



# PERUSASIAT

ANALYYSI RAKENTAMISEN TOIMINTAYMPÄRISTÖN KEHITTYMISESTÄ  
PUUNKÄYTÖN EDISTÄMISEN KANNALTA

RANSU HELENIUS  
LARS-ERIK MATTILA  
15.3.2018

## SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	3
PUURAKENTAMISEN TOIMENPIDEOHJELMAN VISION HAASTEET	5
KESTÄVYYS, TERVEELLISYYS JA TURVALLISUUS, KORKEA LAATU	5
TEOLLISEN PUURAKENTAMISEN RATKAISUT	11
INFORMAATIO-OHJAUKSEN TOIMENPITEET	13
PUURAKENTAMINEN KOKO RAKENTAMISEN SEKTORIN KEHITTÄJÄNÄ	13
PERUSASIOIDEN RATKAISUMALLI	15
PURETTAVIA KÄYTÄNTÖJÄ JA ASEENTEITA	19
YHTEENVETO	21
LÄHTEET	23

## JOHDANTO

Rakentaminen on ihmiskunnan suurimittakaavaisinta toimintaa. Siinä missä reilun sadan viime vuoden aikana ihmisten lukumäärä maapallolla on nelinkertaistunut, on rakennusmineraalien kulutus yli nelikymmenkertaistunut. Rakennusmineraalien kulutus ylittää jo selvästi teollisuusmineraalien ja fossiilisten polttoaineiden kulutuksen yhteensä. (Ks. kuva 1.)

Suurimittakaavaisen toiminnan vaikutuksetkin ovat suuria. Ympäristöongelmat ovat pahentuneet lähestulkoon kaikilla tunnetuilla mittareilla (ks. kuva 1) – näin siitä huolimatta, että kestävä kehitys on vähitellen tullut miltei joka valtion tavoitteeksi. Julkisessa keskustelussa tämän hetken pahimmaksi ympäristöongelmaksi nostetaan

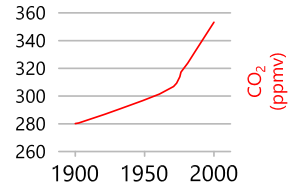
usein ilmastonmuutos, ja kasvihuonekaasujen haitat tunnetaan. Uusin tutkimus varoittaa kuitenkin myös muiden haitallisten aineiden kertymisestä. Esimerkiksi hienojakoista mikromuovia on levinnyt käytännössä kaikkialle napa-alueita ja merenpohjaa myöten, ja se on jo ravintoketjussa (Taylor et al. 2016). On arvioitu, että vuoteen 2050 mennessä merissä on enemmän muovia kuin kalaa (World Economic Forum 2016: 17). Nopeimmin kertyvät tällä hetkellä synteettiset kemikaalit (Trier 2018: 15).

Suomessa kestävä kehitys painottuu etenkin maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 1999). Se on lain yleistavoite (ks. mt. § 1). Silti yksi Suomen suurimpia ympäristöongelmia on nimenomaan rakentaminen. Rakentam-

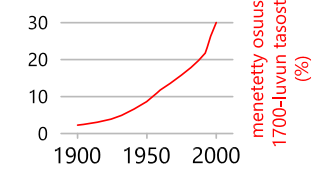
nukset ovat lyhytikäisiä. Niihin tulee kosteus- ja homevaurioita, eikä sisäilma ole enää terveellistä. Ympäristöongelma heijastuu näin koko yhteiskuntaan, ihmisten terveyteen ja talouteen. (Reijula et al. 2012: 7, 11.) Kestäväksi mielletty nykyrakentaminen onkin kestämatöntä.

Tässä vaikeassa tilanteessa hakee suuntaansa myös puurakentaminen. Analysoimme seuraavassa Puurakentamisen toimenpideohjelman visiota siltä kannalta, mitä todella on kestävä kehitys ja rakentaminen – ja mitä kestämatön. Osoitamme, että puurakentamisella on rakennusalan muutoksessa ilmeinen ja erittäin keskeinen rooli. Nykytilanteen korjaamisessa riittää palkitsevaa työtä.

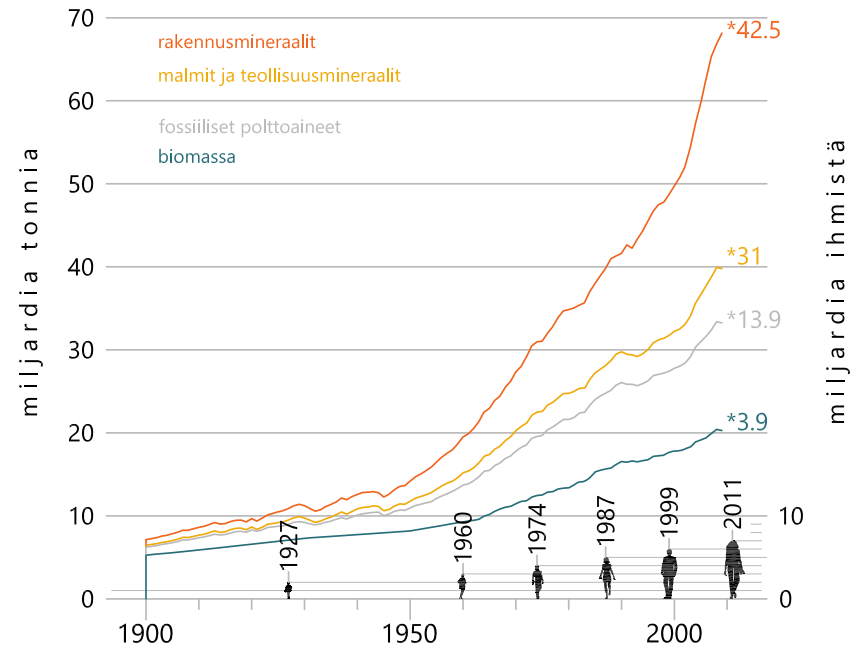
ILMAKEHÄN CO<sub>2</sub>-PITOISUUS



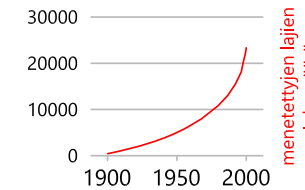
METSIEN JA SADEMETSIEN KATO



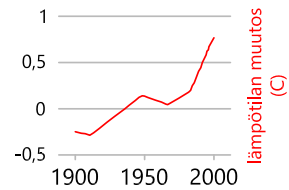
RAAKA-AINEIDEN KULUTUS SUHTEESSA VÄESTÖNKASVUUN GLOBAALISTI



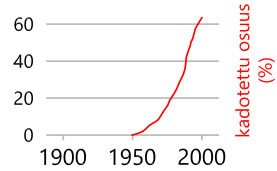
SUKUPUUTOT



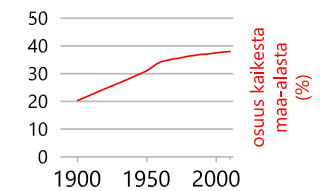
POHJOISEN PALLONPUOLISKON KESKILÄMPÖTILA



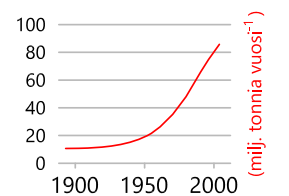
OTSONIKATO



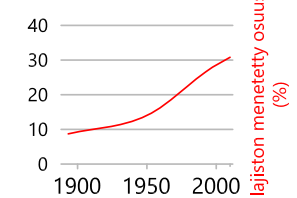
VIILJELYSMAAN MÄÄRÄ



TYYPPIKUORMA RANNIKKOALUEILLA



MAAYMPÄRISTÖN ELIÖYHTEISÖJEN HEIKENTYMINEN



Kuva 1. Keskellä raaka-aineiden kulutus suhteessa väestönkasvuun globaalisti. Reilussa sadassa vuodessa maapallon väestömäärä on nelinkertaistunut, mutta yhteenlaskettu raaka-aineiden kulutus on kymmenkertaistunut ja rakennusmineraalien kulutus nelikymmenkertaistunut. Reunoilla eräitä tunnettuja mittareita, jotka heijastelevat ihmisen toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Kuva on koostettu seuraavista lähteistä: UN 2001: 5, Kraussmann et al. 2009: 8, Rockström 2010, UN 2015: 2, Steffen et al. 2015: 4.

## PUURAKENTAMISEN TOIMENPIDEOHJELMAN HAASTEET

Puurakentamisen toimenpideohjelma<sup>1</sup> (2016) on valtioneuvoston viisivuotinen ohjelma, jonka tavoitteena on parantaa puurakentamisen osaamista ja lisätä puurakentamista niin, että syntyy vientikelpoisia tuotteita. Ohjelman visio on yhteiskunnallinen ja ympäristönsuojelullinen. Tarkoitus on tuoda julki puun erityislaatu sekä yhdyskuntien kehittäjänä että kestäväenä rakennusmateriaalina.

Ohjelman alatavoitteet voidaan ryhmitellä neljäksi kokonaisuudeksi: 1) kestävyys, terveellisyys ja turvallisuus sekä korkea laatu, 2) teollisen puurakentamisen ratkaisut, 3) informaatio-ohjauksen toimenpiteet sekä 4) puurakentaminen koko rakentamisen sektorin kehittäjänä (ks.

kuva 2). Siten ohjelmalla on myös nämä neljä haastetta. Käymme niitä seuraavassa läpi kohta kohdalta.

### **KESTÄVYYS, TERVEELLISYYS JA TURVALLISUUS, KORKEA LAATU**

Tarkastellaan aluksi kestävästä kehityksestä. Mitä se on? Siitä puhutaan paljon, sillä se on yhteiseksi sovittu tavoite. Usein tuo puhe on kuitenkin epätarkkaa, jopa hämmentävää (ks. esim. Mattila 2014: 55, Hellström 2017).

Kestävän kehityksen tarkoin yksinkertaisin määritelmä on tällainen: Kestävä kehitys on jotakin, jonka tekemistä voi jatkaa loputtomiin. Näin sen olennaiset osat ovat ylisukupolvinen ajattelu ja tietoisuus luonnon kantokyvyn rajallisuudesta.

Nykyhetken tarpeet tulee tyydyttää siten, että myös tuleville sukupolville jää mahdollisuus tyydyttää omansa. Heille tulee siis taata samat mahdollisuudet. (Kestävä kehitys 2018, ks. m. Hellström 2017.)

Nykyrakentaminen ei täytä näitä ehtoja. Vaikka kestävästä kehityksestä on periaatteessa sitouduttu rakennuslallakin, käytännön toimet ovat ristiriitaisia. Lisäksi lähes mitä tahansa rakentamista perustellaan kestävyydellä – se hädän tuskin tarkoittaa tällä hetkellä mitään.

Ensinnäkin rakentamisen ympäristöohjaus keskittyy lähes yksinomaan ilmastovaikutuksiin. Seurattavaksi ilmiöksi on valittu kasvihuonekaasupäästöt. Niiden mittarina käytetään

1) Ympäristöministeriön viestinnässä ohjelmaan viitataan myös nimityksillä Puurakentamisen ohjelma 2016–2021, Puurakentamisen toimintaohjelma, Puurakentamisen ohjelma sekä Puuohjelma.



# **PUURAKENTAMISEN TOIMENPIDEOHJELMA**

## **VISIO: PUUSTA ON LUONTEVAA RAKENTAA YHDYSKUNTIA**

**Puun käytöllä rakentamisessa tuetaan yhdyskuntien kehittymistä. Tavoitteena kestävyys (ekologinen/ekonominen/sosiaalinen), terveellisyys ja turvallisuus sekä korkea arkkitehtoninen laatu.**

—

**Teollisen puurakentamisen ratkaisut edistävät korkealaatuista rakentamista.**

—

**Informaatio-ohjauksen toimenpiteitä suunnataan kuluttajille sekä rakentamisen alan ammattilaisille, että asenteet ja konventiot muuttuisivat puun käytölle suotuisiksi.**

—

**Puurakentaminen edistää koko rakentamisen sektorin kehittymistä: kierto- ja jakamistalous, asumisen yhdenvertaisuus, energiaverkot, elinkaarimalli, hiilijalanjälki jne.**

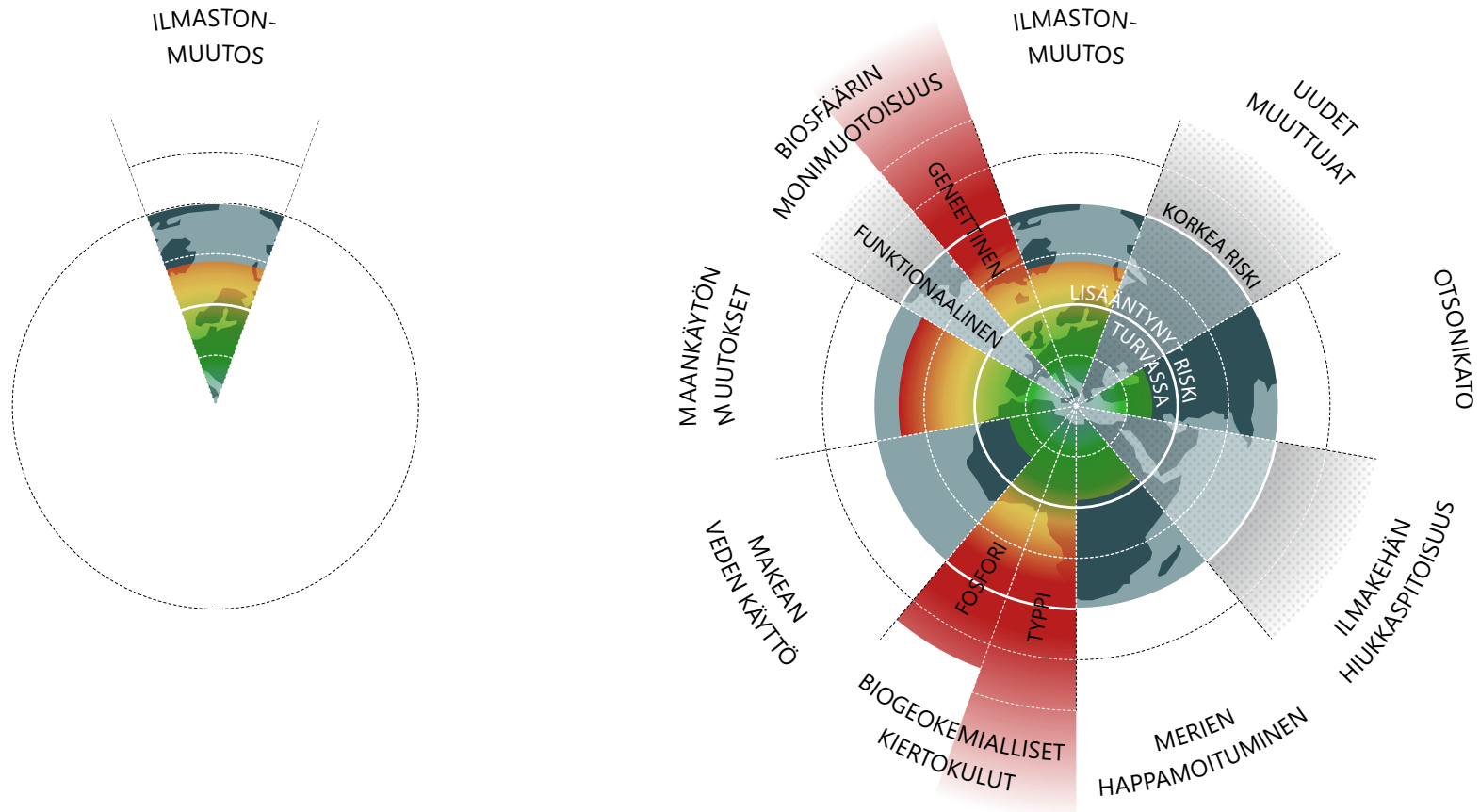
*Kuva 2. Puurakentamisen toimenpideohjelman visio. Kuva perustuu Heinon 2017 esitykseen.*

hiilijalanjälkeä. Aiemmin on seurattu rakennuksen käytön aikana syntyviä päästöjä, lähitulevaisuudessa huomio siirtyy enemmän rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisen päästöihin sekä kierrätykseen (Bionova 2017, Hakaste 2017). Ilmaston eteen tehdään paljon ansiokasta työtä, mutta juuri siksi muut ympäristöongelmat, etenkin haitallisten aineiden kertyminen (ks. kuva 3), jäävät liian vähälle huomiolle.

Toiseksi nykyrakentamisessa ei hahmoteta, mitä talouden kestävyys merkitsee. Talous on vältelty käsite (ks. Hellström 2017). Keskustelussa usein unohtuu, että talous on pelkkä ihmisen luoma järjestelmä, jota voi myös muuttaa (mt.); talous ei ole

luonnonvoima vaan osa yhteiskuntaa (ks. kuva 4). Periaatteessa Suomi on toki tässä suhteessa tietoisimpia ja sitoutuneimpia maita. Kestävän kehityksen toimikunnan pääsihteeristö kokoontui viime vuonna Helsingissä (ks. Kestävän kehityksen tila ja tulevaisuus 2017). Tilaisuudessa kotimainen asiantuntijapaneeli (ks. Hirvilampi et al. 2017) analysoi, miten kestävän kehityksen politiikka on lokalisoitu Suomeen. Se vertaili kestävän kehityksen tämänhetkistä globaalia agendaa (ks. UN 2015b), sen toimeenpanoa Suomessa (mietinnöistä ks. TuVM 2017, julkaisuisista Valtioneuvoston selonteko 2017) sekä suomalaisia yhteiskuntasitoumuksen dokumentteja (ks. Suo-

mi, jonka haluamme 2016, Kestävän kehityksen yhteiskuntasitoumus 2018). Keskeinen tulos oli, että Suomessa talous osataan nähdä kestävän kehityksen keinona. Taloutta ei siis pidetä itseisarvoisena ilmiönä vaan työkaluna. Myöskään talouskasvu-usko ei kuulu suomalaiseen kestävän kehityksen paradigmaan. Periaatteessa siis näin. Käytännön toimet eivät kuitenkaan vielä tue tätä, eivät ainakaan rakennusallalla, missä talouskasvu-usko on yhä vahva. Sitä lietsovat etenkin nykyrakennuksille suunnitellut lyhyet elinkaaret (ks. EN 2010: 28). Ne ovat täysin vastakkainen ilmiö kestävälle (*sustainable*, 'ylläpidettävä') rakentamiselle.



Kuva 3. Vasemmalla rakentamisen säädösohjauksen nykyinen painopistealue. Oikealla muuttikin tunnetut ihmisen aiheuttamat maapallon ympäristöongelmat, niiden turvarajat ja niiden rajojen ylittyminen. Kuva perustuu Stockholm Resilience Centerin lanseeraamaan Planetary Boundaries -viitekehukseen (ks. esim. Steffen et al. 2015b: 736). Uudet muuttujat -ongelma käsittää muun muassa myrkyllisten yhdisteiden päästöt, nanomateriaalit ja mikromuovin. Uusien muuttujien merkitystä ei ole vielä kyetty täysin arvioimaan. Mittakaavasta kertoo se European Environment Agency'n tutkimustulos, että vuonna 2015 pelkästään euroalueella kulutettiin 220 miljoonaa tonnia ihmiselle haitallisia ja 126 miljoonaa tonnia ympäristölle haitallisia teollisuuskemikaaleja (EEA 2017: 4).



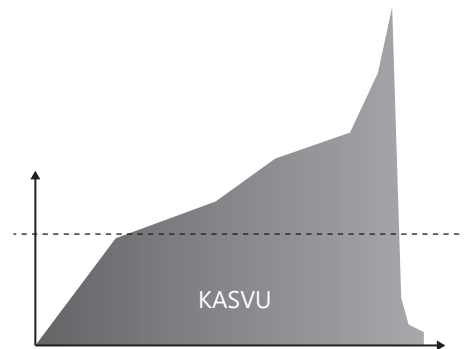
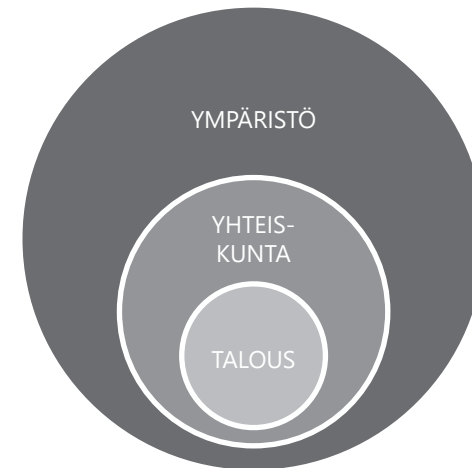
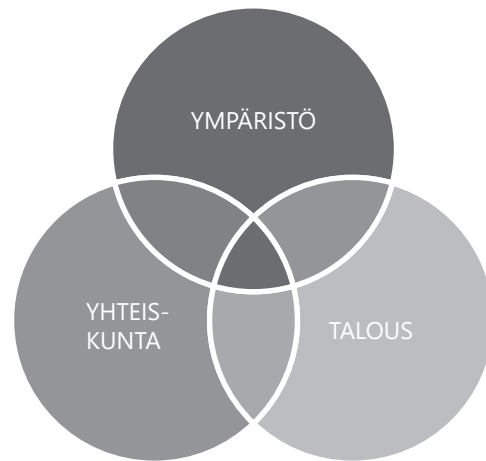
Kolmas kestävyiden osa-alue on sosiaalinen kestävyys. Haitta-aineiden kerryttäminen, kertakäyttörakentaminen – miten nämä voivat edistää yhteiskunnan jatkuvuutta? Nykyrakentaminen on epävakauden ja epätasa-arvon infrastruktuuria. Se on haavoittuvuuden rakentamista.

Tarkastellaan vielä terveellisyyttä ja turvallisuutta. Uudentyyppisten rakennusmateriaalien ja -tuotteiden määrä kasvaa hallitsemattomasti. Sata vuotta sitten Pohjoismaiden oloissa oli valittavana noin 500 rakennustuotetta, 50 vuotta sitten noin 5000 ja nyt jo yli 55 000 (Bomberg 2015: 4). Silti rakennusteollisuudessa vallitsee yhä tuotesalaisuus. Terveellisyyden ja turvallisuuden perusta olisi tietää, mitä aineita rakennuksiin päätyy.

Pelkkä sertifiointi ei riitä: esimerkiksi CE-merkintä ei ole turvallisuus- eikä laatu-merkintä (Tukes 2018), valtakunnallinen kosteudenhallintamalli (ks. Kuivaketju10 2018) takaa vain rakennuksen kuivuuden ja M1-päästöluokkaan hyväksytään tällä hetkellä monet haitallisetkin aineet (ks. Pulkkinen 2016: 11). Terveellisyyden ja turvallisuuden perusta olisi myös puuttua ei oireisiin ja tartuntatapoihin vaan suoraan taudinaiheuttajiin. Esimerkiksi suomalaisen sisäilmaongelman (ks. Reijula et al. 2012) kannalta tärkeä tieto on, että jopa noin puolet sisätilan päästöistä tulee rakennusmateriaaleista (Aikivuori 2001: 14) eikä edes tehostettu ilmanvaihto vähennä niiden vaikutusta (mts. 2). Kuitenkin sisäilma on vain välittäjäaine ja indikaattori.

Tulisi puuttua siihen, mistä se on todella peräisin. Maassa, jossa ihmiset viettävät suurimman osan ajasta sisätiloissa, tämän pitäisi olla ensimmäinen toimenpide.

Tarkastellaan lopuksi korkeaa laatua. Nykyisellään arkkitehtuurin laatu tarkoittaa sitä, että rakennus on täysin suunnitelmien mukainen ja työnjälki siistiä. Kuitenkin kun tarkasteluun otetaan kaikki yllä mainittu, huomataan, ettei rakennus tarjoa ihmiselle suojaa. Niinpä se epäonnistuu perimmäisessä tehtävässään.



Kuva 4. Yllä ympäristön, yhteiskunnan ja talouden suhde konventionaalisena, ihanteellisena Venn-diagrammina sekä todellisuutta paremmin kuvaavana hierarkkisenä mallina. Alla kasvun ja ylläpidettävyyden ero.

### TEOLLISEN PUURAKENTAMISEN RATKAISUT

Nykyiset teollisen rakentamisen ratkaisut ovat kompleksiset. Periaate on, että rakennuksen rakenne jaetaan toiminnallisiin osiin, joista kullekin määritellään oma tehtävänsä. Kun-kin osan materiaaliksi valitaan sitten se, joka parhaiten suoriutuu juuri siitä tehtävästä. Kun ratkaisut tehdään tällä tavoin osa kerrallaan, lopputulos on monimutkainen, arvaamaton se-karakenne. (Ks. esim. Aikivuori 2001: 9.) Puusta nyky menetelmin raken-nettaessa tämä monimutkaisuus vie-dään äärimmilleen. Nykyisenlaisen puukerrostalon rakennusvai-ssa saattaa olla jopa 9 eri ainekerrosta. Tällainen rakentaminen edellyttää lu-kuisia raskaita ja monivaiheisia pro-sessiketjuja. Metsänhakkuun lisäksi se vaatii avolouhoksia, syväkaivok-

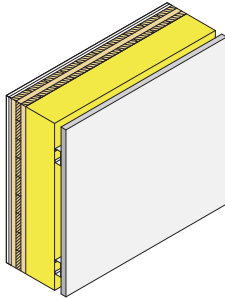
sia ja öljynporausta. Rakennuksen elinkaaren päätyttyä tarvitaan myös 9 erilaista kierrätysprosessia. Lisäksi itse puuainekseen seostetaan liimaa, biosideja, palonestoaineita ja muita kemikaaleja.

Ajateltakoon puurakentamisen pu-hutuinta tuotetta, puukerrostaloa. Tä-män hetken Suomessa siinä on puuta vain noin 15–32 % (Häkkinen ja Vares 2017), ja sekin vähä on siis prosessoitua ja lisäainein jatkettua puutavaraa. Otettakoon tarkasteluun ensimmäise-nä lueteltu lisäaine, liima. Esimerkiksi CLT- ja LVL-runkoinen puukerrostalo on suunniteltu täysin riippuvaiseksi liimasta. Liiman osuus siinä on noin 1–8 % (Linkosalmi 2018). Se tarkoittaa, että yhdessä neliömetrissä 10 senttiä paksua runkolevyä on 0,5–4 kilogrammaa liimaa. 8-kerroksisessa puukerrostalossa, jossa on bruttoalaa

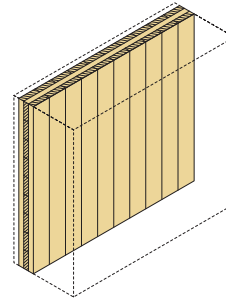
2000 neliömetriä, liimaa on siten yh-teensä 5–40 tonnia. (Kuva 5.)

Voidaanko näin ollen puhua *puura*-kentamisestä? Ainakaan Puuraken-tamisen toimenpideohjelman vision mukaista puurakentamista ei selväs-tikään vielä ole olemassa. Nykyinen teollinen puurakentaminen on vasta *lähes* puurakentamista. Lähes puu-rakennukset ovat kaikessa monimut-kaisuudessaan äärimmäisen vaikeita suunnitella, äärimmäisen vaikeita ra-kentaa ja mahdottomia ylläpitää. Lä-hes puurakentamisen ominaisuudet eivät ole tunnetut eivätkä ennustetta-vat, eivätkä ne edistä korkealaatuista teollista puurakentamista, pikemmin-kin ovat sen esteenä. Jos lähes puu-rakentaminen jää ainoaksi tavaksi rakentaa puusta, se ennen pitkää vie mennessään puun maineen raken-nusmateriaalina.

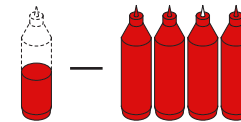
NYKYISENLAINEN  
PUURAKENNE  
1 m<sup>2</sup>



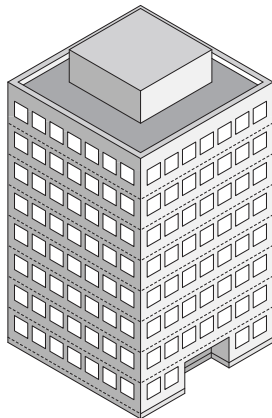
JOSTA PUUTA  
15–32 %



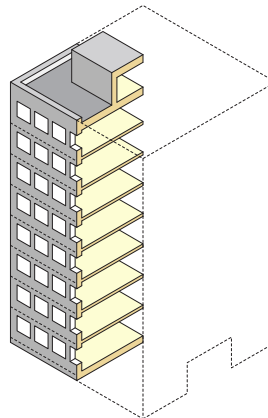
JOSTA LIIMAA  
1–8 %  
(0,5–4 kg)



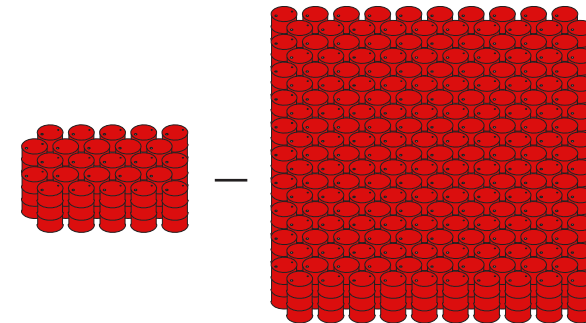
NYKYISENLAINEN  
PUUKERROSTALO  
2000 brm<sup>2</sup>



JOSTA PUUTA  
15–32 %



JOSTA LIIMAA  
1–8 %  
(5000–40000 kg)



Kuva 5. Puun ja liiman suhteellinen osuus nykyisessä puurakentamisessa. Kuva on koostettu seuraavista lähteistä: Häkkinen ja Vares 2017, Linkosalmi 2018.

### **INFORMAATIO-OHJAUKSEN TOIMENPITEET**

Puun pieni osuus suomalaisessa puurakentamisessa on kiusallinen tutkimustulos. Kenties siksi sitä ei ole toistaiseksi uutisoitu. Asiantuntijatkin tuntuvat vain hyväksyneen tilanteen.

Keskeistä on nyt pohtia, mitä tämä tarkoittaa Puurakentamisen toimenpideohjelman kannalta. Ohjelma edustaa asiantuntijapuolta. Oletus on, että Suomessa osataan puurakentaminen. Ohjelmaan otetaan luottavaisesti yhteyttä, kun halutaan tietää, miten puusta rakennetaan. Miten noihin tietopyyntöihin vastataan? On vaikea antaa neuvoja, ellei puurakentamista sanan varsinaisessa merkityksessä ole vielä olemassa.

Ohjelman tarkoitus on vaikuttaa ihmisten asenteisiin niin, että he suhtautuisivat puurakentamiseen yhä suotuisammin. Ihmisiksi on määriteltä toisaalta kuluttajat, toisaalta puualan toimijat, mutta asennetta ei ole tarkemmin määriteltä. (Ks. kuva 2.) Ei ole selkeästi määrätty esimerkiksi, että ihmisten asenteiden täytyy muuttua laadullisesti – että heidän faktoihin ja riippumattomaan tutkimukseen perustuvan puutietämyksensä tulisi lisääntyä. Tällä hetkellä informaatio-ohjausta ei myöskään ole suunnattu päättäjätasolle, niihin ohjausmekanismeihin, jotka ovat Puurakentamisen toimenpideohjelman yläpuolella, vaikka juuri niitä ohjelma voisi selkeyttää.

Nyt kun puurakentaminen onkin todellisuudessa vain lähes puurakentamista, onnistuessaan ohjelma lisäisikin vain sitä. Tämä olisi vaarallista, harhaan johtamista.

### **PUURAKENTAMINEN KOKO RAKENTAMISEN SEKTORIN KEHITTÄJÄNÄ**

Puurakentamisen toimenpideohjelman visiossa on ilmaistu viisi esimerkkiä siitä, miten rakentamisen sektori voisi kehittyä (kuva 2). Ensimmäiseksi esimerkiksi on nostettu kierto- ja jakamistalous. Kiertotalous ei kuitenkaan voi toimia, ennen kuin tiedetään, mitä kierrätettävät rakennusmateriaalit sisältävät. Lisäksi kierrätys on joka tapauksessa aina epätäydellistä ja väliaikaista. <sup>2</sup>

*2) Havainnollistetaan tätä vaikkapa näin: Suomalainen kierrätyspullojärjestelmä on yksi koko maailman tehokkaimmista kierrätysjärjestelmistä. Vuonna 2013 PET-palautuspullojen kierrätysaste oli 92 %. Puuttuva 8 %:n osuus tarkoittaa 31 miljoonan pullon ohivuotoa. (Palpa 2014.)*



Jakamistaloudesta taas voitaneen todeta, että se idea on aineettomuus eikä se liity rakentamisen tekniikoihin.

Toiseksi esimerkiksi on nostettu hiilijalanjälki. Edellä on jo tullut ilmi, ettei hiilijalanjälki kerro mitään materiaalien fyysisistä ominaisuuksista. Se on laskentatapa. Fyysiset ominaisuudet pysyvät, hiilijalanjälki vaihtelee laskentakäytännöistä riippuen. Se yhteismitallistaa asioita, jotka eivät ole yhteismitallistettavissa. Pieni hiilijalanjälki ei ole sama kuin pienet ympäristövaikutukset, vaan suhde voi olla jopa käänteinen. Betonin hiilijalanjälki saadaan pienenemään seostamalla siihen lentotuhkaa (Pulkinen 2013: 16) siis ainetta, joka ei haitallisuutensa

vuoksi kelpaa maantäytteeksi (mp.) mutta josta betoniin seostettuna saa rakentaa taloja.

Kolmas esimerkki ovat energiaverkot. Energiaverkkokeskustelu on kuitenkin kokonaan toinen keskustelu eikä suoraan liity puurakentamiseen. Rakentamista ylipäätään ei kannata perustaa energiaverkkoihin, sillä tuotantomuodot vaihtelevat alueittain ja ajan myötä eri tavalla kuin rakennukset. Esimerkiksi aurinkoenergian tapauksessa hyvä rakennuspaikka ei välttämättä ole hyvä energiantuotantopaikka ja päinvastoin.

Neljäs esimerkki on elinkaarimalli. Elinkaariajattelun ongelmia käsiteltiin jo edellä. Siihen perustuvan elinkaarimallin erityisongelma on se, että vaikka se näennäisesti toimii ku-

ten osamaksumenettely, riippuvuussuhde on siinä nurinkurinen: tilaaja ajattelee sitouttavansa rakentajan rakentamaan paremmin, mutta käytännössä tilaaja itse on sitoutunut lunastamaan rakennuksen, kun sen käyttöikä päättyy. Se on myynninedistämistapa tilanteessa, jossa ei ole luottamusta markkinoihin.

Viides ja viimeinen esimerkki on asuminen yhdenvertaisuus. Yhdenvertaisuus on oikeastaan sopimus siitä, mille käyttäjäryhmälle rakennus osoitetaan. Kuitenkin rakennukset tulisi aina tehdä parhaalla mahdollisella tavalla riippumatta siitä, kuka niitä tulee käyttämään.

Puulla on rakentamisen sektorin kehittämiseen aivan muita valtteja kuin nämä.

## PERUSASIOIDEN RATKAISUMALLI

Puurakentamisen toimenpideohjelman tavoitteet on nyt käyty läpi. Haasteet osoittautuivat luultua suuremmiksi: kestävän rakentamisen perusasioissa on puutteita, jotka tällä hetkellä heijastuvat myös puurakentamiseen.

Kestävän rakentamisen perusasiat ovat seuraavat: mistä rakennusaineet tulevat, minne ne päätyvät ja missä ajassa sekä pystyvätkö rakennukset siinä välissä tarjoamaan ihmisille suojaa.

Otetaan tähän nyt katsaus rakentamisen kokonaisuuteen (kuva 6 ja kuva 7).

Rakentaminen on ihmiskunnan suurimittakaavaisinta toimintaa. Niinpä myös rakennusmateriaalien absoluuttinen kulutus on suunnatonta. Rakennetaan kertakäyttöistä laatua,

joten rakennetaan valtavia määriä. Rakennetaan niin monimutkaisia rakenteita, ettei niitä voida hallita. Niitä ei voida ylläpitää. Ne eivät kestä aikaa.

Rakennetaan aineista, jotka ovat sellaisenaan haitallisia. Rakennetaan aineista, jotka prosessoidaan raskaasti ja seostetaan haitallisiksi. Suuri osa rakennusmateriaaleista on peräisin ehtyvistä lähteistä. Suuri osa rakennusmateriaaleista kertyy.

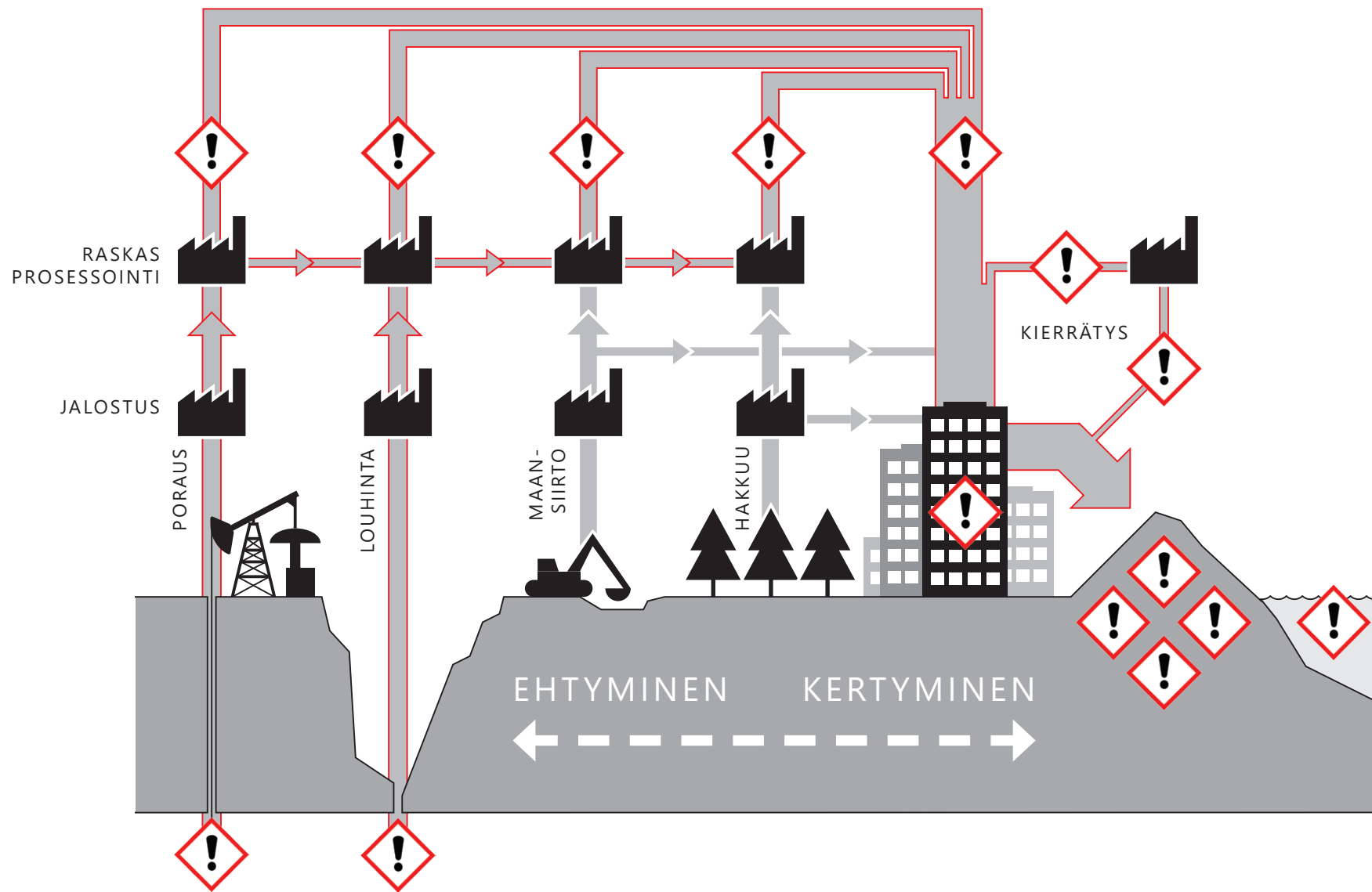
Materiaalineutraaliuden nimissä aineita käytetään ikään kuin ne olisivat yhdenvertaisia. Samalla jätetään huomiotta, että aineilla on muitakin ominaisuuksia kuin ihmisten niille sopimat.

Mitä tulisi tietää, jotta näihin ongelmiin voisi tarttua?

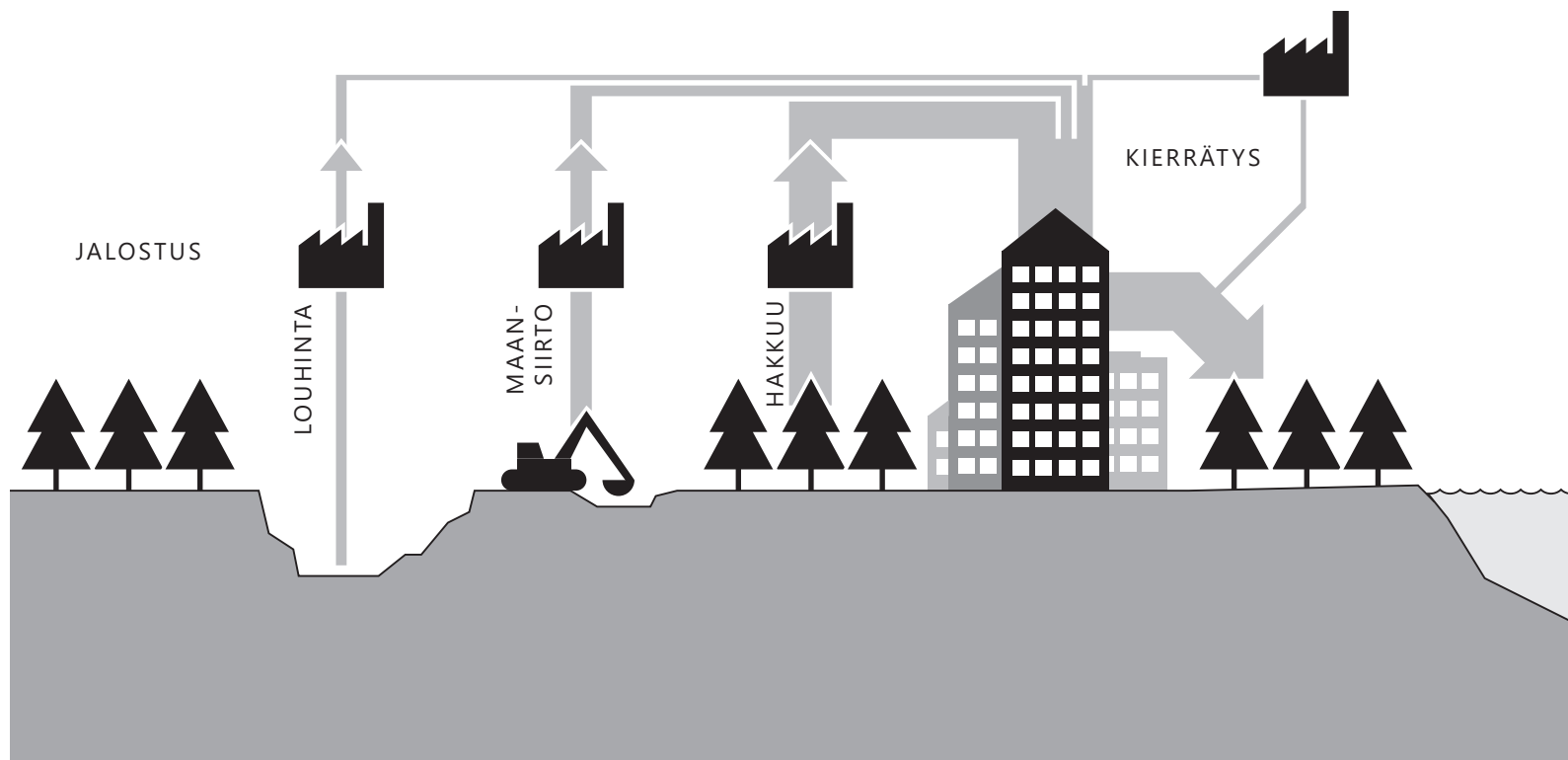
Rakentamisessa paras tapa vähentää raaka-aineiden ylikulutusta on tehdä yksinkertaisia, ylläpidettäviä ja siten pitkäikäisiä rakenteita.

Paras tapa varmistaa ympäristön terveys on käyttää vain sellaisia aineita, jotka eivät häiritse maanpäällistä ravinnekiertoa.

Paras tapa vähentää rakennustuotteiden valmistuksesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta on lopettaa raskas prosessointi ja seostus. Ympäristölle haitallisista aineista on luovuttu ennenkin. Esimerkiksi monikansallinen Montrealin sopimus (SopS 1989) oli menestys (ks. ympäristöministeriö 2017). Muovia ja teollisuuskemikaaleja edeltävältä ajalta säilynyt rakennuskanta on osoitus siitä, etteivät nämä aineet ole rakentamisessa välttämättömiä.



Kuva 6. Nykyrakentaminen: materiaalien alkuperä, prosessointi, käyttö rakennuksiin, kierrättäminen sekä ehtyminen ja kertyminen. Rakentamiseen käytetään aineita, jotka häiritsevät maanpäällistä ravinnekiertoa. Aineiden prosessointi on raskasta, ja ne seostuvat erottamattomasti keskenään. Kierrätys on epätäydellistä ja väliaikaista, joten aineita vuotaa ympäristöön. Kaikki ravinnekierrolle haitalliset aineet, joita rakentamista varten kerätään ja valmistetaan, päätyvät ympäristöön. Rakennusten lyhyiden elinkaarien takia aineita ehtyy ja kertyy nopeassa tahdissa. Rakennettu ympäristö ei heijastele aineiden luonnollista esiintymistä eikä niiden soveltuvuutta rakentamiseen.



Kuva 7. Kestävä rakentaminen. Rakentamiseen käytetään vain aineita, jotka eivät häiritse maanpäällistä ravinnekiertoa. Aineita jalostetaan niiden omien ominaisuuksien mukaan. Aineita käytetään seostamatta. Haitalliset aineet on poistettu, joten kierrätyksen epätäydellisyydestä ja väliaikaisuudesta ei seuraa ympäristöhaittoja. Kaikki aineet, joita rakentamista varten kerätään ja valmistetaan, päätyvät takaisin ravinnekiertoon. Rakennusten elinkaaret ovat pitkiä, joten niihin käytetyillä uusiutuvilla aineilla on aikaa uusiutua. Rakennettu ympäristö heijastelee aineiden luonnollista esiintymistä ja niiden soveltuvuutta rakentamiseen.

Vertailtavuuden toivossa puurakentamista ollaan tällä hetkellä kehittämässä muista kuin puun luontaisista ominaisuuksista käsin. Lähes puurakentaminen on alkanut aivan eri lähtökohdista kuin puurakentaminen. Lähes puurakentamisessa puulla ei ole ratkaisevaa roolia – se voitaisiin korvata muillakin aineilla. Puun ominaisuuksia koskevissa tiedoissa on huomattavia aukkoja. Riippumaton perustutkimus puuttuu tai on vasta aluillaan, ja perimätieto on sivuutettu. Kuitenkin jo se vähä riippumaton perustutkimus, joka on saatu käyntiin, valaisee puun erityislaatua ja valtavaa potentiaalia (ks. esim. Kraniotis ja Nore 2017). On olemassa maallikkoevidenssi siitä, että puinen rakennus voi kestää vuosisatoja. Tätä rakennuskantaa ei ole kuiten-

kaan vielä perusteellisesti tieteellisesti tutkittu, eikä sen rakenteellista toimivuutta ole osattu simuloinnein todentaa. Vaikka käytettävissä olisivat nykyään kaikki teollisen työstön tarkat, nopeat menetelmät, näitä mahdollisuuksia ei ole osattu vielä sovittaa yhteen teollisessa puurakentamisessa.

Ei tule unohtaa puun ominaisuuksia. Puu kykenee ottamaan vastaan puristusta ja vetoa. Se eristää, varastoi ja luovuttaa lämpöä. Se varastoi ja luovuttaa ilmankosteutta. Se on paloteknisesti ennustettava. Puu kasvaa itsekseen täysin uusiutuvalla energialla. Se on tärkeä osa maanpäällistä ravinnekiertoa. Se hillitsee haittamikrobien ja ihmispatogeenien kasvua. Puuta on vaivatonta

työstää. Puussa kaikki nämä ominaisuudet ovat olemassa täysin ilman seostamista mihinkään toiseen aineeseen.

Puun ei tarvitse olla osa mitään muuta. Se on tätä kaikkea jo itsessään. Kestävän rakentamisen tavoitteet ovat tavoitettavissa puuta käyttämällä. Nykyisten rakentamismääräysten vallitessa tätä uutta suuntaa viitoitetaan tukemalla koerakentamista, jotta puun perustutkimus vauhdittuisi.

On tärkeää kehittää sellaisia teollisen puurakentamisen tapoja, jotka kestävät kauemmin käyttöä kuin mitä uusilla puusukupolvilla kestää kasvaa (ks. kuva 8).



## PURETTAVIA KÄYTÄNTÖJÄ JA ASEENTEITA

Hahmottelimme edellä, miten tulisi ajatella. Hahmotellaan nyt, miten tulisi toimia ja miten puu näihin muutoksiin suhteutuu.

Ensimmäinen purettava käytäntö on tuotesalaisuus. Tulee saattaa tietoon, mitä rakennusmateriaalit ovat ja mistä ne ovat peräisin. Puulla on tässä etulyöntiasema, sillä sen tuotetiedot – koostumus, tarkat alkupe-  
rätiedot – kerätään jo. Niinpä juuri puulla on vahva potentiaali kokonaisvaltaisesti turvallisen rakentamisen perusosana. Tämä on toistaiseksi hyödyntämätön valtti, jolla vailla mitään lisävaivaa saataisiin muu nykyrakentaminen näyttämään yhä kyseenalaisemmalta ja nostettaisiin puurakentaminen edelläkävijäksi.

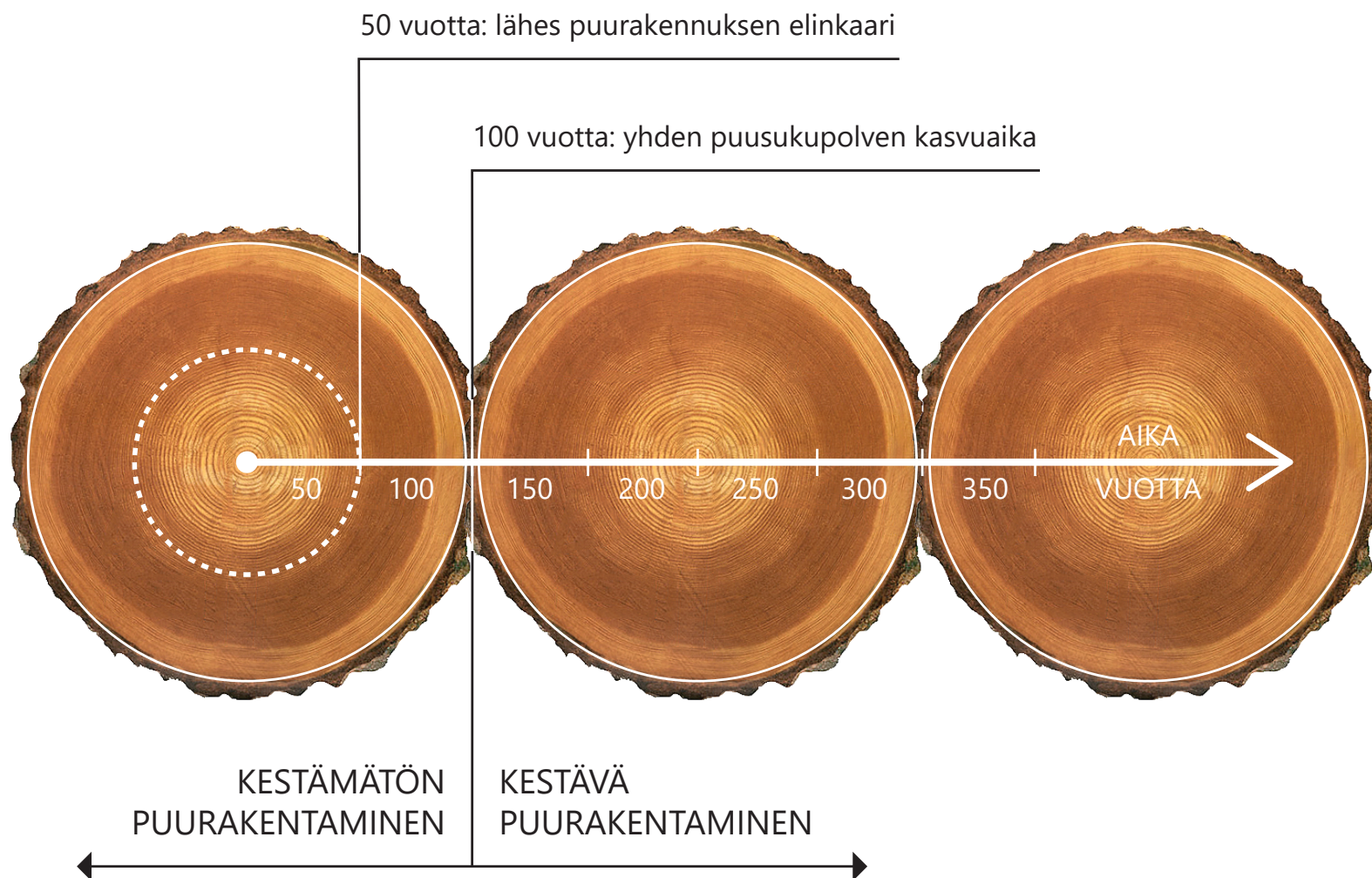
Toinen purettava käytäntö on elin-

kaariajattelu. Puu on siinäkin erityisasemassa, sillä sen kasvu-aika on pitempi kuin nykyrakennukselle suunniteltu elinkaari (kuva 8). Puu siis jo lähtökohtaisesti kyseenalaistaa koko elinkaariajattelun. Ylisukupolvisena se täyttää kestävyyskriteerin.

Kolmanneksi on hylättävä ajatus siitä, että hiilijalanjälki olisi sama asia kuin ympäristövaikutukset – ei ole. Rakennuksilla vaikutetaan, haluttin tai ei, lukuisiin muihinkin asioihin kuin kasvihuonekaasupäästöihin. Puu pärjää hiilijalanjälkilaskelmissa hyvin, mutta suorastaan erinomaisesti se pärjää kokonaistarkastelussa. Jos puu on oikeaa puuta, sen ympäristövaikutukset ovat pienet joka tapauksessa.

Neljänneksi on ehdottomasti luovuttava materiaalineutraaliudesta. Materiaalit eivät ole samanarvoisia. Niillä on eri ominaisuudet, ja siitä seuraa, että ne ovat eriarvoisia. Puuta voi käyttää varauksetta. Uusin tutkimus (ks. esim. Vainio-Kaila 2017) pitää sitä jopa rakennusterveyttä edistävänä. Puu on parempi materiaali, ja sitä saa suosia.

Viides purettava käytäntö ovat energiamääräykset. Edellä käsitelty rakentamisen ja rakennusten monimutkaisuus on seurausta niistä. Energiamääräykset ohjaavat huomion materiaalien ja rakennusten hetkellisiin ja laskennallisiin ominaisuuksiin. Pitäisi kiinnostua materiaalien pitkän aikavälin todellisista ominaisuuksista. Niissä puu on paras.



Kuva 8. Puun kasvuaika suhteessa lähes puurakentamisen elinkaareen versus kestävään puurakentamiseen.

## YHTEENVETO

Nykyrakentaminen on kestävämpi. Puurakentamisella on sen muuttamisessa ilmeinen ja keskeinen rooli. Jotta puurakentaminen voisi lunastaa nuo odotukset ja samalla toteuttaa oman visionsa, sen suunnitella täytyy korjata.

Puurakentamisen toimenpideohjelmassa on valtavasti osaamista. Analyysissa tuli esiin, miten nykyrakentaminen ja sitä edustava lähes puurakentaminen estävät ohjelman visiota toteutumisesta. Siispä ohjelma voi jatkossa käyttää vaikutusvaltaansa nykyrakentamisen epäkohtien osoittamiseen. Analyysissa esiin tulleet haasteet voidaan kääntää kohdennustoimiksi. Käydään ne lopuksi läpi tavoite tavoitteelta.

### **KESTÄVYYS, TERVEELLISYYS JA TURVALLISUUS, KORKEA LAATU:**

Ohjelma voi muistuttaa, että kestävä rakentamista on todellisuudessa vain sellainen rakentaminen, mitä voi toistaa loputtomasti, ja sellaiset rakennukset, joita voidaan ylläpitää.

Ohjelma voi muistuttaa, ettei ilmastomuutos ole maapallon ainoa ympäristöongelma, johon rakentamisella voi vaikuttaa. Se on vain yksi rakentamisen lukuisista seurauksista.

Ohjelma voi suhtautua talouskasvu-uskomuksiin uskomuksina ja tuoda elinkaariajatteluun järkeä. Kasvu ei voi jatkua loputtomasti.

Ohjelma voi huomauttaa, että kestävä rakennettu ympäristö sitoo ihmisetkin kestävämpään elämään.

Ohjelma voi korostaa, että niin kauan kuin on tuotesalaisuus, ei ole takeita terveydelle haitattomista rakennustuotteista.

Ohjelma voi herättää avoimen julkisen keskustelun siitä, kuinka monimutkaisesti ja kuinka haitallisista aineista todellisuudessa nyt rakennetaan.

Ohjelma voi ryhdistää rakentamisen laatukäsitystä: laaduksi eivät riitä pelkät suunnitelma ja työnjälki. Laadukkaan rakennuksen tulee tarjota suojaa lukuisille sukupolville.

### **TEOLLISEN PUURAKENTAMISEN RATKAISUT:**

Ohjelma voi tähdentää, että puurakentaminen on eri asia kuin nykyinen lähes puurakentaminen. Lähes

puurakentaminen on nykyisen toimintaympäristön ehdoilla kasvanut testausvaihe. Kestävän puurakentamisen menetelmät täytyy kehittää nyt.

**INFORMAATIO-OHJAUKSEN  
TOIMENPITEET:**

Ohjelman tulee kerätä vankka faktoihin perustuva tietopohja ja levittää tietoa myös korkeimmille päätäjille.

**PUURAKENTAMINEN KOKO  
RAKENTAMISEN SEKTORIN  
KEHITTÄJÄNÄ:**

Ohjelma voi tunnustaa, että kierrätys on aina epätäydellistä. Se on turvallista vasta, kun haitalliset aineet on poistettu kierrosta jo alkulähteillä.

Ohjelman ei ole tarpeen lähteä sel-laisiin trendeihin, jotka ovat puun kannalta vain sanahelinää (esim. jakamistalous).

Ohjelmassa voidaan todeta, että vaikka puu näyttää hyvältä hiilijalanjälkitarkastelussa, hiilijalanjälki si-nänsä ei kerro mitään rakennusma-teriaalien fyysisistä ominaisuuksista.

Ohjelman ei ole tarpeen kohdentaa resursseja energiaverkkokeskuste-luun.

Ohjelma voi valistaa, että elinkaari-malli on vain myynninedistämistapa.

Ohjelma voi ottaa lähtökohdaksi sen, että rakennukset tulisi aina tehdä parhaalla mahdollisella tavalla

riippumatta siitä, kuka niitä tulee käyttämään.

Puurakentamisen toimenpideohjel-ma voi vaikuttaa rakentamisen toi-mintaympäristöön niin, että puun käyttö lisääntyy. Puurakentamisen kestävyys riippuu kuitenkin siitä, jääkö lähes puurakentajiksi vai hyödynnetäänkö oikean puun omi-naisuuksia. Suomella on mahdol-lisuus tulla kestävän rakentamisen edelläkävijämaaksi Euroopassa ja muualla maailmassa.

Helsingissä 15. maaliskuuta 2018

Ransu Helenius  
puuseppä, rakennusinsinööri, arkkitehti  
p. 050 547 4179

Lars-Erik Mattila  
puuseppä, arkkitehti  
p. 044 593 3295

## LÄHTEET

Aikivuori, Anne 2001: Terveen talon evoluutio. Tutkimusraportti. VTT Rakenne- ja yhdyskuntatekniikka. Saatavilla [http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2001/terveen\\_rakennuksen\\_evoluutio.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2001/terveen_rakennuksen_evoluutio.pdf) (14.3.2018).

Bionova 2017 = Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioonottamiseksi rakentamisen ohjauksessa. Bionova Oy:n selvitys ympäristöministeriölle 29.6.2017.

Bomberg, Mark 2015: From German Passive House, through American Experience to the High Quality Environment (HQE) Buildings. Teoksessa Vinha, Juha – Ruuska, Tiina (toim.), Rakennusfysiikka 2015. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos. 3–20.

EEA 2017 = Consumption of hazardous chemicals. Environmental indicator report 2017. Annual Indicator Report Series (AIRS). Environment and health. European Environment Agency. Saatavilla <https://www.eea.europa.eu/downloads/b52f624139fa42aa8ba61fd31f807cc8/1512556984/production-of-hazardous-chemicals.pdf> (15.3.2018).

EN 2010 = Eurocode: Basis of structural design. EN 1990:2002+A1. April 2010.

Hakaste, Harri 2017: Rakentamisen ympäristöohjaus laajenee elinkaaren hiilijalanjälkeen. Rakennettu Ympäristö 3/2017, 20–23.

Heino 2017 = Puurakentamisen toimenpideohjelman esittely 25.9.2017. Ympäristöministeriö, ohjelmapäällikkö Petri Heino.

Hellström, Eeva 2017: Talous on väline. Helsinki: Sitra. Saatavilla <https://www.sitra.fi/artikkelit/talous-on-valine/> (14.2.2018).

Hirvilammi, Tuuli – Kiander, Jaakko – Hellström, Eeva 2017: Kestävä kehitys – hämmäinen tabu? Kestävän kehityksen tila ja tulevaisuus -seminaarin asiantuntijapaneelin materiaali. Saatavilla <http://kestavakehitys.fi/documents/2167391/4848256/Kestävä+talous+-+Hellström+-+Hirvilammi+-+Kiander> (14.2.2018).

Häkkinen, Tarja – Vares, Sirje 2017: Rakentamisen hiilivarasto. VTT:n esitelmä Puuinfon Puupäivässä Helsingin Wanhassa Satamassa 30.11.2017.

Kraniotis, Dimitrios – Nore, Kristine 2017: Latent Heat Phenomena in Buildings and Potential Integration into Energy Balance. Procedia Environmental Sciences 38, 364–371.

Kestävä kehitys 2018 = [kestavakehitys.fi](http://kestavakehitys.fi) (14.2.2018).

Kestävän kehityksen tila ja tulevaisuus 2017 = Kestävän kehityksen tila ja tulevaisuus -seminaari Finlandia-talossa 31.5.2017. Saatavilla <http://kestavakehitys.fi/agenda2030/kestavan-kehityksen-tila-ja-tulevaisuus> (14.2.2018).

Kestävän kehityksen yhteiskuntasitoumus 2018. Valtioneuvoston kanslian sivusto. Saatavilla <http://kestavakehitys.fi/sitoumus2050> (14.2.2018).

Krausmann, Fridolin – Gingrich, Simone – Eisenmenger, Nina – Erb, Karl-Heinz – Haberl, Helmut – Fischer-Kowalski, Marina 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics 68 (10), 2696–2705.

Kuivaketju10 2018 = [kuivaketju10.fi](http://kuivaketju10.fi) (14.2.2018).



Linkosalmi 2018 = Tiedonanto 14.3.2018. Stora Enso, Project Stewardship Manager Lauri Linkosalmi.

MRL 1999 = Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Annettu Helsingissä 5.2.1999. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132> (10.1.2018).

Mattila, Lars-Erik 2014: Tulevaisuuden kerrostalo. Espoo: Aalto-yliopisto. Saatavilla <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201504082186> (14.2.2018).

Palpa 2014 = Palpan vuosi 2014. Kaikki kiertää. PALPA, Suomen Palautuspakkaus Oy. Saatavilla <http://digipaper.fi/palautuspakkaus/127252/> (haettu 10.1.2018).

Pulkkinen, Katja 2016: Purkumateriaalit – kiertotalouden pommi? Kemia-lehti 6/2016, 6–12. Saatavilla [http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2016/10/Purkumateriaalit\\_kiertotalouden\\_pommi\\_Kemia-lehti\\_11\\_10\\_2016.pdf](http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2016/10/Purkumateriaalit_kiertotalouden_pommi_Kemia-lehti_11_10_2016.pdf) (14.2.2018).

Puurakentamisen toimenpideohjelma 2016 = Puurakentamisen toimenpideohjelman kuvaus 7.10.2016. Saatavilla <http://www.ym.fi/puurakentaminen> (14.2.2018).

Reijula, Kari – Alenius, Harri – Holopainen, Rauno – Lappalainen, Sanna – Palomäki, Eero – Reiman, Marjut 2012: Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisuja 1/2012.

Rockström, Johan 2010: Let the environment guide our development. TED-koferenssipuhe Oxfordissa 31.8.2010. Videotallenne katseltavissa osoitteessa <https://youtu.be/RgqtrlixYR4> (14.2.2018).

SopS 66/1988 = Montrealin pöytäkirja otsonikerrosta heikentävistä aineista 1.1.1989. Suomen säädöskokoelman sopimussarja 66/1988. Saatavilla [https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1988/19880066/19880066\\_2](https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1988/19880066/19880066_2) (10.1.2018).

Steffen et al. 2015a = Steffen, Will – Broadgate, Wendy – Deutsch, Lisa – Gaffney, Owen – Ludwig, Cornelia 2015: The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review March 2015, 1–18.

Steffen et al. 2015b = Steffen, Will – Richardson, Katherine – Rockström, Johan – Cornell, Sarah E. – Fetzer, Ingo – Bennett, Elena M. – Biggs, R. – Carpenter, Stephen R. – de Vries, Wim – de Wit, Cynthia A. – Folke, Carl – Gerten, Dieter – Heinke, Jens – Mace, Georgina M. – Persson, Linn M. – Ramanathan, Veerabhadran – Meyers, B. – Sörlin, Sverker 2015: Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347 (6223), abstraktisivu 736 ja tutkimustekstisivut 1259855–1–10.

Suomi, jonka haluamme 2016 = Suomi, jonka haluamme 2050 – Kestävän kehityksen yhteiskuntasitoumus. Hyväksytty 20.4.2016. Saatavilla <http://kestavakehitys.fi/documents/2167391/2186383/FINAL+Kestävän+kehityksen+yhteiskuntasitoumus+20+4+2016.pdf/d2d827e7-033a-4d2b-9239-aed6605a12c4> (14.2.2018).

Taylor, M. L. – Gwinnett, C. – Robinson, L. F. – Woodall, L. C. 2016: Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. Scientific Reports 6. Nature 30.9.2016. Saatavilla <https://www.nature.com/articles/srep33997.pdf> (10.1.2018).

Trier, Xenia 2018: Chemicals and the environment in Europe. Teoksessa Chemicals for a sustainable future. Report of the EEA (European Environment Agency) Scientific Committee Seminar, Copenhagen 17.5.2017. Corporate document No 2/2018. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 15–17. Saatavilla <https://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/reports/chemicals-for-a-sustainable-future> (15.3.2018).

Tukes 2018 = CE-merkintä. Saatavilla <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/> (14.2.2018).

TuVM 1/2017 = Valtioneuvoston selonteko kestävän kehityksen globaalista toimintaohjelmasta Agenda2030:sta. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan mietintö TuVM 1/2017 vp – VNS 1/2017 vp. Saatavilla [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TuVM\\_1+2017.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TuVM_1+2017.aspx) (14.2.2018).

UN 1999 = The World at Six Billion. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Saatavilla <https://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm> (14.2.2018).

UN 2015a = World Population Prospect. Key findings & advance tables. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Saatavilla [http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key\\_Findings\\_WPP\\_2015.pdf](http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf) (14.2.2018).

UN 2015b = Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. Saatavilla <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (14.2.2018).

Valtioneuvoston selonteko 2017 = Valtioneuvoston selonteko kestävän kehityksen globaalista toimintaohjelmasta Agenda2030:sta. Kestävän kehityksen Suomi – pitkäjänteisesti, johdonmukaisesti ja osallistavasti. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 3/2017. Helsinki.

Ympäristöministeriö 2017 = Kansainväliseksi ympäristönsuojelun menestystarinaksi kasvanut Montrealin pöytäkirja täyttää 30 vuotta. Tiedote 15.9.2017. Saatavilla [http://www.ym.fi/fi-FI/Kansainvalisen\\_ymparistonsuojelun\\_menest\(44510\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Kansainvalisen_ymparistonsuojelun_menest(44510)) (10.1.2018).

World Economic Forum 2016 = World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company 2016: The New Plastics Economy – Rethinking the future of plastics. Saatavilla [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation\\_TheNewPlasticsEconomy\\_Pages.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_Pages.pdf) (10.1.2018).