



Tere Vaden^a, Ville Lähde^b, Antti Majava^c, Tero Toivanen^d, Jussi T. Eronen^e,
Paavo Järvensivu^f

Onnistunut irtikytkentä Suomessa?

Successful decoupling in Finland?

Modern economies use resources in an unsustainable way. At the same time, mainstream policies see economic growth a necessity. These two facts have drawn attention to decoupling, i.e., the idea of detaching economic growth from increased environmental burden. For instance in Finland government ministers have recently argued for decoupling. We estimate the timeline and size of a “successful decoupling” for Finland: 2 percent annual GDP growth and a decline in global resource use by 2050 to a level that could be sustainable and compatible with a maximum 2°C global warming. In this estimate, compared to 2017, resource decoupling has to result in 6,6 times more GDP out of every ton of material use. Such a change is scarcely intelligible, let alone realistic. As current research literature does not offer evidence of the needed absolute resource decoupling, we conclude that adopting decoupling as a strategy towards ecological sustainability is very risky.

Keywords: resource decoupling, material use, absolute decoupling

Johdanto

Kansantalouksien ympäristökuormitus, luonnonvarojen käyttö ja yhteenlaskettu maailmanlaajuinen vaikutus ovat kestävämmällä tasolla (IRP 2017). Samaan aikaan valtavirran taloustieteellisten ja poliittisten näkemysten mukaan talouskasvu on välttämätöntä hyvinvoinnin, köyhyyden vähentämisen, julkisen rahoituksen ja jopa ympäristön tilan kohentamisen kannalta (UNEP 2011, 2014). Yhdessä nämä kaksi seikkaa johtavat toiveeseen irtikytkennästä, jonka myötä talouden kasvu ei aiheuttaisi ympäristökuorman tai resurssien käytön kasvua (Obama 2017, OECD 2001). Irtikytkentä sisältyy taustaoletuksena näkemyksiin, jotka pyrkivät “vihreään kasvuun” eli “sellaisen taloudellisen toimeliaisuuden edistämiseen, joka vahvistuessaan vähentää ympäristökuormitusta” (Ympäristöministeriö 2018) tai kiertotalouteen, joka “etsii toimintamalleja talouden ja hyvinvoinnin kasvattamiseen ilman fossiilisia polttoaineita ja luonnonvarojen ylikulutusta.” (Sitra 2016).

Suomessa ministeritason poliitikot ovat hiljattain vedonneet irtikytkennän ajatukseen. Valtiovarainministeri Petteri Orpo totesi (*Vihreä Lanka* 11.4. 2018) talouskasvun olevan

^a BIOS-tutkimusyksikkö, tere@kapsi.fi

^{b, d} ja ^f BIOS-tutkimusyksikkö

^c ja ^e BIOS-tutkimusyksikkö ja Helsingin yliopisto

välttämätöntä, koska “ilmastonmuutosta ei pystytä torjumaan ilman että talous kasvaa. [...] Korkea hyvinvointi on este sodille, köyhyydelle, kurjuudelle, ilmastopakolaisuudelle ja maahanmuutolle. Jos halutaan pitää miljardeilla kasvavan populaation hyvinvointi korkealla, se vaatii että talous kasvaa. [...] [U]skon, että nyt kun tilanteeseen on laajasti herätty, niin teknologia ja vastuullisuus päätöksissä ohjaavat päästöjen irtautumiseen talouskasvusta. On pakko.” Myös energia- ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikainen korosti puheenvuorossaan tilaisuudessa “Keppiä, porkkanaa vai Linkolaa” (Tiedekulma 12.4. 2018), että “hyvinvoinnin ja luonnonvarojen kulutuksen ja päästöjen irtikytkentä on ratkaisevan tärkeää, myös siksi, että rikkaammat maat voivat asettaa esimerkkiä kehittyville maille”¹.

Koska talouskasvu ja ekologinen kestävyys eivät sovi yhteen ilman irtikytkentää, on irtikytkentä ääneenlausuttu tai -lausumaton taustaoletus kaikessa yhtä aikaa talouskasvuun ja vastuulliseen ympäristöpolitiikkaan pyrkivässä toiminnassa. Tarkoituksemme on tarkastella irtikytkentää taloudellisia pyrkimyksiä laajasti ohjaavana yhteiskunnallisena tavoitteena Suomen kontekstissa. Rajaamme aiheen kapeaksi: tavoitteena on saada selvyys irtikytkennän perusteista sekä mittakaavoista keskustelun pohjaksi. Argumenttimme rakenne on: *jos* jokin toimija perustaa toimintansa ajatukselle irtikytkennästä, *niin* pyrimme osoittamaan, että toimija ei ole ottanut huomioon tarvittavan ”onnistuneen irtikytkennän” konkreettista nopeutta ja kokoa. Emme pyri ennustamaan tulevia olosuhteita, vaan yksinomaan arvioimaan, millaisia ehtoja irtikytkentään sitoutuva poliittinen ohjaus ja taloudellinen toiminta kohtaavat. Samoin emme oleta että nykyiset tuotannon ja kulutuksen trendit itsestäänselvästi jatkuisivat tai että kansallinen politiikka Suomessa tai kansainvälisen järjestelmä jatkossakin suosivat nykytrendejä, vaan tarkastelemme tilannetta *nykyoloissa*. Emme tässä yhteydessä tarkastele myöskään vaihtoehtoja irtikytkentään perustuvalla ajattelulla. Vaihtoehtoja on useita, ja niiden tarkastelu ansaitsee oman katsauksensa.

Esitämme kaksi näkökulmaa, joiden perusteella arvioimme irtikytkentää yhteiskunnallisena tavoitteena ja tarvittavan taloudellisen ja kulttuurisen muutoksen taustaoletuksena. Konkretisoidaksemme keskustelua arvioimme ensin kvantitatiivisesti, mitä “onnistunut irtikytkentä” tarkoittaisi Suomessa. Toiseksi esitämme katsauksen viimeaikaisesta irtikytkentää koskevasta tutkimuksesta. Näiden tarkastelujen valossa irtikytkentä vaikuttaa hyvin riskialttilta tavoitteelta. Epärealististen sitoumustensa vuoksi se ei sovellu taustaoletukseksi strategioille, jotka pyrkivät välttämään eksistentiaalisen kriisin (Guterres 2018), joka yhteiskuntaa uhkaa ilmastomuutoksen ja siihen liittyvien ekologisten tuhojen muodossa.

Määritelmiä

Irtikytkennällä tarkoitetaan talouskasvun ja ympäristökuorman tai resurssien käytön kasvun välisen korrelaation katkaisemista. Keskustelussa erotetaan suhteellinen ja absoluuttinen irtikytkentä. Suhteellinen irtikytkentä kuvaa tilannetta, jossa ympäristökuorma tai resurssien käyttö ei kasva tai kasvaa hitaammin kuin talous. Absoluuttinen irtikytkentä tarkoittaa, että ympäristökuorma tai resurssien käyttö laskee (samalla kun talous kasvaa tai pysyy entisen kokoisena).

Irtikytkentää voidaan tarkastella ympäristövaikutusten (päästöt, biodiversiteetin kapeutuminen, maankäyttö ja niin edelleen, *impact decoupling*) ja resurssien käytön suhteen (energia- ja materiaalihokkuus, *resource decoupling*). Esitämme alla kvantitatiivisen arvion resurssien käytön absoluuttisesta irtikytkennästä. On kuitenkin huomattava, että irtikytkentä tarkasteltuna laskennallisesti eli kahden lukuarvon (esimerkiksi BKT:n ja päästö- tai materiaalitonniin) suhteena ei ole sama asia kuin aineellinen ja sosiaalinen irtikytkentä eli talouden kyky tuottaa hyvinvointia suhteessa talouden aiheuttamaan ympäristövahinkoon. Vaikka päästö- ja materiaalitonni antavat karkean kuvan talouden aineenvaihduksen koosta, on kestävyttä tarkasteltava myös yksityiskohtaisemmin. Materiaalivirran ympäristövaikutukset määräytyvät niin laadun kuin määränkin myötä. Esimerkistä käyvät globaalit merikalan saaliit, jotka ovat vähentyneet samalla kun kalastusponnisteluita lisätään. Ympäristövaikutukset voivat siis jopa kasvaa, vaikka luonnonvarojen hyödyntämisen tonneittain laskettu määrä laskisi tai pysyisi ennallaan (Davidson *ym.* 2014). Kalastussaalet ovat hyvä esimerkki myös siksi, että kansallinen ja kansainvälinen säätely vaikuttavat niihin ratkaisevasti. Esimerkiksi Sala *ym.* (2018)

osoittavat että 54 prosenttia nykyisistä valtamerien kalastusalueista on kannattamattomia nykyisellä hintatasolla (ilman valtion tukiaisia). Kalastuspaine siis syntyy sääntelyn ja markkinoiden yhteysvaikutuksena, mikä irtikytkennän kannalta tarkoittaa, että tulevaa ei voida ennustaa pelkästään talouden trendien perustella, ilman politiikan vaikutuksen tarkastelua. Kalakantojen kestävä hyödyntäminen johtaisi myös vakaampiin saaliisiin, eli vähäisemmät kalastusponnistelut ja ympäristövaikutukset eivät johtaisi vähentyvään hyötyyn.

Materiaalien käyttö globaalisti

Viime vuosisadan alusta globaali luonnonvarojen vuosittainen käyttö on yli kymmenkertaistunut: vuonna 1900 se oli 7 Gt, vuonna 2010 runsaat 70 Gt ja nykyään yli 88 Gt. Kasvunopeus on kiihtynyt viime vuosikymmenien aikana: 1970-luvulta määrä on liki nelinkertaistunut (Krausmann *ym.* 2017, Schaffartzik *ym.* 2014, UNEP 2016, IRP 2017). Suomessa materiaalinkulutus kaksinkertaistui vuodesta 1970 (n. 65 miljoonaa tonnia, 13,8 tonnia per capita) vuoteen 2015 (n. 135 miljoonaa tonnia, 24,6 tonnia per capita) (IRP Global Material Flows 2018).

Vuosittaiset materiaalivirrat ovat vain yksi kasvun ilmentymä. Erilaiset kiinteät varastot (*stock*) eli rakennukset, koneet, käyttöesineet ja muu aineellinen infrastruktuuri ovat kasvaneet vielä nopeammin. Vuosina 1900–2010 globaalit varastot kasvoivat 23-kertaisiksi (Krausmann *ym.* 2017). Varastojen ylläpitämiseen ja rakentamiseen kuluu jo yli puolet vuosittaisesta materiaalivirrasta. Vaikka valtaosa varastoista koostuu erilaisista rakennusmateriaaleista, niiden ylläpito vaatii esimerkiksi energiaa rakennusten lämmittämiseen, ajoneuvojen liikkuttamiseen ja niin edelleen (Schaffartzik *ym.* 2014; Krausmann *ym.* 2017). Vain 9–12 prosenttia vuosittaisesta varastojen ylläpitämiseen ja rakentamiseen tulevasta materiaalivirrasta on kierrätettyä tai niin sanottua kaskadikäyttöä (esimerkiksi vanhan betonin jauhamista hiekan korvikkeeksi) (Krausmann *ym.* 2017).

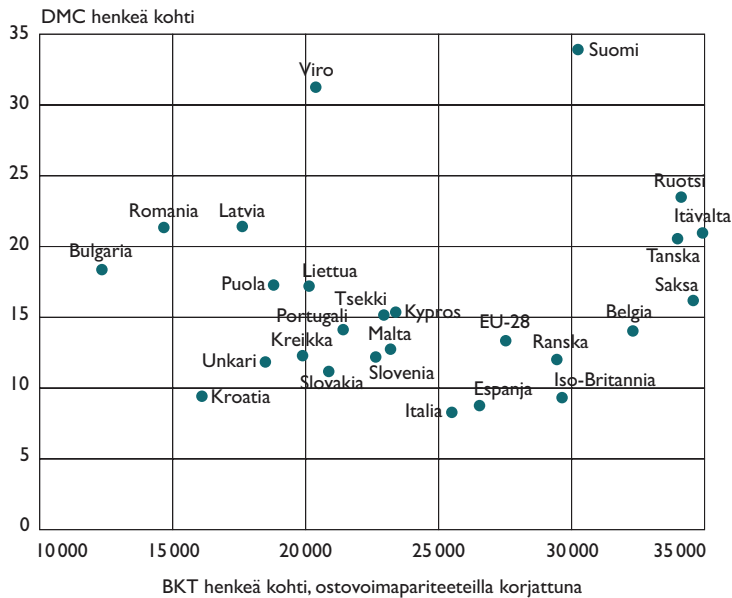
YK:n kansainvälinen resurssipaneeli (IRP 2017, 44) esittää neljä eri skenaariota materiaalien kulutuksen kehitykselle. Huomionarvoista on, että kunnianhimoisin Climate Plus-skenaario, joka sisältää aggressiivisia ilmastonmuutoksen torjuntatoimia ja mahdollisimman suuren materiaalitehokkuuden lisääntymisen, merkitsisi silti materiaalien käytön lisääntymistä 75 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Tämä osoittaa perityn tilanteen (Lähde 2013, 24–27) vaikutuksen; olemassa olevat varastot lukitsevat resurssien käyttöä pitkälle tulevaisuuteen.

Huolimatta Climate Plus -skenaarion eduista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä, globaalin talouden vaatima 132 miljardin tonnin materiaalinkäyttö aiheuttaisi joka tapauksessa valtavat ympäristövaikutukset [...] ja lisäksi riskiä, että maapallogjärjestelmä siirtyisi uudenlaiseen tilaan, joka ei ole enää yhtä sopiva sosiaalisille ja taloudellisille systeemeille ja joka tekisi kestävänsä kehityksen päämäärien (SDG) saavuttamisen vaikeammaksi jollei mahdolltomaksi. (IRP 2017, 44, suomennos kirjoittajien)

Koska jo nykytilanne on kestävä, ratkaiseva globaali tavoite on absoluuttinen irtikytkentä eli materiaalien käytön vähentyminen. Suhteellinen irtikytkentä (materiaalien käytön kasvu hitaammin kuin talouskasvu) voi olla merkittävä jonkin maantieteellisen alueen tai tuotantosektorin kannalta, ja materiaalien käytön kasvu on sallittava maissa, joissa perustarpeita ei voida nykytasolla tyydyttää. Kuitenkin vain absoluuttinen irtikytkentä, johon voi sisältyä valikoituja kasvun alueita ja johon on sisällyttävä materiaalien käytön laadullista muutosta materiaalitonniin sisällä, voi johtaa ekologiseen kestävyteen.

Entä Suomi?

Aineellisten resurssien kuluttajina suomalaiset ovat maailman kärkeä. Vuoden 2015 per capita käyttö 24,6 tonnia (DMC) on huomattavasti suurempi kuin Euroopan keskiarvo 13,8 tonnia ja jopa korkeampi kuin Yhdysvaltain 21,1 ja Kiinan 23,6 tonnia.¹ (IRP Global Material Flows 2018). Resurssien käyttö on tehontonta. Esimerkiksi Ruotsi, Itävalta, Saksa, Tanska ja Belgia toteuttavat korkeamman BKT:n pienemmällä per capita materiaalinkulutuksella. Suomi on resurssitalous, jonka bruttokansantuotteesta poikkeuksellisen suuri osa tulee paljon energiaa ja



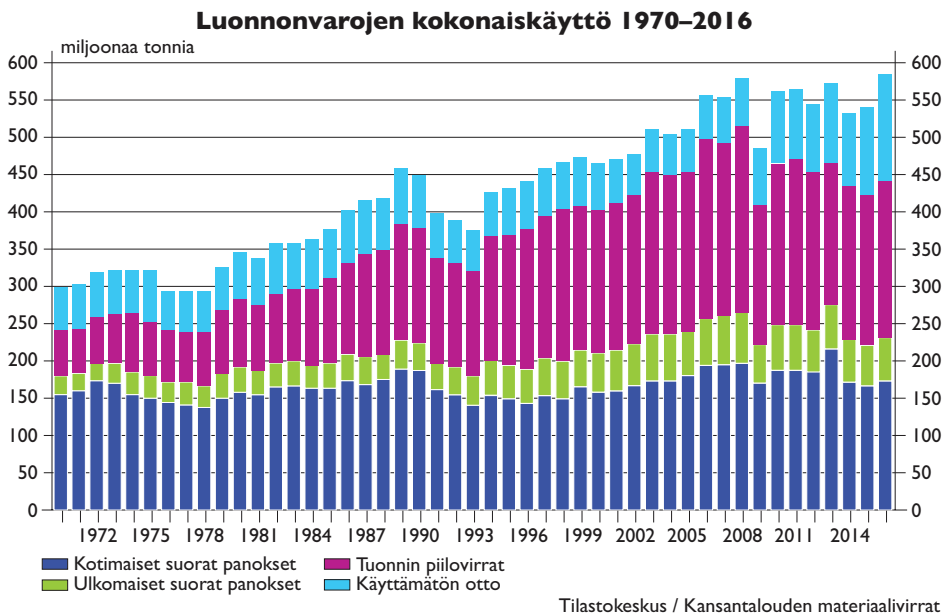
Kuvio 1. DMC ja BKT Euroopassa. (Lähde:Vahvelainen 2016)

raaka-ainetta kuluttavasta matalan jalostusasteen tuotannosta (Vahvelainen 2016). Näin ollen irtikytkentä on poikkeuksellisen haastava tavoite nimenomaan Suomessa.

Vaikka kotimainen luonnonvarojen otto on viime aikoina pysynyt suhteellisen tasaisena, piilovirtoihin sisältyvä kulutus on kasvanut (ks. kuvio 2). Vuonna 1970 materiaalinkäytössä kotimaiset suorat panokset olivat 154 miljoonaa tonnia, tuonnin piilovirrat 61 miljoonaa tonnia ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö 298 miljoonaa tonnia (Suomen virallinen tilasto 2016). Kun vuonna 2016 kokonaiskäyttö oli 585 miljoonaa tonnia, tuonnin piilovirrat 211 miljoonaa tonnia ja kotimaiset suorat panokset 173 miljoonaa tonnia, voidaan todeta, että kokonaiskäytön lähes kaksinkertaistuttua tuonnin piilovirtojen määrä on yli kolminkertaistunut. Toisin sanoen maan rajojen ulkopuolella syntyvä kulutus on kasvanut huomattavasti nopeammin kuin kokonaiskulutus.

Esimerkiksi ruoantuotannon suhteen Sandström *ym.* (2017) arvioivat, että noin 40 prosenttia suomalaisten kuluttamien maataloustuotteiden tuottamiseen tarvittavasta viljelymaasta on Suomen ulkopuolella (luku ei sisällä laidunmaita). Samoin Sandström *ym.* (2017) toteavat, että noin 90 prosenttia Suomessa kulutettujen maataloustuotteiden tuottamiseen tarvittavasta makeasta vedestä käytetään ulkomailla, johtaen kaiken kaikkiaan siihen, että yli 90 prosenttia ruoantuotannon biodiversiteettivaikutuksista tapahtuu maan rajojen ulkopuolella.

Ympäristöministeriön raportissa “Suomen talouden materiaalivirrat 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030” (Koskela *ym.* 2013) esitetään materiaalikäytön kehityksestä vuoteen 2030 mennessä arvio, joka “noudattaa Työ- ja elinkeinoministeriön Kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariota (TEM 2012) talouden toimialarakenteen kehityksen ja energiajärjestelmän osalta.” BKT:n oletetaan kasvavan vuodesta 2008 vuoteen 2030 keskimäärin 1,4 prosenttia vuodessa, kun taas luonnonvarojen otto kasvaa 70 prosenttia eli kaksi kertaa enemmän. Kirjoittajat selventävät: “Kasvusta kaksi kolmasosa johtuu metallimalmien louhinnan kasvusta.” Skenaariossa “Suomen väestö kasvaa 10 prosenttia ja BKT 35 prosenttia. Samanaikaisesti materiaalien suora kulutus kasvaa 45 prosenttia ja raaka-aineiden kulutus 14 prosenttia. [...] Materiaalituottavuus eli bruttokansantuote materiaalien suoraa kulutusta kohti laskee 15 prosenttia.” (Koskela *ym.* 2013, 8; kursivointi lisätty.) Materiaalien käytön osalta skenaariossa siis ennakoitaa rematerialisaatiota eli materiaalien käytön kasvun kytkeytymistä uudelleen bruttokansantuotteen kasvuun, ei irtikytkentää.



Kuvio 2: Luonnonvarojen kokonaiskäyttö materiaaliryhmittäin 1970–2016. (Lähde: Suomen virallinen tilasto 2016.)

“Onnistunut irtikykentä” Suomessa

Mitä “onnistunut irtikykentä” sitten tarkoittaisi Suomessa? Ajatuskokeessa määrittelemme “onnistuneen irtikykennän” niin, että sen jälkeen materiaalien käyttö olisi globaalisti tasolla, jonka olisi mahdollista olla ekologisesti kestävää ja joka voisi olla yhteensopiva lämpötilan nousun pysäyttämiseen 2°C asteeseen (tiukemman tavoitteen, kuten esimerkiksi IPCC:n (2018) ja Suomen Ilmastopaneelin (2018) suosituksen, maksimissaan 1,5°C asteen lämpenemisen, tavoittaminen vaatisi vielä nopeampaa ja syvempää irtikykentää). Ympäristöongelmista kenties eniten huomiota on saanut ilmastonmuutos, jonka pahimpien vaikutusten ehkäisemisen kannalta merkittävin ajanjakso on tästä hetkestä vuoteen 2050 (IPCC 2018, Rockström *yms.* 2017). Käytämme tätä aikajaksoa myös tarvittavan irtikykennän aikatauluna².

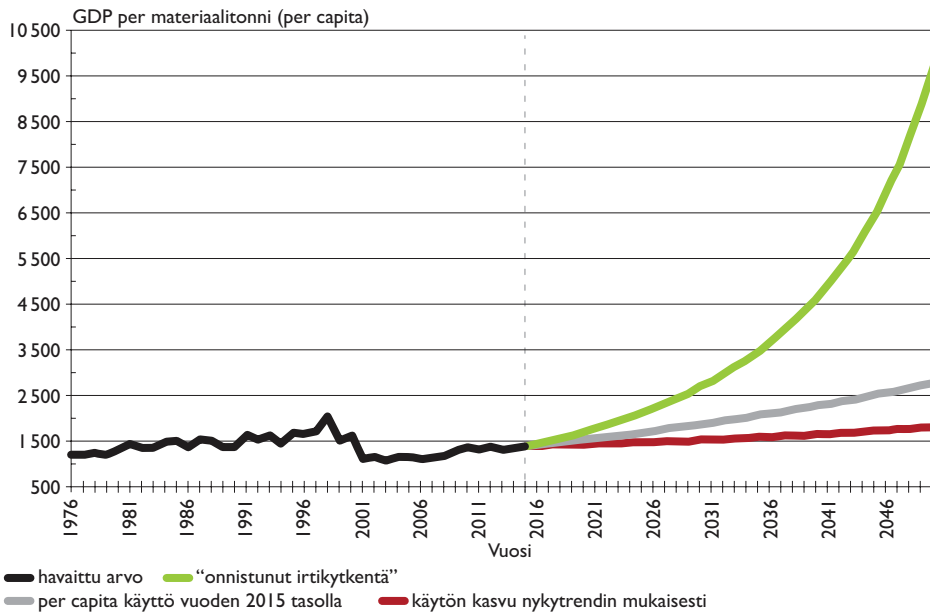
Oletamme globaalin väestön olevan vuonna 2050 noin 9,7 miljardia (UN World Population Prospects 2017). Pariisin sopimuksen kanssa mahdollisesti yhteensopiva globaali resurssien käytön taso voisi olla noin 68 Gt (vastaten noin vuoden 2000 tasoa), mikä tarkoittaisi noin 7 tonnia per capita (Bringezu 2015; Tukker *yms.* 2016) – luku vastaa alle yhtä kolmasosaa suomalaisten nykykulutuksesta. Jos talouden arvioidaan kasvavan 2 prosenttia vuodessa (vrt. energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvioinnissa käytetty arvio 2-3 prosenttia, Koljonen *yms.* 2017, 17), Suomen BKT vuonna 2050 on 379 miljardia euroa (vuonna 2017 196 miljardia; lähtökohtina IMF:n raportoimat luvut)³.

Havainnollistaaksemme “onnistunutta irtikykentää”, esitämme kuvion (ks. kuvio 3), jossa BKT on jaettu käytetyillä materiaalitonneilla (BKT/DMC).

Viivat esittävät kuinka paljon rahamääräistä arvoa saadaan käytetyistä materiaaleista. Musta viiva kuvaa havaittua kehitystä 1970–2015. Vuodesta 2016 lähtien kehitys olettaa 2 prosentin

² On syytä huomata, että Pariisin sopimus koskee ilmastopäästöjä ja ajatuskokeemme materiaalien käyttöä. Materiaalien käytön ja ilmastopäästöjen välinen suhde on epäsuora. Toisin sanoen se, kuinka paljon ilmastopäästöjä syntyyisi ajatuskoetta varten esitetystä materiinkulutuksesta, riippuisi siitä, mitä ja millä tavoin tuotettua ainesta tonnit sisältäisivät.

³ <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/02/weodata/index.aspx>



Kuvio 3. Suomen talouden materiaalitehokkuus (BKT/DMC): havaittu arvo (vuodet 1976–2015), projektiio (2016–2050). Vihreä käyrä – “onnistunut irtikykentää”; harmaa käyrä – per capita käyttö vuoden 2015 tasolla; punainen käyrä – käytön kasvu nykytrendin mukaisesti

BKT:n vuosittaisen kasvun ja väestönkasvun seuraavan Tilastokeskuksen vuoden 2015 ennustetta (Suomen virallinen tilasto, 2015). Harmaa viiva kuvaa materiaalien käytön (per capita) pysymistä vuoden 2015 tasolla. Punainen viiva kuvaa IRP (2017) business-as-usual skenaariota, ja vihreä viiva “onnistunutta irtikykentää” tasoon 7 tonnia per capita vuonna 2050.

Kuvaajasta näkyy, että “onnistunut irtikykentää” edellyttää ennennäkemätöntä materiaalitehokkuutta: jokaisesta materiaalitonnista pitäisi saada rahamääräistä arvonlisäystä 6,6 kertaa enemmän kuin vuonna 2015 (vuonna 2015 materiaalien käyttö noin 135 miljoonaa tonnia ja BKT 196 miljardia, vuonna 2050 materiaalien käyttö noin 41 miljoonaa tonnia ja BKT 379 miljardia) samaan aikaan kun materiaalien käyttö absoluuttisesti laskee noin 70 prosenttia. On vaikea ymmärtää, mitä tällainen materiaalien käytön tehostuminen ylipäätään tarkoittaisi. Jos 6,6-kertainen rahamääräisen arvon tuottaminen koskisi kaikkea materiaalinkäyttöä, se koskisi yhtä hyvin sora- ja silakkatonneja kuin älypuhelimia. Jos taas joidenkin tonniin käytön tehostuminen olisi pienempää, se vaatisi muilta tonneilta vieläkin enemmän. Kun muistetaan, että nykyisin noin puolet materiaalien käytöstä kuluu varastojen ylläpitoon ja käyttöön, vaatisi “onnistunut irtikykentää” materiaalien käytön tehostumiselta ja BKT:n muodostumisesta niin kutsutuista aineettomista palveluista käsittämättömän paljon. Sen paremmin Suomessa kuin globaalistakaan ei ole havaittavissa tällaista kehitystä ennustavia trendejä, eikä tutkimuskirjallisuudessa ole esitetty uskottavaa kuvausta siitä, mitä tällainen muutos voisi konkreettisesti tarkoittaa.

Irtikykentää koskevista tutkimushavainnoista

Kirjallisuudessa on esitetty havaintoja suhteellisesta irtikykennästä sekä ympäristövaikutusten että resurssien käytön suhteen. Suhteellinen BKT:n irtikykentä energian ja materiaalien käytöstä ja hiilidioksidipäästöistä on ollut seurausta energia- ja materiaalitehokkuuden kasvusta (UNEP 2011, 2014). Sen sijaan absoluuttista irtikykentää on havaittu vain maantieteellisesti rajatuilla alueilla ja tietyillä talouden sektoreilla, lähinnä OECD-maissa (kuten UK, Saksa, Japani, ks. Steinberger *ym.* 2013, Giljum *ym.* 2014), erityisesti taantuman tai matalan talouskasvun

aikoina (Shao *ym.* 2017). Esitämme seuraavassa tuloksia tekemästämme kirjallisuushausta sekä huomioita irtikytkentää koskevasta empiirisestä tutkimuksesta ylipäätään.

Teimme bibliometrisen haun termeillä “decoupling”, “economic” ja “environment” Thomson Reutersin Web of Science tietokannasta vuosille 1990–2018. Haku tuotti 178 artikkelia, jotka siteeraavat yhteensä 1864 lähdettä. Yli puolet näistä viitatuista artikkeleista on julkaistu viimeisen kolmen vuoden aikana (2016 = 215, 2017 = 398, 2018 = 441). Kaikkiaan 178 artikkelista 76 on julkaistu viimeisen kolmen vuoden aikana. Luvut viittaavat siihen, että vaikka irtikytkennästä on keskusteltu jo 1990-luvulta lähtien, julkaistu tutkimus on merkittävässä määrin vasta muodostumassa.

178 artikkelin joukossa 124 käsittelee irtikytkennän ilmiötä mutta ei esitä empiirisiä tuloksia ja jää siten analyysin ulkopuolelle. Empiiristä aineistoa käsittelevistä 54 artikkelista 10 esittää havaintoja absoluuttisesta irtikytkennästä. Näistä kymmenestä puolestaan kaikki paitsi yksi koskevat rajattua maantieteellistä aluetta eivätkä ota huomioon kaupan ja ulkoistamisen vaikutuksia.

Ainoa poikkeus on Wood *ym.* (2018), joka perustuu eri alueiden materiaalivirtoja yhdistävään (multiregional input-output, MRIO) malliin nimeltä EXIOBASE3. Wood *ym.* (2018) esittävät sekä tuotantoon että kulutukseen perustuvia laskelmia koskien kasvihuonekaasuja, energiaa, materiaalien käyttöä, veden kulutusta ja maan käyttöä ajalta 1995–2011. Heidän johtopäätöksensä kuuluu:

Globaalilla tasolla joko absoluuttista tai vahvaa subteellista irtikytkentää BKT:stä kuvaavat resurssitehokkuuden saavutukset ovat olleet rajoittuneita. [...] Materiaalien käyttö on kasvanut eniten, luvusta 8,3 lukuun 11,3 tonnia/capita (+36%), ohittaen BKT:n kasvun. Havaitsemme samansuuruisen kasvun kasvihuonekaasujen päästöissä subteessa päästöjä tuottavaan energian käyttöön [...] Maan ja vesiresurssien käyttö, jotka ovat suuremmin kytköksissä luonnon rajoihin, ovat kasvaneet vähiten, [...]. Maankäyttö on absoluuttisesti vähentynyt hieman, pääosin johtuen vähäisistä pysyvien niittyjen, laidunmaiden ja istuttamattomien metsien määrien vähentymisistä. Se on ainoa mittari, jossa näkyy (pieniä) absoluuttista irtikytkentää BKT:stä.

Kokonaisuutena Wood *ym.* (2018) havainnot korostavat siis pikemminkin materiaalien käytön kasvua kuin irtikytkentää.

Ylipäätään havainnot irtikytkennästä OECD-maissa ovat ongelmallisia, sillä kuten Giljum *ym.* (2014, 331) kirjoittavat:

On kysyttävää, esittävätkö esimerkit absoluuttisesta irtikytkennästä edistystä kohti “vibreää kasvua” kansainvälisellä tasolla, koska monissa tapauksissa materiaali-intensiivinen tuotanto on ulkoistettu muihin maihin.

Luonnonvarojen kauppa on kasvanut nopeammin kuin paikallinen käyttöönotto (Peters & Hertwich 2008; Hoekstra & Wiedmann 2014) – näin myös Suomessa, kuten yllä todettiin. Tällä hetkellä 11,6 Gt vuosittaisesta globaalista materiaalivirrasta (88,6 Gt) kulkee kansainvälisessä kaupassa. Kaupan merkitys korostuu edelleen, kun tarkastellaan kaupattujen raaka-aineiden ja hyödykkeiden taustalla olevaa aineellista toimeliaisuutta. Jokaista kaupattua tonnia vastaa 2,5–3-kertainen määrä luonnonvarojen käyttöä tuotantomaissa. Toisin sanoen noin 40% vuosittaisesta globaalista luonnonvarojen kulutuksesta käytetään tuottamaan raaka-aineet ja hyödykkeet, joita rahdataan maasta toiseen (Hoekstra & Wiedmann 2014; Wiedmann *ym.* 2015; UNEP 2016). Tämä tarkoittaa, että etenkin vauraimmat maat ovat ulkoistaneet merkittävän osan luonnonvarojen kulutuksestaan. Kun kaupattavien tavaroiden ja raaka-aineiden sijaan katsotaan kaupan piilovirtoja, vauraiden maiden riippuvaisuus luonnonvaroista osoittautuu suureksi (IRP 2017, 36). Tuojamaat saavat ostamissaan hyödykkeissä suuren määrän luonnonvaroja pakattuna pieneen tilaan (UNEP 2016, 24). Edes karkeilla mittareilla ei ole selvää, missä määrin globaali kauppa lisää materiaalitehokkuutta. Tuotanto siirtyy maasta toiseen käytännössä työvoiman hinnan mukaan, mutta vaikutus materiaalitehokkuuteen on päinvastainen (IRP 2017, 30, 33).

Tuotannon ulkoistamisen ja kaupan vaikutusten huomioiminen koskee paitsi yksittäisten rajattuja maantieteellisiä alueita koskevien empiiristen havaintojen merkitystä myös empiirisen aineiston tulkintaa ylipäätään. Jos ja kun empiiriset havainnot koskevat rajattuja maantieteellisiä alueita ja tiettyjä tuotannon sektoreita (ja tyypillisesti vain suhteellista irtikytkentää), ei ole selvää, että niistä voidaan päätellä moninaisesti verkottuneen avoimen talouden absoluuttisen irtikytkennän olevan mahdollista. Lisäksi tuotannon maantieteellinen siirtymä asettaa tehdyt havainnot uuteen valoon: paikallinen (suhteellinen) irtikytkentä voi liittyä jopa globaaliin (suhteelliseen) rematerialisaatioon (nk. Simpsonin paradoksi; Antal & van den Bergh 2014, 3).

Karstensen, Peters & Andrew (2018) analysoivat sekä alueellisesti (ajanjaksolla 1990–2016) että kulutusperustaisesti eli ulkomaankaupan huomioonottaen (ajanjaksolla 1990–2014) EU:n CO₂-päästöjen kehityksen kolmea taustatekijää, BKT:n kasvua, energiaintensiteettiä (käytetty energia per BKT-yksikkö) ja hiili-intensiteettiä (päästöt per käytetty energiayksikkö). He toteavat, että ennen vuotta 2008 EU:n kulutusperustaiset päästöt kasvoivat erityisesti Kiinasta tuotujen tuotteiden päästövaikutusten vuoksi, kun taas vuoden 2008 jälkeen alueellisten ja kulutusperustaisen päästöjen vähenemiseen vaikutti eniten heikko BKT:n kasvu. Edelleen Karstensen, Peters & Andrew (2018) esittävät, että vuosina 2014–2017 EU:ssa alustavien tietojen mukaan havaittu hiilidioksidipäästöjen kasvu johtuu erityisesti BKT:n kasvun nopeutumisesta. Molemmat tulokset – BKT:n kehityksen energia- ja hiili-intensiteettiä suurempi merkitys päästömäärien kehitykselle ja Kiinan tuonnin merkitys kulutusperustaisille päästöille – kertovat, että myös ympäristövaikutusten irtikytkentää (*impact decoupling*) koskevia havaintoja on arvioitava huolellisesti, ennen kuin niistä päätellään absoluuttisen irtikytkennän olevan mahdollista.

Kuten tuotannon ulkoistaminen, myös finanssoituminen voi tuottaa systemaattisen empiirisen vääristymän irtikytkentää koskeviin havaintoihin. Finanssoitumisen eli finanssisektorin (rahoitus- ja sijoituspalveluita tarjoavat yritykset) muita talouden sektoreita nopeamman kasvun ja vaikutusvallan lisääntymisen katsotaan alkaneen 1980-luvulla. Vuoden 2008 jälkeinen tilanne on huomionarvoinen, koska esimerkiksi Yhdysvallat, EU, Japani ja Kiina ovat käyttäneet määrällisen elvytyksen (*quantitative easing*) ja keskuspankin nollakoron kaltaisia poikkeuksellisia menetelmiä, jotka ovat mahdollistaneet finanssisektorin kasvun sekä edistäneet myös muiden talouden sektoreiden pyrkimyksiä hakea tuottoja finanssitoiminnalla (van der Zwan 2014).

Kovacic *ym.* (2018) tarkastelevat tutkimuksessaan EU14 -maita (Alankomaat, Belgia, Espanja, Iso-Britannia, Irlanti, Italia, Itävalta, Kreikka, Portugali, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi ja Tanska) vuosina 1995–2013, jolloin näiden talouksien energiaintensiteetti (käytetyn energian määrä jaettuna bruttoarvonlisäyksellä) laski noin 20 prosenttia (n. 1,5 prosenttia vuodessa), Suomessa 18 prosenttia, mikä viittaa irtikytkentään. Kuitenkin samaan aikaan talouksien finanssivaltaisuus (finanssivarallisuuden (*assets*) summa jaettuna bruttoarvonlisäyksellä) kasvoi vielä nopeammin, noin 60 prosenttia (n. 4 prosenttia vuodessa), Suomessa jopa 307 prosenttia, (n. 18 prosenttia vuodessa).

Kovacic *ym.* (2018) jakavat talouden kolmeen osaan, FIN (finanssi), GOV (hallinto) ja kaikki muu DE (domestic extraction). DE sisältää esimerkiksi maanviljelyn, teollisuuden, liikenteen, rakentamisen eli lähes kaiken materiaalin liikuttelun ja muokkauksen. Analysoidulla aikavälillä DE-sektorin energiaintensiteetti (käytetty energia jaettuna työntuntien määrällä) pysyi vakiona. Kirjoittajat päättelivät, että koska sekä finanssisektorin että hallinnon energiankulutus on suhteellisen pieni verrattuna DE-sektoriin, havaittu energiaintensiteetin lasku johtuu finanssisektorin kasvusta, mikä on epäsuorasti kasvattanut bruttoarvonlisäystä. Koska DE-sektorin energiaintensiteetti ei ole laskenut, Kovacic *ym.* (2018) päättelivät, että “energian läpivirtaaman ja talouskasvun välinen irtikytkentä EU14 maissa kuvastaa finanssoitumista pikemmin kuin muutosta yhteiskunnan aineenvaihdunnassa tai tuotantoprosesseissa.”

Suomen poikkeuksellisen korkea finanssivaltaisuuden kasvu ao. ajanjaksolla (307 prosenttia, verrattuna EU14 keskiarvoon 60 prosenttia) on huomionarvoinen havaintua (Tilastokeskus 2016) BKT:n ja kasvihuonekaasupäästöjen suhteellista irtikytkentää arvioitaessa. Kovacic *ym.* (2018) päätelmän mukaisesti finanssoituminen on osaltaan todennäköisesti vaikuttanut Suomessa vuosina 1995–2013 havaittuun irtikytkentään.

Lopuksi

Irtikytkentää koskevien tutkimushavaintojen ja vuoteen 2050 mennessä toteutetun “onnistuneen irtikytkennän” välillä on valtava kuilu. Tämä ei tarkoita, että ekologisesti kestävä talous olisi mahdotonta saavuttaa. Pikemminkin laskennallinen irtikytkentä antaa puutteellista informaatiota päätöksenteolle. Irtikytkennän käsitteeseen sisältyvät abstraktiot (BKT, materiaalitonnit) jättävät tärkeät laatueroit huomiotta ja käsitteen tutkimus usein sivuuttaa ratkaisevia seikkoja (maailman kauppapolitiikka, finanssoituminen).

Irtikytkentään optimistisesti suhtautuvat tahot esittävät talouden rakenteiden muutoksen mahdollistuvan dematerialisaation, talouden palvelumuotoistumisen ja kiertotalouden avulla. Lähivuosikymmenten muutostarpeen ymmärtämiseksi päätöksentekijät tarvitsevat kuitenkin tarkemman käsityksen aineellisista reunaehdoista. Lähes kaiken (laillisen) BKT:n kasvua edistävän taloudellisen toiminnan tukeminen samaan aikaan kun irtikytkentää pidetään “pakkona”, ei edistä infrastruktuurin ja materiaalinkäytön sovittamista paikallisten ja koko planeetan ekosysteemien rajoituksiin. Siksi huomio olisi suunnattava näkemyksiin, jotka eivät edellytä taluskasvua tai vähintäänkin suhtautuvat siihen agnostisesti. Ilmasto- ja ympäristötutkimuksessa on esitetty erilaisia nopean ja laajan talouden ja yhteiskunnan muutoksen hahmotuksia, kuten vihreä New Deal (Mazzucato 2015), globaali Marshall -suunnitelma (Aronoff 2017), degrowth (Victor 2012) ja siirtyminen sotatalouteen (Malm 2015; McKibben 2016). Yhteistä näille aloitteille on merkittävä rooli valtiolliselle ohjaukselle ja rahoitukselle.

Globaalisti luonnonvarojen kulutus kasvaa. Havaintoja ”kehittyneiden” maiden talouksien absoluuttisesta materiaalisesta irtikytkennästä ei ole, ja havainnot kansantalouksien suhteellisesta (materiaalisesta ja ympäristövaikutusten) irtikytkennästä osoittautuvat vähintäänkin ongelmalliseksi tai suorastaan harhaksi, kun otetaan huomioon ympäristövaikutusten ulkoistaminen ja finanssoituminen. Suomessa “onnistunut irtikytkentä” tarkoittaisi, että vuoteen 2050 mennessä materiaaleista saataisiin 6,6 kertaa enemmän BKT:ta kuin tällä hetkellä, samaan aikaan kun materiaalien kulutus laskisi noin 70 prosenttia. Tällaisen irtikytkennän tavoittelu on erittäin riskialtista ja sotii varovaisuusperiaatetta vastaan tilanteessa, jossa on keskityttävä yhteiskuntia kohtaavan eksistentiaalisen uhan torjuntaan.

Kiitokset

Tutkimuksen on rahoittanut Koneen Säätiö ja Suomen Akatemian alaisuudessa toimiva Strategisen tutkimuksen neuvosto (HY 312623 / BIOS 312663).

Lähteet

- Antal M. & van den Bergh J.C.J.M. (2014) Green growth and climate change: conceptual and empirical considerations. *Climate Policy* 16(2) 165–177. <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.992003>
- Aronoff, K. (2017) Could a global Marshall plan for the planet tackle the climate crisis? *The Nation* 2017. <https://www.thenation.com/article/could-a-marshall-plan-for-the-planet-tackle-the-climate-crisis/> > 27.6.2018
- Bringezu, S. (2015) Possible Target Corridor for Sustainable Use of Global Material. *Resources* 4(1) 25–54. <https://doi.org/10.3390/resources4010025>
- Davidson, D. J., Andrews, J. & Pauly, D. (2014) The effort factor. Evaluating the increasing marginal impact of resource extraction over time. *Global Environmental Change* 25, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.02.001>
- Giljum, S., Dittrich, M., Lieber, M. & Lutter, S. (2014) Global Patterns of Material Flows and their Socio-Economic and Environmental Implications: A MFA Study on All Countries World-Wide from 1980 to 2009. *Resources* 3(1) 319–339. <https://doi.org/10.3390/resources3010319>
- Guterres, A. (2018) Secretary-General’s remarks on Climate Change, 10.9. 2018. <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2018-09-10/secretary-generals-remarks-climate-change-delivered> > 31.10.2018
- Hoekstra, A. & Wiedmann, T. O. (2014) Humanity’s unsustainable environmental footprint. *Science* 344(6188) 1114–1117. <https://doi.org/10.1126/science.1248365>
- Ilmastopaneeli (2018) Ilmastopaneelin näkemykset pitkän aikavälin päästövähennystavoitteen asettamisessa huomioon otettavista seikoista. 21.6.2018. http://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Ilmastopaneelin-muistio_hyvaksyty_4.6.2018.pdf > 1.1.2019
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018) Global Warming of 1,5°C. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. <https://www.ipcc.ch/sr15/> > 1.1.2019

- IRP (International Resource Panel) (2017) Assessing global resource use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction. United Nations Environment Programme, Nairobi. <<http://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use>> 15.3.2018
- IRP Global Material Flows (2018), IRP Global Material Flows -tietokanta. <<http://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>> 15.3.2018
- Karstensen, J., Peters G.P., & Andrew, R.M., (2018) Trends of the EU's territorial and consumption-based emissions from 1990 to 2016. *Climatic Change* 151(2) 131–142. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2296-x>
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., Honkatukia, J., Karvosenoja, N., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Lindroos, T.J., Regina, K., Salminen, O., Savolahti, M., & Siljander, R. (2017) Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017, Helsinki. <https://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/21_Energia+ja+ilmastostrategian+vaikutusarviot+Yhteenvetoraportti/40df1f5f-c99c-47d1-a929-a4c82571547?version=1.0> 1.1.2019
- Koskela, S., Mäenpää, I., Mattila, T., Seppälä, J., Saikku, L., Korhonen, M.-R., Suorsa, M., Österlund, H., & Hippinen, I. (2013) Suomen talouden materiaaliavirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030. Ympäristöministeriö, Helsinki. <<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40781>> 1.1.2019
- Kovacic, Z., Spano, M., Lo Piano, S. & Sorman, A. (2018) Finance, energy and the decoupling: an empirical study. *Journal of Evolutionary Economics* 28(3) 565–590. <https://doi.org/10.1007/s00191-017-0514-8>
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H. & Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H. & Haberl, H. (2017) Global in-use material stocks in the 20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(8) 1880–1885. <https://doi.org/10.1073/pnas.1613773114>
- Lähde, V. (2013) *Niukkouden maailmassa*. niin & näin, Tampere.
- Malm, A. (2015) Socialism or barbeque, war communism or geoengineering: some thoughts on choices in a time of emergency. Teoksessa Bornäs, Kajsa ym. (toim.) *The politics of ecosocialism. Transforming welfare*. Routledge, Lontoo.
- Mazzucato, M. (2015) Toward a Green New Deal. Project Syndicate 14.12. 2015. <<https://www.project-syndicate.org/commentary/clean-energy-billionaires-public-investment-by-mariana-mazzucato-2015-12?barrier=accesspaylog>> 21.6.2018
- McKibben, B. (2016) We need to literally declare war on climate change. *The New Republic* 15.8. 2016 <<https://newrepublic.com/article/135684/declare-war-climate-change-mobilize-wwii>> 27.6.2018
- Obama, B. (2017) The irreversible momentum of clean energy. *Science* 9.1.2017. <<https://doi.org/10.1126/science.aam6284>> 15.3.2018
- OECD (2001) OECD Environmental Strategy for the First decade of the 21st Century. <<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/1863539.pdf>> 25.6. 2018
- Peters, G. & Hertwich E. (2008) CO2 embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science and Technology* 42(5) 1401–1407. <https://doi.org/10.1021/es072023k>
- Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Schellnhuber, H.J. (2017) A roadmap for rapid decarbonization. *Science* 355(6331) 1259–1271. <https://doi.org/10.1126/science.aah3443>
- Sala, E., Mayorga, J., Costello, C., Kroodsma, D., Palomares, M.L.D., Pauly, D., Sumaila, U.R., & Zeller, D. (2018) The economics of fishing the high seas. *Science Advances* 4(6) eaat2504. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2504>
- Sandström, V., Kauppi, P., Scherer, L., & Kastner, T. (2017) Linking country level food supply to global land and water use and biodiversity impacts: The case of Finland. *Science of Total Environment* 575, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.002>
- Schaffartzik, A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C. & Krausmann, F. (2014) The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change* 26, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.013>
- Shao, Q., Schaffartzik, A., Mayer, A. & Krausmann, F., (2017) The high 'price' of dematerialization: A dynamic panel data analysis of material use and economic recession. *Journal of Cleaner Production* 167, 120–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.158>
- Sitra (2016) Kierrolla kärkeen. Suomen tielkartta kiertotalouteen 2016–2025. Sitran selvityksiä 117, Helsinki. <<https://media.sitra.fi/2017/02/24032626/Selvityksia117-2.pdf>> 30.10.2017
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., Getzner, M., Schandl, H., West, J., 2013. Development and Dematerialization: An International Study. *PLoS ONE* 8(10), e70385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070385>
- Suomen virallinen tilasto (2015) Väestöennuste. Liitetäulukko 1. Väestö ikäryhmittäin koko maa 1900–2060 (vuodet 2020–2060: ennuste). Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/vaenn_2015_2015-10-30_tau_001_fi.html> 6.6.2018
- Suomen virallinen tilasto (2016) Kansantalouden materiaaliavirrat. Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/kanma/2016/kanma_2016_2017-11-16_tie_001_fi.html> 2.7.2018
- Tilastokeskus 2016. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2015. Helsinki. <http://www.stat.fi/static/media/uploads/suominir_2016.pdf> 30.10.2018
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, S., Lutter, S., Simas, K., Stadler, K., & Wood, R., (2016) Environmental and resource footprints in a global context: Europe's structural deficit in resource endowments. *Global Environmental Change* 40, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.002>
- UN World Population Prospects (2017), <<https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>> 30.10.2018.

- UNEP (United Nations Environment Programme) (2011) Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Paris. <<http://resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth>> 27.6.2018.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2014) Decoupling 2: technologies, opportunities and policy options. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Paris. <<http://resourcepanel.org/reports/decoupling-2>> 27.6.2018.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2016) Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Paris. <<http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/15138>> 27.6.2018.
- Vahvelainen, S. (2016) Materiaalivirtoja maasta taivaaseen. *Tieto & Trendit* 1.
- van der Zwan, N. (2014) Making sense of financialization. *Socio-Economic Review* 12(1) 99–129. <https://doi.org/10.1093/ser/mwt020>
- Victor, P. (2012) Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis. *Ecological Economics* 84, 206–212. <https://10.1016/j.ecolecon.2011.04.013>
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. & Kanemoto, K. (2015) The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20) 6271–6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>
- Wood, R., Stadler, K., Simas, M., Bulavskaya, B., Giljum, S., Lutter, S. & Tukker, A. (2018) Growth in Environmental Footprints and Environmental Impacts Embodied in Trade. Resource Efficiency Indicators from EXIOBASE3. *Journal of Industrial Ecology* 22(3) 553–564. <https://doi.org/10.1111/jiec.12735>
- Ympäristöministeriö (2018) Vihreä kasvu. Ympäristöministeriö, Helsinki. Julkaistu 22.1.2015 klo 12.45, päivitetty 17.7.2018 klo 14.27. <http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Vibrea_kasvu> 31.10.2018