohjois-Karjalan havaintoalalla.

Luppoja havaittiin Pohjois-Karjalassa huomattavasti enemmän, 78 %:lla aloista ja 54 %:lla rungoista. Keskimäärin luppoja oli 2,7 rungolla kullakin havaintoalalla. Savonlinnan tutkimuksessa luppoja havaittiin vain yhdellä tutkimuspisteellä.

*Runkojäkälää kuvaavia muuttujia Pohjois-Karjalan maakunnan alueen bioindikaattoritutkimuksessa 2010 ja 2020 sekä muissa eri puolilla Suomea toteutetuissa tutkimuksissa.*

Alue	n	tutkimusvuosi	Sormipaisukarpeen vaurioaste
Pohjois-Karjala	315	2020	1,9
Uusimaa	501	2020	2,5
Uusimaa	734	2014	2,5
Pori–Harjavalta	107	2014	2,4
Pohjois-Karjala	300	2010	1,9
Uusimaa	776	2009	2,1
Pyhäjärviseuutu	98	2007	2,1
Vakka-Suomi	103	2006	2,1
Länsi-Suomi	398	2006	2,1
Turku	145	2005	2,2
Keski-Suomi	492	2005	2,0
Etelä-Karjala	240	2005	2,3

Taulukon tulosten perusteella Savonlinnan tutkimuspisteiden keskimääräinen sormipaisukarpeen vaurioaste (2,44) on lähes vastaava kuin Uudellamaalla.

#### 5.4 Jatkoseuranta

Bioindikaattoriseurantaa olisi hyvä tehdä Savonlinnassa jatkossakin vähintään 10 vuoden välein. Seurantaväli voi olla lyhyempikin merkittävien pistemäisten päästölähteiden läheisyydessä, joissa paikalliset ilmanlaadun muutokset ja muutosten vaikutukset näkyvät jo lyhyemmällä aikavälillä.

## 6 LÄHTEET

Aiemmat männyn runkojäkäli- ja neulasvuosikartoitukset Savonlinnassa

Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportti 15/2021:  
*Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2020*

## 7 LIITTEET

*Liite 1. Jäkälä- ja neulasvuosikartoituksen tutkimuspisteet vuonna 2024.*

Tutkimuspiste	Alue	Koordinaatit (ETRS-T35FIN)		Lisätietoja
		N	E	
Verkkosaari	Keskusta	6861451	599067	
Lypsyniemi	Keskusta	6861086	600890	
Punkaharju	Keskusta	6849018	625938	Uusi piste
Savonranta	Keskusta	6895599	614775	Uusi piste
Kerimäki	Keskusta	6864999	619927	Uusi piste
Pitkäniemi	Keskustan ympäristö	6863301	595261	
Jätevedenpuhdistamo	Keskustan ympäristö	6859283	597400	
Talvisalon pururata	Keskustan ympäristö	6861583	597890	
Altarkivi	Keskustan ympäristö	6859996	600727	
Pääskyniemen hautausmaa	Keskustan ympäristö	6859513	603141	
Tappuvirta	Haja-asutusalue	6894170	577225	Pistettä siirretty
Laukunkangas	Haja-asutusalue	6877397	591593	
Ikoinniemi	Haja-asutusalue	6851075	605194	Pistettä siirretty
Au-kylä	Haja-asutusalue	6856813	607465	Uusi piste vuoteen 2017 nähden
Nikaniemi	Haja-asutusalue	6842999	615350	
Kallislahti	Haja-asutusalue	6866863	583806	
Pölläskylä	Haja-asutusalue	6865043	574536	
Keplakko	Haja-asutusalue	6868142	605754	Uusi piste

**Liite 2. Tutkimuspisteet kartalla.**

