



Heikki Hänninen ja Jinbin Zheng

Relaskooppi vaihtui mikroskooppiin – professori Risto Sarvas 2020-luvun kansainvälisen ilmastomuutostutkimuksen varhaisena edelläkävijänä

Hänninen H., Zheng J. (2024). Relaskooppi vaihtui mikroskooppiin – professori Risto Sarvas 2020-luvun kansainvälisen ilmastomuutostutkimuksen varhaisena edelläkävijänä. Metsätieteen aikakauskirja 2024-24012. Tieteen tori. 9 s. <https://doi.org/10.14214/ma.24012>

Yhteystiedot State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A&F -yliopisto, Hangzhou, Kiina

Sähköposti hhannin@zafu.edu.cn

Hyväksytty 3.10.2024

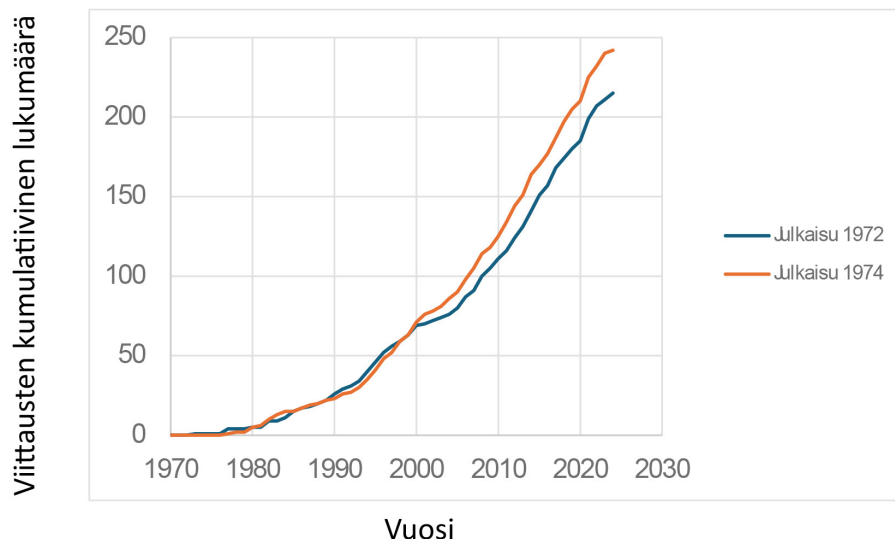
Professorin työ jäi kesken

Huhtikuun 8. päivänä 2024 tuli kuluneeksi 50 vuotta professori Risto Sarvaksen poismenosta. Hän menehtyi 66-vuotiaana vaarattomana pidetyn leikkauksen jälkeen yllättäen tulleisiin komplikaatioihin. Ennen leikkausta professorin mieli arvatenkin paloi Punkaharjulle, missä männyt ja kuuset aloittaisivat pian kukintansa. Puiden kukinta alkoikin aikaisempien vuosien tapaan, mutta kukintaa antaumuksellisesti tutkinutta professoria ei Punkaharjulla enää nähty. Työ Punkaharjun tutkimusmetsässä jäi kesken, mutta niin se jäi kesken myös kirjoituspöydän ääressä. Sarvaksen nuorempi työtoveri, nykyinen professori emeritus Veikko Koski tarkasti Sarvaksen viimeiseksi jääneen tutkimusjulkaisun vedokset.

Risto Sarvas on yksi Suomen metsätieteen historian raskaansarjan tutkijoista. Hänen elämäntyötä valotetaan monipuolisesti vuonna 2009 julkaistussa 100-vuotisjuhlakirjassa, joten tuollaiseen laajaan katsaukseen ei ole tässä tarvetta. Keskitymme sen sijaan tarkastelemaan Sarvaksen viimeisen suururakan, puiden vuosittaisen kehityssyklin tutkimuksen merkitystä kansainvälisessä tiedeyhteisössä nyt 2020-luvulla.

Kaksi viittausklassikkoa

Sarvaksen vuosisyklitutkimusten julkaisemisesta on kulunut jo puoli vuosisataa, mutta ne ovat nyt ajankohtaisempia kuin koskaan ennen. Tästä puhuvat omaa kieltään vertaisarvioitujen julkaisuiden viittaukset Sarvaksen kahteen *Communicationes Instituti Forestalia Fenniae* -sarjassa julkaistuun tutkimukseen (Kuva 1, Taulukko 1). Sarja ei ollut kansainvälisesti erityisen tunnettu ja se lakkautettiin jo vuosia sitten, mutta tästä huolimatta Sarvaksen töihin viitataan jatkuvasti. Näin



Kuva 1. Viittausten vuosittaiset kumulatiiviset lukumäärät vertaisarvioituissa julkaisusarjoissa Sarvaksen kahteen puiden vuosisyklijulkaisuun. Aineisto on kerätty Google Scholar -tietokannasta kesäkuussa 2024. Julkaisu 1972 = Sarvas, R. (1972) Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76.3: 1–110; Julkaisu 1974 = Sarvas, R. (1974). Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84.1: 1–101.

aikana, jolloin vanhoihin tuntemattomissa sarjoissa julkaistuihin tutkimuksiin viittaaminen ei ole erityisen trendikästä tutkimuksen uutuusarvoa ja julkaisusarjojen impact factor- (IF-) tunnuslukuja korostavassa kansainvälisessä tiedeyhteisössä.

Viittausten lukumäärä kehittyi aluksi hitaasti, mutta vuosituhannen loppua lähestyttäessä viittaustahti alkoi kiihtyä eksponentiaalisesti (Kuva 1). Tämä kuvastanee yhtäältä tutkimusaiheen yleisen merkityksen kasvua ilmastomuutoksen vuoksi, ja toisaalta sitä, että kansainvälisesti suhteellisen tuntemattomalla foorumilla julkaistut Sarvaksen työt alkoivat tulla tutuiksi alan tutkijoille. Kahden julkaisun viittaustahti pysyi aluksi samana, mutta 2000-luvulla vuoden 1974 julkaisuun on viitattu hieman vuoden 1972 julkaisua useammin (Kuva 1). Syynä lienee se, että vuoden 1974 julkaisussa käsitellään puiden lepotilan purkautumisen kylmävaatimusta, josta tuli erityisen keskeinen tutkimusaihe tämän vuosituhannen puolella. Kylmävaatimuksen vuoksi lämpeneminen saattaa joissakin tapauksissa nopeuttamisen sijasta hidastaa puiden kevätfenologiaa, mikä vaikeuttaa olennaisesti ilmastomuutoksen ekologisten vaikutusten ennustamista.

Viittauksia Sarvaksen kahteen julkaisuun on tätä kirjoitettaessa kertynyt yhteensä 463 kappaletta. Tätäkin merkityksellisempää on, että Sarvaksen töihin viitataan usein alan johtavissa julkaisusarjoissa. Viittauksista noin kolmannes on peräisin sarjoista, joiden IF-tunnusluku on yli 5 (Kategoria 1, Taulukko 1). Näistä julkaisusarjoista erottuvat *Global Change Biology* (IF 11.6, 24 viittausta) sekä *Agricultural and Forest Meteorology* (IF 6.2, 37 viittausta). Valtaosa muistakin viittauksista on peräisin kansainvälisesti tunnetuista ja arvostetuista julkaisusarjoista. *Tree Physiology* -sarjassa (IF 4, 51 viittausta) on viitattu kaikista sarjoista eniten Sarvaksen töihin (Kategoria 2, Taulukko 1). Alimpaan Kategoriaan 3 kuuluvat esimerkiksi kotoinen *Silva Fennica* (IF 1.8, 18 viittausta) ja *Scandinavian Journal of Forest Research* (IF 1.8, 14 viittausta), joten mistään vähäpätöisistä julkaisufoorumeista ei alimmankaan kategorian kohdalla ole kysymys.

Sarvaksen vuosisyklitutkimukset ovat olleet keskeisenä innoituksen lähteenä lukuisissa viime vuosikymmeninä Suomessa julkaistuissa väitöskirjoissa. Toisin kuin viittauksista, väitöskirjoista on kuitenkin hankalampi esittää täsmällisiä tilastoja, koska Sarvaksen merkitys esikuvana vaihtelee väitöskirjasta toiseen.

Taulukko 1. Viittausten julkaisusarjakohtaiset kokonaislukumäärät vertaisarvioituissa julkaisusarjoissa Sarvaksen kahteen puiden vuosisyklijulkaisuun. Aineisto on kerätty Google Scholar-tietokannasta kesäkuussa 2024. Julkaisusarjat on ryhmitelty taulukossa kolmeen kategoriaan niiden vaikuttavuutta mittaavan impact factor- (IF-) tunnusluvun mukaisesti. Taulukossa ilmoitetaan vuotta 2023 vastaavat julkaisusarjojen IF-tunnusluvut. 1972 julkaisu = Sarvas, R. (1972). Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76.3: 1–110; 1974 julkaisu = Sarvas, R. (1974). Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84.1: 1–101.

Julkaisusarja	IF-tunnus	Viittausten lukumäärä		
		1972-julkaisu	1974-julkaisu	Yhteensä
Kategoria 1: IF ≥ 5				
Annual Review of Entomology	23,8	0	1	1
Trends in Plant Science	20,5	2	2	4
Annual Review of Ecology Evolution and Systematics	11,8	2	1	3
Global Change Biology	11,6	12	12	24
Proceedings of the National Academy of Sciences	11,1	0	2	2
Science of the Total Environment	9,8	2	1	3
New Phytologist	9,4	6	5	11
International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	7,5	1	1	2
Plant Cell and Environment	7,3	4	9	13
Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6,8	1	1	2
Agricultural Water Management	6,7	0	1	1
Ambio	6,5	1	1	2
Plant Physiology and Biochemistry	6,5	1	0	1
Global Ecology and Biogeography	6,4	1	0	1
Physiologia Plantarum	6,4	3	5	8
Atmospheric Chemistry and Physics	6,3	2	0	2
Philosophical Transactions of The Royal Society B-biological Sciences	6,3	1	1	2
Agricultural and Forest Meteorology	6,2	15	22	37
Environmental and Experimental Botany	5,7	0	2	2
Journal of Applied Ecology	5,7	1	2	3
Frontiers in Plant Science	5,6	3	6	9
Journal of Ecology	5,5	1	1	2
European Journal of Agronomy	5,2	1	2	3
Geophysical Research Letters	5,2	0	1	1
Landscape Ecology	5,2	0	1	1
Geoscientific Model Development	5,1	1	1	2
Plant Molecular Biology	5,1	1	1	2
Ecological Applications	5	1	1	2
Remote Sensing	5	0	1	1
Kategoria 1 yhteensä		63	84	147
Kategoria 2: 2 ≤ IF < 5				
Biogeosciences	4,9	2	0	2
Molecular Ecology	4,9	1	0	1
Plant and Soil	4,9	0	1	1
Climatic Change	4,8	3	3	6
Proceedings of The Royal Society B-biological Sciences	4,7	2	1	3
BMC Genomics	4,4	1	0	1
Planta	4,3	0	1	1
Scientia Horticulturae	4,3	0	1	1
Annals of Botany	4,2	3	5	8
Tree Physiology	4	26	25	51
International Journal of Climatology	3,9	1	1	2
Carbon Balance and Management	3,8	1	1	2
Agronomy-Basel	3,7	0	1	1
Forest Ecology and Management	3,7	6	6	12

Taulukko 1 jatkuu.

Julkaisusarja	IF-tunnus	Viittausten lukumäärä		
		1972-julkaisu	1974-julkaisu	Yhteensä
Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	3,7	1	2	3
PLoS One	3,7	2	3	5
Botanical Studies	3,4	0	1	1
Oikos	3,4	2	0	2
Frontiers in Forests and Global Change	3,2	1	0	1
International Journal of Biometeorology	3,2	11	14	25
Ecological Modelling	3,1	2	2	4
In Silico Plants	3,1	0	1	1
Annals of Forest Science	3	4	3	7
Forests	2,9	2	1	3
Journal of Wood Science	2,9	1	0	1
OENO one	2,9	0	1	1
Applied Vegetation Science	2,8	0	1	1
Forestry	2,8	0	1	1
Applied Sciences-Basel	2,7	0	1	1
Ecosphere	2,7	1	1	2
Hereditas	2,7	4	4	8
Oecologia	2,7	3	1	4
Trees Forests and People	2,7	0	1	1
Ecology and Evolution	2,6	1	1	2
Diversity-Basel	2,4	0	1	1
Holocene	2,4	1	1	2
Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology	2,3	1	1	2
Trees-Structure and Function	2,3	9	6	15
Canadian Journal of Forest Research	2,2	6	9	15
Ecological Entomology	2,2	1	0	1
New Forests	2,2	1	3	4
Aerobiologia	2	4	1	5
Ecological Research	2	1	1	2
Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration	2	0	1	1
Journal of Agricultural Science	2	0	1	1
Journal of Theoretical Biology	2	0	1	1
Kategoria 2 yhteensä		105	111	216
Kategoria 3: IF < 2, tai ei IF-tunnusta				
Euphytica	1,9	1	1	2
Flora	1,9	1	1	2
Hortscience	1,9	0	1	1
Journal of The American Society for Horticultural Science	1,9	0	1	1
Scandinavian Journal of Forest Research	1,8	8	6	14
Silva Fennica	1,8	10	8	18
Experimental Agriculture	1,6	0	2	2
New Zealand Journal of Forestry Science	1,5	0	1	1
Forest Science	1,4	1	1	2
Acta Agrobotanica	1,2	1	0	1
Boreal Environment Research	1,2	3	2	5
Meteorologische Zeitschrift	1,2	0	1	1
Botany	1,1	1	1	2
Climate Research	1,1	2	4	6
Journal of Forest Science	1,1	0	1	1
Acta Societatis Botanicorum Poloniae	1	1	0	1
Dendrobiology	0,9	1	0	1
Grana	0,9	0	1	1

Taulukko 1 jatkuu.

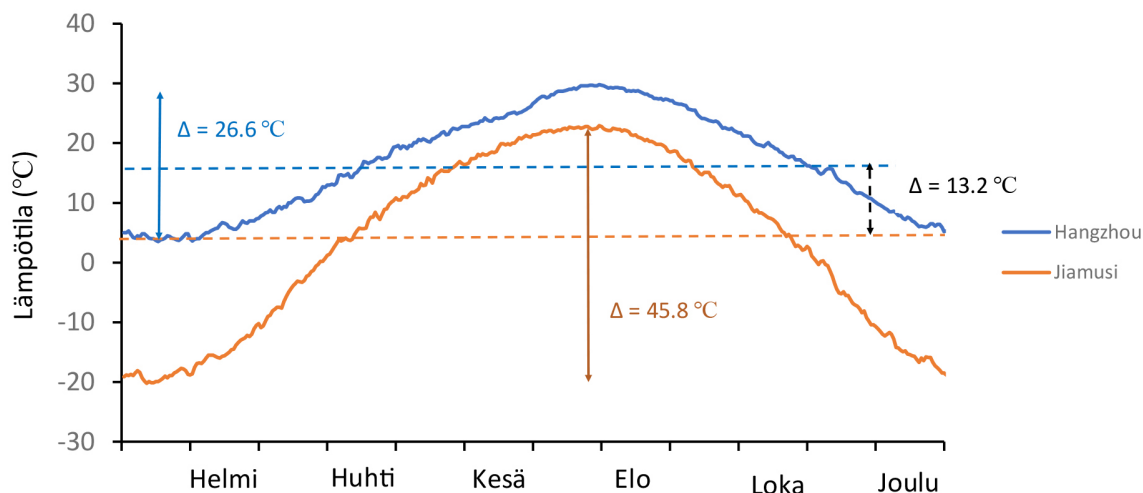
Julkaisusarja	IF-tunnus	Viittausten lukumäärä		
		1972-julkaisu	1974-julkaisu	Yhteensä
Baltic Forestry	0,8	2	0	2
Annales Botanici Fennici	0,7	5	2	7
Forest Systems	0,7	0	1	1
Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)	0,6	0	1	1
Lesnoy Zhurnal-forestry Journal	0,2	1	0	1
Acta Agriculturae Scandinavica		1	0	1
Acta Forestalia Fennica		2	2	4
Agricultural Science & Technology		0	1	1
Alexandria Journal of Agricultural Sciences		0	1	1
Biological and Environmental Sciences Journal for the Tropics		1	1	2
eJournal of Applied Forest Ecology		0	1	1
Forest Genetics		1	1	2
Frontiers in Plant Physiology		0	1	1
Journal of Horticultural Science and Biotechnology		2	1	3
Journal of Horticulture		0	1	1
Journal of Horticulture Forestry and Biotechnology		2	0	2
Journal of Plant Studies		0	1	1
Journal of the Korean Wood Science and Technology		2	0	2
Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences		1	1	2
Science China Earth Sciences		0	1	1
Seed technology		0	1	1
Kategoria 3 yhteensä		50	50	100

Käytännön metsätalous tarvitsee biologista perustutkimusta

Sarvasta kritisoitiin hänen omana aikanaan siitä, että hän panosti liikaa käytännön metsätalouden kannalta hyödyttömänä pidettyyn puiden perusbiologian tutkimukseen. Kuva Sarvaksen 100-vuotisjuhlakirjan kannessa on paljon puhuva: Vanhan ajan tyylikäs professori katsomassa mikroskooppiin keskellä metsää. Sarvaksen kritisoijat ilmeisesti ajattelivat, että metsäntutkijan kuuluu käyttää metsässä relaskooppia, ei mikroskooppia.

Uransa alkupuolella Sarvaskin keskittyi metsänkasvatusmenetelmien tutkimukseen, hänethän muistetaan yhtenä vuoden 1948 harsintajulkilausuman allekirjoittajana. Myöhemmin Sarvas suuntautui hyvin voimakkaasti puiden perusbiologian tutkimukseen. Vuonna 1964 julkaistu monografia *Havupuut* on alansa suomenkielinen klassikko, ja kahdessa viimeisessä *Communicationes*-julkaisussaan Sarvas teki uraauurtavaa puiden ekofysiologian alan tutkimusta (Kuva 1, Taulukko 1).

Mistä tällainen metsäntutkijan kiinnostus puiden perusbiologiaan kumpusi? Pontimena lienee ollut myös puhdas älyllinen uteliaisuus, mutta tätäkin enemmän vaikutti todennäköisesti se, että Sarvas ymmärsi poikkeuksellisen kirkkaasti perustutkimuksen merkityksen käytännön soveluksille. Toisin kuin nykyäänkin edelleen usein ajatellaan, syvällisen biologisen perustutkimuksen ja voimaperäisen metsätalouden tulee kulkea käsi kädessä. Ymmärrystä puiden fysiologiasta ja metsän ekologiasta ei tarvita linkolalaisen utopian mukaisessa maailmassa, missä ihminen jättää puut ja metsät rauhaan. Metsät kyllä kasvavat ja uudistuvat itsekseen ilman ihmisen vaikutusta, niinhän ne ovat tehneet vuosimiljoonien ajan. Mutta me emme elä tuollaisessa maailmassa, vaan metsiä hyödyntävä ihminen puuttuu monin tavoin metsäekosysteemin toimintaan. Puut ovat eläviä olioita, joten ymmärtääkseen toimiansa moninaiset vaikutukset metsiä hyödyntävä ihminen tarvitsee syvällistä biologista tietoa. Menestyksellistä metsänjalostusta ja viljelymetsätaloutta ei voida harjoittaa tuntematta fysiologian, genetiikan ja ekologian lainalaisuuksia. Tämän Sarvas oivalsi



Kuva 2. Ilman lämpötilan vuodenaikaisvaihtelun ja maantieteellisen vaihtelun vertailu kahden itäisessä Kiinassa sijaitsevan paikkakunnan välillä. Hangzhou (30°14'N, 119°42'E) sijaitsee subtrooppisen vyöhykkeen pohjoisosassa ja Jiamusi (46°48'N, 130°19'E) keski-temperaattisen vyöhykkeen pohjoisosassa, mihin männyn (*Pinus sylvestris* L.) luontainen esiintymisalue ulottuu. Yhtenäiset käyrät kuvaavat päivän keskilämpötilan vuodenaikaiskehitystä ja vaakasuorat katkoviivat paikkakuntien vuoden keskilämpötilaa. Tulokset perustuvat vuosina 1951–2018 tehtyihin ilman lämpötilan mittauksiin, kuvassa esitetty päivän keskilämpötila on näiden vuosien yli laskettu keskiarvo. Yhtenäiset pystysuorat kaksoisnuolet ja niitä vastaavat Δ -symbolit ilmoittavat keskimääräisen päivän keskilämpötilan vuodenaikaisen vaihteluvälin. Katkoviivalla merkitty kaksoisnuoli ja sitä vastaava Δ -symboli ilmoittaa eron kahden tutkitun paikkakunnan vuoden keskilämpötilojen välillä.

poikkeuksellisen kirkkaasti, siksi hänen tutkimusvälineenä Punkaharjun tutkimusmetsässä oli relaskoopin sijasta mikroskooppi.

Kukin puulaji ja -alkuperä on sopeutunut luontaisen esiintymisalueensa ilmastoon. Tämän vuoksi pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä ei esimerkiksi esiinny subtrooppisen vyöhykkeen puulajeja. Ilman lämpötilalla on tässä sopeutumisessa keskeinen merkitys. Mutta mihin lämpötilaan puut ovat sopeutuneet? Ilman lämpötilan vuodenaikaisvaihtelu kullakin maantieteellisellä paikkakunnalla on yleensä suurempaa kuin vuoden keskilämpötilan vaihtelu eri ilmastovyöhykkeitä edustavien paikkakuntien välillä (Kuva 2). Puut ovat ilmitalvehtijoita, mikä tarkoittaa, että niiden maanpäälliset osat talvehtivat ilman lumipeitteen suojaa. Puut ovat siis jatkuvasti alttiina kaikelle lämpötilan vuodenaikaisvaihtelulle. Kaikkein mantereisimmilla pohjoisen havumetsävyöhykkeen kasvupaikoilla puut altistuvat talvella -70 °C pakkasille, mutta noillakin kasvupaikoilla lämpötila nousee kesällä hellelukumisiin. Kuinka puut ovat sopeutuneet tällaisiin sään luontaisiin ääri-ilmiöihin?

Tähän perustavaa laatua olevaan biologiseen kysymykseen Sarvas keskittyi uransa viimeisten vuosien aikana. Puut kestävät useiden kymmenien asteiden pakkaset talvella, suventuvat ja aloittavat kasvun oikea-aikaisesti keväällä ja lopettavat kasvun ja talvehtuvat vastaavasti oikea-aikaisesti syksyllä. Puiden sopeutuminen vuodenaikojen vaihteluun saattaa tuntua jopa jotenkin itsestään selvältä, eiväthän puut muuten kasvaisi siellä, missä ne kasvavat, mutta kuinka ne osaavat ajoittaa nämä kriittiset vuodenvaihtelut tapahtumat vuodesta toiseen oikein?

Sarvas ymmärsi ilmiön suuren metsätaloudellisen merkityksen. Metsänjalostuksessa ja viljelymetsätaloudessa on pidettävä huoli siitä, että kasvatettavat puulajit ja -alkuperät sopeutuvat uudistusalan ilmastoon. Sopeutuminen kasvupaikan keskimääräiseen ilmastoon ei riitä, vaan puiden täytyy sopeutua ilman lämpötilan vaihteluihin myös kaikkein poikkeuksellisimpina vuosina. Siemensierroja ei siis esimerkiksi pidä tehdä liian kauaksi kyseisen siemenalkuperän luontaiselta kasvupaikalta. Mutta kuinka kauaksi siemensierrot voidaan tehdä? Mitä ”liian kauaksi” tarkoittaa tässä yhteydessä?

Sarvaksen merkitys puiden vuosisyklin tutkimuksessa

Aivan tyhjästä Sarvaksen ei tarvinnut tutkimuksiaan aloittaa, koska näitä ilmiöitä oli tutkittu jo aikaisemminkin. Merkittävä osa alan tutkimuksesta tehtiin jo Sarvaksen aikana puutarhatieteen puolella. Hedelmäpuita kasvattava puutarhuri kohtaa ammatissaan hyvin samanlaiset ongelmat kuin viljelymetsätalouden harjoittaja omassaan. Metsätaloudessa noudatetaan kuitenkin puutarhataloutta varovaisempaa strategiaa kasvatettavien puulajien ja -alkuperien (puutarhanhoidossa lajikkeiden) valinnassa. Näin on erityisesti Suomessa, missä metsätaloudessa ei ole käytetty vierasperäisiä puulajeja käytännössä lainkaan.

Sarvas saattoi siis perustaa tutkimuksensa puiden ilmastoon sopeutumista koskevaan aikaisempaan tutkimukseen, mutta tästä huolimatta hän toi alalle erittäin merkittävän uuden tutkimuspanoksen. Hänen tarmokkuuden ja lahjakkuuden lisäksi asiaan oli vaikutusta myös sillä, että asemassaan silloisen Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon professorina Sarvaksella oli pitkälti valta määrätä tutkimusresurssien käytöstä. Kuten edellä todettiin, kritiikkiä perusbiologian tutkimukseen panostamisesta kuului, mutta professorin päätä ei huimannut. Hän tiesi olevansa oikealla asialla.

Sarvas on monin tavoin 2020-luvulla tehtävän puiden vuosisyklitutkimuksen varhainen edelläkävijä. Hänen pioneerityössä erottuu neljä osaa, jotka ovat erityisen keskeisiä alan nykyisessä tutkimuksessa: Vuosisyklin matemaattinen mallintaminen, kokeellinen tutkimus, mallien testaaminen luonnollisissa olosuhteissa maastossa, sekä vuosisyklin perinnöllisen vaihtelun tutkimus.

Puiden vuosisyklin matemaattisella mallintamisella on nykyään keskeinen merkitys alan tutkimuksessa. Vaikka Sarvasta ei yleensä pidetä ensisijaisesti mallintajana, hän loi myöhemmille mallintamistutkimuksille perustan esittämällä ensimmäisen puiden vuosisyklin kokonaismallin. Mallissa vuosisyklin eteneminen selitetään pelkän ilman lämpötilan avulla. Tässä Sarvas teki tietoisin yksinkertaistuksen, koska jo hänen aikana päivänpituuden merkityksestä puiden syyskehityksen säätelyssä oli runsaasti kokeellista näyttöä. Näiltä osin Sarvaksen työtä voidaan perustellusti kritisoida, mutta se ei poista hänen pioneerityönsä merkitystä. Päivänpituus on voitu lisätä myöhemmin verrattain helposti Sarvaksen kokonaismalliin sen perusajatusta muuttamatta.

Sarvas rakensi mallinsa erittäin perusteellisen kokeellisen tutkimuksen avulla. Näin ei kuitenkaan ollut vielä Sarvaksen aloittaessa vuosisyklitutkimuksiaan. Tuolloin hän tutki puiden kukinnan ajoittumista maastossa ja analysoi tuloksia perinteisen lämpösummamallin avulla. Mallissa oletetaan kynnyslämpötila, jonka alapuolella puiden silmuissa ei tapahdu kehitystä kohti kukintaa. Suomessa kynnyslämpötilana on perinteisesti käytetty raja-arvoa +5 °C, jota käytetään myös termisen kasvukauden määrittelyssä. Mallin ennusteen mukaan puut kukkivat, kun päivän keskilämpötila on noussut riittävän pitkäksi ajaksi kynnysarvon +5 °C yläpuolelle. Mitä korkeammalle lämpötila päivittäin nousee, sitä aikaisemmin puut kukkivat.

Mallin avulla pystytään selittämään puiden kukinnan ajoittuminen kohtuullisen hyvin, mutta yhtenä vuonna leppä kukki Punkaharjulla ennen kuin päivän keskilämpötila oli noussut kertaakaan kynnysarvon +5 °C yläpuolelle. Tämän havaittuaan Sarvas ymmärsi, että perinteinen lämpösummamalli on epärealistinen, vaikka sen avulla pystytäänkin usein ennustamaan kukinnan ajoittuminen kohtuullisen tarkasti. Sarvas käynnisti laajamittaiset kokeet, joissa puiden silmuja ja siementen kehitystä seurattiin tarkasti kontrolloiduissa vakiolämpötiloissa. Kokeet osoittivat, että tutkittujen puulajien kukkasilmujen kehitys alkaa jo hieman alle nollan olevissa lämpötiloissa. Tällaiset kokeet ovat erittäin suuritöisiä ja ne vaativat myös useita kasvatuskaappeja, joissa lämpötilaa voidaan säädellä. Näiden syiden vuoksi kokeellista menetelmää käytetään edelleenkin verrattain harvoin puiden vuosisyklin mallintamistutkimuksissa. Tämä on osoittautunut merkittäväksi virhelähteeksi alan tutkimuksessa.

Sarvas kuitenkin ymmärsi myös kokeelliseen tutkimukseen liittyvät rajoitukset. Syvällisen ekologisen ajattelutavan omaksuneena hän ymmärsi, että tutkittavat oksat ja taimet altistetaan kokeissa pitkiksi ajoiksi monin tavoin luonnottomille olosuhteille. Lämpötila ei esimerkiksi pysy luonnossa koskaan pitkään muuttumattomana, kuten tapahtui Sarvaksen kokeissa. Tämän vuoksi Sarvas testasi malliaan monivuotisissa kenttätutkimuksissa. Tutkimusmetsiköissä määritettiin kukkimisen ajoittuminen ilman siitepölymittausten avulla. Samanaikaisesti seurattiin ilman lämpötilan kehittymistä. Sarvaksen perusteellisuutta tutkijana kuvaa se, että ilman lämpötilan mittaukset tehtiin puiden latvustossa samalla korkeudella puiden kukkasilmujen kanssa. Lämpötilamittaukset syötettiin kokeellisen toiminnan perusteella rakennettuun malliin, jonka avulla ennustettiin kukinnan ajoittuminen. Ennustetta verrattiin siitepölymittausten perusteella määritettyyn todelliseen kukkimisajankohtaan. Tällä tavoin luonnollisissa olosuhteissa maastossa tehtyjen mittausten avulla tehty riippumaton testi tuki kasvatuskaappikokeiden perusteella laadittua mallia. Tällaiseen perusteellisuuteen törmää harvoin nykyään, vaikka puiden vuosisyklin mallintamistutkimuksia julkaistaan jatkuvasti.

Sarvas kiinnitti tutkimuksissaan erityistä huomiota puiden vuosisyklin perinnölliseen vaihteluun. Puualkuperien välisiä perinnöllisiä eroja tutkittiin tekemällä kenttätutkimuksia laajalla maantieteellisellä alueella, joka ulottui Turkista Utsjoelle saakka. Populaation sisäisen vaihtelun Sarvas huomioi sekä kokeissaan että kenttätutkimuksissaan kehittyneiden tilastollisten menetelmien avulla. Tämä oli merkittävä edistysaskel fenologian tutkimuksessa, koska aikaisemmin esimerkiksi kasvien kukkimisen ajankohta oli määritetty usein pelkästään ensimmäisenä kukkivien yksilöiden perusteella.

Vaikka Sarvas olikin monin tavoin poikkeuksellisen kaukonäköinen tutkija, tuskin hänkään pystyi ennustamaan täysin sitä merkitystä, minkä hänen pioneerityönsä oli saava hänen jälkeensä. Tarkoitamme tällä ilmastomuutoksen vaikutuksiin liittyvää tutkimusta, ilmastomuutoksesta ei juuri puhuttu Sarvaksen elinaikana. Sarvas pohti siemensierrojen kaltaisia käytännön metsätalouden kysymyksiä, mutta hän tuskin osasi aavistaa, että joitakin vuosikymmeniä myöhemmin kaikki puut, myös suojelualueilla kasvavat, kasvavat itselleen vieraassa ilmastossa. Nyt viisikymmentä vuotta myöhemmin tutkimuksia ilmastomuutoksen vaikutuksesta puiden ja muiden kasvien vuodenkiertoon julkaistaan jatkuvana virtana. Harvassa lienevät ne tutkijat, jotka ehtivät perehtyä kaikkiin alan uusiin tutkimusjulkaisuihin. Aika monen julkaisun kohdalla on pakko tyytyä pelkän abstraktin lukemiseen.

Tulevaisuutta koskevat ennusteet puiden sopeutumisesta muuttuvaan ilmastoon ovat luonnollisesti epävarmoja, koska ei ole olemassa aikakonetta, jonka avulla voisimme hypätä tuleviin vuosiin havainnoimaan puiden vuosisyklin etenemistä esimerkiksi 2060-luvulla. Ainoa keino on turvautua erilaisiin mallintamistutkimuksiin, joiden avulla simuloidaan puiden kehitystä tulevaisuuden lämpenevässä ilmastossa. Meitä auttaa kuitenkin se, että voimme perustaa työmme Suomessa yli viisikymmentä vuotta sitten vaikuttaneen poikkeuksellisen kaukonäköisen tutkijan töihin.

Tarinan opetus: Oikotietä sovelluksiin ei ole

Professori Risto Sarvaksen perintö osoittaa konkreettisella tavalla perustutkimuksen merkityksen ihmiskunnan suurten ongelmien ratkaisemisessa. Sarvaksen 100-vuotisjuhlakirjan kannen kuva mikroskooppiinsa metsässä syventyneestä professorista on kuin yön pimeydessä loistava majakka aikana, jolloin tutkimukselta odotetaan yhä useammin välittömiä sovelluksia ja innovaatioita, ymmärtämättä, että sellaisiin ei ole oikotietä. Jollemme ymmärrä ilmiötä, niin kuinka voisimme ratkaista niihin liittyviä ongelmia, tai kehittää niihin liittyviä innovaatioita? Jo vanha kansa tiesi, että tyvestä puuhun nousee. Sarvas nousi puuhun tyvestä.

Sarvas nousi tyvestä puuhun myös sananmukaisesti. Hän kiipesi vielä yli 60-vuotiaana professorina Punkaharjun tutkimusmetsikön puiden latvukseen traktorin perään kiinnitettyjen tikkaiden avulla. Kevään 1974 jälkeen tikkaita ei enää tarvittu. Laajamittaiset puiden vuosisyklitutkimukset lakkautettiin pian professori Risto Sarvaksen poismenon jälkeen.

Kiitokset

Kiitämme Risto Häkkistä, Veikko Koskea, Markku Nygreniä, Jouni Partasta, Paavo Pelkosta, Tapani Repoa ja Heikki Smolanderia käsikirjoituksen kommentoimisesta.

Kirjallisuus

- Ruotsalainen S, Häggman J (toim) (2009) Kutsumuksena metsätiede. Risto Sarvaksen 100-vuotisjuhlakirja. Metsäntutkimuslaitos, Punkaharju. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2179-4>.
- Sarvas R (1964) Havupuut. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo, Helsinki.
- Sarvas R (1972) Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. [Tutkimuksia metsäpuiden kehityksen vuotuisesta sykluksesta. Aktiivi periodi]. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76.3: 1–110. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171108>.
- Sarvas R (1974) Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. [Tutkimuksia metsäpuiden kehityksen vuotuisesta syklistä. Syys- ja talvihorros]. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84.1: 1–101. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171117>.