

Artikkeli



Tere Vadén^a, Jussi Ahokas^b, Tellervo Ala-Lahti^c, Paavo Järvensivu^d, Ville Lähde^d, Tero Toivanen^e & Jussi T. Eronen^f

Onko talouskasvun ja ympäristöpaineiden irtikytkennässä onnistuttu? Tapaus Suomi

Has the Decoupling of Economic Growth and Environmental Pressures Been Successful? The Case of Finland

We look at decoupling environmental pressures from economic growth first at a conceptual level and then empirically, focusing on Finland. First, we distinguish between different types of decoupling, analysing easier and more difficult forms. The absolute, long-term and sufficiently rapid economy-wide decoupling required for ecological sustainability is more challenging than the cases of decoupling a single pollutant or a single economic sector presented in the literature. Since different forms of decoupling are not necessarily (logically, materially) related, special care must be taken when presenting decoupling as a solution. In the empirical section, we consider, first, the decoupling of GDP from resource consumption, and second, the decoupling of GDP from greenhouse gas emissions. In terms of resource consumption, a decoupling possibly consistent with ecological sustainability would require that in 2050 the materials used would create 6.6 times more monetary value than in 2022, while the total material use would be about a quarter of what it is today. Similarly, for greenhouse gas emissions, successful decoupling would require a tripling of the current decoupling rate of net emissions. These results pose a serious challenge to economic and environmental policy approaches relying on the idea of decoupling.

Keywords: climate change, impact decoupling, material use, resource decoupling

^a BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki, tere.vaden@bios.fi

^b BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki & Historia- ja maantieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto

^c BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki & Oikeustieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

^d BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki

^e BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki & Tutkijakollegium, Helsingin yliopisto

^f BIOS-tutkimusyksikkö, Helsinki & Ekosysteemit ja Ympäristö -tutkimusohjelma, Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Johdanto

Viimeisen parin vuosikymmenen aikana kansainvälinen yhteisö ja valtiot ovat pyrkineet määrittelemään tiukkenevia ympäristötavoitteita ohjatakseen yhteiskuntien taloudellista toimintaa ekologisesti kestävämmälle uralle. Yksi ympäristötavoitteiden saavuttamista koskeva ongelma liittyy talouskasvuun. Taloustieteen näkökulmasta on kiisteltyä, mikä on talouskasvun suhde ympäristöongelmien lisääntymiseen tai toisaalta niiden ratkaisuun. Talouskasvua on pidetty sekä ekologisten ongelmien syynä että niiden ratkaisun avaimena (Brock & Taylor 2005). Esimerkiksi niin kutsuttu *degrowth*-tutkimus on korostanut seikkoja, jotka yhdistävät talouskasvun tavoittelua ympäristökuorman kasvuun ja sillä perusteella esittänyt talouden koon hallittua ja oikeudenmukaista supistamista (Kallis ym. 2018). On myös esitetty näkemyksiä, joiden mukaan taloustiedettä on uudistettava, jotta ekologiset kriisit kuten luontokato olisivat ratkaistavissa (Dasgupta 2021). Myös erilaiset näkemykset inhimillisen hyvinvoinnin luonteesta ja talouden roolista yhteiskunnassa johtavat erilaisiin näkemyksiin talouskasvun ja ekologisen kestävyysyden suhteesta (Jakob ym. 2020).

Kysymys talouskasvusta johtaa kysymykseen irtikytkennästä, koska talouden ekologiseksi irtikytkennäksi kutsutaan tilannetta, jossa talous kasvaa, mutta talouskasvu ei enää aiheuta yhtä paljon ekologista haittaa kuin aiemmin. Tarve tarkastella irtikytkentää ilmiönä on syntynyt historiallisesta huomiosta, että viime vuosisadalla talouskasvu on laajasti liittynyt rajusti kasvaneeseen ympäristökuormaan (Krausmann ym. 2017). Koska samaan aikaan taloustieteen teoreettisesta näkökulmasta on selvää, että mitään välttämätöntä kausaalista yhteyttä talouskasvun ja ympäristökuorman välillä ei ole, seuraa kysymys, mikä kasvavan ympäristökuorman ja talouskasvun välisen korrelaation luonne on.

Ajatus irtikytkennästä on saanut pontta reaktionä talouskasvukritiikkiin. Rooman klubin kuuluisa raportti *Kasvun rajat* (Meadows ym. 1973) sai vastaukseksi sittemmin yleiseksi muodostuneen argumentin, jonka mukaan talouskasvua tarvitaan, jotta luotaisiin resursseja ja teknologiaa ympäristöhaittojen ja muiden yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisemiseksi (esim. Warde ym. 2018). On myös esitetty, että yhteiskuntien kehitys noudattaisi kaavaa, jossa alkuvaiheen suurempi ympäristötuho laantuu lievämmäksi tai jopa kääntyy laskuun talouden kypsyessä ja muuttuessa palveluvaltaisemmaksi ja ”aineettommaksi” (Fouquet 2023; tähän liittyy myös ns. *environmental Kuznets curve*, Dinda 2004; kritiikistä esim. Leal & Marques 2022; Regueiro-Ferreira & Alonso-Fernández 2022). Ajatus sisältyy esimerkiksi niin kutsutun ”vihreän kasvun” ideaan, jonka mukaan suuntaamalla talouskasvua oikein se on saavutettavissa ilman lisääntyvää ympäristökuormaa (esim. Hickel & Kallis 2020; Buller 2022; Vogel & Hickel 2023).

Vihreä kasvu on omaksuttu tärkeäksi politiikkaa ohjaavaksi periaatteeksi Euroopan unionissa, monissa kansallisissa politiikkastrategioissa ja usein myös julkisessa keskustelussa. Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen ja ekologisen poliittisen talouden tutkimuskirjallisuudessa vihreä kasvu on puolestaan herättänyt kritiikkiä (Hickel & Kallis 2020). Nyansoidumpia näkemyksiä, joissa esitetään talouden vahvempaa ohjaamista siten, että talouden kasvu supistuu ympäristöpaineita aiheuttavilla sektoreilla ja tuotannossa, mutta voi olla mahdollista ja todennäköistäkin kestäviä tuotanto- ja kulutusjärjestelmiä luotaessa, on esitetty niin valtavirtaisen taloustieteen (Dasgupta 2021) kuin *degrowth*-tutkimuksenkin piiristä (Hickel 2021; Schmelzer ym. 2022).

Talouspolitiikka voi olla tavoittelematta nimenomaan talouskasvua (tällaista näkemystä voidaan kutsua nimellä *a-growth*, van den Bergh 2011), ja talouskasvu voidaan nähdä esimerkiksi mahdollisena seurauksena teknologisesti kehityksestä. Kuitenkin myös tässä tapauksessa vihreän kasvun onnistuminen riippuu talouden koon ja ympäristöhaitan irtikytkennästä. Näin siksi, että parhaillaan luonnonvarojen käyttö ja saastuminen, johon myös kasvihuonekaasupäästöt voidaan lukea mukaan, ovat ekologisesti kestävämmällä tasolla globaalisti (Richardson ym. 2023) ja Suomen kaltaisissa vauraissa maissa (WWF & Bain & Company 2024; Tilastokeskus 2025a). Ekologisen kestävyysyden näkökulmasta monia

ympäristökuorman lajeja (ilmastopäästöt, luontokato, viljelymaan eroosio, merien happamoituminen jne.) on nopeasti pystyttävä vähentämään.

Näistä laajoista talouskasvun roolia, luonnetta ja sen tavoittelun perusteluita koskevista keskusteluista huolimatta talouskasvu on edelleen monien keskeisten poliittisten toimijoiden, kuten esimerkiksi Euroopan unionin (EU n.d.) ja Suomen hallituksen (Valtioneuvosto 2023, 7, 11) ääneen lausuttu tavoite. Kun näin on, asettuu ekologisen kestävyys tavoitteeksi talouden koon ja ympäristöhaitan irtikytkentä. Tästä näkökulmasta kysymys kuuluu: millainen irtikytkentä olisi yhteensopiva ekologisen kestävyys kanssa? Toisin sanoen, jos ja kun talous kasvaa, kuinka paljon vähemmän sen on aiheutettava ekologista haittaa?

Kuten todettu, taloustieteen näkökulmasta talouskasvun ja ympäristökuorman välillä ei ole välttämätöntä kausaalista yhteyttä, koska rahatalous ja siten bruttokansantuote (BKT) ei ole riippuvainen mistään yksittäisestä aineellisesta panoksesta. Siksi seuraavassa emme tarkastele kysymystä, onko irtikytkentä mahdollinen tai onko talouskasvu toivottavaa. Sen sijaan lähestymme asiaa toisesta näkökulmasta. Ekologisesta tutkimuksesta tiedetään, että globaalisti ja Suomessa tarvitaan ympäristökuormien laskua. Tästä lähtökohdasta on mahdollista hahmotella, millainen olisi mahdollisesti ekologisesti kestävä tilanteeseen päätyvä irtikytkentä.

Tarkastelussamme on kaksi osiota, käsitteellinen ja empiirinen. Käsitteellisessä osiossa kohteena on talouskasvun ja ympäristökuorman välisen korrelaation luonne: kun korrelaatiota havaitaan, millainen korrelaatio on kyseessä, ja millaisten talouden ulottuvuuksien välillä? Käsitteellisessä osuudessa osallistumme laajempaan irtikytkentää ja sen lajeja koskevaan keskusteluun (Parrique ym. 2019; Hickel & Kallis 2020; Buller 2022; Vogel & Hickel 2023) ja erittelemme erilaisia irtikytkennän lajeja ja niiden toteuttamisen haasteita. Kestävän talouden saavuttamiseksi tarvittava absoluuttinen, pitkäaikainen ja riittävän nopea koko taloutta koskeva irtikytkentä on huomattavasti haastavampi tehtävä kuin esimerkiksi yksittäisen ympäristöhaitan tai yksittäisen talouden osa-alueen tai maantieteellisesti rajatun talousalueen irtikytkentä. Tämä laatua ja mittakaavaa koskeva huomio perustelee tarvetta konkretisoida irtikytkentään liitettyjä väitteitä.

Irtikytkennän käsite on abstraktiona sangen selkeä. Empiiristä tarkastelua varten pitää niin talouden koko kuin ympäristökuorma operationalisoida. Kirjallisuudessa selvästi yleisimmin käytetty mittari talouden koolle on bruttokansantuote ja ympäristökuorman kohdalla kirjallisuudessa on useimmiten tarkasteltu erilaisia päästöjen ja luonnonvarojen kulutuksen lajeja (Vadén ym. 2020; Wiedenhofer ym. 2020). Viime aikoina irtikytkennän toteutumisesta on tehty laajoja kirjallisuuskatsauksia (mm. Schandl ym. 2016; Ward ym. 2016; Li & Zhou 2019; Haberl ym. 2020; Vadén ym. 2020; Habimana Simbi ym. 2021; Shan ym. 2021). Myös kansainvälisen ilmastopaneelin kuudes arviointiraportti on kiinnittänyt asiaan huomiota (IPCC 2023). Katsausten perusteella ekologisesta näkökulmasta riittävän nopeaa ja riittävän syvää irtikytkentää bruttokansantuotteen ja kasvihuonekaasupäästöjen välillä ei ole laajasti tapahtunut, vaikka esimerkkejä rajattujen talousalueiden kasvihuonekaasujen absoluuttisesta irtikytkennästä on olemassa. Sen sijaan merkkejä kansantalouksien laajuudesta absoluuttisesta materiaalisesta irtikytkennästä tutkimuksissa ei ole havaittu.

Tätä taustaa vasten empiirinen tarkastelumme olettaa BKT:n avulla mitatun talouskasvun jatkuvan ja kysyy, millainen irtikytkennän tahti johtaisi tilanteeseen, joka voisi olla ekologisesti kestävä, ja miten tämä tahti vertautuu toistaiseksi havaittuun irtikytkennän nopeuteen. Ekologisen kestävyys näkökulmasta tutkimuskysymykseksi muodostuu, millaista näyttöä on olemassa ajallisesti ja paikallisesti riittävän laajasta, nopeasta ja pysyvästä absoluuttisesta kaikkien ratkaisevien ympäristökuormitusten irtikytkennästä, mikä on ainoa riittävä irtikytkennän muoto, jotta talous pysyy planetaaristen turvarajojen sisäpuolella ja osiltaan palautuu sinne. Empiirinen osio laajentaa ja jatkaa Vadénin ym. (2019a) tutkimuksessa aloitettua tarkastelua siitä, miltä näyttäisi onnistunut luonnonvarojen kulutuksen

irtikytKentä Suomessa¹ päivittämällä luonnonvarojen kulutusta koskevan irtikytKennän aineiston ja lisäämällä tarkasteluun kasvihuonekaasuja koskevan irtikytKennän analyysin.

Kysymys kuuluu: olettaen, että Suomessa valtioneuvoston ja EU:n ilmaiseman tahdon mukaisesti tavoitellaan talouskasvua ja että talouskasvua mitaan bruttokansantuotteella, millainen tilanne ekologisen kestävyuden kanssa mahdollisesti yhteensopivan irtikytKennän suhteen tällöin on?

IrtikytKennän käsitteellistä haasteista

Käsitteellisesti erotellaan suhteellinen ja absoluuttinen irtikytKentä. Suhteellinen irtikytKentä tarkoittaa tilannetta, jossa ympäristöhaitta ei kasva yhtä nopeasti kuin talous. Absoluuttisesta irtikytKennästä on puolestaan kyse silloin, kun ympäristöhaitan määrä laskee talouden kasvaessa. Ympäristöhaitan ja talouden koon suhdetta voidaan tarkastella myös talouden kutistuessa tai sen koon pysyessä muuttumattomana. Tällöin puhutaan tarkemmin negatiivisesta ja resessiivisestä irtikytKennästä (Tapio 2005). Yleensä kirjallisuudessa ja sitä seuraten myös tässä irtikytKentä määritellään niin, että talouskasvu on lähtöoletus: irtikytKennässä ympäristöhaitan vähentäminen tapahtuu talouskasvun oloissa (OECD 2001; UNEP 2011; UNEP 2024).

Suhteellisen ja absoluuttisen irtikytKennän lisäksi on tärkeää huomioida, mistä talouskasvua pyritään kytkemään irti: ympäristöhaitasta (*impact decoupling*) vai luonnonvarojen käytöstä (*resource decoupling*) (UNEP 2011). Onkin syytä huomata, että jos puhutaan irtikytKennästä ylipäätään, abstraktiona, ilman tarkennuksia, keskustelijat voivat puhua eri asioista. IrtikytKentää esimerkiksi tapahtuu ja ei tapahdu samaan aikaan – yksi ympäristöhaitta voi irtikytkeytyä talouskasvusta samaan aikaan kun toinen ei. Yhden ympäristöhaitan irtikytkeytyminen voi jopa johtaa toisen haitan lisääntymiseen. Näin tapahtuu esimerkiksi silloin, kun siirtymä hiilen käytöstä maakaasuun vähentää hiilidioksidipäästöjä mutta lisää metaanipäästöjä (Turner ym. 2016; Howarth 2024). Samoin ympäristöhaitta voi irtikytkeytyä samaan aikaan kun luonnonvarojen kulutus ei irtikytkeydy ja päinvastoin (Requena-i-Mora & Brockington 2021).

Erilaiset irtikytKennäksi kutsutut ilmiöt voivat olla tai voivat olla olematta (loogisesti, aineellisesti) yhteydessä toisiinsa. Täsmälleen ottaen vaihtoehtoja on kolme: yksi irtikytKennän muoto voi a) tapahtua yhtä aikaa toisenlaisen irtikytKennän kanssa (ja nämä kaksi irtikytKennän muotoa voivat tapahtua samoista tai eri syistä), b) yksi irtikytKennän muoto voi tapahtua ilman, että muita irtikytKennän muotoja on käynnissä, tai c) yksi irtikytKennän muoto voi tapahtua samalla, kun toiset ympäristökuormituksen muodot kasvavat.

Esimerkiksi energian tuotannon siirtyminen pois fossiilisten polttoaineiden poltosta vaikkapa tuulivoiman käyttöön voi vähentää yhtä aikaa luonnonvarojen kulutusta ja ilmastopäästöjä (tapaus a). Samaan aikaan tämä irtikytKentä ei juurikaan vaikuta esimerkiksi maaperän päästöihin (tapaus b). Monin paikoin, kuten esimerkiksi Suomessa, fossiiliperaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat viime vuosina pienentyneet, samaan aikaan kun luonnonvarojen kulutus on kasvanut (tapaus c). Näin ollen yksittäisestä irtikytKentähavainnosta ei voi ilman syy-seuraussuhteisiin liittyviä lisätarkennuksia ja -argumentteja päätellä, että jokin toisenlainen irtikytKentä on tapahtumassa tai ylipäätään mahdollinen. Toisinaan irtikytKennän toteuttaminen voi jopa johtaa ympäristöhaitan kasvuun toisaalla. Esimerkiksi jos energiatilheitä fossiilisia polttoaineita korvataan energiaköyhemmillä bioperäisillä energialähteillä, on seurauksena väistämättä luonnonvarojen kulutuksen kasvu, jos energian

¹ On syytä huomata, että Vadén ym. (2019a) käyttämät tiedot materiaalien kulutuksesta eivät ole yhteismitalliset nyt käytössä olevien lukujen kanssa, koska YK:n International Resource Panel (IRP) on muuttanut tilastointimenetelmiään. Tutkimukset ovat kuitenkin yleisellä tasolla vertailtavissa, koska molemmat koskevat koko kansantaloutta ja kertovat samasta kehityssuunnasta eli siitä, miten irtikytKennän tahti muuttuu.

kulutus ei samalla jyrkästi laske (Vadén ym. 2019b), ja ylipäätään monokulttuuristen viljelmien käyttö bioenergian lähteenä on uhka biodiversiteetille (IPBES 2019).

Tärkeää on huomata, että absoluuttinenkaan *ympäristöhaitan* irtikytkentä ei välttämättä koskaan johda absoluuttiseen *luonnonvarojen kulutuksen* irtikytkentään. Ympäristöhaitan irtikytkentä voi jopa olla suoraa seurausta suuremmasta luonnonvarojen kulutuksesta. Esimerkiksi laivojen piipuista tulevat rikkipäästöt (ympäristöhaitta) voidaan absoluuttisesti irtikytkä kuljetuskilometreistä ottamalla käyttöön rikkipesurit, jotka kuluttavat aikaisempaa enemmän ainetta ja energiaa (Åström ym. 2017).

Vastaavasti *suhteellinen* irtikytkentä ei välttämättä koskaan johda *absoluuttiseen* irtikytkentään. Määritelmän mukaisesti suhteellisessa irtikytkennässä ympäristöhaitan ja/tai luonnonvarojen kulutuksen määrä voi edelleen kasvaa. Suhteellinen irtikytkentä, joka johtuu esimerkiksi koneiden toiminnan tehostumisesta, voi jatkua ilman, että koskaan päädytään absoluuttiseen irtikytkentään. Näin tapahtuu esimerkiksi silloin, kun koneita otetaan koko ajan enemmän käyttöön talouden kasvaessa eli päädytään niin kutsuttuun Jevonsin paradoksiin (esim. Alcott 2005).

Näiden käsitteellisten haasteiden lisäksi hankaluuksia aiheuttaa tarkastelutaso. Yksittäisen maan, saati koko maailman talous ovat isoja ja monimutkaisia. Isoihin talouksiin mahtuu erisuuntaisia kehityskulkuja. Vaurastuvissa yhteiskunnissa on siirrytty yhä enemmän palvelutalouden suuntaan, kun taas nopea teollistuminen luonnehtii monia nousevia talouksia, ja maatalouden voimaperäistämistä tapahtuu monilla alueilla. Maailmantaloutta kärkeasti tarkasteltuna luonnehtii rikkaiden maiden asteittain paraneva ympäristönsuojelu ja suhteellisesti vähenevä luonnonvarojen kulutus, samaan aikaan kun monin paikoin esimerkiksi Aasiassa ja Afrikassa rakennetaan ”ensimmäisen sukupolven” teollista infrastruktuuria, joka vaatii paljon raaka-aineita (Steinberger ym. 2013; Schaffartzik ym. 2014; Bithas & Kalimeris 2018; Schaffartzik 2024). Siksi on selvää, että empiirisessä tutkimuksessa saadaan erilaisilla rajauksilla myös hyvin erilaisia ja keskenään ristiriitaisia tuloksia.

Tärkeä yksityiskohta keskustelussa koskee ulkoistamisen roolia. Korkean kulutustason maiden aiheuttama ympäristöhaitta ei tapahdu pelkästään niiden rajojen sisällä, vaan myös kulutustuotteiden ja niiden raaka-aineiden tuottajamaissa. Tutkimuksen perusteella joidenkin korkean kulutustason maiden kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet myös silloin, kun ulkoistaminen otetaan huomioon (esim. Le Quéré ym. 2019; Lamb ym. 2021; Vogel & Hickel 2023). Sen sijaan korkean kulutustason maiden vaikutus luonnonvarojen kulutukseen ja siitä aiheutuviin ympäristöhaittoihin niiden rajojen ulkopuolella ei ole samaan tapaan vähentynyt (Schandl ym. 2016; Krausmann ym. 2017; Wood ym. 2018; Schaffartzik 2024).

Ollakseen ekologisesti kestävä, talouskasvun on kytkeydyttävä irti tällä hetkellä kestävämmästä tai ajan mittaan kestävämmäksi muodostuvista ympäristöhaitoista. Jos haitta on jo nyt kestävämmällä tasolla, irtikytkennän on oltava absoluuttista. Lisäksi niiden ympäristöhaittojen suhteen, joissa tilanne on jo kestävämmän, on irtikytkennän oltava riittävän nopeaa, jos oletettavissa on peruuttamattomia keikahduspisteitä (*tipping point*, kuten esimerkiksi Grönlannin jäätiköiden sulaminen) tai jos tapahtumassa on jo peruuttamatonta ja laajamittaista vahinkoa kuten ihmishenkien, eliölajien ja ekosysteemien menetyksiä, ja niin edelleen.

Irtikytkentä yksittäisestä ympäristöhaitasta on luonnollisesti helpompi saavuttaa kuin laajemmasta ympäristöhaittojen joukosta. Esimerkiksi yhden haitallisen aineen, kuten CFC-kaasujen, korvaaminen otsonikerrosta tuhoamattomilla vaihtoehdoilla johti nopeaan absoluuttiseen irtikytkentään otsonikadosta (Baldwin & Lenton 2020). Tämän vuoksi Montrealin pöytäkirjaa, jossa sovittiin CFC-kaasujen tuotannon ja käytön lopettamisesta vuonna 1987, pidetään toisinaan esimerkkinä siitä, että irtikytkentä on mahdollista. Samoin esimerkiksi yksittäisen raaka-aineen käytön irtikytkentä (käytön vähentäminen tai lopettaminen) on helpompaa kuin luonnonvarojen kokonaiskulutuksen irtikytkentä. Näin ollen irtikytkennän muodoista voidaan erotella helpommin ja vaikeammin saavutettavia.

Taulukko 1. Helpommin ja vaikeammin saavutettavia irtikytkennän lajeja.

Table 1. Easier and harder forms of decoupling.

	Helpompi	Vaikeampi
Laji	Suhteellinen	Absoluuttinen
Alue	Pieni (esim. valtio)	Suuri (esim. globaali)
Kesto	Lyhyt	Pitkä, jatkuva
Taloudellinen yksikkö	Yksi sektori (esim. liikenne)	Koko talous
Nopeus	Hidas	Nopea
Laajuus	Yksi ympäristöhaitta	Kaksi tai useampia

Mitä pienempi talouden yksikkö otetaan tarkasteluun (lyhyt aika, rajattu maantieteellinen kokonaisuus, vain tietty talouden sektori), sitä helpompaa irtikytkennän aikaansaaminen on. Samoin yhden ympäristöhaitan irtikytkentä on helpompaa kuin useamman. Viime aikoina on todettu, että ”helpompia” irtikytkennän muotoja on havaittavissa: esimerkiksi hiilidioksid-, rikki- ja muiden saastepäästöjen irtikytkentää, ja alueittain myös maan ja veden käytön irtikytkentää (Vadén ym. 2020; Wiedenhofer ym. 2020). Runsaasti huomiota ovat saaneet tulokset absoluuttisesta ilmastopäästöjen irtikytkennästä tietyissä rikkaissa maissa, kuten Iso-Britanniassa, Ranskassa ja Saksassa (Le Quéré ym. 2019; Lamb ym. 2021).

Samalla on syytä muistaa, että globaalisti päästöt ovat korkeintaan suhteellisesti irtikytkettyneet talouden kasvusta. Vuonna 2024 globaalit päästöt kasvoivat edelleen vuoteen 2023 verrattuna (Deng ym. 2025). Edes niissä maissa, joissa absoluuttista irtikytkentää on tapahtunut, päästöt eivät ole laskeneet tarpeeksi nopeasti (Vogel & Hickel 2023). Lisäksi on syytä huomata, että ei ole mahdollista, että kaikki maailman maat päätyvät absoluuttiseen päästöjen irtikytkentään samaa talouskasvun ja luonnonvarojen kulutuksen kasvun polkua kuin absoluuttisen päästöjen irtikytkennän (vauraat) esimerkkimaat (Fischer-Kowalski ym. 2011, 29; UNEP 2024).

Talouden ekologisen irtikytkennän on siis oltava absoluuttista, riittävän nopeaa, jatkuvaa ja laajaa, koskien sekä ympäristöhaittoja että luonnonvarojen kulutusta. Ympäristökuormituksen laskua pitää tapahtua monella saralla yhtäaikaan, kuten esimerkiksi ilmastopäästöt, biodiversiteetin kato, viljelysmaan heikkeneminen, keskeiset ravinnepäästöt ja makean veden järjestelmien tilan heikkeneminen. Esimerkki tästä ovat kasvihuonekaasujen nettopäästöt: ilmastomuutoksen ”turvarajoissa” pysyminen edellyttää globaalia päästöjen nettonollaa vuonna 2050. Lisäksi hiilidioksidin kertynyt pitoisuus on jo niin korkea, että hiiltä on sidottava ilmakehästä hyvin pitkään sen jälkeen (Hansen ym. 2017).

Kasvihuonekaasujen kohdalla pystytään suhteellisen täsmällisesti määrittelemään ”hiilibudjetti”, jonka ylittäminen johtaa katastrofaalisiin seurauksiin ja jossa pysyttelemineen on siten onnistuneen irtikytkennän ehto. Monissa muissa seikoissa yhtä selvää yksiselitteisyyttä ei ole saatavilla, vaan on tyydyttävä erilaisiin arvioihin ja sijaismuuttujiin (*proxy*) tai useampien mittarien rinnakkaiseen käyttöön. Esimerkiksi ajatus ”planetaarisista turvarajoista” (Rockström ym. 2009) on yritys muodostaa mahdollisimman yksiselitteisiä ja kattavia määritelmiä ratkaisevista ympäristökuorman lajeista. Kun täsmällisiä ”budjetteja” ei ole määritelty, kuten esimerkiksi erilaisten luonnonvarojen kulutuksen kohdalla, tutkimuksessa käytetään usein myös erilaisia aggregointeja eli tunnuslukujen yhdistelmiä (esimerkiksi DMC, *domestic material consumption*), jotka voivat antaa viitteitä kehityksen suunnasta, vaikka juuri aggregoinnin vuoksi ne eivät pysty tarkentamaan yksittäisiin ylikäytön muotoihin.

Ympäristöhaittojen moneuden pelkistäminen materiaalivirtoja yhteen laskevaan mittariin on ongelmallista, sillä erilaisilla materiaalien oton muodoilla on eri vaikutuksia, samoin eri luonnonvarojen käytöllä ja niiden käyttötavoilla. Yksittäisille luonnonvaroille löytyy usein korvaajia ja erilaiset hinnoittelun ja verotuksen menetelmät voivat ohjata materiaalien

kulutusta kestävämmille urille (Aidt ym. 2017). Toisin kuin esimerkiksi ilmakehällä, käyttöön otettavilla materiaaleilla on yleensä omistaja, mikä antaa mahdollisuuden luoda kannusteet tehokkaaseen käyttöön kysynnän ja tarjonnan mekanismien avulla. Materiaalien oton kielteiset vaikutukset ovat myös yleensä paikallisia, jolloin niitä voidaan myös paikallisesti säädellä. Toisaalta taas materiaalien käyttömäärät ovat joissakin tapauksissa niin suuria, että säätelemättömällä käytöllä on globaaleja vaikutuksia, esimerkiksi niin sanotuilla mikro-muoveilla, joita muovien käytön seurauksena esiintyy saasteena yleisesti kaikkialla ja joilla epäillään olevan terveysvaikutuksia (Tang ym. 2024).

Kasvava luonnonvarojen käyttö on kuitenkin kokonaisuutena katsoen keskeinen jäte-ongelmien, monenlaisen saastumisen, biodiversiteetin kadon ja energiankulutuksen ajuri (Díaz ym. 2019; Richardson ym. 2023; UNEP 2024). Kasvavien materiaalivirtojen oloissa kiertotaloutta on myös vaikea saavuttaa. Materiaalivirtojen sijaismuuttujalla voidaan siten tarkastella, ovatko yhteiskunnat liikkumassa kestävämmästä tilanteesta kohti kestävämpää. Yhteenlaskettu luku on ikään kuin liikennevalo. Liikennevalo ei kuitenkaan opasta suuntaa. Materiaalivirtojen mittari kertoo, mikä ei ole kestävä, mutta opit siitä, millä keinoin kestävyttä rakennetaan, pitää hakea muualta. Tällöin esimerkiksi mikromuovien ongelmia tai luontokatoa tarkasteltaessa on syytä tarkastella suoraan näitä ilmiöitä koskevia indikaattoreita, ei yhteenlaskettuja lukuja.

Seuraavassa siirrymme empiiriseen tarkasteluun, jonka tarkoituksena on konkretisoida sitä, mitä onnistunut irtikytkentä eli ekologisen kestävyuden mahdollistava irtikytkentä voisi tarkoittaa Suomen kannalta.

”Onnistunut” irtikytkentä Suomessa

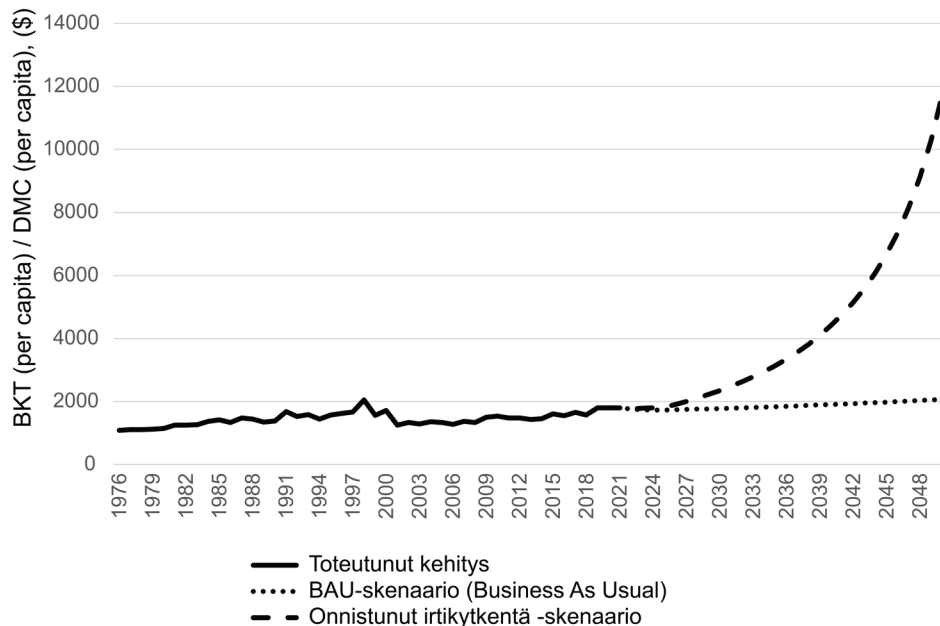
Tarkastelemme Suomessa tapahtunutta irtikytkentää kahdella eri tavalla ja vertaamme sitä onnistuneen irtikytkennän tavoitteeseen eli riittävän nopeaan absoluuttiseen irtikytkentään, tässä vain kansallisella tasolla, koskien materiaalien kulutusta ja ilmastopäästöjä. Tarkastelemme, millainen irtikytkennän nopeus Suomessa on saavutettu ja millainen nopeus pitäisi ekologisen kestävyuden nimissä saavuttaa, käyttäen talouden koon mittarina bruttokansantuotetta, ympäristöhaitan esimerkkinä kasvihuonekaasupäästöjä ja luonnonvarojen kulutuksen mittarina kotimaista materiaalien kulutusta (DMC). Tavoitteena on näin luonnehtia, miltä näyttää ekologisen kestävyuden *mahdollistavan* irtikytkennän tämänhetkinen toteutuminen ja minkä kokoisia ponnistuksia irtikytkennän onnistuminen lähivuosikymmeninä edellyttäisi. Kuten yllä todettiin, mikään yksittäinen mittari ei kerro riittävän laajasta ja nopeasta irtikytkennästä. Siksi tarkastelun kohteena on ekologisen kestävyuden mahdollistava, ei sitä takaava irtikytkentä.

Materiaalien kulutus

Kuten Vadénin ja kumppaneiden (2019a) tutkimuksessa, teemme tässä oletuksen mahdollisesti ekologisesti kestävästä globaalista resurssien käytön tasosta: 68 gigatonnia (Gt) (Bringezu 2015; Tukker ym. 2016). Oletus on maltillinen ja kireämpiäkin tavoitteita, kuten esimerkiksi 50 Gt, on esitetty (WWF & Bain & Company 2024). Talouskasvun oletamme noudattavan kahden prosentin vuosittaista kehitystä. Vaikka ennusteet lähivuosien talouskasvusta ovat alhaisempia (Valtiovarainministeriö 2024), on kahden prosentin kasvu yleisesti esitetty keskimääräinen tavoite. Suomen väkiluvun oletamme noudattelevan vuoden 2021 väestöennustetta (Tilastokeskus 2021) ja globaalin väestökehityksen YK:n (2024) World Population Prospects -raportin mediaania.

Havainnollistamme materiaalitehokkuuden kehitystä vertaamalla asukasta kohden laskettua BKT:tä ja asukasta kohden laskettua DMC:tä (eli BKT per capita/DMC per capita). Vaikka materiaalitehokkuuden mittarina käytetään yleensä suoraa BKT/DMC-vertailua, on per capita -lukujen käyttö tarpeen, jotta globaalisti käytössä olevat resurssit

voidaan jakaa maailman ja Suomen väkilukujen mukaisesti. Suomen tämänhetkinen per capita luonnonvarojen kulutus on yli kaksinkertainen suhteessa globaaliin keskiarvoon (UNEP 2024) ja Euroopan unionin korkein (Eurostat 2024). Luonnonolosuhteet huomioon ottaenkin on globaalin oikeudenmukaisuuden näkökulmasta perusteltua, että näin korkea luonnonvarojen kulutus vähenee, jotta tällä hetkellä hyvän elämän tarpeisiin katsoen ”liian vähän” kuluttavien talouksien tarpeisiin riittää luonnonvaroja. DMC sisältää kotimaisen materiaalien oton ja tuonnin materiaaliavirrat vähennettynä viennillä, mutta siinä ei oteta huomioon tuotteiden tuotantoon kuluneita raaka-aineita, niin kutsuttuja piilovirtoja. Kuvassa 1 nähdään näiden oletusten mukainen irtikytkennän kehitys.



Kuva 1. Materiaalitehokkuuden kehitys Suomessa vuosina 1976–2050, mitattuna asukasta kohden lasketun bruttokansantuotteen (BKT per capita) ja asukasta kohden lasketun materiaalinkulutuksen (DMC per capita) suhteena. Yhtenäinen musta käyrä kuvaa materiaalien käytön taloudellisen tehokkuuden toteutunutta kehitystä vuoteen 2021 asti: kuinka paljon bruttokansantuotetta on saatu käytetyistä materiaalitonneista. Katkoviiva kuvaa onnistunutta irtikytkentää, eli tilannetta, jossa Suomi onnistuu kasvattamaan kansantuotetta vuosittain kaksi prosenttia samalla kun materiaalien kulutus lasketaan tasolle seitsemän tonnia per capita. Pisteviivoitettu BAU-käyrä (”business as usual”) kuvaa nykytrendin jatkumista. BAU-trendissä oletetaan, että Suomen kulutus jatkuu 2,17 kertaa globaalin keskiarvon suuruisena ja päättyy vuoteen 2050 IRP:n Global Resources Outlook 2024 -raportin Historical Trends -skenaarion mukaisesti (UNEP 2024, 83). BKT-luvut (vuoteen 2021 asti, kiinteähintainen Yhdysvaltain dollari, vuoden 2015 hinnat) ja DMC-luvut (vuoteen 2024 asti) lähteestä UNEP IRP Global Material Flows Database (2024).

Figure 1. The development of material efficiency in Finland between 1976–2050, measured as the relation between gross domestic product (GDP) per capita and direct material consumption (DMC) per capita. The black curve depicts actual developments up to 2021: how much GDP has been created by the materials used. The dashed line represents a successful decoupling where Finland increases GDP by 2 percent per year and at the same time material consumption decreases to a level of 7 tons per capita. The dotted line represents a ”business as usual” development, where Finnish material consumption continues to be 2,17 times the global average and ends up in 2050 to the estimates of the IRP ”Global Resources Outlook 2024” report’s Historical Trends -scenario (UNEP 2024, 83). GDP (up to 2021, 2015 USD prices) and DMC (up to 2024) numbers from UNEP IRP Global Material Flows Database (2024).

Huomionarvoista on, että materiaalien käytön tehostuminen on nykytrendien jatkuessa vaatimatonta, sekä verrattuna historialliseen kehitykseen että varsinkin verrattuna onnistuneen irtikytkennän tavoitteeseen. Nykytrendin jatkuessa materiaalien käytön tehokkuus saavuttaa uudelleen 1990-luvun lopulla vallinneen huippukauden lukemat 2050-luvulle tultaessa. Sen sijaan onnistuneen irtikytkennän polku on täysin poikkeuksellinen, ja on syytä kysyä, millaiseen reaali maailman kehitykseen sen toteutuminen voisi perustua.

Onnistunut irtikytkentä luonnonvarojen kulutuksen suhteen vuoteen 2050 mennessä vaatisi, että käytetystä materiaalista saadaan 6,6 kertaa enemmän bruttokansantuotetta kuin vuonna 2024 (vuonna 2024 BKT oli 272 miljardia ja luonnonvarojen kulutus 162 Mt, vuonna 2050 BKT 455 miljardia ja luonnonvarojen kulutus 41 Mt). Materiaalituottavuus kaksinkertaistui 1970-luvulta 2000-luvulle, mutta materiaalituottavuuden moninkertaistumista onnistuneen irtikytkennän mittakaavassa ja aikataulussa ei tunneta, eikä siitä ole tutkimuskirjallisuudessaan esitetty eriteltyjä realistisia kuvauksia. Tilannetta hankaloittaa edelleen, että tuottavuuden moninkertaistaminen olisi tehtävä olosuhteissa, jossa materiaalien kulutusta samalla absoluuttisesti vähennetään noin yhteen neljäsosaan nykyisestä.

Onnistuneen irtikytkennän toteuttaminen on hankaloitunut vuonna 2019 esittämämme arvion jälkeen (Vadén ym. 2019a): materiaalien kulutuksen vähentämisen vaatimus on kiristynyt noin 70 prosentista noin 75 prosenttiin. Vaikka aikajakso näiden kahden tarkastelun välillä on suhteellisen lyhyt, on se kuitenkin merkittävä suhteessa ekologisten ongelmien hillinnän aikatauluun. Aikataulun kireyttä ja nopeiden näyttöjen tarvetta korostavat myös irtikytkentään jo 2000-luvun alusta lähtien liitetyt odotukset.

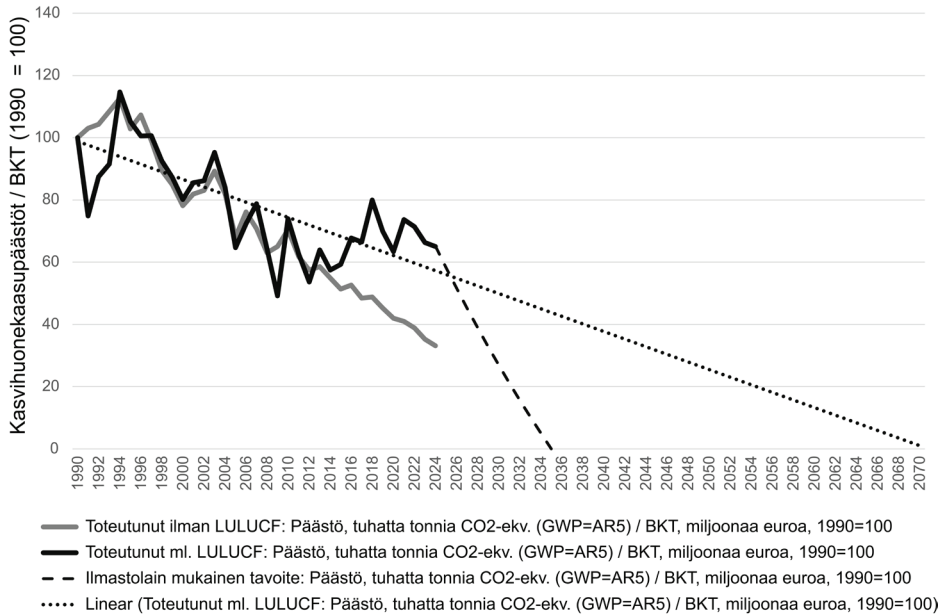
Kasvihuonekaasupäästöt

Suomi on onnistunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, vuoteen 2023 mennessä kaiken kaikkiaan noin 43 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna (Tilastokeskus 2024). Nettopäästöt ovat kuitenkin pysyneet lähes ennallaan, sillä hiilinielut ovat vähentyneet samaan aikaan kun (brutto)päästöt ovat laskeneet. Metsien hiilinielujen vähenemiseen on useita syitä, erityisesti niiden dramaattiseen laskuun 28 miljoonan tonnin (Mt) nielusta vuonna 2020 seitsemän Mt:n nieluun vuonna 2021, mikä teki koko LULUCF-sektorista (*land use, land use change and forestry* eli maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsät) ensimmäistä kertaa yhteensä kahden Mt:n päästölähteen (Luke 2022a). Luonnonvarakeskuksen mukaan nielun menetykseen johtavia tekijöitä ovat muun muassa metsien vuotuisen kasvun aleneminen, hakkuiden lisääntyminen ja muutos ojitettujen suometsien maaperän hiilidioksidipäästöjen laskentatavassa (Luke 2022b). Kuten Ilmastopaneeli (2022) on todennut, merkittävin tekijä näistä kolmesta on hakkuumäärät.

Ilmastopaneeli on tarkastellut erilaisia oikeudenmukaisuuden (historiallinen vastuu, maksukyky, tasajako per capita) tulkintoja ja niiden perusteella erilaisia päästövähennysten polkuja Suomelle (Ilmastopaneeli 2019). Yhteenvetona paneeli (2019, 29) toteaa, että Suomen tulisi olla hiilineutraali varhaisella 2030-luvulla ja vahvasti hiilinegatiivinen (siis päästöjä ilmakehästä poistava) 2040-luvulla. Ilmastolakiin kirjattua ilmastoneutraaliustavoitetta vuodelle 2035 voidaan pitää näiden arvioiden kanssa yhteensopivana tavoitteena.

Oletamme seuraavassa vuoden 2035 hiilineutraaliuden onnistuneen kansallisen irtikytkennän indikaattoriksi. Vertaamme brutto- ja nettopäästöjen kehitystä (lähteenä Tilastokeskuksen KHK-päästötilastot, Tilastokeskus 2025a) bruttokansantuotteen kehitykseen (lähteenä Tilastokeskuksen kansantalouden vuositilinpidoon tilastot, Tilastokeskus 2025b) irtikytkennän vauhdin arvioimiseksi. Seuraava kuva kuvaa irtikytkennän tahtia eli bruttokansantuotteen ja kasvihuonekaasupäästöjen suhteen kehitystä, kun vuosi 1990 on indeksoinnin lähtökohta (=100).

Kuten kuvasta 2 nähdään, Suomi olisi nykyisellä irtikytkennän tahdilla päätyvässä hiilineutraaliksi vuonna 2070, kolmekymmentäviisi vuotta lakiin asetetun tavoitteen jälkeen. Nettopäästöjen irtikytkentä on ollut huomattavasti hitaampaa kuin bruttopäästöjen; tämä



Kuva 2. Hiilidioksidipäästöt suhteessa bruttokansantuotteeseen (BKT), indeksoituna vuoteen 1990 (1990 = 100), aikavälillä 1990–2070. Harmaa käyrä esittää bruttopäästöjen irtikytken kehitystä. Yhtenäinen musta käyrä kuvaa nettopäästöjen (bruttopäästöt vähennettynä hiilinieluilla) irtikytkeä. Pisteiviiva esittää nettopäästöjen irtikytken lineaarista trendiä. Katkoviiva kuvaa onnistuneen irtikytken tavoitetta eli nettopäästöjen nollaantumista vuoteen 2035 mennessä.

Figure 2. Carbon dioxide emissions in relation to gross domestic product (GDP), indexed to 1990 (1990 = 100). The grey curve depicts the decoupling of gross emissions. The black curve depicts the decoupling of net emissions (gross emissions minus carbon sinks). The dotted curve represents the linear trend of the decoupling of net emissions. The dashed curve represents the goal of successful decoupling, i.e., net emissions going to zero by 2035.

on huomattavaa siitä historiallisesta näkökulmasta, että hiilinieluja, jotka otetaan nettopäästölaskennassa huomioon, on metsäisessä Suomessa pidetty ilmastopoliittisena vahvuutena (Rytteri & Lukkarinen 2016). Empiirisesti kuitenkin bruttopäästöjen irtikytkeä on toistaiseksi osoittautunut helpommaksi.

Hiilineutraaliuden ja onnistuneen irtikytken tavoitteet ovat sikäli erilaisia, että jälkimmäinen olettaa talouskasvun, ensimmäinen välttämättä ei. Kuten keskustelussa on korostettu (Ilmastopaneeli 2022), hiilineutraaliuden saavuttaminen edellyttää erityisesti LULUCF-sektorin nielujen vahvistumista. Mikäli nielujen vahvistuminen tapahtuu tavalla, joka ei haittaa talouden kasvua tai jopa edistää sitä, voi vahvistuminen edistää myös hiilidioksidipäästöjen irtikytken onnistumista.

Epäselvempää on, mistä irtikytken tahdin kolminkertaistuminen voisi koostua. Bruttopäästöjen ennustettu väheneminen auttaa irtikytkenässä, mutta ilman nielujen vahvistumista vaikutus voi jäädä vaimeaksi. Tällöin ratkaisevaa on BKT:n kasvu aloilla ja tavoilla, jotka aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjä yli kolme kertaa vähemmän kuin nykyisen talouden keskimääräinen päästöintensiteetti. Ilmastomuutoksen näkökulmasta talouskasvu ei myöskään saa tapahtua pahentaen kuormitusta ratkaisevasti esimerkiksi maan rajojen ulkopuolella.

Lopuksi

Irtikytännän käsitteen monitahoisuus ja abstraktisuus tarkoittaa, että on noudatettava erityistä tarkkuutta silloin, kun irtikytentää esitetään ratkaisuna ekologisiin kriiseihin. Näin siksi, että erilaiset irtikytentän muodot eivät (loogisesti, materiaalisesti) välttämättä liity toisiinsa, eivätkä siksi myöskään todista toistensa puolesta. Huomiota on kiinnitettävä erityisesti ekologisen kestävyysmahdollistavaan onnistuneeseen irtikytentään, jossa ratkaisevat ylikulutuksen ja saastumisen muodot, mukaan lukien kasvihuonekaasut, irtikytentäytyvät absoluuttisesti ja riittävän nopeasti, ennen ”planetaaristen rajojen” ylitysten katastrofaalisia seurauksia ja ennen tuhoisia keikahduspisteitä.

Määrittelimme Suomelle kaksi onnistuneen irtikytentän lajia: luonnonvarojen kulutuksen (DMC) laskun vuoteen 2050 mennessä tasolle, joka voisi mahdollistaa ekologisen kestävyysmahdollistavaan onnistuneeseen irtikytentään, jossa ratkaisevat ylikulutuksen ja saastumisen muodot, mukaan lukien kasvihuonekaasut, irtikytentäytyvät absoluuttisesti ja riittävän nopeasti, ennen ”planetaaristen rajojen” ylitysten katastrofaalisia seurauksia ja ennen tuhoisia keikahduspisteitä.

Nämä tulokset esittävät vakavan haasteen talous- ja ympäristöpoliittisille näkemyksille, jotka yhdistävät talouden kasvun ja ympäristökuorman vähentämisen. Konkreettisia esityksiä siitä, millaista on materiaalien käytön arvontuoton moninkertaistuminen samaan aikaan, kun käyttö vähenee yhteen neljäsosaan, ei Suomesta tai muualtakaan tunneta. Kasvihuonekaasujen suhteen ekologisen tavoitteen, hiilineutraaliuden vuonna 2035, saavuttamiseen on suhteellisen halpojakin keinoja, esimerkiksi maankäyttösektorin nieluja vahvistamalla (Ilmastopaneeli 2022). Jotta samaan aikaan saavutettaisiin myös onnistunut irtikytentä, on talouskasvun suuntauduttava aloille, jotka ovat huomattavasti nykyistä keskimäärää vähäpäästöisempiä, ja bruttopäästökehityksen on jatkettava voimakkaasti alenevana. Ekologisen kestävyysmahdollistavaan onnistuneeseen irtikytentän haaste eli yhtäaikainen kulutuksen ja päästöjen vähentäminen ekologisesti kestäväksi tasolle ja talouskasvu on niin suuri, että voi olla tarpeen pyrkiä suoraan ekologiseen kestävyysmahdollistavaan onnistuneeseen irtikytentään ilman pyrkimystä talouskasvuun. Näin varsinkin niillä talouden sektoreilla, joilla ei ole varmuutta siitä, että kasvu ei aiheuta lisää haittaa ratkaiseville ympäristötekijöille.

Lähteet

- Aidt, T., Jia, L. & Low H. (2017) Are prices enough? The economics of material demand reduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 375 (2015). <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0370>
- Alcott, B. (2005) Jevons' paradox. *Ecological economics* 54(1) 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020>
- Baldwin, M.P. & Lenton T.M. (2020) Solving the Climate Crisis: Lessons from Ozone Depletion and COVID-19. *Global Sustainability* 3: e29. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.25>
- Bithas, K. & Kalimeris, P. (2018) Unmasking decoupling: redefining the resource intensity of the economy. *Science of the Total Environment* 619–620, 338–351. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.061>
- Bringezu, S. (2015) Possible Target Corridor for Sustainable Use of Global Material. *Resources* 4 25–54. <https://doi.org/10.3390/resources4010025>
- Brock, W.A. & Taylor, M.S. (2005) Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics. Teoksessa Aghion, P. & Durlauf, S.N. (toim.) *Handbook of Economic Growth* 1749–1821. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01028-2](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01028-2)
- Buller, A. (2022) *The value of a whale: On the illusions of green capitalism*. Manchester University Press.
- Dasgupta, P. (2021) The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>

- Deng, Z., Zhu, B., Davis, S.J., Ciais, P., Guan, D., Gong, P. & Liu, Z. (2025) Global carbon emissions and decarbonization in 2024. *Nature Reviews Earth and Environment* 6, 231–233. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00658-x>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, S.S., ... & Zayas, C.N. (2019) Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366(6471). <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Dinda, S. (2004) Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics* 49(4) 431–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- EU (n.d.) Aims and values. European Union, Directorate-General for Communication. https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/principles-and-values/aims-and-values_en (Luettu 25.9.2024)
- Eurostat (2024) Domestic material consumption per capita (8.8.2024) <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00137/default/bar?lang=en>. <https://doi.org/10.2908/TEN00137>
- Fischer-Kowalski, M. (2011) Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth: A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. UNEP United Nations Environment Programme, *International Resource Panel*, Pariisi. <https://www.resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth> (Luettu 25.9.2024)
- Fouquet, R. (2023) The Digitalisation, Dematerialisation and Decarbonisation of the Global Economy in Historical Perspective: The Relationship between Energy and Information since 1850. *Environmental Research Letters* 19(1) 014043. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad11c0>
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P., Fishman, T., Hausknost, D., Krausmann, F., Leon-Gruchalski, B., Mayer, A., Pichler, M., Schaffartzik, A., Sousa, T., Streeck, J. & Creutzig, F. (2020) A Systematic Review of the Evidence on Decoupling of GDP, Resource Use and GHG Emissions, Part II: Synthesizing the Insights. *Environmental Research Letters* 15(6) 065003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842a>
- Habimana Simbi, C., Lin, J., Yang, D., Ndayishimiye, J.C., Liu, Y., Li, H., Xu, L. & Ma, W. (2021) Decomposition and Decoupling Analysis of Carbon Dioxide Emissions in African Countries during 1984–2014. *Journal of Environmental Sciences (China)* 102 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.006>
- Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., von Schuckmann, K., Beerling, D.J., Cao, J., Marcott, S., Masson-Delmotte, V., Prather, M.J., Rohling, E.J., Shakun, J., Smith, P., Lacis, A., Russell, G. & Ruedy, R. (2017) Young people's burden: requirement of negative CO₂ emissions. *Earth System Dynamics* 8 577–616. <https://doi.org/10.5194/esd-8-577-2017>
- Hickel, J. (2021) What does degrowth mean? A few points of clarification. *Globalizations* 18(7) 1105–1111. <https://doi.org/10.1080/14747731.2020.1812222>
- Hickel, J. & Kallis, G. (2020) Is green growth possible? *New Political Economy* 25(4) 469–486. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- Howarth, R.W. (2024) The greenhouse gas footprint of liquefied natural gas (LNG) exported from the United States. *Energy Science & Engineering* 1–17. <https://doi.org/10.1002/ese3.1934>
- IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Brondízio, E.S., Settele, J., Díaz, S. & Ngo, H.T. (toim.) IPBES secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Ilmastopaneeli (2019) An Approach to Nationally Determined Contributions Consistent with the Paris Climate Agreement and Climate Science: Application to Finland and the EU. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/an-approach-to-nationally-determined-contributions-consistent-with-the-paris-climate-agreement-and-climate-science-application-to-finland-and-the-eu/> (Luettu 25.9.2024)
- Ilmastopaneeli (2022) Maankäyttösektorin nettonielua on vahvistettava kiireellisesti. <https://ilmastopaneeli.fi/maankayttosektorin-nettonielua-on-vahvistettava-kiireellisesti/> (Luettu 25.9.2024)
- IPCC (toim.) (2023) *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Jakob, M., Lamb, W.F., Steckel, J.C., Flachsland, C. & Edenhofer, O. (2020) Understanding different perspectives on economic growth and climate policy. *WIREs Climate Change* 11 e677. <https://doi.org/10.1002/wcc.677>
- Kallis, G., Kostakis, V., Lange, S., Muraca, B., Paulson, S. & Schmelzer, M. (2018) Research On Degrowth. *Annual Review of Environment and Resources* 43 291–316. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025941>
- 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 of the United States*. 114 (8) 1880–1885. <https://doi.org/10.1073/pnas.1613773114>
- Lamb, W.F., Grubb, M., Diluio, F. & Minx, J.C. (2021) Countries with sustained greenhouse gas emissions reductions: an analysis of trends and progress by sector. *Climate Policy* 22 (1) 1–17. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1990831>

- Le Quéré, C., Korsbakken, J. I., Wilson, C., Tosun, J., Andrew, R., Andres, R.J., Canadell, J.G., Jordan, A., Peters G.P. & van Vuuren D.P. (2019) Drivers of Declining CO₂ Emissions in 18 Developed Economies. *Nature Climate Change* 9(3) 213–17. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0419-7>
- Leal, P.H. & Marques, A.C. (2022) The Evolution of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Assessment: A Literature Review under a Critical Analysis Perspective. *Heliyon* 8 (11) e11521. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11521>
- Li, S. & Zhou, C. (2019) What are the impacts of demographic structure on CO₂ emissions? A regional analysis in China via heterogeneous panel estimates. *Science of The Total Environment* 650 2021–31. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.304>
- Luke (2022a) Kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakkotiedot vuodelle 2021: Uusien puuston kasvutietojen huomioon ottaminen kääntää LULUCF-sektorin päästölähteeksi <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion-pikaennakkotiedot-vuodelle-2021-uusien-puuston-kasvutietojen-huomioon-ottaminen-kaantaa-lulucfsektorin-paastolahteeksi> (Luettu 25.9.2024)
- Luke (2022b) Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedot vahvistavat: maankäyttösektori päästölähde vuonna 2021, metsät pysyivät edelleen nettonieluna. <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion-ennakkotiedot-vahvistavat-maankayttosektorin-paastolahde-vuonna-2021-metsat-pysyivat-edelleen-nettonieluna>. (Luettu 25.9.2024)
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens III, W.W. (1973) *Kasvun rajat: Ihmiskunnan kohtalontilannetta koskevaan Rooman klubin tutkimussuunnitelmaan liittyvä raportti*. Tammi.
- OECD (2001) OECD Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century. <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/1863539.pdf>
- Parrique, T., Barth, J., Briens, F., Kerschner, C., Kraus-Polk, A., Kuokkanen, A. & Spangenberg, J.H. (2019) Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth. European Environmental Bureau. <https://eeb.org/wp-content/uploads/2019/07/Decoupling-Debunked.pdf>
- Regueiro-Ferreira, R.M. & Alonso-Fernández, P. (2022) Ecological elasticity, decoupling, and dematerialization: Insights from the EU-15 study (1970–2018). *Ecological Indicators* 140 109010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109010>
- Requena-i-Mora, M. & Brockington, D. (2021) Seeing environmental injustices: the mechanics, devices and assumptions of environmental sustainability indices and indicators. *Journal of Political Ecology* 28(1) 1023–1050. <https://doi.org/10.2458/jpe.4765>
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Drücke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskmap, W., Kumm, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L. & Rockström, J. (2023) Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances* 9 (37) <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rytteri, T. & Lukkarinen, J. (2016) Suomen metsien hiilinielut ja skaalojen politiikka. *Alue ja Ympäristö* 45(1) 80–94. <https://aluejaymparisto.journal.fi/article/view/60684>
- Schaffartzik, A. (2024) Changing, But Not in Decline: Globalization From a Sociometabolic Perspective. *Critical Sociology* 0(0). <https://doi.org/10.1177/08969205241281677>
- 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>
- Schandl, H., Hatfield-Dodds, S., Wiedmann, T., Geschke, A., Cai, Y., West, J., Newth, D., Baynes, T., Lenzen, M. & Owen, A. (2016) Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production* 132 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.100>
- Schmelzer, M., Vetter, A. & Vansintjan, A. (2022) *The future is degrowth: A guide to a world beyond capitalism*. Verso Books.
- Shan, Y., Fang, S., Cai, B., Zhou, Y., Li, D., Feng, K. & Hubacek, K. (2021) Chinese cities exhibit varying degrees of decoupling of economic growth and CO₂ emissions between 2005 and 2015. *One Earth* 4 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.004>
- 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>

- Tang, K.H.D., Li, R., Li, Z. & Wang, D. (2024) Health risk of human exposure to microplastics: a review. *Environmental Chemistry Letters* 22 1155–1183. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01727-1>
- Tapio, P. (2005) Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy* 12 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001>
- Tilastokeskus (2021) Väestöennuste <https://stat.fi/til/vaenn/2021/> (Luettu 25.9.2024)
- Tilastokeskus (2024) Sähkötuotantorakenteen muutos mahdollisti kasvihuonekaasupäästöjen tuntuva laskun vuonna 2023 <https://stat.fi/julkaisu/clmpw5zl2iw7w0bw1nfrng70> (Luettu 25.9.2024)
- Tilastokeskus (2025a) Kasvihuonekaasut <https://stat.fi/tilasto/khki> (Luettu 15.8.2025)
- Tilastokeskus (2025b) Kansantalouden tilinpito <https://stat.fi/tup/kantilinpito/index.html> (Luettu 15.8.2025)
- 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>
- Turner, A.J., Jacob, D. J., Benmergui, J., Wofsy, S. C., Maasakkers, J. D., Butz, A., Hasekamp, O. & Biraud, S. C. (2016) A Large Increase in U.S. Methane Emissions over the Past Decade Inferred from Satellite Data and Surface Observations. *Geophysical Research Letters* 43(5) 2218–24. <https://doi.org/10.1002/2016GL067987>
- UN World Population Prospects (2024) World Population Prospects 2024 <https://population.un.org/wpp/> (Luettu 15.10.2024)
- UNEP (2011) United Nations Environment Programme. 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*. <http://resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth> (Luettu 25.9.2024)
- UNEP (2024) United Nations Environment Programme. Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes. *International Resource Panel*, Nairobi. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44901> (Luettu 25.9.2024)
- UNEP IRP Global Material Flows Database (2024) National material totals and ratios. <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database> (Luettu 14.5.2024)
- Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Toivanen, T., Eronen, J.T. & Järvensivu, P. (2019a) Onnistunut irtikytkentä Suomessa? *Alue ja Ympäristö* 48(1) 3–13. <https://doi.org/10.30663/ay.76338>
- Vadén, T., Majava, A., Toivanen, T., Järvensivu, P., Hakala, E. & Eronen, J.T. (2019b) To continue to burn something? Technological, economic and political path dependencies in district heating in Helsinki, Finland. *Energy Research & Social Science* 58 101270. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101270>
- Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Järvensivu, P., Toivanen, T., Hakala, E. & Eronen, J.T. (2020) Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature. *Environmental Science & Policy* 112 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.016>
- Valtioneuvosto (2023) Vahva ja välittävä Suomi. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. *Valtioneuvoston julkaisuja* 2023:58. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-763-8> (Luettu 25.9.2024)
- Valtiovaraministeriö (2024) Kasvu on käynnistymässä, mutta julkinen talous pysyy sitkeästi alijäämäisenä. 17.6. 2024. <https://vm.fi/-/kasvu-on-kaynnistymassa-mutta-julkinen-talous-pysyy-sitkeasti-alijamaaisena> (Luettu 15.10.2024)
- van den Bergh, J.C. (2011) Environment versus growth — A criticism of “degrowth” and a plea for “a-growth”. *Ecological Economics* 70(5) 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.035>
- Vogel, J. & Hickel, J. (2023) Is green growth happening? An empirical analysis of achieved versus Paris-compliant CO₂–GDP decoupling in high-income countries. *The Lancet Planetary Health* 7(9) e759–e769.
- Ward, J.D., Sutton, P.C., Werner, A.D., Costanza, R., Mohr, S.H. & Simmons, C.T. (2016) Is Decoupling GDP Growth from Environmental Impact Possible? *PLOS ONE* 11 (10) e0164733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164733>
- Wärde, P., Libby R. & Sörlin, S. (2018) *The environment: A history of the idea*. JHU Press.
- Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Streeck, J., Pichler, M., Mayer, A., Krausmann, F., Brockway, P., Schaffartzik, A., Fishman, T., Hausknost, D., Leon-Gruchalski, B., Sousa, T., Creutzig, F. & Haberl, H. (2020) A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part I: bibliometric and conceptual mapping. *Environmental Research Letters* 15 063002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8429>
- Wood, R., Stadler, K., Simas, M., Bulavskaya, T., 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>
- WWF & Bain & Company (2024) Fair Finnish Footprint. https://wwf.fi/app/uploads/c/z/a/g489zowam6yx02m6vz3mia/wwf_fair_finnish_footprint_report_final_june2024.pdf
- Åström, S., Yaramenka, K., Mawdsley, I., Danielsson, H., Grennfelt, P., Gerner, A., Ekvall, T. & Ahlgren, E.O. (2017) The impact of Swedish SO₂ policy instruments on SO₂ emissions 1990–2012. *Environmental Science & Policy* 77 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.014>