

# **Monimuotoisen luonnon mikrobiomin vaikutus terveyteen**

Milka Tuuri

Luk-tutkielma 790351A:6

Maantieteen tutkinto-  
ohjelma

Oulun yliopisto

12.5.2023

## Tiivistelmä

Viime vuosikymmeninä allergiat ja muut autoimmuunitaudit ovat lisääntyneet huomattavasti länsimaissa ja urbaaneissa ympäristöissä samanaikaisesti hygienian ollessa korkeaa tasoa. Ilmiötä, jossa infektioaudit ovat vähentyneet, mutta autoimmuunitaudit ja pitkäaikaiset tulehdukselliset sairaudet lisääntyvät, kutsutaan hygieniahypoteesiksi. Tässä tutkielmassa selvitän kirjallisuuden avulla ympäristön mikrobiomin ja ihmisen immuunijärjestelmän toiminnan yhteyttä, sekä miksi luontokontakti on niin tärkeää, sekä miten siihen voisi vaikuttaa oman toiminnan ja kaupunkisuunnittelun kautta.

Lisääntyneet autoimmuunitaudit kertovat häiriintyneestä immuunijärjestelmästä. Jotta immuunijärjestelmä osaa tunnistaa vaarattomat ja reagoimista vaativat kohteet, tarvitsee se jatkuvaa altistusta erilaisilta mikrobeilta. Ylläpidämme immuunijärjestelmäämme jatkuvasti, mutta erityisen tärkeää mikrobialtistus on lapsuudessa järjestelmän kehittyessä. Lisääntyneet immuunijärjestelmän häiriöt kaupunkimaisessa ympäristössä johtuvat muun muassa erilaisten mikrobien häviämisestä kaupunkiympäristöissä ja luonnonmikrobialtistuksen vähentyessä.

Autoimmuunitautien lisääntymistä ilmenee etenkin kaupunkimaisissa ympäristöissä. Elinympäristöllä on siis merkitystä esimerkiksi ihon mikrobikannan kehittymiseen ja sitä kautta immuunijärjestelmän toimintaan. Yleisesti metsät ja maatalousalueet nähdään parempina vaihtoehtoina mikrobialtistuksen kannalta kuin kaupungit, sillä maaseudulla luonnon mikrobiomi on usein monimuotoisempaa. Mikrobidiversiteetti vaihtelee kuitenkin myös kaupunkimaisten ja maaseutumaisien alueiden sisällä. Tärkein tekijä monimuotoisen luonnonmikrobiomin kannalta on yleinen monimuotoisuus, joka ylläpitää myös mikrobien diversiteettiä. Diversiteettiä eri tasoilla voi tuoda myös kaupunkisuunnitteluun luomalla monimuotoisia viheralueita, jotka mahdollistavat mikrobialtistuksen. Erilaisiin luontoon ja rakennettuihin viheralueisiin perustuvat ratkaisut paransivat mikrobistoa ja immuunijärjestelmän toimintaa päiväkodeissa. Kaupunkisuunnittelun avulla vastaavia hyvinvointia tukevia alueita voisi muodostaa myös urbaaneille alueille.

## Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Luonnon mikrobien merkitys immuunijärjestelmässä .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Elinympäristön vaikutus mikrobikantaan ja allergioihin.....</b>	<b>8</b>
3.1 Metsä- ja maatalousalueet .....	9
3.2 Suomen ja Venäjän karjalaiset .....	10
<b>4 Mikrobialtistus päiväkodeissa ja osana kaupunkisuunnittelua.....</b>	<b>11</b>
<b>5 Pohdinta .....</b>	<b>14</b>
<b>7 Lähdeluettelo .....</b>	<b>19</b>

## 1 Johdanto

Elämme aikakautta, jossa me ihmiset, etenkin vauraissa länsimaissa, olemme melko vieraantuneita ympäristöstä ja yritämme ihmiskuntana jokseenkin hallita kaikkia lajeja. Viime aikojen megatrendeiksi ovat nousseet muun muassa urbanisaatio, eli kaupungistuminen, globaali ilmaston lämpeneminen sekä biodiversiteettikato, jotka erottavat ihmistä luonnosta (Haahtela 2022). Yrittäessään hallita kaikkea ympärillä, törmätään faktaan, että ihminen on lopulta kuitenkin laji muiden joukossa. Erottautuessaan liikaa muun eliöstön yläpuolelle aletaankin voimaan huonommin.

Viimeisten vuosikymmenten aikana on havaittu mielenkiintoinen suuntaus. Hygienian ollessa korkeaa luokkaa, kuten länsimaissa, ovat infektiosairaudet toivotusti vähentyneet (Bach & Perez-Arroyo 2014). Samaan aikaan kuitenkin autoimmuunisairaudet, kuten allergiat, astma ja tyypin 1 diabetes ovat lisääntyneet juuri näissä korkean hygieniatason omaavissa ryhmissä (Bach & Perez-Arroyo 2014; Rook 2013). Kyseessä on hygieniahypoteesiksi kutsuttu ilmiö. Hygieniahypoteesi tarkoittaa tilannetta, jossa infektioaudit saadaan vähenemään muun muassa kehittyneen lääketieteen ja hygienian avulla, mutta allergiat ja muut autoimmuunisairaudet lisääntyvät (Bach & Perez-Arroyo 2014). Liiallinen hygienia ja liian vähäinen altistus luonnon biodiversiteetille aiheuttaa jo päinvastaisen ongelman elimistön herkistyessä vaarattomille ärsykkeille normaalin altistuksen puuttuessa (Rook 2013). Ilmiö on nähtävissä myös sosioekonomisessa viitekehyksessä, jossa esimerkiksi korkeamman ekonominen aseman omaavilla ihmisillä allergioita on enemmän (Kondrashova ym. 2005). Syntymässä on jo uusi megatrendi, allergioiden ja kroonisten tulehdussairauksien määrän nopea kasvu urbaaneissa ympäristöissä (Hanski ym. 2012).

Tässä tutkielmassa haluankin päästä hygieniahypoteesin juurille ja selvittää, miten moderni elämäntyyli, hygienia, kaupungistuminen ja luonnonympäristöistä erkaantuminen vaikuttavat terveyteemme. Pohdin kirjallisuuteen pohjautuen luontokontaktin tärkeyttä ja sen vaikutuksia terveyteen painottaen mikrobiomin näkökulmaa ja immuunijärjestelmän toimintaa. Tapausesimerkkinä käsittelen mikrobialtistustutkimuksia päiväkodeissa, sillä immuunijärjestelmä kehittyy etenkin lapsuudessa (Rook 2013). Pohdin myös, miten kaupunkisuunnittelulla ja omalla toiminnalla voi vaikuttaa hyvinvointiin immuunijärjestelmän näkökulmasta.

Tutkimuskysymyksiäni ovat:

- Miten luonnon mikrobit edistävät hyvinvointiamme ja miten ne vaikuttavat immuunijärjestelmän toimintaan?
- Miksi immuunijärjestelmän häiriöt ovat lisääntyneet etenkin urbaaneilla alueilla?
- Miten erilaiset ympäristöt vaikuttavat ihmisen mikrobistoon ja sitä kautta immuunijärjestelmän toimintaan ja miten siihen voi vaikuttaa esimerkiksi kaupunkisuunnittelun avulla?

## **2 Luonnon mikrobien merkitys immuunijärjestelmässä**

Lisääntyneet määrät autoimmuunisairauksissa ja tulehdussairauksissa viestivät epäonnistuneesta immuunisäätelystä ja tulehduksiin reagoimisesta (Rook 2013). Ihmisen historiassa mikrobit ovat ottaneet paikkansa ihmisen immunologisessa säätelyssä, mutta modernien elintapojen myötä altistus jää liian vähäiseksi, mikä nähdään suureksi syyksi allergioiden ja muiden edellä mainittujen sairauksien kasvuun (Rook 2013). Mikrobistolla tarkoitetaan mikro-organismien, esimerkiksi bakteerien, sienten, arkeonien sekä virusten muodostamaa kokonaisuutta tietyssä elinympäristössä, esimerkiksi iholla (Adamczyk ym. 2018; Haahtela ym. 2021). Kehittääkseen mikrobiomiaan ihminen tarvitsee altistusta ympäristöstä ja muilta ihmisiltä tai eläimiltä (Grönroos ym. 2019; Rook 2013). Ihminen on elinympäristö lukuisille eri mikrobeille ja tarvitsemme tätä symbioottista suhdetta voidaksemme hyvin (Adamczyk ym. 2018; Rook 2013).

Käsittelen mikrobialtistuksen vaikutusta terveyteen melko paljon allergioiden kautta, sillä allergiat ovat melko hyvä indikaattori moderneista terveyshaasteista (Haahtela ym. 2021; Ruokolainen ym. 2020). Allergioissa oleellista on resilienssi, eli miten keho pystyy kohtaamaan erilaisia ärsykejä esimerkiksi allergeeneja ja miten immuunipuolustus niihin reagoi (Haahtela ym. 2021). Reaktion oikeellisuus suhteessa ärsykkeeseen kertoo immuunipuolustuksen tilasta (Haahtela ym. 2021). Resilienssi on tärkeä myös erilaisilta sairauksilta puolustautuessa.

Ihon pinnalla olevat kommensaalimikrobit, eli niin sanotut pöytävierasmikrobit ovat tärkeässä roolissa immuunipuolustuksessa allergeeneja vastaan (Fyhrquist ym. 2014). Pöytävieraslaajat tarkoittavat lajeja, jotka hyödyntävät toista lajia elämiseensä, mutta eivät myöskään tuota sille haittaa. Useat kommensaalimikrobit iholla ovat kuitenkin tärkeitä meidän

ihmisten hyvinvoinnille ja kuuluvat terveelle iholle (Lehtimäki ym. 2017). Kommensaalimikrobit eli niin sanotut *Old Friends* tai suomeksi vanhat kaverit ylläpitävät hyvinvointia, mutta kun niistä suuri osa on menetetty, olemme entistä enemmän riippuvaisia ympäristön ja muiden ihmisten mikrobeista ja niille altistumisesta (Rook 2013). On myös huomioitava, etteivät erilaiset mikrobit ole vain ”kiva lisä” vaan oikeasti oleellinen osa hyvinvointiamme (Rook 2013). Ei voida kuitenkaan täysin varmasti sanoa, kumpi on lopulta tärkeämpää, mikrobien monimuotoisuus vai määrättyjen mikrobilajien tai -ryhmien olemassaolo (Puhakka ym. 2019). Toisaalta monimuotoinen mikrobisto pitää huolen siitä, ettei yksittäinen laji, esimerkiksi jokin taudinaiheuttaja, dominoi liikaa (Haahtela ym. 2017). Jotta resilienssi pysyy kunnossa ja immuunipuolustus homeostaasissa, eli tasapainotilassa, tarvitaan mikrobien ja immuunisysteemin yhteistyötä (Haahtela ym. 2021). Voidaankin epäillä, että ihon synnynnäinen immuunisysteemi ei oikeastaan edes ole peräisin ihmisiltä (Gallo ym. 2011).

Rook (2013) avaa allergioiden ja muun muassa autoimmuunitautien lisääntymisen kaupungeissa johtuvan jossain määrin erilaisten mikrobien häviämisestä urbaaneissa ympäristöissä. Hygienian ajattelallaan yleisesti olevan hyväksi sairauksien ehkäisyssä sekä hyvinvoinnissa (Finlay ym. 2021). Hygienia onkin vähentänyt esimerkiksi infektioitauteja ajan kuluessa, mutta epämieluisien mikrobien lisäksi liiallisella hygienialla päästään eroon myös tarpeellisista mikrobeista (Bach & Perez-Arroyo 2014; Finlay ym. 2021). Erityistä epähygieenisyyttä mikrobikannan säilyttäminen ei kuitenkaan vaadi, sillä Grönroosin ym. (2019) tutkimuksessa luonnonmateriaaleista saavutettu bakteerikanta säilyi myös käsien vesipesun jälkeen. Mikrobeja ympäristöstämme on vähentänyt myös sopivien habitaattien puute erityisesti kaupunkiympäristöissä (Haahtela 2022). Ihminen vaikuttaa mikrobeihin usein myös epäsuorasti toisten lajien kautta, esimerkiksi kasvi- tai eläinkantojen muuttuessa ihmisen toiminnan myötä (Zhu & Penuelas 2020).

Immuunisäätely on järjestelmä, jonka tarkoitus on reagoida esimerkiksi viruksiin ja muihin kehoa uhkaaviin kappaleisiin ja sammuttaa tulehdusreaktiot, kun niitä ei tarvita (Rook 2013). Voidakseen tunnistaa haitalliset ärsykkeet, kehon immuunijärjestelmän solut tarvitsevat jatkuvaa signaalointia vaarattomilta mikrobeilta, kuten kommensaalimikrobeilta (Haahtela ym. 2017). Jos järjestelmä ei saa riittävästi tietoa ympäristöstä mikrobien kautta, se voi epäonnistua ja hyökätä väärin kohteiden kimppuun (Rook 2013). Kohteeksi voivat joutua esimerkiksi omat solut tai vaaraton siitepöly (Rook 2013). Tällöin kyseessä voi olla autoimmuunisairaus tai allerginen reaktio (Rook 2013). Krooniset tulehdussairaudet taas ovat merkkejä epäonnistuneesta tulehduksen sammuttamisesta (Rook 2013). Kun immuunijärjestelmä on

tasapainossa, elimistö erottaa omat solut ja vaarattomat hiukkaset esimerkiksi patogeeneista (Haahtela ym. 2017).

Kehitämme mikrobiomiamme jatkuvasti esimerkiksi syömisen, hengittämisen ja koskettamisen kautta (Adamczyk ym. 2018). Iho on ihmisen suurin elin ja suuren ulkoisen pinta-alansa vuoksi kosketuksissa ilman ja pintojen kanssa (Adamczyk ym. 2018; Lehtimäki ym. 2017). Tästä syystä iho kohtaa jatkuvasti suojautumista vaativia kappaleita ja esimerkiksi patogeenejä, eli taudinaiheuttajia (Lehtimäki ym. 2017; Adamczyk ym. 2018). Sen lisäksi, että kohtaamme erilaisia suojautumista vaativia kappaleita, kehitämme samalla terveyttä edistävää mikrobiomia ja moni mikrobi ottaakin ihon uudeksi habitaatikseen (Lehtimäki ym. 2017). Iho onkin sopiva elinympäristö monille eri mikrobiryhmille (Adamczyk ym. 2018). Patogeeneiltä iho puolustautuu sekä aktiivisesti immuunijärjestelmän ja mikrobiston avulla, että passiivisesti fyysisenä suojana kehon ja muun ympäristön välillä (Gallo ym. 2011).

Vastasyntyneen immuunipuolustus on vielä melko keskeneräinen ja vielä yksivuotiaankin iholla dominoivat lactobasillit, eli maitohappobakteerit (Lehtimäki ym. 2017; Rook 2013). Aikuisella ihmisellä ihon mikrobiomi koostuu muun muassa actinobacteereista, firmikuuteista ja proteobacteereista (Grönroos ym. 2019; Roslund ym. 2020). Lapsen kasvaessa liikkuminen ja erilaisten paikkojen, ihmisten ja eläinten kohtaaminen lisääntyy, mikä lisää altistusta erilaisille bakteereille ja mikrobeille, jotka taas vahvistavat immuunitoleranssia (Lehtimäki ym. 2017; Ruokolainen ym. 2015). Immunitetti jaetaan synnynnäiseen ja adaptiiviseen, eli hankittuun immunitettiin (Gershwin & Tsokos 2014). Luonnollisestikaan vastasyntynyt ei ole vielä juurikaan ehtinyt kehittämään adaptiivista immunitettia lukuun ottamatta ihokontakteja ja mikrobeja äidiltä (Bach & Perez-Arroyo 2014). Tästä syystä voidaan sanoa, että immunitetti ja mikrobisto ovat riippuvaisia iästä (Lehtimäki ym. 2017) On tärkeä kuitenkin huomioida, ettei immunitetin tai mikrobiodiversiteetin taso suoraa kerro iästä vaan heijastaa henkilön omaa historiaa, altistumisia ja niin edelleen. Suoliston mikrobisto sen sijaan kehittyy nopeasti ja lähes valmiiksi ensimmäisten elinkuukausien aikana, ottaen kuitenkin huomioon sen muuttumisen ja mukautumisen koko elämän ajan (Bach & Perez-Arroyo 2014).

### 3 Elinympäristön vaikutus mikrobikantaan ja allergioihin

Jotta immuunisäätely toimii oikein, tarvitsemme siis mikrobeja, joita saamme ympäristöstä ja muilta ihmisiltä (Rook 2013). Tässä kappaleessa pohdin esimerkkitutkimusten kautta, miten erilaiset ympäristöt vaikuttavat siihen, millainen mikrobisto yksilölle kehittyy ja miten se vaikuttaa yksilön terveyteen, esimerkiksi allergioiden ilmenemiseen. Immuunisäätelylle haetaan syitä myös moderneista elintavoista (Rook 2013).

Lehtimäki ym. (2018a) tutki elinympäristön sekä elämäntyylin vaikutusta ihon mikrobikantaan ja sen ilmenemistä yhdessä allergioiden kanssa. Tutkimus toteutettiin ihmisten sijaan koirilla, sillä niiden liikkumista ja elämää on helpompi seurata ilman ylimääräisiä muuttujia. Koirilla, samoin kuin ihmisilläkin, etenkin urbaaneissa ympäristöissä allergiat ovat lisääntyneet (Lehtimäki ym. 2018a) ja tutkimuksesta saadaankin myös ihmiselämään verrattavissa olevaa tietoa.

Lehtimäen ym. (2018a) tutkimuksessa selvitettiin, mikä yhteys ympäristön mikrobien, niin sanotun isännän (tässä tapauksessa koiran) mikrobiomin ja immuunisysteemin välillä on. Yksinkertaistetusti voidaan todeta, että ihon mikrobiomi heijasti koiran elinympäristöä ja elämäntyyliä (Lehtimäki ym. 2018a). Elämäntyyliin luettiin esimerkiksi koiran perhe, onko perheessä muita lemmikkejä ja kuinka monta henkilöä perheessä on (Lehtimäki ym. 2018a). Elinympäristöllä viitattiin asuinympäristöön, jotka jaettiin maaseutumaisiin ja kaupunkimaisiin asuinympäristöihin (Lehtimäki ym. 2018a). Allergiat olivat kaikkein yleisimpiä kaupunkialueilla asuvilla, yhden hengen perheiden koirilla, joilla kontaktit muihin koiriin ja eläimiin olivat hyvin vähäiset (Lehtimäki ym. 2018a).

Pohdittaessa altistuksen vaikutusta on huomioitava altistuksen pituus ja toistuvuus. Esimerkiksi Lehtimäen ym. (2018a) tutkimuksessa havaittiin, että lyhyt altistus, esimerkiksi kävelylenkki luonnonympäristössä ei vielä vaikuta allergioiden esiintyvyyteen. Lyhyestä altistuksesta saadut hyödyt myös häviävät nopeasti, sillä bakteerikanta palautuu ennalleen (Grönroos ym. 2019). Lyhyelläkin luonnonympäristössä tai vihreissä tiloissa oleskelulla on kuitenkin muita positiivisia terveysvaikutuksia esimerkiksi verenpaineeseen ja mielenterveyteen sekä koettuun tunnetilaan (Aerts ym. 2018), joten pientäkään luonnossa oleskelua ei kannata tästä syystä jättää väliin.



### 3.1 Metsä- ja maatalousalueet

Eroavaisuuksia esimerkiksi saman kunnan asukkaiden mikrobistoissa voi aiheuttaa myös kodin lähiympäristö. Itäisessä Suomessa toteutetussa tutkimuksessa tutkittiin pienissä kaupungeissa tai kylissä tai muusta asutuksesta erillään asuvien ihmisten kotien lähiympäristöä, ihon bakteeriflooraa ja atopiaa (Hanski ym. 2012). Tarkoituksena oli selvittää ympäristön vaikutusta ihon mikrobiomiin ja atopiaan, sekä testata biodiversiteettihypoteesia tulehdussairauksien kohdalla (Hanski ym. 2012). Ympäristön biodiversiteetin selvittämiseksi määritettiin tutkittavien henkilöiden lähiympäristön maankäyttötyyppi kolmen kilometrin säteellä kodista ja tarkempi kasvillisuus kotipihasta tai kodin ympäriltä (Hanski ym. 2012). Kotia ympäröivät alueet jaettiin metsiin, järviin ja muihin vesistöihin, rakennettuihin alueisiin, maatalousmailhin sekä soihin ja kosteikkoihin (alueet yleisyysjärjestyksessä tutkittavien henkilöiden keskimääräisistä ympäristöistä metsien ollessa yleisin maankäyttötyyppi) (Hanski ym. 2012). Tutkimuksessa todettiin, että esimerkiksi proteobakteerien monimuotoisuus iholla oli korkeampi metsä- ja maatalousvaltaisella alueella verrattuna rakennettuun ympäristöön tai vesistöihin (Hanski ym. 2012). Proteobakteerien on todettu olevan yhteydessä muun muassa allergioiden esiintymiseen (Fyhrquist ym. 2014). Myös Lehtimäen ym. (2018a) tutkimuksessa koirien mikrobialtistukseen ja allergioihin liittyen, maankäytöllä oli merkitystä. Metsä- ja maatalouspainotteiset alueet vaikuttivat positiivisesti erilaisten proteobakteerien määrään koiran iholla (Lehtimäki ym. 2018a). Ympäristön vaikutuksen suunta on useissa tutkimuksissa havaittu samaksi. Esimerkiksi Ruokolaisen ym. (2015) tutkimus tukee väitettä maankäytön ja ihon mikrobiston yhteydestä.

Ruokolaisen ym. (2015) tutkimuksessa havaittiin myös käänteinen yhteys vihreän ympäristön ja lasten atooppisen herkkyyden välillä. Huomioitavaa on myös, että maatalouden muuttuessa moderniksi monokulttuuriksi, ei maatalouskaan enää tarjoa yhtä laajaa mikrobistoa, sillä jokaiseen viljeltävään lajiin tai luonnon kasveihin liittyvät omat bakteerit, sienet ja muut pieneliöt (Turner ym. 2013). Tästä huolimatta useat tutkimukset näyttävät maatalousalueiden olevan kuitenkin yhä parempi vaihtoehto immuunijärjestelmän kannalta, kuin urbaanit alueet (Hanski ym. 2012; Ruokolainen ym. 2015).

Kun taas tutkittiin ihan lähintä ympäristöä ja kotipihaa, havaittiin, että kasvillisuuden tyyppillä ei yleisesti ole väliä, mutta kukkivien luonnonkasvien monimuotoisuudella sitäkin enemmän (Hanski ym. 2012). Tutkimukseen osallistuneiden ihmisten joukosta terveiden

ihmisten kotiympäristössä kukkivia harvinaisiakin luonnonkasvilajeja oli jopa 25 % enemmän, kuin tutkimukseen osallistuneilla atoopikoilla (Hanski ym. 2012). Hanskin ym. (2012) tutkimuksen tulokset osoittavat, että biodiversiteetin ja atopian välillä on yhteys. Kasvilajien diversiteetti luo monimuotoisuutta myös pieneliöille (Turner ym. 2013) ja siten monimuotoisempi kasvilajisto luo myös enemmän hyötyjä ihmiselle muun muassa mikrobialtistuksen kautta. Vihreiden alueiden laatu ja monimuotoisuus ei siis ole yhdentekevää.

Turnerin tutkimusryhmineen (2013) toteuttamassa tutkimuksessa selvitettiin kasvilajien yhteyttä mikrobistoon ja ritsosfääriin, eli juurta ympäröivään maaperään ja sen eliöstöön. Jo neljän viikon kasvun jälkeen eri kasvilajien ympäristön mikrobistossa havaittiin eroja (Turner ym. 2013). Kun monella lajilla on keskenään poikkeavat mikrobistot, lisää kasvien diversiteetti lähes automaattisesti myös maaperän mikrobien diversiteettiä (Baruch ym. 2021). Maaperän mikrobiston diversiteetin kapeus voikin olla seurausta yksipuolisesta ritsosfääristä (Baruch ym. 2021). Tämä on hyvä esimerkki siitä, miten ihmisen toiminnan vaikutuksista mikrobeihin epäsuorasti kasvi- tai eläinkantojen kautta (Zhu & Penuelas 2020).

### 3.2 Suomen ja Venäjän karjalaiset

Allergioiden esiintymistä on tutkittu myös erilaisilla ihmisryhmillä. Ruokolainen ym. (2020) on tutkinut allergioiden ilmenemistä Suomen- ja Venäjän karjalaisilla. Tutkimukseen osallistui Venäjältä 75 ja Suomesta 69 15–20-vuotiasta nuorta. Alue ja ihmiset ovat otollisia tutkimukseen, sillä toisen maailmansodan jälkeisen rautaesiripun takia ryhmät erottuivat vähitellen sekä elämäntyylin, että ympäristönsä puolesta toisistaan (Ruokolainen ym. 2020). Ryhmät eivät kuitenkaan eroa geneettisesti niin paljoa, että sillä olisi ollut vaikutusta allergioihin (Ruokolainen ym. 2020). Myös alueet ovat riittävän samanlaiset tutkimuksen kannalta (Ruokolainen ym. 2020). Oletus oli, että allergiat Suomessa ovat huomattavasti yleisempiä ja tästä näkökulmasta asiaa lähdettiin ratkomaan (Ruokolainen ym. 2020).

Ruokolainen ym. (2020) tutkimuksessa todettiin, että tutkimukseen osallistuneilla venäjänkarjalaisilla ihon ja nenän mikrobiosto oli monimuotoisempi ja runsaampi kuin tutkimukseen osallistuneilla suomalaisilla. Kuten tutkittavien henkilöiden mikrobiomissa, myös allergioiden ja astman esiintymisessä ryhmien välillä havaittiin eroja (Ruokolainen ym. 2020). Esimerkiksi koivuallergiaa tutkimuksen venäläisillä oli vain seitsemällä prosentilla, kun tutkimuksen suomalaisilla sitä vastoin 35 % (Ruokolainen ym. 2020). Heinänuhaa venäläisillä

ei ollut juuri lainkaan (Ruokolainen ym. 2020). Kuten tutkimuksessa havaittiin, ihon mikrobiomin monimuotoisuus ja allergioiden yleisyys näyttäisivät korreloivan ainakin välillisesti (Ruokolainen ym. 2020).

Suomen ja Venäjän karjalaisten eroja on tutkittu aiemminkin samankaltaisessa yhteydessä. 1990-luvun puolella alueella tutkittiin tyypin 1 diabeteksen esiintymistä (Kondrashova ym. 2005). Tuloksissa oli havaittavissa vastaavia linjoja, kun tietyssä ikäryhmässä tyypin 1 diabetesta oli suomalaisilla jopa kuusi kertaa enemmän kuin venäläisillä (Kondrashova ym. 2005). Tutkimus on jo aikaa nähnyt, mutta se tuo esiin uudempien tutkimuksien kaltaisia havaintoja jo parin vuosikymmenen ajalta. Myös tässä tutkimuksessa oletettiin, etteivät tutkittavien geneettiset ominaisuudet ole ilmiön syynä, vaan taustatekijöitä haettiin ympäristöstä ja elintavoista (Kondrashova ym. 2005). Heidän mukaansa erojen taustalla on käytännössä erilainen sosioekonominen asema, joka vaikuttaa elintapoihin, ruokavalioon ja mikrobiotistukseen (Kondrashova ym. 2005).

#### **4 Mikrobiotistus päiväkodeissa ja osana kaupunkisuunnittelua**

Kuten aiemmin mainittu, on ympäristön mikrobiomi vaikuttaa terveyteen etenkin lapsilla muun muassa immunitetin vielä kehittyessä (Rook 2013). Etenkin kaupungeissa on paljon rakennettua ympäristöä ja alueiden suunnittelussa pitäisikin ottaa huomioon erilaiset terveystieteelliset näkökulmat (Lehtimäki ym. 2018a). Luonnonympäristöllä, puistoilla ja puilla on erilaisia vaikutuksia terveyteen. Luonnonympäristössä oleskelu esimerkiksi lisää mielen hyvinvointia, madaltaa verenpainetta sekä ehkäisee sydän- ja verisuonitauteja sekä atopiiaa (Aerts ym. 2018). Mahdollinen kontakti ja altistus luonnon mikrobiomeille on kuitenkin oleellinen ja toisinaan ohitettu seikka. OECD-maista noin 80 % leikki-ikäisistä (tässä 3–5-vuotiaat) viettää aikaansa päiväkodissa tai jonkinlaisessa päivähoidossa (Lehtimäki ym. 2018b). Päiväkodin ympäristö ja siellä vietetty aika eivät siis ole yhdentekeviä.

Monimuotoisen mikrobiympäristön luominen juuri päiväkotikäisille on erityisen tärkeää, sillä lapsilla immuunijärjestelmä on vielä kehitysvaiheessa (Rook 2013). Vastasyntyneen immuunijärjestelmä sisältää geneettiset tiedot ja saa tärkeitä osia immuunipuolustukseensa sekä äidiltään syntymässä, että äidinmaidon mukana (Rook 2013). Syntymän jälkeen lapsen mikrobiomi kehittyy vähitellen lapsen saadessa uusia mikrobeja muun muassa perheenjäseniltä ja muilta ihmisiltä, sekä ympäristöstä (Rook 2013). Mikrobiotistusta

ympäristöstä siis oikeasti tarvitaan, jotta lapsen immuunijärjestelmä kehittyy toimivaksi systeemiksi (Rook 2013). Lehtimäen ym. (2017) mukaan ympäristön vaikutus ihon mikrobiomiin on kaikkein voimakkainta 1–4-vuotiailla lapsilla, eli juuri päiväkotikäisillä. Varhaislapsuudessa ja päiväkotikäisessä kerätty immunitetti ja mikrobisto vaikuttavat vielä pitkään ihmisen terveyteen (Rook 2013; Ruokolainen ym. 2015).

Lehtimäki ym. (2018b) ovat tutkineet tarkemmin ympäristön vaikutusta terveyteen erilaisissa päiväkodeissa. Heidän tutkimuksessaan päiväkodit jaettiin luontopäiväkoteihin (*nature-oriented*), perinteisiin päiväkoteihin (*conventional*) ja kaupunkipäiväkoteihin (*city-center*). Luokitukset tehtiin kyselyjen perusteella pohjautuen päiväkodin ympäristöön ja luonnon ympäristössä vietettyyn aikaan (Lehtimäki ym. 2018b). Tutkimuksessa kartoitettiin ihon mikrobiomia sekä allergian ilmenemistä lapsilla erilaisissa päiväkodeissa ja suhteessa lasten luontokontaktiin (Lehtimäki ym. 2018b). Tutkimuksessa oli mukana 16 päiväkotia ja 68 lasta (Lehtimäki ym. 2018b). Tutkimuksen mukaan ihon mikrobiomin vaihtelut perinteisten ja kaupunkipäiväkotien välillä olivat melko vähäiset luontopäiväkotien lasten mikrobiomin monimuotoisuuden taas ollessa keskimäärin korkeampi (Lehtimäki ym. 2018b). Keskenään samanlaisimmat ihon mikrobiomit olivat kaupunkipäiväkotien lapsilla ja eniten eroavaisuuksia oli luontopäiväkodissa. Samankaltaisia tuloksia saatiin myös tutkittaessa koiria, sillä urbaaneissa ympäristöissä koirien mikrobiomien välillä oli vähemmän vaihtelua, kuin maaseutumaisilla alueilla (Lehtimäki ym. 2018a). Tutkimuksessa havaittiin, että jatkuvan päiväkodissa koetun luontokosketuksen merkitys voi näkyä lapsen ihon mikrobiomissa (Lehtimäki ym. 2018b). Oleellista on kuitenkin, että tapahtuu oikeaa kontaktia esimerkiksi luonnollisen maaperän kanssa, sillä pelkät vihreät tilat eivät riitä muuttamaan ihon mikrobiomia merkittävästi (Lehtimäki ym. 2018b). Tuloksista ilmeni, että luontopainotteisessa päiväkodissa muun muassa hengitystieoireita kuten astmaa ja heinänuhaa oli muihin päiväkoteihin verrattuna vähemmän, allergioiden määrässä taas ei ollut huomattavia eroja (Lehtimäki ym. 2018b).

Päiväkotiympäristön vaikutusta lasten terveyteen tutkittiin myös Kohti tervettä aikuisuutta (KOTA)-hankkeessa (Sinkkonen ym. 2019), jossa selvitettiin, miten päiväkoteihin tuodut luonnonmateriaalit ja niin sanotut viherpihat vaikuttavat 3–6-vuotiaiden lasten terveyteen ja hyvinvointiin. Hankkeessa päiväkotien pihoihin tuotiin muun muassa kuntaa, eli siirrettävää metsänpohjaa, siirtonurmea, istutuslaatikoita ja turveharkkoja (Sinkkonen ym. 2019). Hankkeen vaikutuksia selvitettiin erilaisilla mikrobinäytteillä päiväkotilapsilta sekä kyselyillä sekä vanhemmilta että päiväkodin henkilökunnalta. Pihaan tuotujen luontoelementtien myötä ihon proteobakteerien, esimerkiksi gammaproteobakteerien

monimuotoisuus kasvoi verrattuna tavallisten kaupunkipäiväkotien lasten ihon mikrobistoon (Sinkkonen ym. 2019). Gammaproteobakteerien runsaus iholla on yhdistetty parempaan puolustukseen tulehduksia vastaan sekä suojaavaan vaikutukseen allergioita vastaan (Fyhrquist ym. 2014). KOTA-hankkeessa lasten iho- ja ulostenäytteissä myös muiden tärkeiden puolustusjärjestelmän toimintaan liittyvien mikrobien määrissä oli kasvua (Sinkkonen ym. 2019). Viherpäiväkodit tuottivat lapsille myös muita hyötyjä muun muassa oppimiseen, jaksamiseen ja mielialaan. Myös liikunnan katsottiin monipuolistuneen ja luontosuhteen vahvistuneen (Sinkkonen ym. 2019).

Suomessa ja Virossa vuosina 2003–2012 toteutetussa tutkimuksessa maankäyttöluokkien ja atooppisen herkkyuden yhteydestä havaittiin, että ensimmäisten elinvuosien kodin ympäristön merkitys atopiaan oli jopa suurempi kuin sen hetkisellä asuinympäristöllä (Ruokolainen ym. 2015). Tutkimuksessa seurattiin noin tuhatta 0,5–20-vuotiasta henkilöä, joista osa oli muuttanut ensimmäisten kahden ikävuoden aikana (Ruokolainen ym. 2020). Niillä, jotka olivat syntyessään asuneet atopialta suojaavan maankäyttöluokan alueella (metsä ja maatalousmaa) atopia ei ollut kovin yleistä 6-vuotiaana, kun taas myöhemmin vastaavalle alueelle muuttaneilla maankäyttöluokan vaikutus allergian esiintymiseen ei ollut niin suuri (Rook 2013; Ruokolainen ym. 2015). Myös koirilla toteutetussa tutkimuksessa elämän varhaisvaiheiden ympäristö vaikutti myöhäisempää mikrobiyhdistelmään (Lehtimäki ym. 2018a).

Ihminen tarvitsee luontoa ja muita eliöitä ja mikrobeja ympärilleen ja kaupungistuvassa maailmassa olisi järkevää, etteivät luonnon hyödyt jäisi vain maaseudun väestön hyväksi. Kaikilla ihmisillä ei myöskään ole mahdollisuutta saavuttaa kauempana olevia kohteita ja tästä syystä lähiluontokohteet tai esimerkiksi rakennetut luonnollista ympäristöä jäljittelevät alueet tai puistot on tärkeä säilyttää (Puhakka ym. 2019). KOTA-hankkeessa Sinkkonen ym. (2019) esittääkin viherpihojen rakentamista päiväkoteihin laajemminkin. Suunnittelussa täytyy kuitenkin huomioida tilojen käyttö ja monimuotoisen mikrobiyhteisön ja kasvilajiston lisäksi alueen kulutuksen kestävyys (Sinkkonen ym. 2019). Huomioitavaa on myös, että maisemien tai maankäytön vaikutukset eivät itsessään ole ihon mikrobiomille kovin merkittäviä, verrattuna konkreettiseen kosketukseen luonnolliseen maaperään (Lehtimäki ym. 2018b).

## 5 Pohdinta

Tässä tutkielmassa pohdittiin, millainen vaikutus luonnon mikrobialtistuksella on terveyteen. Kuten todettua, immunitettijärjestelmä vaatii mikrobialtistusta ympäristöstä muodostaakseen toimivan suojan haitallisia mikrobeja tai muita kappaleita vastaan sekä säädelläkseen tulehdusreaktioita (Rook 2013). Tutkielmassa lähdettiin liikkeelle havainnosta, että allergiat, autoimmuunitaudit sekä tulehdussairaudet ovat lisääntyneet etenkin urbaaneilla alueilla, minkä syyksi nähtiin hygienian ja länsimaisen elämäntyylin aiheuttama vähäinen altistus luonnon mikrobeille ja niiden väheneminen urbaaneilla alueilla (Bach & Perez-Arroyo 2014; Rook 2013; Ruokolainen ym. 2015). Maaseudun ja vihreiden ympäristöjen todettiin vaikuttavan positiivisesti sekä ihmisen kommensaalimikrobistoon, että käänteisesti allergioihin ja muihin immuunijärjestelmän häiriöihin (Hanski ym. 2012; Lehtimäki ym. 2018a)

Käsittämäni kirjallisuuden mukaan hygieniahypoteesin mukaisia immuunijärjestelmän häiriöitä esiintyy eniten urbaaneissa ympäristöissä, joissa mikrobien määrä ja niin sanotut *Old Friends* -mikrobit puuttuvat (Bach & Perez-Arroyo 2014; Rook 2013). Selkeänä linjauksena havaittiin, että mitä enemmän ja monipuolisempaa mikrobialtistus on, sitä vähemmän immuunijärjestelmän häiriöitä esiintyy (Fyhrquist ym. 2014; Haahtela ym. 2021; Haahtela ym. 2017; Rook 2013). Lähtökohtaisesti ilmiö, jossa etenkin kaupunkiympäristöt haastavat immuunijärjestelmän normaalia toimintaa, on vauraiden ja urbaanien alueiden ongelma (Bach & Perez-Arroyo 2014; Rook 2013). Kaupungistumisen lisääntyessä globaalisti on myös hygieniahypoteesin kaltaisen megatrendin leviäminen laajemmalti mahdollista muun muassa kehittyvien maiden vaurastuessa.

Sekä kaupunkimaisen, että maaseutu ympäristön mikrobiomi kuitenkin vaihtelee (Lehtimäki ym. 2018a). Maaseutu tai vihreät tilat eivät välttämättä ole aina yhtä laadukkaita mikrobidiversiteetin suhteen. Muun muassa maatalouden monokulttuuri, eli yksittäiseen lajiin keskittyvä viljely voi köyhdyttää maaperän mikrobiomia (Turner ym. 2013). Turnerin ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin jo neljän viikon jälkeen kasvin ritsosfäärin muuttuneen kasville tyypillisen mikrobiston suuntaan. Mikäli lyhyessä ajassa mikrobistot eri kasvilajeilla erottuivat jo selvästi toisistaan, mikä on vaikutus, jos suurella alueella viljellään vain yhtä ja samaa kasvilajia ja vuodesta toiseen? Siirretään sama ajatus vihreille alueille esimerkiksi urbaaneissa ympäristöissä. Jos alue koostuu esimerkiksi nurmialueista ja yhden lajin puista, jää myös mikrobisto melko yksipuoliseksi, eikä juurikaan tue immuunijärjestelmää (Hanski ym. 2012).

Jos taas alueella kasvaa esimerkiksi erilaisia kukkia ja monenlaisia puita, monimuotoisuus eri tasoilla on jo huomattavasti parempi.

Kun ymmärrämme faktat ja vaikutusketjut luonnon monimuotoisuuden ja luonnon mikrobiomille altistumisen tärkeydestä, antaa se tietoa toimia. Kestävän ja pitkäaikaisen ympäristön mikrobeille altistumisen mahdollisuus toivotaankin otettavan huomioon suunniteltaessa urbaaneja alueita (Lehtimäki ym. 2018a). Kun pohditaan mikrobialtistuksen tärkeyttä ja ympäristön merkitystä osana suunnittelua, pitäisi kuitenkin osata huomioida kaikki ihmisryhmät. Mikäli kaikki luonnonympäristöt ovat kapeita ja möykkyisiä luonnonpolkuja, estää se osaa ihmisistä hyödyntämästä luontoa osana hyvinvointiaan. Alueita pitäisi olla urbaanissakin ympäristössä riittävästi, kaikkien saavutettavissa ja myös esteettä alueita. Toisinaan esimerkiksi sairastumisen vuoksi ihminen voi olla pitkiäkin aikoja tilanteessa, jolloin hän ei pysty ylläpitämään luontokontaktia. On kuitenkin esitetty, että mikrobeille voi altistua myös epäsuorasti esimerkiksi perheenjäsenten ja lemmikkien kautta ja näin vahvistaa omaa immuunijärjestelmää (Lehtimäki ym. 2018a). Pohdinkin, voisiko siis esimerkiksi yhden perheenjäsenen hevosharrastus auttaa suojaamaan koko perhettä esimerkiksi allergioilta.

Käsitlemissäni päiväkotiesimerkeissä havaittiin, miten tärkeä merkitys mikrobialtistuksella päiväkodeissa on (Lehtimäki ym. 2018b; Sinkkonen ym. 2019). KOTA-hanke on hyvä esimerkki siitä, miten myös urbaaneihin ympäristöihin on mahdollista luoda biodiversiteetiltään monimuotoisia ympäristöjä, joilla on oikeasti merkitystä esimerkiksi ihon mikrobiomiin sekä allergioiden esiintymiseen, mikä taas on hyvä indikaattori immuunijärjestelmän toiminnasta (Haahtela ym. 2021; Ruokolainen ym. 2020; Sinkkonen ym. 2019). Samankaltaisia ratkaisuja voisi hyödyntää niin päiväkodeissa kuin yleisten leikkipaikkojen ja kaupunkialueidenkin suunnittelussa. Niin sanottu aito luonnon ympäristö, esimerkiksi metsä on hyvä paikka parantaa mikrobikantaa, kuten Lehtimäen ym. (2018b) päiväkotitutkimuksessa havaittiin. Metsien ja muiden luonnonympäristöjen säilyttämisen ja viheralueiden monimuotoisuuden parantamisen lisäksi moderniin ongelmaan on olemassa moderneja ratkaisuja. Esimerkiksi Puhakka ym. (2019) on kehittänyt erilaisia mikrobipitoisia viherrakennusmateriaaleja, kuten mikrobistoltaan monimuotoista leikkihiekkää, jolla monimuotoisuutta on helppo lisätä urbaaneissakin ympäristöissä ja lasten leikkipaikoilla.

Ihminen tarvitsee ympäristön biodiversiteettiä voidakseen hyvin (Rook 2013). Biodiversiteetin mahdollistamiseksi tarvitaan kuitenkin myös geodiversiteettiä, eli elotonta luontoa, joka tarjoaa eliöille esimerkiksi maaperän, vettä ja ravinteita (Gray 2004).

Geodiversiteetti itsessään tarjoaa monenlaisia ekosysteemipalveluita, mutta mahdollistaa biodiversiteetin kautta vielä enemmän (Alahuhta ym. 2022). Jos geodiversiteetti kärsii, kärsii myös biodiversiteetti (Alahuhta ym. 2022), mikä on tärkeää huomioida myös alueiden käytön suunnittelussa. Sen sijaan geodiversiteetin merkitys hygieniahypoteesin kannalta on vielä melko vähän tutkittu aihe ja geodiversiteetin suora vaikutus mikrobistoon ja antigeeniaktiivisuuteen vaatii vielä lisää tutkimusta tulevaisuudessa (Alahuhta ym. 2022). Alahuhta ym. (2022) nostavat kuitenkin tärkeäksi seikaksi tietoisuuden lisäämisen geodiversiteetin tärkeästä osasta biodiversiteetin taustalla, sekä osana hyvinvointia. Suunniteltaessa monimuotoisia alueita ihmisten hyvinvoinnin tukemiseksi, ei saa unohtaa monimuotoista geodiversiteettiä.

Kehitys kohti parempaa hygieniaa on ollut ihmisille tärkeää hyvinvoinnin kannalta. Jos tämä sama kehitys vie meitä kohti tilannetta, jossa infektiosairauksien vähetessä immuunijärjestelmään liittyvät ongelmat lisääntyvät (Bach & Perez-Arroyo 2014; Rook 2013), onko jokin kehityksessä mennyt pieleen? Samanaikaisesti kosketus luontoon on vähentynyt. Onko kehityksessä kuitenkin menty jo hieman yli tai vähän väärään suuntaan, kun edessämme ovat uudenlaiset terveysongelmat? Jos ongelmien ydin tunnistetaan riittävän laajasti, voidaan asian eteen tehdä suuremmissa mittakaavassa töitä. Esimerkiksi uusien alueiden suunnittelussa niin Suomessa kuin maailmallakin, mikrobialtistuksen mahdollisuudet olisi syytä ottaa huomioon taistellaksemme ilmiötä vastaan.

Elintapojen ja elinympäristöjen muuttuessa ihmisen mikrobistoon vaikutetaan myös monin muin tavoin. Kuten edellä mainittu, hygienialla on olennainen rooli yhtälössä. Viime vuosina maailmaa on puhuttanut COVID-19 pandemia, joka muutti arkea ja hygieniaa huomattavasti. COVID-19-pandemian aikana ihmisten liikkumista ja kokoontumista rajoitettiin monin tavoin eri puolilla maailmaa ja hygieniatasoa nostettiin etenkin vauraimmissa maissa (Finlay ym. 2021). Pandemia vähensi ihmisten liikkumista maailmanlaajuisesti, mutta myös sosiaalisia kontakteja paikallisesti (Finlay ym. 2021). Kun lisäksi käytössä olivat kasvomaskit ja esimerkiksi normaalioloja tehokkaampi desifiointi niin pinnoilta kuin käsistäkin esimerkiksi kauppaan mennessä, väheni myös mikrobien leviäminen ihmisten välillä (Finlay ym. 2021). Vaikka SARS-CoV-2 virus levisikin ympäri maailmaa, rajoittivat toimet muiden mikrobien leviämistä, sillä kaikki eivät ole yhtä tehokkaita leviämään (Finlay ym. 2021). Kaiken kaikkiaan pandemia vähensi ihmisen mikrobien diversiteettiä hygieniahypoteesia seuraten ja vaikutukset voivat olla yllättävän pitkät (Finlay ym. 2021). Muuttaessaan radikaalisti sekä arjen käyttäytymistä, että hygieniakäytäntöjä, pandemia on hyvä esimerkki siitä, miten elämäntapa



voi muuttaa mikrobistoa ja siten koko immuunijärjestelmää. On kuitenkin huomioitava, että eri puolilla maailmaa rajoitukset poikkesivat toisistaan. Kun jossain päin maailmaa ihmisiä suljettiin koteihinsa, lähtivät suomalaiset sen sijaan ulkoilemaan ja retkeilemään. Tämä taas voisi lisätä altistusta luonnon mikrobiomille parantaen immuunijärjestelmää.

Modernissa elämäntavassa muita mikrobikantaa haastavia tekijöitä ovat esimerkiksi antibiootit etenkin liiallisesti käytettynä (Rakowska ym. 2016). Antibiootit tuhoavat sairauksia aiheuttavia bakteereita, mutta myös tarpeellista bakteerikantaa. Kun mikrobisto heikkenee, tulee patogeneilta suojautumisesta huomattavasti vaikeampaa ja bakteerikannan palautuminen vie aikaa (Rakowska ym. 2016). Antibiootit ovat hyvä keksintö ihmisen hyvinvoinnin kannalta, mutta liiallinen käyttö kääntyy haitaksi (Rakowska ym. 2016). Enempää tähän laajaan tematiikkaan tässä tutkielmassa syventymättä, voidaan todeta tässäkin ilmenevän moderni ilmiö ja hygieniahypoteesin kaava, kohtuus kaikessa. Tematiikka kuvaa kuitenkin muita ihmisen mikrobistoon liittyviä haasteita.

Monimuotoiset ympäristöt tukevat ihmisten mikrobialtistusta, mutta myös tuovat mikrobeille tärkeitä elinympäristöjä. Hieman toisenlaisena, mutta huomioon otettavana haasteena Haahtela (2022) esittääkin habitaattien puutteen yhdessä lämpenevän ilmaston kanssa lisäävän vektorivälitteisten sairauksien määrää, kun virukset leviävät alkuperäisiltä isänniltään ja elinympäristöistään laajemmalle. Ongelma monimuotoisten habitaattien puutteesta vähentää siis hyödyllisten mikrobien määrää ympäristössä, mutta voi yhdessä muiden ympäristöhaasteiden kanssa lisätä muita terveyteen liittyviä riskejä. Säilyttämällä tai luomalla uusia luonnonympäristöjä pidämme siis samanaikaisesti toiset mikrobit kurissa ja hyödyimme toisista.

Tutkielman tematiikka keskittyy modernin yhteiskunnan ja elintapojen tuoman ongelman ympärille. Käytännössä tarvitsemme luonnon mikrobiston meille tarjoilemia hyötyjä (Rook 2013), mutta moderni urbaani elämäntapa ei välttämättä mahdollista niiden hyödyntämistä riittävässä määrin. Ilmiö on hyvin monimutkainen lääketieteellisine ja biologisine vaikutusketjuineen, mutta ehkäpä juuri tärkeintä ihmisille olisi kuitenkin ymmärtää luonnonmikrobiomin merkitys hyvinvoinnille. Emme voi pitää luontoa ja sen ekosysteemipalveluja itsestäänselvyyksinä, vaan omalla toiminnalla ja laajemmalla alueiden suunnittelulla voidaan tehdä paljon. Lisäämällä viheralueita, monimuotoisuutta eri tasoilla ja ylipäättään hyödyntämällä luonnon ympäristöä ja mikrobistoa, voimme muuttaa ympäristön vaikutuksia meihin (Puhakka ym. 2019; Sinkkonen ym. 2019). Yksinkertaisesti lapset

leikkimään metsään ja kotipiha täyteen luonnon kukkasia voi olla jo ensimmäinen pieni askel immuunijärjestelmän haasteiden ehkäisyssä.

## 7 Lähdeluettelo

- Adamczyk, K., Garnarczyk, A. A., & Antończak, P. P. (2018). The microbiome of the skin. *Przegląd Dermatologiczny* 105(2) 285–297. <https://doi.org/10.5114/dr.2018.75584>
- Aerts, R., Honnay, O., & Van Nieuwenhuysse, A. (2018). Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces. *BRITISH MEDICAL BULLETIN* 127(1) 5–22. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldy021>
- Alahuhta, J., Tukiainen, H., Toivanen, M., Ala-Hulkko, T., Farrahi, V., Hjort, J., ... & Ding, D. (2022). Acknowledging geodiversity in safeguarding biodiversity and human health. *The Lancet Planetary Health* 6(12) e987–e992. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00259-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00259-5)
- Bach, J.-F., & Perez-Arroyo, A. (2014). Microbiome and Autoimmunity. *The Autoimmune Diseases*, (329–340). Academic Press.
- Baruch, Z., Liddicoat, C., Cando-Dumancela, C., Laws, M., Morelli, H., Weinstein, P., ... & Breed, M. F. (2021). Increased plant species richness associates with greater soil bacterial diversity in urban green spaces. *Environmental Research* 196 (110425). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110425>
- Finlay, B. B., Amato, K. R., Azad, M., Blaser, M. J., Bosch, T. C. G., Chu, H., ... & Giles-Vernick, T. (2021). The hygiene hypothesis, the COVID pandemic, and consequences for the human microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(6) e2010217118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010217118>
- Fyhrquist, N., Ruokolainen, L., Suomalainen, A., Lehtimäki, S., Veckman, V., Vendelin, J., ... & Alenius, H. (2014). Acinetobacter species in the skin microbiota protect against allergic sensitization and inflammation. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 134(6) 1301–1309.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.07.059>
- Gallo, R. L., & Nakatsuji, T. (2011). Microbial symbiosis with the innate immune defense system of the skin. *Journal of Investigative Dermatology* 131(10) 1974–1980. <https://doi.org/10.1038/jid.2011.182>
- Gershwin, E., & Tsokos, G. (2014). *The Autoimmune Diseases* (5. painos). Academic Press. Amsterdam

<https://pc124152.oulu.fi:9443/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=485871&site=ehost-live&scope=site>

- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.
- Grönroos, M., Parajuli, A., Laitinen, O. H., Roslund, M. I., Vari, H. K., Hyöty, H., ... & Sinkkonen, A. (2019). Short-term direct contact with soil and plant materials leads to an immediate increase in diversity of skin microbiota. *MicrobiologyOpen* 8(3) e00645. <https://doi.org/10.1002/mbo3.645>
- Haahtela, T., Alenius, H., Lehtimäki, J., Sinkkonen, A., Fyhrquist, N., Hyöty, H., ... & Mäkelä, M. J. (2021). Immunological resilience and biodiversity for prevention of allergic diseases and asthma. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 76(12) 3613–3626. <https://doi.org/10.1111/all.14895>
- Haahtela, Tari. (2022). Biodiversity for resilience—What is needed for allergic children. *Pediatric Allergy and Immunology* 33(5) e13779. <https://doi.org/10.1111/pai.13779>
- Haahtela, Tari, Hanski, I., Von Hertzen, L., Jousilahti, P., Laatikainen, T., Mäkelä, M. J., ... Virtanen, S. (2017). Luontoaskel tarttumattomien tulehdustautien torjumiseksi. *Duodecim*, 133(1) 19–26.
- Hanski, I., Von Hertzen, L., Fyhrquist, N., Koskinen, K., Torppa, K., Laatikainen, T., ... Haahtela, T. (2012). Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(21) 8334–8339. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205624109>
- Kondrashova, A., Reunanen, A., Romanov, A., Karvonen, A., Viskari, H., Vesikari, T., ... & Hyöty, H. (2005). A six-fold gradient in the incidence of type 1 diabetes at the eastern border of Finland. *Annals of Medicine*, 37(1) 67–72. <https://doi.org/10.1080/07853890410018952>
- Lehtimäki, J., Karkman, A., Laatikainen, T., Paalanen, L., Von Hertzen, L., Haahtela, T., ... & Ruokolainen, L. (2017). Patterns in the skin microbiota differ in children and teenagers between rural and urban environments. *Scientific Reports* 7. 45651 <https://doi.org/10.1038/srep45651>
- Lehtimäki, J., Laatikainen, T., Karkman, A., von Hertzen, L., Haahtela, T., Hanski, I., & Ruokolainen, L. (2018b). Nature-oriented daycare diversifies skin microbiota in

- children—No robust association with allergies. *Pediatric Allergy and Immunology* 29(3) 318–321. <https://doi.org/10.1111/pai.12872>
- Lehtimäki, J., Sinkko, H., Hielm-Björkman, A., Salmela, E., Tiira, K., Laatikainen, T., ... Ruokolainen, L. (2018a). Skin microbiota and allergic symptoms associate with exposure to environmental microbes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115(19) 4897–4902. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719785115>
- Puhakka, R., Roslund, M., Grönroos, M., Soininen, L., Parajuli, A., & Sinkkonen, A. (2019). Luontopohjaisia ratkaisuja immuunijärjestelmän häiriöihin. *Alue ja ympäristö* 48(2) 106–111.
- Rakowska, M., Lichosik, M., Kacik, J., & Kalicki, B. (2016). The impact of the microbiota on human health. *Paediatrics and Family Medicine* 12(4) 404–412. <https://doi.org/10.15557/PiMR.2016.0040>
- Rook, G. A. (2013). Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(46) 18360–18367. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313731110>
- Roslund, M. I., Puhakka, R., Grönroos, M., Nurminen, N., Oikarinen, S., Gazali, A. M., ... & Sinkkonen, A. (2020). Biodiversity intervention enhances immune regulation and health-associated commensal microbiota among daycare children. *Science Advances* 6(42) eaba2578. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2578>
- Ruokolainen, L., Fyhrquist, N., Laatikainen, T., Auvinen, P., Fortino, V., Scala, G., ... Alenius, H. (2020). Immune-microbiota interaction in Finnish and Russian Karelia young people with high and low allergy prevalence. *Clinical and Experimental Allergy* 50(10) 1148–1158. <https://doi.org/10.1111/cea.13728>
- Ruokolainen, L., Von Hertzen, L., Fyhrquist, N., Laatikainen, T., Lehtomäki, J., Auvinen, P., ... Hanski, I. (2015). Green areas around homes reduce atopic sensitization in children. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology* 70(2) 195–202. <https://doi.org/10.1111/all.12545>
- Sinkkonen, A., Tahvonen, O., Puhakka, R., & Roslund, M. (2019). Viherpihalta terveyttä ja hyvinvointia: Kohti tervettä aikuisuutta (KOTA)—päiväkodin viherpihan vaikutus lasten

kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin (Kaupunkitutkimus ja metropolipolitiikkatutkimus ja yhteistyöohjelma. Helsingin yliopisto ja Hämeen ammattikorkeakoulu).

Turner, T. R., Ramakrishnan, K., Walshaw, J., Heavens, D., Alston, M., Swarbreck, D., ... & Poole, P. S. (2013). Comparative metatranscriptomics reveals kingdom level changes in the rhizosphere microbiome of plants. *The ISME Journal* 7(12) 2248–2258. <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.119>

Zhu, Y., & Penuelas, J. (2020). Changes in the environmental microbiome in the Anthropocene. *Global Change Biology* 26(6) 3175–3177. <https://doi.org/10.1111/gcb.15086>