

# strateginen TUTKIMUS



## **Biodiversity Interventions for Well-being (BIWE)**

**Tilannekuvaraportti 2021**



**SUOMEN AKATEMIA**

# 1. Tiivistelmä

Luonnon ja ihmisen hyvinvointi riippuvat toisistaan. Nykyisin on paljon tietoa tavoista, joilla ihminen heikentää luonnon hyvinvointia, kuten köyhdyttää monimuotoisuutta eli elonkirjoa. Samaten on runsaasti ymmärrystä siitä, millaisessa elinympäristössä ihminen voi hyvin. Sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla ei ymmärretä, millä tavoin luontoa tulee palauttaa tiheästi asutuille alueilla, jotta sekä luonnon että ihmisen hyvinvointi kasvavat mahdollisimman paljon ja kustannustehokkaasti.

BIWE – Biodiversiteetti-interventioilla hyvinvointia STN-rahoitteinen hanke pureutuu tämän ymmärryksen kasvattamiseen ja testaa ja kehittää keinoja, joilla varsinkin mikrobiologinen diversiteetti eli silmin näkymättömien elämänmuotojen kirjo turvaa sekä kaupunkiluonnon että ihmisen hyvinvointia. Koska kaupunkialueilla luonto on suurelta osin ihmisen muovaamaa, yksinkertaistamaa, BIWE-hankkeessa kehitetään keinoja lisätä elonkirjoa kaupunkeihin tavoilla, jotka lisäävät asukkaiden tietoista ja tahatonta luontokosketusta eli arkisia kontakteja luonnon kanssa. Hankkeessa keskitytään tarkasti rajatuille alueille ja elonkirjon köyhtymiselle erityisen herkkiin ihmisryhmiin.

BIWE-hankkeen päämäärä on, että hankkeen jälkeen yhteiskunnalla on käytössään tehokkaiksi tiedettyjä menetelmiä lisätä elonkirjoa tiheästi asutuille alueille tavoilla, jotka edistävät sekä luonnon että ihmisen hyvinvointia.

## 2. Yhteiskunnallinen haaste

### 2.1. Elonkirjon köyhtyminen ja ihmisen hyvinvointi

Dasguptan (2021) raportti toteaa elonkirjon (biodiversiteetin) olevan hyvinvoinnin edellytys. Nykyisin kaupunkialueiden elonkirjo on ihmisen voimakkaasti heikentämää ja monille vaikeasti saavutettavissa (Turner et al. 2004, Laforest-Lapointe et al. 2017, Dzhambov et al. 2020, Watkins et al. 2020, Haahtela et al. 2021). Nykyisin kaupunkilaiset tuovat sisätiloihin vähemmän silmin näkymätöntä elonkirjoa (mikrobiologista diversiteettiä) kuin maalla asuvat (Parajuli et al. 2018, 2020, Roslund et al. 2020). Luonto ja vehreys ovat kytköksissä henkiseen hyvinvointiin, vähäiseen immuunivälitteisten sairauksien esiintyvyyteen ja lukuisiin muihin terveyshyötyihin (Ojala et al. 2019, Haahtela et al. 2021, Nurminen et al. 2021). Tästä huolimatta astmaa ja allergista nuhaa esiintyy useimmin niillä kaupunkilaisilla, jotka asuvat puistojen lähistöllä (Parmes et al. 2019). Syy lienee käytöksessä (Selway et al. 2020); vain ne, jotka ovat läheisessä vuorovaikutuksessa, käytännössä suorassa tai epäsuorassa kosketuksessa, kaupunkiluontoon, hyötyvät kaupunkivihreästä täysimääräisesti, kun taas ne, jotka viihtyvät pääasiassa rakennetussa ympäristössä, saavat lähinnä kaupunkivihreästä peräisin olevia allergeeneja, kuten siitepölyä (Rojo et al. 2015, Kasprzyk et al. 2019). Koska yritykset

muuttaa väestön käytöstä ovat hitaita ja tavoittavat usein vain osan kohderyhmästä, yhteiskunnallinen haaste on suunnitella kaupunkitilat sellaisiksi, että koko väestö altistuu silmin näkymättömälle elonkirjolle riippumatta heidän käytöspreferensseistään. Erityisen haastava tilanne on niissä väestöryhmissä, joiden liikkuminen syystä tai toisesta rajoittuu kodin lähistöön tai joilla on suuri taipumus saada vakava sairaus, jonka esiintyvyys on kytköksissä elinympäristön vehreyteen (Nurminen ym. 2021).

## **2.2. Elonkirjon köyhtyminen ja kaupunkiluonnon hyvinvointi**

Toinen puoli yhteiskunnallista haastetta koskee luonnon hyvinvointia eli elonkirjon vaalimista ja erityisesti palauttamista. On yleisesti tunnettua, että maankäytön muutokset johtavat useimmiten elonkirjon köyhtymiseen. Nykyiset globaalit suojeluohjelmat kattavat luonnontilaiset ja lähes luonnontilaiset alueet (UNEP-WCMS 2018), kun taas tarve suojella ja ennallistaa (rewild englanniksi) kaupunkiluontoa elonkirjoa palauttamalla on tunnustettu vasta hiljakkoin (Watkins et al. 2020). On merkillepantavaa, että siinä missä uudenaikaiset metsien käsittelytavat ovat alkaneet lisätä Suomen taajamametsien elonkirjoa (Korhonen et al. 2020), rakennettujen alueiden keskellä sijaistavat viheralueet hoidetaan yhä useimmiten tavoilla, jotka minimoivat näiden alueiden elonkirjon ja siten vähentävät silmin näkymättömän elonkirjon päätymistä lähialueille ja sisätiloihin (Parajuli et al. 2018, Hui et al. 2019a). Tämän muuttaminen on yhteiskunnallisesti tärkeää ensinnäkin planeetan hyvinvoinnin kannalta ja toiseksi koska nykytietämyksen mukaan henkinen hyvinvointi ja immuunijärjestelmän toiminta paranevat luontoaltistuksen ollessa riittävä (Ojala et al. 2019, Haahtela et al. 2021). Näistä syistä elonkirjon lisääminen asutuille alueille lähivirkistysalueiden ohella on ensiarvoisen tärkeää.

## **2.3. BIWE-hankkeen konkreettiset vaikuttavuustavoitteet**

Sinkkosen, Rajaniemen ja Laitisen aiemmat tutkimukset elonkirjon lisäämiseksi kaupunkiluontoon ovat alan kansainvälistä huippua. Tutkimuskonsortio on identifioinut viisi tutkimushypoteesia, joihin vastaamalla hanke luo pohjan elonkirjon palauttamiselle kaupunkiympäristöön tavalla, joka lisää sekä luonnon että ihmisen hyvinvointia. Nämä tutkimussuunnitelmasta löytyvät hypoteesit voidaan muotoilla seuraaviksi vaikuttavuustavoitteiksi:

1. Kaupunki- ja pihasuunnittelusta kansallisella, alueellisella ja paikallisella tasolla vastaavat virkamiehillä ja yksityisillä toimijoilla on tietoa, miten tässä hankkeessa kehitetyt ja testatut biodiversiteetti-interventiot lisäävät kaupunkiluonnon silmin näkymättömää ja silmin näkyvää elonkirjoa.
2. Vaikuttavuustavoitteessa 1 mainitut ja ympäristö- ja terveystieteistä vastaavat tahot tietävät, miten biodiversiteetti-interventiot lisäävät kaupunkilaisten ja erityisen herkkien väestösegmenttien altistumista terveyteen myönteisesti kytköksissä olevalle luonnon pieneliöstölle eli silmin näkymättömälle elonkirjolle.

3. Viher- ja asuinalueiden sekä julkisten tilojen suunnittelijoilla ja toteuttajilla on käytössään tietoa, miten ihmiset suhtautuvat biodiversiteetti-interventioihin ja millaisiin biodiversiteetti-interventioihin suhtaudutaan erityisen myönteisesti.
4. Kasvatuksen ja terveyden ammattilaiset tietävät, miten biodiversiteetti-interventiot vaikuttavat henkiseen hyvinvointiin. Hankkeessa tutkitaan myös HLA-positiivisia korkean diabetesriskin lapsia. Vaikuttavuustavoite on, että näiden lasten sidosryhmät tutkimuksen päätyttyä tietävät, hidastaako silmin näkymättömälle elonkirjolle altistuminen tyypin 1 diabeteksen etenemistä.
5. Yhteiskunnan päättäjät, alan tutkijat ja tutkimustiedon hyödyntäjät osaavat nimetä keinoja ja teknisiä menetelmiä, joiden avulla ekonkirjoa kannattaa kustannustahokkaasti lisätä kaupunkialueille, ja yhdessä sidosryhmien kanssa luodaan periaatteet näiden menetelmien saattamiseksi osaksi kaupunkisuunnittelun valtavirtaa.

### 3. Tutkimuksen state-of-the-art

Kansalaisten terveyteen vaikuttaminen luontoaltistuksen yhdyskuntasuunnittelun avulla ei ole uusi idea. 1900-luvun alkupuolella sairaita ohjattiin metsissä sijaitseviin parantoloihin ja kaupunkisuunnittelun keskiössä oli eri toimintojen, kuten teollisuuden ja asumisen, eriyttäminen muun muassa terveydellisten syiden vuoksi. Jo sitä ennen suunnittelijat ymmärsivät vesi- ja viemäriverkostojen tärkeyden terveydelle. Myöhemmin erityisesti autoliikenteen melulta ja pakokaasuilta suojautuminen on ollut terveellisen kaupunkisuunnittelun ohjenuorana. Nykyään kaupunkisuunnittelu nähdään jopa ennaltaehkäiseväksi lääkkeeksi, joka käyttää apunaan muun muassa paikkatietopohjaisia indikaattoreita muutoksen seuraamisessa ja interventioiden sopeuttamisessa vaihtuviin olosuhteisiin (Corburn 2015).

Parin viime vuosikymmenen aikana tutkijat ovat alkaneet aiempaa enemmän sisäistää biodiversiteetin ja viherinfrastruktuurin keskeisen merkityksen kaupunkilaisten hyvinvoinnille. Tosin kansainväliset sopimukset ovat jo 1990-luvun alkupuolelta lähtien ohjanneet kaupunkisuunnittelijoita ja päättäjiä ottamaan luonnon monimuotoisuuden huomioon toiminnassaan (Elander et al. 2005). Tietoisuus biodiversiteetin tärkeydestä ei kuitenkaan ole aina johtanut tarvittaviin toimiin, vaan rakennettujen alueiden sisällä sijaitsevien puistojen ja pienten viheralueiden hoitokäytännöt ovat jopa voineet johtaa biodiversiteetin vähäisyyteen (Parajuli et al. 2018; Hui et al. 2019a).

Nykyisin vallalla olevan, niin kutsutun biodiversiteettihypoteesin mukaan kontaktit luonnonympäristön kanssa rikastuttavat ihmisen mikrobiomia ja voivat siten estää immuunivälitteisten sairauksien kehittymistä (Haahtela 2019, Haahtela ym. 2021). Valitettavasti kaupungistuminen on vähentänyt erilaisia mikrobiyhteisöjä ja ihmisen luontokontakteja (mm. Parajuli et al. 2018). Se onkin yksi tärkeimmistä syistä biodiversiteetin vähenemisessä. Tämä kehitys voi johtaa immuunivälitteisiin sairauksiin (Hanski et al. 2012). Toisaalta on osoitettu, että monipuolisen kasvillisuuden ja paljon mikrobeja sisältävän mullan lisääminen pihalle vahvistaa silmin näkymätöntä elonkirjoa, ihmisen mikrobiomia ja immuunisäätelyä (Roslund et

al. 2020, 2021; Parajuli et al. 2020; Hui et al. 2019b). Myös tyyppin 1 diabeteksen puhkeaminen voi lykkääntyä tai jopa estyä, jos lapsen kodin ympärillä on tarpeeksi silmin näkymätöntä elonkirjoa (Nurminen et al. 2021).

Lisäksi on olemassa näyttöä siitä, että kaupunkilaisilla on maaseudulla asuvia enemmän mielenterveyden ongelmia, kuten masennusta ja ahdistusta (Gruebner et al. 2017). Syyt tähän ovat moninaisia, joten niitä pystytään tutkimaan monin eri menetelmin. On esimerkiksi osoitettu, että analysoimalla julkisen kaupunkitilan typologioita, rakentamistehokkuutta ja katuverkoston ominaisuuksia voidaan ennustaa kaupungissa liikkuvien kokemaa urbaania stressiä (Knöll et al. 2018). Myös kasvilajien ja vähäisemmässä määrin lintulajien runsauden on todettu korreloivan positiivisesti kaupunkien viheralueilla liikkuvien psyykkiseen hyvinvointiin (Fuller et al. 2007). Toisaalta monet mekanismit, kuten fyysisen ympäristön vaikutukset neurofysiologiaan ja käyttäytymiseen, ovat vielä selvittämättä (Pinter-Wollman, Jelić & Wells 2018). On kuitenkin tiedossa, että asuinpaikka muokkaa ihmisen käyttäytymistä ja vaikuttaa hänen luontosuhteeseensa. Esimerkiksi tuoreessa suomalaisessa tutkimuksessa osoitettiin, että lyhyt etäisyys asunnosta vähintään keskikokoiselle viheralueelle lisää luonnonympäristössä liikkumista (Pyky et al. 2019).

**Taulukko 1. BIWE-hankkeeseen liittyvä state-of-the-art eli tiedon tämänhetkinen taso hankkeen alussa ja sen päättyessä vuonna 2026.** Taulukossa on vasemmalla nykytietämys, keskellä tavoite vuodelle 2027 ja oikeanpuoleisimpana suunnitellun julkaisun vuosi ja ensimmäinen tekijä.

State-of-the-art	BIWE State-of-the-art 2027	1. tekijä, vuosi
Viheralueilla on runsas mikrobisto (silmin näkymätön elonkirjo)	Ennallistaminen lisää tätä elonkirjoa myös ennallistettujen alueiden läheisyydessä	Roslund 2023
Maatalousympäristö on kytköksissä pieneen tyyppin 1 diabetesriskiin	Biodiversiteetti-interventioilla saadaan aikaan muutoksia geenien säätelyssä ja nämä muutokset viittaavat sairastumisriskin pienenemiseen	Nurminen 2024
Kunta, siirtonurmi ja viljelylaatikot lisäävät päiväkotien pihojen bakteeriyhteisöjen elonkirjoa	Biodiversiteetti-interventiot vahvistavat bakteerien, sienten ja muiden terveyteen myönteisesti assosioituvien mikrobien kirjoa kaupunkialueilla	Roslund 2024
Viheralueita hoitamalla lisätään kasvillisuuden miellyttävyyttä	Viheralueiden hoitokäytännöt lisäävät terveyteen myönteisesti vaikuttavaa mikrobistoa kaupunkialueilla	Tuhkanen 2024

Viheralueet lisäävät henkistä hyvinvointia	Viheralueiden hoitokäytännöt lisäävät henkistä hyvinvointia, mikä johtuu osin mikrobiston monipuolistumisesta	Ojala 2024
Maatalousympäristö on kytköksissä pieneen tyypin 1 diabetesriskiin	Biodiversiteetti-interventioilla voidaan hidastaa diabeteksen kehittymistä/vähentää sen riskiä	Laitinen 2026
Kaupunkimetsissä on runsas kääpäyhteisö	Biodiversiteetti-interventiot vahvistavat viheralueiden lahottajayhteisöjä	Jyske 2027
GIS on käytössä viheraluesuunnittelussa	GIS on käytössä terveyttä edistävää mikrobistoa sisältävien viheralueiden optimoinnissa	Amr 2027
Kansaiväliset suojelualueet turvaavat luonnon monimuotoisuutta	Biodiversiteetti-interventioiden avulla voidaan edistää Global Biodiversity Framework of Convention on Biological Diversity (CBD):n päämääriä	Roslund 2027
Mikrobiologisesti orientoituneita interventioita tehty	Biodiversiteetti-interventiot tukevat hyvinvointia kaupunkitasolla	Sinkkonen 2027

Tavoitteet ovat kytköksissä BIWE-hankkeeseen suunniteltuihin biodiversiteetti-interventioihin ja työpaketteihin. Jokainen tavoite tukee kokonaisuutta, jonka hankkeen johto summaa suomen- ja englanninkielisiksi katsauksiksi.

## 4. Monitieteinen yhteistyö

Kun tarkastellaan kaupunkien vihertämisen tutkimuskenttää, Sinkkoson, Rajaniemen ja Laitisen monitieteiset tutkimukset, joissa yhdistetään silmin näkymätön ja silmin näkyvä elonkirjo immuunivasteeseen ja kaupunkirakenteeseen ovat alan ehdottominta kärkeä. Ryhmä on julkaissut toistaiseksi ainoat kokeelliset tutkimukset, joissa maankäyttö, mikrobiologia ja immuunivaste ovat yhdessä manipuloinnin kohteena. Nyt alkaneessa BIWE-hankkeessa yhdistetään nämä tutkimusalat ympäristöpsykologiaan, puutarhateknologiaan ja puumateriaalin lahoamista koskevaan asiantuntemukseen maailmanlaajuisesti ainutkertaisella tavalla, jossa tarkastelukulmina ovat ihmisen ja kaupunkiluonnon samanaikainen hyvinvointi.

BIWE-hankkeessa eri tutkimusalojen edustajat suunnittelevat yhdessä biodiversiteetti-interventioita. Näiden vaikuttavuutta tarkastellaan sekä luonnon palauttamisen että ihmisen hyvinvoinnin näkökulmista. Tällöin keskeisessä roolissa ovat paitsi ympäristöön ja ihmiseen kohdistuvat mittaukset myös kyselyt, joilla

tarkastellaan tutkimukseen osallistuvien tahojen kokemuksia ja hyvinvointia. Mikrobiekologiaa ja kasviekologiaa puutarhatieteeseen yhdistämällä selvitetään, miten interventioalueet ja niiden ympäristö muuttuvat. Ihmisen mikrobiomia ja yhdessä osatutkimuksessa myös puolustusvatetta ja tyypin 1 diabeteksen etenemistä mittaamalla selvitetään, miten biodiversiteetti-interventio vaikuttaa ihmiseen. Tutkimuksessa tehdään yhteistyötä alan ulkomaisten ja kotimaisten huipputiimien kanssa. Nämä tiimit kattavat mikrobiekologian, kasviekologian, kaupunkisuunnittelun, ympäristöpsykologian ja lääketieteen. Suunnitelma on, että vuorovaikutus johtaa tutkimuksessa todennäköisesti eteen tulevien yllättävien löydösten ymmärtämiseen.

## 5. Vuorovaikutus ja vaikuttavuuden edistäminen

BIWE-hankkeessa keskeistä on tutkimustulosten vieminen käytäntöön kaikilla yhteiskunnan tasoilla. Siksi BIWE-hanke tekee yhteistyötä julkisen ja yksityisen sektorin toimijoiden kanssa. BIWE:n sidosryhmäyhteistyö kattaa lukuisia kaupunkisuunnitteluun liittyviä yrityksiä, paikallisen ja maakunta- ja valtakunnallisen tason viranomaisia. Lisäksi mukana on etujärjestöjä. Sidosryhmäyhteistyö kattaa suunnitteluun osallistumisen, tutkimuksen kulusta konsultoinnin ja tutkimustulosten implementoinnin. Nämä kaikki on kuvattu taulukossa 2.

**Taulukko 2. Sidosryhmäpartnerit ja heidän roolinsa / kiinnostuksensa.**

Sidosryhmäryhmä	Partneri	Päärooli
<b>A. Interventiokumppanit</b>		
Kaupungit	Helsinki, Lahti, Tampere: Finlayson-alue, Kaarina	Tutkimusalueiden tarjoaminen ja suunnitteluun osallistuminen
Hyvinvointiin keskittyvät järjestöt	Autismisäätiö, Folkhälsan	Tutkimusalueiden tarjoaminen ja suunnitteluun osallistuminen
Kiinteistöalan toimijat	Varma (Finlayson District), Design- ja arkkitehtuurimuseo	Tutkimusalueiden tarjoaminen ja suunnitteluun osallistuminen
Lääketieteellinen partneri	DIPP – Diabetes prediction and prevention study	HLA-DQ perheiden rekrytointi

<b>B. Yritykset</b>		
Yhdyskuntasuunnittelijat	Ramboll, Sitowise	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
Kasvualustat	Biolan, Uute Scientific	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
Taimistot	Puutarha Tahvoiset	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
Viheraluesuunnittelijat	VRJ, Omatarhuri	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
Sienialan yritykset	Kääpä Biotech	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
Leikkikenttöalan yritykset	Lappset	Kiinnostus laajan skaalan ratkaisujen kehittämstä kohtaan
<b>C. Viranomaiset, päättäjät, vaikuttajat</b>		
Ministeriöt	YM, MMM	YK-, EU- and kansallisten päämäärien projektiin integroinnissa avustaminen
Maakuntatason viranomaiset	AVI Uusimaa	YK-, EU- and kansallisten päämäärien



		projektiin integroinnissa avustaminen
Viherinfran kehittäjät	The Finnish Association of Landscape Industries, Wild Zone NGO, EKO-SAFA (sustainable development by Architects)	Vuorovaikutus viherinfran ammattilaisten kanssa
Kiinteisöalan toimijat	Neljä paikallista isännöintiyhdistystä	Vuorovaikutus isännöitsijöiden ja näihin liittyvän lainsäädännön laatijien kanssa
Ihmisen hyvinvointia edistävät järjestöt	FinFami - Finnish Central Association of Families of People with mental illness	Vuorovaikutus suuren yleisön ja päättäjien kanssa
<b>D. Tieteellisen ohjausryhmän (SAB) professorijäsenet</b>		
Microbial ecology	Gabrielle Berg , Technische Universität Graz	Tieteellinen asiantuntemus BIWE-kontekstissa
Human wellbeing	Mathilda van den Bosch, IS Global, Spain	Tieteellinen asiantuntemus BIWE-kontekstissa
Paediatrics, immunology	Susan Prescott, Univ. Western Australia	Tieteellinen asiantuntemus BIWE-kontekstissa
Plant functional ecology	Christian Messier, Univ. du Québec à Montréal	Tieteellinen asiantuntemus BIWE-kontekstissa
Urban planning	Ola Nylander, Chalmers University, Gothenburg	Tieteellinen asiantuntemus BIWE-kontekstissa
<b>E. Media, viestintä</b>	Mediat	
Ammattilaisilla suunnattu viestintä	Lehdet: Viherympäristö, Puutarha&Kauppa; BIWE Twitter + www.biwe.fi, BIWE symposiot (vuodet 3 & 6), tieteelliset tapaamiset, vertaisarvioidut julkaisut	

Isännöitsijöille suunnattu	Kiinteistö-magazines of Real Estate Associations + BIWE Twitter ja nettisivut	
Yleinen viestintä	Uutiset painetussa ja sähköisessä mediassa, sosiaalinen media	

## Kirjallisuus:

Corburn 2017. City planning as preventive medicine.  
DOI:10.1016/j.ypped.2015.04.022

Dasgupta, P. 2021. The economics of biodiversity: the Dasgupta review: full report. (HM Treasury, 2021).

Dzhambov, Angel M. 2020. Analytical approaches to testing pathways linking greenspace to health: A scoping review of the empirical literature. *Environmental Research*, Volume 186, 109613.  
DOI:10.1016/j.envres.2020.109613.

Elander et al. 2005. Biodiversity in Urban Governance and Planning: Examples from Swedish Cities. DOI:10.1080/14649350500208910

Fuller et al. 2007. Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. DOI:10.1098/rsbl.2007.0149

Gruebner et al. 2017. Cities and mental health.  
DOI:10.3238/arztebl.2017.0121

Haahtela 2019. A biodiversity hypothesis. DOI:10.1111/all.13763

Haahtela et al. 2021. Immunological resilience and biodiversity for prevention of allergic diseases and asthma. *Allergy*, DOI: 10.1111/all.14895

Hanski et al. 2012. Environmental Biodiversity, Human Microbiota, and Allergy Are Interrelated. DOI:10.1073/pnas.1205624109

Hui et al. 2019a. Diverse Environmental Microbiota as a Tool to Augment Biodiversity in Urban Landscaping Materials. DOI:10.3389/fmicb.2019.00536

Hui et al. 2019b. Temporal variation in indoor transfer of dirt-associated environmental bacteria in agricultural and urban areas.  
DOI:10.1016/j.envint.2019.105069

Kasprzyk, I. et al. 2019. Allergenic pollen concentrations in the air of urban parks in relation to their vegetation. *Urban For. Urban Green*. 46, 126486.  
DOI:10.1016/j.ufug.2019.126486

Knöll et al. 2018. A tool to predict perceived urban stress in open public spaces. DOI:10.1177/0265813516686971

Korhonen, A. et al. 2020. Stand characteristics and dead wood in urban forests: Potential biodiversity hotspots in managed boreal landscapes. *Landsc. Urban Plan*. 201, 103855. DOI:10.1016/j.landurbplan.2020.103855

Laforest-Lapointe, I., Paquette, A., Messier, C. & Kembel, S. W. 2017 Leaf bacterial diversity mediates plant diversity and ecosystem function relationships. *Nature* 546, 145–147.

- Nurminen et al. 2021. Land Cover of Early-Life Environment Modulates the Risk of Type 1 Diabetes. DOI:10.2337/dc20-1719
- Ojala, A., Korpela, K., Tyrväinen, L., Tiittanen, P., Lanki, T., 2019. Restorative effects of urban green environments and the role of urban-nature orientedness and noise sensitivity: A field experiment. *Heal. Place* 55, 59–70. DOI: 10.1016/j.healthplace.2018.11.004
- Parajuli et al. 2018. Urbanization Reduces transfer of diverse environmental microbiota indoors. DOI:10.3389/fmicb.2018.00084
- Parajuli et al. 2020 Yard vegetation is associated with gut microbiota composition. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.136707
- Parmes, E. et al. 2020. Influence of residential land cover on childhood allergic and respiratory symptoms and diseases: Evidence from 9 European cohorts. *Environ. Res.* 183, 108953. DOI:10.1016/j.envres.2019.108953
- Pinter-Wollman, Jelić & Wells 2018. The impact of the built environment on health behaviours and disease transmission in social systems. DOI: 10.1098/rstb.2017.0245
- Pyky et al. 2019. Individual and environmental factors associated with green exercise in urban and suburban areas. DOI:10.1016/j.healthplace.2018.11.001
- Rojo, J. et al. 2015. Effect of land uses and wind direction on the contribution of local sources to airborne pollen. *Science of the Total Environment*, 538, 672-682.
- Roslund et al. 2020. Biodiversity intervention enhances immune regulation and commensal microbiota among daycare children. DOI:10.1126/sciadv.aba2578
- Roslund et al. 2021. Long-term biodiversity intervention shapes health-associated commensal microbiota among urban day-care children. *Environment International* DOI: 10.1016/j.envint.2021.106811
- Selway, C.A. et al. 2020. Transfer of environmental microbes to the skin and respiratory tract of humans after urban green space exposure. *Environ. Int.* 145, 106084. DOI:10.1016/j.envint.2020.106084
- Turner W. et al. 2004. Global urbanization and the separation of humans from nature. - *Bioscience* 54(6): 585-590.
- UNEP-WCMC. 2018 United Nations List of Protected Areas. Supplement on protected area management effectiveness. UNEP-WCMC: Cambridge, UK.
- Watkins, H. et al. 2020. Microbiome-Inspired Green Infrastructure: A Toolkit for Multidisciplinary Landscape Design. *Trends Biotechnol.* 38, 1305–1308. DOI:10.1016/j.tibtech.2020.04.009