

KATSAUSARTIKKELI Suom Lääkäril 2025;80:e43604, www.laakarilehti.fi/e43604

## Ilmastonmuutos muovaa siitepölykautta

- Ilmastonmuutos ja maankäytön muutokset ovat vaikuttaneet merkittävästi siitepölykauteen Suomessa viime vuosikymmenten aikana. Kausi on pidentynyt ja siitepölyn määrä kasvanut.
- Koivu sekä sen lähisukuiset pähkinäpensas ja leppä kukkivat yhä varhemmin. Paikallista kukintaa edeltävät kaukokulkeumat ovat tavallisia.
- Vahvasti allergeenistä tuoksukin siitepölyä kantautuu Suomeen nykyään vuosittain elo-syyskuussa, joskus vielä lokakuussa.

Anna-Mari Pessi, Annika Saarto, Maria Louna-Korteniemi 25.3.2025 09.35



VERTAISARVIOITU  
KOLLEGIALT GRANSKAD  
PEER-REVIEWED  
www.tsv.fi/tunnus



Kuuntele

Suomessa on tehty ilman siitepölyseurantaa vuodesta 1974. Siitepölytiedottajien työ oli 1970-luvulla suhteellisen helppoa, sillä vain koivu ja leppä olivat relevantteja ennen kesän heinän ja pujon kautta. Kausi myös määrittyi melko selkeästi maaliskuusta elokuun lopulle.

Nykyään siitepölykauden kesto vaihtelee enemmän niin keväisin kuin syksyisin. Syynä on osin heikko talvi, osin maan rajojen ulkopuolelta tulevat kaukokulkeumat.

Teollisuuden ja fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästöt ovat yli kolminkertaistuneet 50 vuodessa (1). Hiilidioksidipitoisuuden suureneminen ja ilmaston lämpeneminen lisäävät kasvien kasvua ja biomassaa. Toisaalta maaperän kuivuusjaksot, ilmankosteus, hyönteis- ja tautituhot sekä sään ääri-ilmiöt lisääntyvät.

Pohjoisen pallonpuoliskon pisimpiä siitepölyseurantoja hyödyntänyt tutkimus vuodelta 2019 osoitti, että ilmaston lämpenemisellä on selvä yhteys ilmassa leviävän allergeenisen siitepölyn runsastumiseen ja pidentyneisiin siitepölykausiin (2). Tutkimuksen Suomen pisteissä siitepölykaudet olivat aikaistuneet merkittävästi (Turku, tarkastelujakso 42 v,  $p < 0,001$ ; Kevo, tarkastelujakso 38 v,  $p < 0,014$ ). Turussa myös vuosittaiset siitepölymäärät (kumulatiivinen siitepölykertymä) olivat kasvaneet ( $p = 0,011$ ).

Suomessa siitepölykauden vahvistumisen takana ovat ilmastonmuutoksen perustekijät mutta myös metsätalouden vaikutus puustoon ja kaukokulkeumat lähialueilta. Lisäksi kaupungistuminen muuttaa kasvillisuutta.

Tässä artikkelissa valotamme allergikoille olennaisia muutoksia siitepölyjen kausissa ja määrissä. Tiedot on hyvä päivittää potilastyötä ajatellen.

# Koivu, pähkinäpensas ja leppä kukkivat yhä aiemmin

Koivukasvien (Betulaceae) kukinnan alku riippuu lämpötilasta. Aikaistuneet kukinta-ajat eivät siten ole yllätys. Keskieurooppalaisessa tutkimuksessa pähkinäpensaankukinta oli aikaistunut 10 vuodessa noin 9 vuorokautta, tervalepän 10,5 ja rauduskoivun 6,5 (3).

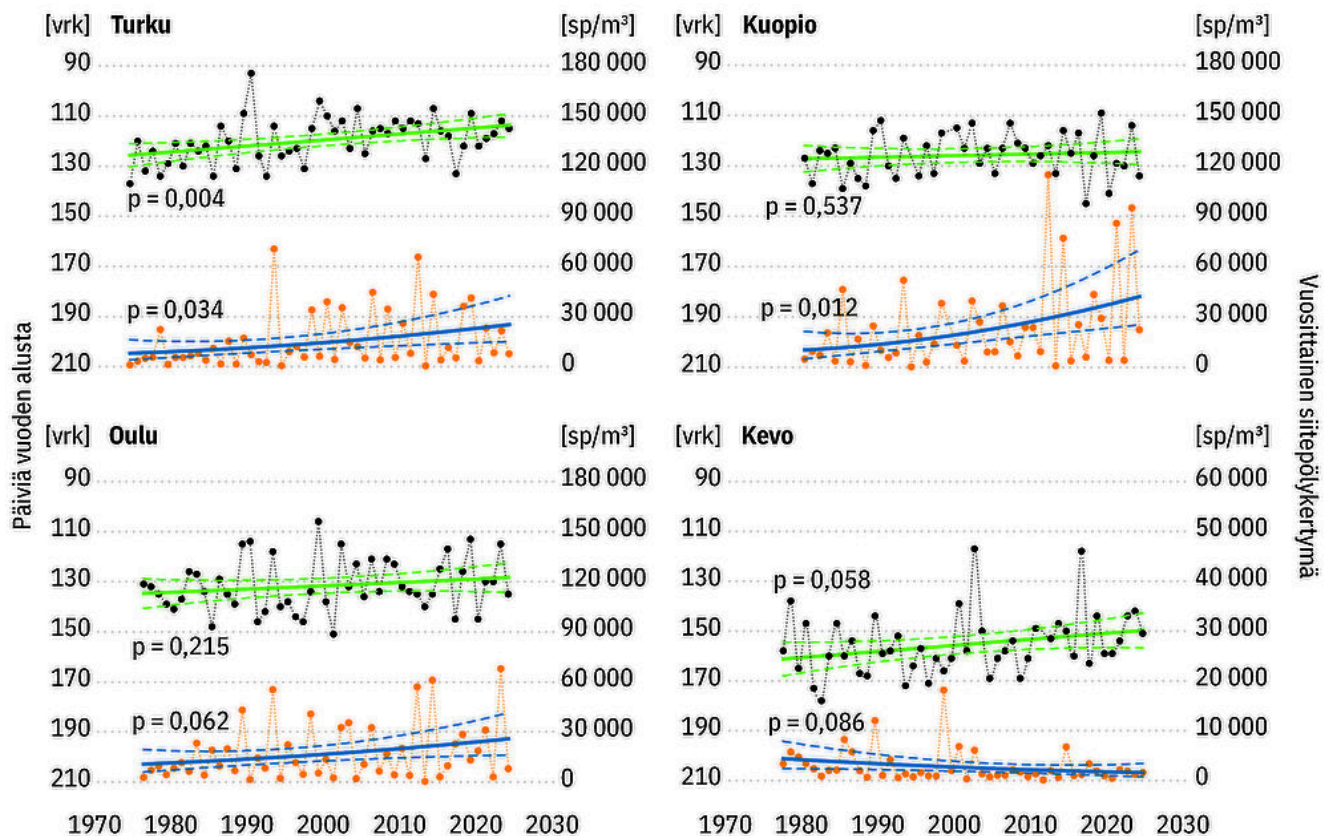
Pohjoisessa Keski-Euroopassa pähkinäpensas (*Corylus avellana*) hyötyy pidemmästä kasvukaudesta. Sen siitepöly on lisääntynyt alueella merkittävästi, erityisesti 2010-luvun jälkeen (4). Vaikka Suomen kasvuolot ovat lajille suotuisat edelleen vain maan eteläosissa, on allergikon kannalta tilanne muuttunut. Vuoteen 1989 asti pähkinän siitepölyä havaittiin maaliskuussa pieniä määriä paikallisen kukinnan aikaan (5). 1990-luvulta alkaen kaukokulkeutunutta siitepölyä on mitattu toistuvasti helmikuussa, parina vuonna jopa tammikuussa. 2020-luvulla pähkinän kaukokulkeumat ovat olleet Suomessa toistuvasti runsaita (6).

Myös leppien (*Alnus*) siitepöly on lisääntynyt Pohjois-Euroopassa (4). Suomessa yhdenmukaista trendiä ei ole havaittavissa, joskin määrät ovat useimmissa seurantapisteissä kasvaneet 1990-luvulta lähtien (6).

Tärkeimpiä allergiakasveja Suomessa ovat koivut (*Betula*). Niiden siitepölykausi on aikaistunut ja vahvistunut Suomessa. Turussa ja Utsjoella kausi on aikaistunut 2,4 vuorokautta 10 vuodessa, ja kausien voimistuminen näkyy muualla paitsi Lapissa (kuvio 1) (6).

KUVIO 1.

## Koivun siitepölykauden vuosittainen alku ja voimakkuus Suomen pisimmissä aikasarjoissa



Musta piste osoittaa siitepölykauden alun ja oranssi voimakkuuden. Kauden alku on määritetty Euroopan Akatemian (European Academy of Allergy and Clinical Immunology, EAACI) suosituksen mukaisesti (vuoden ensimmäinen päivä, jolloin siitepölyn määrä  $\geq 10$  sp/m<sup>3</sup>, ja saman viikon aikana on korkeintaan 2 päivää, jolloin siitepölyn määrä  $< 10$  sp/m<sup>3</sup>; lisäksi näiden viiden laskettavan päivän yhteen laskettu siitepölymäärä  $\geq 100$  sp/m<sup>3</sup>) (44). Siitepölykauden voimakkuus eli vuosittainen kumulatiivinen siitepölykertymä on laskettu vuorokausikeskiarvojen summana (sp/m<sup>3</sup> = siitepölyhiukkas-  
ta kuutiometrissä ilmaa).

Yhtenäinen vihreä viiva osoittaa kauden alun muutostrendin ja sininen siitepölykertymän trendikehityksen tarkastelujakson aikana. Trendien 95 %:n luottamusvälit on osoitettu katkoviivoin ja tilastollinen luotettavuus (p) esitetty kuvaajan vieressä. Trendimalli tehtiin SAS-ohjelmiston Glimmix-proseduurilla. Aineistolähde (6).

Koivun siitepölyn määriin vaikuttaa myös maankäyttö. Kun siitepölyseuranta Suomessa alkoi 1970-luvulla, oli koivumetsien määrä pienimmillään sitten tilastoinnin alun 1920, koska koivua pidettiin hukkapuuna (7). Peltojen metsitys, jalostustyö sekä metsänhoitoon ja ilmastonmuutokseen liittyvä kasvun voimistuminen ovat lähes kaksinkertaistaneet (88 %) koivupuuston Suomessa (7,8). Tämä osin selittää siitepölyn määrien kasvun.

Lisäksi arvioidaan, että koivun siitepölyn kaukokulkeumien merkitys on suuri. Varsinkin Venäjällä Suomen kaakkoispuolella kasvaa runsaasti koivumetsiä (9).

Koivujen ennakoitaan sopeutuvan paremmin ilmastonmuutoksen negatiivisiin vaikutuksiin, kuten maaperän kuivuusjaksoihin ja hyönteistuhoihin (10). Ajoittain erittäin runsaat koivun siitepölymäärät pysyvät jatkossakin allergikkojen harmina keväisin.

## Väheneekö heinän ja pujon siitepöly?

Heinien (Poaceae) siitepölykausi syntyy kymmenien heinälaajien kukintakausista. Pitkällä aikavälillä ei ole todettu muuttuvaa trendiä kukinnan ajoituksessa tai siitepölyn määrissä Isossa-Britanniassa tai Espanjassa (11,12). Ranskassa kauden intensiteetti on vähentynyt (13). Yleisesti silti arvellaan, että ilmastonmuutoksen aiheuttama kuivuus ja kuumuus alkavat jossain vaiheessa rajoittaa heinien kasvua ainakin Euroopan lämpimimmillä alueilla (14). Suomessa näin tuskin vastaavasti käy.

Pujoa (*Artemisia vulgaris*) esiintyy Euroopassa laajalti, erityisesti lauhkeassa ilmastossa. Useita maita kattaneet aikasarja-aineistot ovat osoittaneet pujon vuosittaisen siitepölykertymän vähentyneen (15,16).

Heinien ja pujon kukinnot sijaitsevat matalammalla kuin puuvartisten kasvien. Niiden siitepölyjen leviämispotentiaali on siten pienempi (17). Tiiviiltä kaupunkialueilta mitattaviin heinien siitepölymääriin vaikuttavat todennäköisesti heinäkasvustoja rajaavat kaupunkiympäristön ominaispiirteet, kuten niittymäisen tai muun avoimen pinta-alan väheneminen ja paine hoitaa viherympäristöjä (18,19). Nämä selittänevät osin myös pujon siitepölyn vähenemistä. Pioneerikasvina pujo lisäksi valtaa avointa maata. Näin ollen valmiiksi rakennettujen kaupunkiympäristöjen mittauspisteissä siitepölyn määrä vähenee.

Ilmastonmuutoksen tutkimus on heinien osalta keskittynyt pitkälti vilja- ja rehulajeihin. Suomessa viljeltävistä viljoista merkitystä on lähinnä runsaasti siitepölyä ilmaan tuottavalla rukiilla (*Secale cereale*). Lauhkean ilmaston lajina ruis voi kärsiä ilmaston lämpenemisestä ja sään ääri-ilmiöistä, vaikkakin lienee mahdollista jalostaa näitä muutoksia kestäviä lajikkeita (20).

Suomessa toteutetussa kokeellisessa tutkimuksessa hiilidioksidin lisääntymisen ja lämpötilan nousun on todettu lisäävän Suomessa tärkeimmän allergiaheinän timotein siitepölyä (21).

Ilmastonmuutos mahdollistaneehumaisissa (*Zea mays*) kannattavan viljelyn myös Etelä-Suomessa vuosisadan loppupuolella (22). Suurikokoisena maissin siitepöly ei leviä kauas, joten allergianäkökulmasta sillä on merkitystä lähinnä viljelijän työterveyteen (23).

Säilörehuksi käytettävä heinä korjataan ennen kukintaa, mikä todennäköisesti vähentää ilman siitepölymääriä.

## Tuoksukki venyttää siitepölykautta loppupäästä

Tuoksukki (*Ambrosia artemisiifolia*) on viime vuosina alkanut saada huomiota Suomessa allergiakasvina. Laji levisi Eurooppaan Pohjois-Amerikasta 1900-luvun alussa. Runsaimmat esiintymät Euroopassa ovat Unkarissa, Ukrainassa, Pohjois-Italiassa ja Etelä-Ranskassa. Pohjoisimmat vakiintuneet populaatiot löytyvät Tanskasta, mutta kasvi näyttää olevan vakiintumassa myös Ruotsin ja Baltian eteläosiin (24).

Suomeen tuoksukin siemeniä kulkeutuu esimerkiksi lintujen talviruokinnassa käytettyjen siemenseosten mukana. Kasvia tavataan täällä vuosittain muutamia tai muutamia kymmeniä yksilöitä. Ilmaston muuttuessa on mahdollista, että tuoksukki ehtii kasvukautensa aikana lisääntyä myös Suomessa (25).

Herkimmät voivat saada oireita jo hyvin pienistä määristä tuoksukin siitepölyä (25). Yhtenäistä oirekynnysarvoa ei ole määritelty, mutta kirjallisuudessa on esitetty rajaksi 5–20 siitepölyhiukkasta kuutiometrissä ilmaa (sp/m<sup>3</sup>) (26). Tuoksukin ydinalueilla hiukkasia on kukinta-aikana useita satoja ilmakeuutiometriä kohden (27). Esiintymisalueillaan tuoksukki onkin yksi pahimpia siitepölyallergian aiheuttajia (28).

Yleiseurooppalaisessa vuosina 2006–2007 toteutetussa 14 maan tutkimuksessa herkistymisen esiintyvyys (standardoitu herkistyneiden osuus ihopistokokeella mitattuna) vaihteli voimakkaasti. Unkarissa se oli jopa 53,8 %, Tanskassa 17,1 %. Ainoastaan Suomessa esiintyvyys (2,3 %) alitti merkittävyttä osoittavan rajan 2,5 % (29,30). Tuoksukin siitepölyn kaukokulkeumatilanne Suomessa on kuitenkin muuttunut aivan viime vuosina.

Suomeen ensimmäiset kaukokulkeumat saapuivat 1990-luvulla, mutta asiaan havahduttiin vasta 2000-luvun alkuvuosina. 2020-luvulla kulkeumia tulee vuosittain, suurin osa elokuun lopussa ja syyskuun alkupuoliskolla, tyypillisesti vasta kun pujan kukinta on hiipumassa. Kaukokulkeumia voi kuitenkin tulla jo heinä-elokuun vaihteessa ja satunnaisesti vielä lokakuussakin.

Suomessa tuoksukin siitepölyn määrä on yleensä alle 5 sp/m<sup>3</sup> ja ylittää vain silloin tällöin 20 sp/m<sup>3</sup>. 60 hiukkasta ilmakeuutiometriä kohden on ylittynyt muutaman kerran. Vuonna 2024 siitepölyä kulkeutui maahan runsaasti noin kahden viikon ajan, jolloin sitä havaittiin Utsjoella asti yli 10 sp/m<sup>3</sup> useana päivänä. Turussa ja Imatralla vuosittainen kertymä ylitti 200 sp/m<sup>3</sup>, enemmän kuin kertaakaan aiemmin (5,6).

Koska pujan ja tuoksukin allergeenit ovat samankaltaisia, pujoallergikot voivat saada tuoksukin siitepölystä oireita muita herkemmin (26,31). Erityisesti pujoallergikkojen on hyvä huomioida tuoksukin siitepöly matkaillessaan loppukesällä Euroopan tuoksukialueilla. Suomeen näiltä alueilta saapuneet maahanmuuttajat saattavat saada tuoksukin siitepölystä oireita herkemmin kuin valtaväestö.

## Muun Euroopan tilanne

Matkailu voi altistaa sellaiselle allergisoivalle siitepölylle, jota ei Suomessa tavata tai jonka määrät ja kaudet ovat erilaisia kuin omassa asuinympäristössä. Toisaalta Euroopasta Suomeen saapuneilla siitepölyallergisilla voi olla erilainen altistus- ja herkistymistäusta.

Tärkeimmät Euroopassa kasvavat siitepölyallergiaa aiheuttavat kasvit olemme koonneet taulukkoon 1. Taulukossa on hyvä huomata, että koivu-, leppä- ja pähkinäpensasallergikot voivat reagoida myös muiden Fagales-lahkon puiden siitepölyyn (32). Ilmaston lämmetessä kuivuus voi rajoittaa näiden puiden kasvua tietyillä eteläisen ja lounaisen Euroopan alueilla. Läntisellä havumetsävyöhykkeellä kasvu sen sijaan voimistuu (33).

## TAULUKKO 1.

# Allergologisesti tärkeimpien kasvien karkeat pääkukinta-ajat Euroopassa

		Pohjois-Eurooppa	Keski-Eurooppa	Etelä-Eurooppa	
<b>Puut</b>					
Fagales	Betulaceae	Koivut ( <i>Betula</i> )	huhti–kesä	huhti–touko	huhti
		Lepät ( <i>Alnus</i> )	helmi–huhti	helmi–maalis	tammi–helmi
		Pähkinäpensaat ( <i>Corylus</i> )	helmi–huhti	tammi–maalis	tammi–helmi
		Valkopyökkit ( <i>Carpinus</i> )		maalis–huhti	huhti
	Fagales	Tammet ( <i>Quercus</i> )	huhti–kesä	huhti–touko	maalis–touko
		Kastanjat ( <i>Castanea</i> )		kesä–heinä	kesä–heinä
Pyökkit ( <i>Fagus</i> )		huhti–touko	huhti–touko	huhti–touko	
Oleaceae	Oliivit ( <i>Olea</i> )			huhti–kesä	
	Sypressit ( <i>Cupressus</i> )			helmi–maalis	
<b>Ruohovartiset</b>					
	Heinät ( <i>Poaceae</i> )	touko–elo	touko–heinä	huhti–heinä	
	Pujo ( <i>Artemisia</i> )	heinä–elo	heinä–elo		
	Tuoksukki ( <i>Ambrosia</i> )	elo–syys	elo–syys	elo–syys	

(45–47)

Öljypuukasveihin (Oleaceae) kuuluva oliivi on tärkein siitepölyallergian aiheuttaja Välimeren seudulla, missä sitä kasvaa yli kymmenen miljoonan hehtaarin alueella (34). Sen lisääntynyt viljely on voimistanut siitepölykausia viime vuosikymmenten aikana (35). Lämpötilan ja sademäärän muutosten oletetaan vaikuttaneen samoin (36).

Oliivin aiheuttama oirekynnys on 400 sp/m<sup>3</sup> (37). Se ylittyy kasvin päälevinneisyysalueella kukinnan huippuaikaan yleensä moninkertaisesti.

Sypressin levinneisyys kattaa Euroopassa Välimeren alueen, missä kesät ovat kuivia ja kuumia sekä talvet kosteita. Kasvin siitepölyn määrä on kasvanut viime vuosikymmeninä, ja myös allergia on tutkimusten mukaan lisääntymässä (38,39).

Suomessa oliivi- ja sypressiallergeeneille herkistymisen esiintyvyys on hyvin vähäistä (29). Sypressikasveihin kuuluvia katajaa (*Juniperus communis*) tai tuijaa (*Thuja*) ei myöskään lueta Suomessa allergiakasveiksi.

## Ilmastonmuutoksen nettovaikutusta vaikea arvioida

Kuten edellä on käynyt ilmi, ilmastonmuutos on pääasiassa lisännyt altistumista allergeeniselle siitepölylle. Asia ei kuitenkaan ole näin yksioikoinen, vaan ilmastonmuutoksella on myös haitallisia vaikutuksia kasvien kasvuun ja kukintaan. Se mikä on eduksi yhdelle kasvilajille tai -suvulle, voikin olla haitaksi toiselle. Myös maankäytön muutoksilla on merkitystä.

Lisäksi ilmastonmuutoksen keskeiset parametrit, lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus, voivat vaikuttaa eri allergeenien tuottoon eri tavoin. Kokeellisesti on todettu korkeamman lämpötilan lisäävän koivun siitepölyn pääallergeenin Bet v 1 -pitoisuutta (40), samoin tuoksukin (41). Tammen siitepölytuottoa ja allergeenipitoisuutta on saatu suuremmiksi kammiokokeessa lisäämällä hiilidioksidin määrää (42).

Toisaalta todellisesta ympäristöstä mitattuna Bet v 1 -määrät on todettu suuremmiksi, kun alue tai vuosi on viileämpi ja kuivempi (43).

Oman kerroksensa kokonaisuuteen tuo ihminen itse. Tiedetään, että väestötasolla siitepölyallergeeneihin reagoimisessa on maantieteellisiä eroavaisuuksia (44).

Väestöpohjan ja ilmaston muuttuessa siitepölyallergian suuntaa on hankala ennustaa.

*Käsikirjoitukseen liittyvä rahoitus: Suomen Akatemia, Ilmastonmuutos ja terveys (Clihe) – Aeroallergeenit ja immunologinen valmius tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa (All-impress).*

## Kirjoittajat

Anna-Mari Pessi  
FM, erikoistutkija

Annika Saarto  
dosentti, yliopistotutkija

Maria Louna-Korteniemi  
FM, projektitutkija

Turun yliopiston biodiversiteettiyksikkö

## Sidonnaisuudet

Anna-Mari Pessi: Työsuhde (Suomen Akatemia).

Annika Saarto: Työsuhde (Suomen Akatemia), matka-, majoitus- tai kokouskulut (Suomen Akatemia).

Maria Louna-Korteniemi: Työsuhde (Suomen Akatemia).

---

## Kirjallisuutta

- 1 Global Change Data Lab. Cumulative CO<sub>2</sub> emissions by world region (siteerattu 19.2.2025). <https://ourworldindata.org/grapher/cumulative-co2-emissions-region?stackMode=absolute>
- 2 Ziska L, Makra L, Harry S ym. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis. *Lancet Planet Health* 2019;3:e124–31. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30015-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30015-4)
- 3 Picornell A, Smith M, Rojo J. Climate change related phenological decoupling in species belonging to the Betulaceae family. *Int J Biometeorol* 2023;67:195–209. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02398-9>
- 4 de Weger L, Bruffaerts N, Koenders M ym. Long-term pollen monitoring in the Benelux: evaluation of allergenic pollen levels and temporal variations of pollen seasons. *Front Allergy* 2021;2:676176. <https://doi.org/10.3389/falgy.2021.676176>
- 5 Turun yliopisto. Siitepölyseuranta. Siitepölytiedotteet 2000–2024.
- 6 Turun yliopisto. Siitepölyseurannan kertyvä data 1974–2024.

- 7 Laine, J. Metsästä yhteiskuntaan: Metsäntutkimuslaitos 1917–2012. Luonnonvarakeskus ja Metsäkustannus oy, 2017. <http://hdl.handle.net/10138/329486>
- 8 Luonnonvarakeskus. Puuston tilavuus metsä- ja kitumaalla puulajeittain (siteerattu 15.11.2024). <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsavarat>
- 9 Jantunen J, Saarinen K. Siitepölyä ilmassa! Allergiaa aiheuttavat siitepölyt Suomessa 1980–2015. Imatra: Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinstituutti, 2017.
- 10 Oksanen E. Birch as a model species for the acclimation and adaptation of northern forest ecosystem to changing environment. *Front For Glob Change* 2021;4:682512. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.682512>
- 11 Adams-Groom B, Selby K, Derrett S ym. Pollen season trends as markers of climate change impact: *Betula*, *Quercus* and *Poaceae*. *Sci Tot Environ* 2022;831:154882. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154882>
- 12 Ruiz-Valenzuela L, Aguilera F. Trends in airborne pollen and pollen-season-related features of anemophilous species in Jaen (South Spain): A 23-year perspective. *Atmos Environ* 2018;180:234–43. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2018.03.012>
- 13 Besancenot J, Sindt C, Thibaudon M. Pollen et changement climatique. Bouleau et graminées en France métropolitaine. *Rev Fr Allergol* 2019;59:563–75. <https://doi.org/10.1016/J.REVAL.2019.09.006>
- 14 Lecain DR, Morgan JA, Mosier AR, Nelson JA. Soil and plant water relations determine photosynthetic responses of C3 and C4 grasses in a semi-arid ecosystem under elevated CO<sub>2</sub>. *Ann Botany* 2003;92:41–52. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg109>
- 15 Ziello C, Sparks TH, Estrella N ym. Changes to airborne pollen counts across Europe. *PLoS One* 2012;7:e34076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034076>
- 16 Spieksma F, Corden J, Detandt M ym. Quantitative trends in annual totals of five common airborne pollen types (*Betula*, *Quercus*, *Poaceae*, *Urtica*, and *Artemisia*), at five pollen-monitoring stations in western Europe. *Aerobiologia (Bologna)* 2003;19:171–84. <https://doi.org/10.1023/B:AERO.0000006528.37447.15>
- 17 Rantio-Lehtimäki A, Helander ML, Pessi A-M. Circadian periodicity of airborne pollen and spores; significance of sampling height. *Aerobiologia (Bologna)* 1991;7:129–35. <https://doi.org/10.1007/BF02270681>
- 18 Jetschni J, Jochner-Oette S. Spatial and temporal variations of airborne *Poaceae* pollen along an urbanization gradient assessed by different types of pollen traps. *Atmosphere (Basel)*. 2021;12:974. <https://doi.org/10.3390/atmos12080974>
- 19 Hugg T, Hjort J, Antikainen H ym. Urbanity as a determinant of exposure to grass pollen in Helsinki Metropolitan area, Finland. *PLoS One* 2017;12:e0186348. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0186348>
- 20 Ghafoor AZ, Karim H, Studnicki M, Raza A, Javed HH, Asghar MA. Climate change and rye (*Secale cereale* L.) production: challenges, opportunities and adaptations. *J Agro Crop Sci* 2024;210:e12725. <https://doi.org/10.1111/jac.12725>
- 21 Tossavainen T, Kivimäenpää M, Martikainen M ym. Impact of rising CO<sub>2</sub> and temperature on grass phenology, physiology, and pollen release patterns in northern latitudes. *Environ Exp Bot* 2024;228. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105995>
- 22 Hildén M, Lehtonen H, Bärlund I, Hakala K, Kaukoranta T, Tattari S. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. FINADAPT Working Paper 5. Finnish Environment Institute Mimeographs 335/2005. <http://hdl.handle.net/10138/41043>
- 23 Oldenburg M, Petersen A, Baur X. Maize pollen is an important allergen in occupationally exposed workers. *J Occup Med Toxicol* 2011;6:32. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-6-32>
- 24 Bullock J, Beale S, Chapman D ym. Assessing and controlling the spread and the effects of common ragweed in Europe. European Commission, Final Report: ENV.B.2/ETU/2010/0037, 2012. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4a633a9e-5da6-404b-8082-b0e4be4b39f1>
- 25 Montagnani C, Gentili R, Citterio S. Ragweed is in the air: *Ambrosia* L. (*Asteraceae*) and pollen allergens in a changing world. *Curr Protein Pept Sci* 2023;24:98–111. <https://doi.org/10.2174/1389203724666221121163327>

- 26 Steckling-Muschack N, Mertes H, Mittermeier I ym. A systematic review of threshold values of pollen concentrations for symptoms of allergy. *Aerobiologia* (Bologna) 2021;37:395–424. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09709-4>
- 27 Šikoparija B, Skjøth CA, Alm Kübler K ym. A mechanism for long distance transport of Ambrosia pollen from the Pannonian Plain. *Agric For Meteorol* 2013;180:112–7. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.05.014>
- 28 Smith M, Cecchi L, Skjøth CA, Karrer G, Šikoparija B. Common ragweed: A threat to environmental health in Europe. *Environ Int*. 2013;61:115–26. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.08.005>
- 29 Burbach GJ, Heinzerling LM, Edenharter G ym. GA2LEN skin test study II: clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. *Allergy* 2009;64:1507–15. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02089.x>
- 30 Burbach GJ, Heinzerling LM, Röhnelt C ym. Ragweed sensitization in Europe – GA2LEN study suggests increasing prevalence. *Allergy* 2009;64:664–5. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.01975.x>
- 31 Grewling L, Jenerowicz D, Bogawski P ym. Cross-sensitization to Artemisia and Ambrosia pollen allergens in an area located outside of the current distribution range of Ambrosia. *Postepy Dermatol Alergol* 2018;35:83–9. <https://doi.org/10.5114/ada.2018.73167>
- 32 Lorenz AR, Lüttkopf D, May S, Scheurer S, Vieths S. The principle of homologous groups in regulatory affairs of allergen products – a proposal. *Int Arch Allergy Immunol* 2008;148:1–17. <https://doi.org/10.1159/000151243>
- 33 Pretzsch H, del Río M, Arcangeli C ym. Forest growth in Europe shows diverging large regional trends. *Sci Rep* 2023;13:15373. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41077-6>
- 34 FAOSTAT. Crops and livestock products (siteerattu 15.11.2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- 35 Vilar J, Pereira JE (toim.). International olive growing. Historical dissemination, strategic analysis and descriptive vision. Fundación Caja Rural de Jaén, 2018 (siteerattu 25.10.2024). <https://www.oliveoiltimes.com/library/olive-growing.pdf>
- 36 García-Mozo H, Oteros JA, Galán C. Impact of land cover changes and climate on the main airborne pollen types in Southern Spain. *Sci Total Environ* 2016;548–9:221–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.005>
- 37 Florido JF, Delgado PG, de San Pedro BS ym. High levels of *Olea europaea* pollen and relation with clinical findings. *Int Arch Allergy Immunol* 1999;119:133–7. <https://doi.org/10.1159/000024188>
- 38 Aira MJ, Dopazo A, Jato MV. Aerobiological monitoring of Cupressaceae pollen in Santiago de Compostela (NW Iberian Peninsula) over six years. *Aerobiologia* (Bologna) 2001;17:319–25. <https://doi.org/10.1023/A:1013019215808>
- 39 Ariano R, Canonica GW, Passalacqua G. Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2010;104:215–22. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2009.12.005>
- 40 Ahlholm J, Helander ML, Savolainen J. Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* [Orl.] Hamet-Ahti) pollen. *Clin Exp Allergy* 1998;28:1384–8. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2222.1998.00404.X>
- 41 Gentili R, Asero R, Caronni S ym. Ambrosia artemisiifolia L. temperature-responsive traits influencing the prevalence and severity of pollinosis: a study in controlled conditions. *BMC Plant Biol* 2019;19:155. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1762-6>
- 42 Kim KR, Oh JW, Woo SY ym. Does the increase in ambient CO<sub>2</sub> concentration elevate allergy risks posed by oak pollen? *Int J Biometeorol* 2018;62:1587–94. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1558-7>
- 43 Buters J, Kasche A, Weichenmeier I ym. Year-to-year variation in release of Bet v 1 allergen from birch pollen: evidence for geographical differences between West and South Germany. *Int Arch Allergy Immunol* 2008;145:122–30. <https://doi.org/10.1159/000108137>
- 44 de Weger L, Bergmann KC, Rantio-Lehtimäki A ym. Impact of pollen. Kirjassa: Sofiev M, Bergman KC, toim. Allergenic Pollen. A review of the production, release, distribution and health impacts. Springer 2013;161–215.

- 45** Pfaar O, Bastl K, Berger U ym. Defining pollen exposure times for clinical trials of allergen immunotherapy for pollen-induced rhinoconjunctivitis – an EAACI position paper. *Allergy* 2017;72:713–22.  
<https://doi.org/10.1111/all.13092>
- 46** EAN. The European Aeroallergen Network Pollen Database (siteerattu 15.11.2024).  
<https://ean.polleninfo.eu/Ean/>
- 47** Werchan M, Werchan B, Bergmann KC. German pollen calendar 4.0: update of the regional pollen calendars 4.0 with measurement data for the period 2011–2016. *Allergo J Int* 2019;28:160–2.  
<https://doi.org/10.1007/s40629-019-0095-1>