

Yleinen talouskehitys ohjaa kiertotalousinvestointien painotuksia

Yrityksillä on keskeinen rooli kiertotalouteen siirryttäessä ja yleinen talouskehitys määrittää, paljonko yritykset voivat investoida kiertotalousratkaisuihin ja miten investoinnit tulisi kohdentaa. Olennaisin teknologia-alue kiertotalouden saavuttamiselle on arvoverkkojen integraatio, mikä tarkoittaa esimerkiksi tuotetiedon saumatonta kulkua liiketoiminta- ja kierrätysarvoketjujen välillä. Kiertotalous voi myös mullistaa liiketoimintamallit, kun siirrytään tuotekeskisestä liiketoiminnasta palveluliiketoimintaan ja digitaalisiin alustatalouden ratkaisuihin. Kiertotaloudessa on kyse paitsi kierrätyksestä myös raaka-aineiden tuotannosta, materiaalien prosessoinnista, tuotteiden valmistuksesta, jakelusta, kaupasta ja kuluttamisesta. Tavoitteena on suunnitella ja valmistaa tuotteet niin, että ne pysyvät käytössä ja kierrossa mahdollisimman pitkään. Tarvittavia osaamisia ovat kierrätys- ja hyödyntämisprosessien ja -palveluiden hallinta.

Loimme CloseLoop-hankkeessa kolme vaihtoehtoista tulevaisuudentilojen kuvausta (skenaariota) kiertotalouden kehittymiselle: hitaan kasvun Eurooppa, ilmastokriisi ja Agenda 2030:n mukainen eli kestävä kehitys periaatteille rakentuva maailma. Nämä eroavat toisistaan sen mukaan, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita ne asettavat tavaroiden ja materiaalien kierron neljälle eri vaiheelle. Skenaariot ja niiden keskeiset piirteet on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä. Skenaariot perustuvat haastatteluihin ja tutkimuskirjallisuuteen.

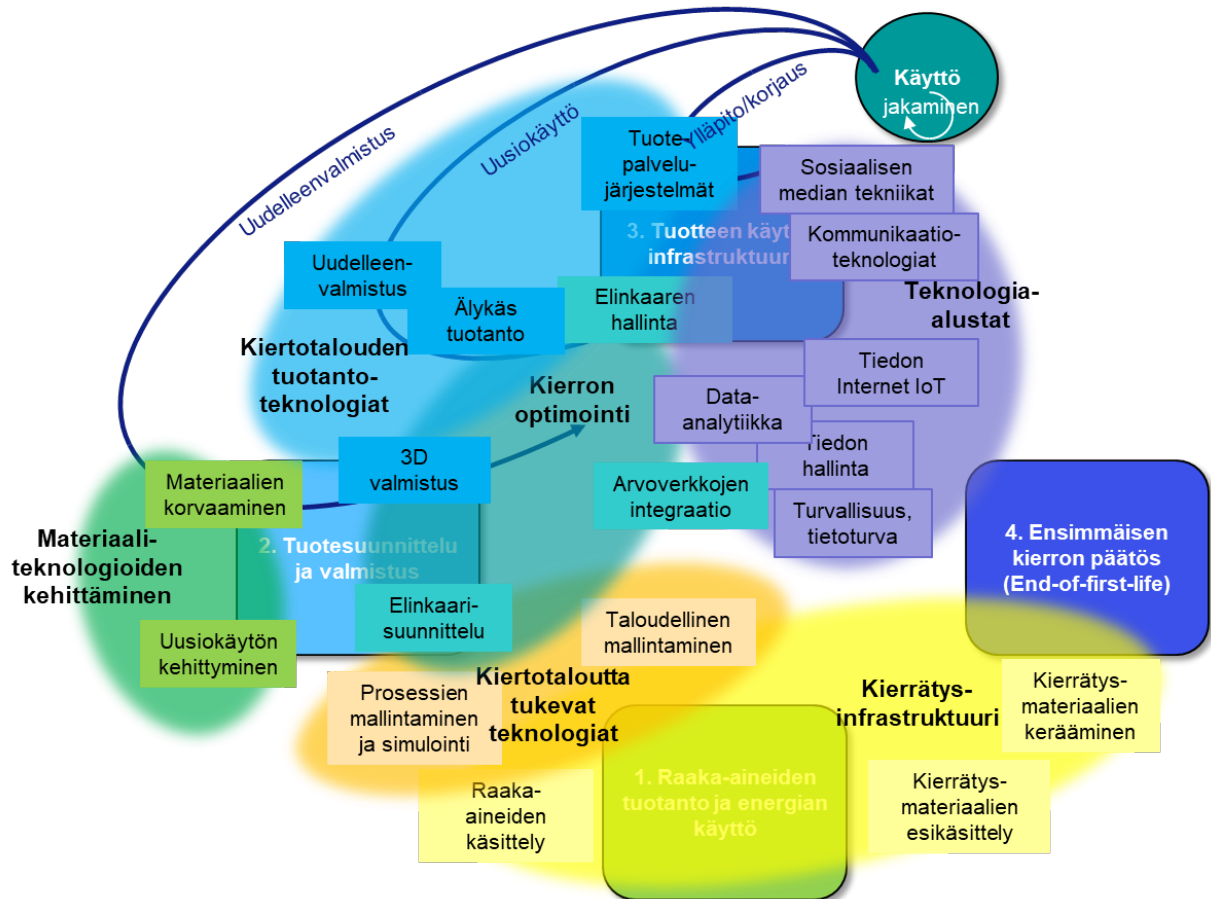
Merkittävin kiertotalouden toteutumista edistävä tekijä Suomessa on yritysten panostukset kiertotaloutta tukeviin ratkaisuihin sekä niiden vaatiminen alihankkijoilta ja yhteistyökumppaneilta. Tulos perustuu CloseLoop-hankkeen sidosryhmälle tehtyyn Internet-kyselyyn. Kyselyssä pyydettiin vastaajia pohtimaan, mitkä yhteiskunnan osa-alueet ovat erityisen tärkeitä kiertotalouteen siirryttäessä.

Yritysten tahtotilan jälkeen seuraavaksi tärkeimmäksi tekijäksi arvioidaan hyvä yleinen talouskehitys, mikä sallii tarvittavat kiertotalousinvestoinnit. Todennäköisimmäksi kehityskuluksi nähdään se, että kiertotalouteen syntyy Suomessa aktiivisia startup-yrityksiä. Osan näistä odotetaan kasvavan itsenäisesti kansainvälisille markkinoille, kun taas osan ostavat isot yritykset uusiksi liiketoiminnoikseen.

Kiertotaloutta painotetaan tänä päivänä useilla liiketoiminta-alueilla ja uudet teknologiainnovaatiot ja -ratkaisut ovat avainasemassa tuotannossa ja taloudessa. Uudet toimintamallit, kuten älykkäät energiaratkaisut, edistykselliset prosessit jätevirtojen minimoimiseksi ja sivuvirtojen jatkojalostus, mahdollistavat kiertotalouden toteutumisen useilla tuotantosektoreilla.

Muita merkittäviä teknologia-alueita ovat raaka-aineiden käsittelyn ja materiaalitekniikoiden kehittäminen, esimerkiksi materiaalien korvaaminen siten, että ne ovat paremmin kierrätettävissä tai että niiden elinkaaren aikainen hiilijalanjälki pienenee. Nämä nähdään myös teknologia-alueiksi, joiden kehittämisestä voi tulla merkittävää liiketoimintaa suomalaisille yrityksille. Samaan liiketoimintapotentiaaliltaan korkeaan luokkaan kuuluivat myös kierrätysmateriaalien esikäsittelyn, älykkään tuotannon sekä koneoppimisen, konenäön, robotiikan yms tekoälyä edistävät tai sitä hyödyntävät teknologiat. Kierrätysmateriaalien esikäsittely käsittää muun muassa jätemateriaalin lajittelun taloudellisesti kannattaviksi prosessieriksi. Älykäs tuotanto sisältää esimerkiksi valmistuksen automaattisen seurannan ja ohjauksen, tulevaisuudessa myös suoran koneiden välisen M2M-kommunikaation.

Edellä mainitut teknologia-alueet ovat myös niitä, joihin valtiovallan politiikkatoimenpiteiden toivotaan kohdistuvan. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi panostukset tutkimukseen ja tuotekehitykseen sekä sääntely. Kiertotalouden kehittyminen Suomessa vaatii kierrätysinfrastruktuurin kehittämistä, mutta myös kuluttajien ”koulutusta” kiertotaloutta edistävään kulutuskäyttäytymiseen. Kuluttajien tulisi olla valmiita yhä yksityiskohtaisempaan jätteiden lajitteluun erityisesti silloin, kun kyseessä on runsaasti arvokkaita raaka-aineita sisältävä tuote.



Kuva 1. Kiertotalousvision toteutumisen taustalla on runsaasti eri teknologioita.

Politiikkasuositukset

Suosituksat hitaan kasvun skenaariossa:

- Matala-asteisten varantojen louhinta tulee houkuttelevaksi resurssien niukkuuden ja työpaikkojen luomisen vuoksi. Olisi tuettava sellaisten tekniikoiden kehittämistä, joiden avulla voidaan hyödyntää vaikeita lähteitä eli raaka-ainevarantoja, joiden laatu on huono ja toissijaisia lähteitä (kierrätysmenetelmät).
- Pyrkimys tehokkuuteen ajaa tuotteiden ja materiaalien uudelleenkäyttö- ja uudelleenkäsittelykäytäntöjen kehittämiseen. Tavoitteena on raaka-aineiden kulutuksen irrottaminen tuotannosta. Olisi tuettava hyvien käytäntöjen kehittämistä kierrätyksen ja uudelleenvalmistuksen saralla eri teollisuudenaloilla.
- Hitaan talouskasvun kontekstissa keskiluokka mukauttaa kulutustottumuksiaan tavaroiden ostosta ja omistuksesta kohti vuokraus- ja jakomalleja. Lisäksi yritykset ottavat käyttöön tuotepalvelusysteemejä uusina tarjoamina B2B-suhteissa (esimerkiksi koneiden vuokraus ja ylläpito). Olisi tuettava yritysten alustatalouden järjestelmien kehitystyötä ja edistettävä vientiponnisteluja näillä alueilla.

Suosituksset ilmastokriisin skenaariossa:

- Ilmastokriisin vuoksi ruoan tuotannon ratkaisut ja biopohjaiset raaka-aineet, prosessit ja tuotteet, tehokas maankäyttö sekä uusiutuvien energialähteiden teknologioiden käyttöönotto korostuvat globaalisti. T&K- ja teknologiakehitystä olisi ohjattava näille aloille.
- Uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy huolto- ja korjaussektorilla. Myös kierrätysmenetelmien ja alustatalouden järjestelmien kysyntä kasvaa. Olisi edistettävä yritysten vientiponnisteluja näillä alueilla.
- Innovatiiviset ilmastokriisiä helpottavat tutkimusaloitteet ovat korkealla poliittisella agendalla ja EU on merkittävä toimija alalla. Olisi tuettava suomalaisten yritysten ja tutkimusorganisaatioiden aktiivista osallistumista EU:n tutkimusohjelmiin.
- Ilmastolainsäädäntö ja siihen liittyvät määräykset tiukentuvat nykyisestä. Olisi huolehdittava, etteivät nämä estä kierrätyksen, uudelleenkäytön ja uudelleen käsittelyn innovatiivisuutta ja luovien ratkaisujen kehitystyötä.

Suosituksset kestävän kehityksen skenaariossa:

- Uusiutuvaa energiaa on runsaasti tarjolla ja biomassaa ei enää tarvita sähköntuotantoon, mikä lisää biomassan hyödyntämistä biokemikaalien ja erilaisten uusien biomateriaalien valmistukseen. Olisi tuettava suomalaisten yritysten ja tutkimusorganisaatioiden T&K-työtä ja innovaatioiden kaupallistamista tällä saralla.
- Eri teollisuudenalat saattavat joutua kilpailemaan keskenään harvinaisista raaka-aineista ja näitä sisältävien komponenttien saatavuudesta. Harvinaisten raaka-aineiden korvaaminen toisilla materiaaleilla voi johtaa puolestaan uusiin saatavuudeltaan rajallisiin materiaaleihin. T&K- ja teknologiakehitystä olisi ohjattava vähentämään tätä raaka-aineriskiä.
- Hajautettu tuotanto ja yleinen elektroniikan ylenpalttisuus luovat haasteita materiaalien kierrätykselle. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämiseen sekä raaka-aineiden tehokkaaseen hallintaan. Olisi edistettävä yritysten vientiponnisteluja näillä alueilla.

Kirjoittajat

VTT: Mika Naumanen, Anna Leinonen, Päivi Kivikytö-Reponen, Jouko Myllyoja

Aalto yliopisto: Pertti Kauranen

Helsingin yliopisto: Minna Lammi

Liite: Kiertotalouden globaalit kehitystrendit

Tavaroiden ja materiaalien kierron neljä vaihetta

Tarkastelemme kolmea vaihtoehtoista tulevaisuudentilan kuvausta kiertotalouden kehittymiselle: hitaan kasvun Eurooppaa, ilmastokriisiä ja Agenda 2030:n mukaista eli kestävän kehityksen periaatteille rakentuvaa maailmaa. Tarkastelemme kutakin skenaariota tavaroiden ja materiaalien kierron neljän vaiheen näkökulmista: raaka-aineiden tuotantoa / keräystä, tuotteiden suunnittelu- ja valmistusvaihetta, tuotteiden käyttöä ja neljäntenä kierron sulkemista eli tuotteiden ja niiden raaka-aineiden palauttamista kierron alkuun.

tuottamisessa ja hyödyntämisessä. Näyttää siltä, että yritykset ovat alkaneet käyttää samoja tietoliikenne- ja ohjelmistoteknologioita kaikilla maantieteellisillä alueilla samaan aikaan: web-tekniikat, -palvelut ja -sovellukset 2000-luvun alkuvuosina; yrityksen resurssien suunnittelu lähestyttäessä 2010-lukua; tietojen analysointi ja päätöksenteon tukijärjestelmät 2010-luvulla sekä big datan ja pilvipalvelujen käyttö viime vuosina.

Globaalisti autoteollisuus on ollut edelläkävijä kiertotalouden liiketoimintakäytäntöjen soveltamisessa, mutta nyt tekstiiliteollisuus näyttää nousevan sen rinnalle uudeksi kokeilualueeksi. Tuotekierron sulkemisen ja tuotteen palauttamisen osalta logistiikkaprosessit ja käänteinen logistiikka olivat tärkeitä käsitteitä, mutta näyttää siltä, että painopiste on nyt siirtynyt koko toimitusketjun ottamiseen mukaan prosessiin: toimitusketjun kääntäminen, suljetun kierron toimitusketjut ja tuotteiden uusiokäytön suunnittelu ovat viimeisimmät keskusteluaiheet.

Kiertotalouden käsite ja sitä tukevat teknologiat ovat siirtyneet vähitellen kahdesta erillisestä kokonaisuudesta yhdeksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi suunnittelu ja kierrätys käsiteltiin ensin erillisinä konsepteina, sitten puhuttiin modulaarisista rakenteista ja purkamisen suunnittelusta. Nyt puhumme kiertotalouden tuotteista ja niiden suunnittelusta. Toisin sanoen kiertävä tuote on tavoite ja yrityksen prosessit perustetaan sen saavuttamiseksi. Samoin viittaukset kiertotalouden ja liiketoiminnan kehittämisestä ovat kehittyneet kiertotalousliiketoiminnan käsittelemiseksi suoraan.



Yleistä

Taloukasvu on hidasta Euroopassa, ja maanosa on kääntynyt sisäänpäin. Kasvu on voimakkaampaa Aasiassa ja erityisesti Kiinassa. Kiinan investoinnit Afrikassa ja Latinalaisessa Amerikassa tehostavat näiden mantereiden taloutta. Euroopan hidas taloukasvu rajoittaa kulutusta yleensä, mutta edelleen suuri osa väestöstä on hyvinvoivaa, kuluttaa ja vaatii myös enemmän yksilöllisiä tuotteita ja palveluja. Epätasa-arvo ja sosiaalinen eriarvoisuus lisääntyvät Euroopan yhteiskunnissa. Poliittikka perustuu "itsekkääseen" ja sisäänpäin suuntautuvaan ajatteluun, protektionismi ja nationalismi ovat selkeästi esillä monien maiden poliittisessa keskustelussa. Vallassa on vahvoja populistisia johtajia, ja suuntaus on enemmän vanhojen rakenteiden säilyttämisessä kuin uudistamisessa.

Raaka-aineiden tuotanto/keräys

Raaka-aineiden hinnat nousevat, ja niiden saatavuus voi olla Euroopassa rajoitettua, koska raaka-aineiden kysyntä kasvavissa talouksissa on korkea. Protektionistiset johtajat Euroopassa haluavat olla vähemmän riippuvaisia muista maanosista tuoduista uusiutumattomista raaka-aineista ja edistää näiden materiaalien korvaamista uusiutuvilla raaka-aineilla. Arvokkaiden materiaalien talteenoton teknologioita kehitetään, koska maat pyrkivät hyödyntämään kaikkia kansallisia lähteitä – myös niitä lähteitä, joita on vaikea saada tai joiden laatu on heikko (esim. alhainen malmipitoisuus, syvä sijainti, teollisuusjätteet). Raaka-aineiden hintojen nousun vuoksi kierrätystä ja kiertotaloutta ohjataan

voimakkaasti. Ohjausta toteutetaan normatiivisten ja verotuksellisten välineiden avulla. Erityisesti jälkimmäinen pystyy muuttamaan nopeasti raaka-aineiden käyttöä ja kulutusta.

Euroopassa keskitytään enemmän nykyisten rakenteiden ja teknologioiden säilyttämiseen kuin uudistumiseen. Resurssitehokkuus on vähemmän tärkeää kuin työpaikkojen luominen. Kansallisten etujen korostunut merkitys vähentää EU:n sisäistä yhteistyötä, joka heijastuu myös T&K-toimintaan. Paikallisten raaka-aineiden ja teollisuudenalojen tukeminen pönkittää tavanomaisia (joissakin tapauksissa jopa vanhentuneita) raaka-aineiden toimitus- ja käsittelytapoja.

Tuotteiden suunnittelu- ja valmistus

Maailmanlaajuisesti keskiluokka ja sen kulutus kasvavat, mikä tosin hidastuu vähitellen. Aasian ja Afrikan kasvava vauraus luo markkinamahdollisuuksia maailmanlaajuisesti toimiville yrityksille, ja tuotteiden hintojen nousu voi kompensoida raaka-aineiden hinnannousua. Kun yritykset yrittävät löytää uusia markkinoita kasvavissa talouksissa, työperäinen maahanmuutto Euroopasta Afrikkaan ja Aasiaan lisääntyy.

Lisääntyvästä kilpailusta raaka-aineiden saannissa kärsivät ne alat, jotka ovat voimakkaasti riippuvaisia raaka-aineiden tuonnista. Tämä johtaa talouksien ja teollisuudenalojen epätasaiseen menestykseen ja työttömyyteen joillakin aloilla ja alueilla. Toisaalta populistisen ja protektionistisen päätöksenteon tärkeä painopiste on työpaikkojen luominen, joka tarjoaa tukea niille toimialoille, jotka pystyvät tarjoamaan työpaikkoja.

Reagoiva ja taaksepäin suuntautuva päätöksenteko vähentää yhteiskuntien innovatiivisuutta. Näin ollen Euroopassa kehitetyt tuotteet ja ratkaisut voivat vanhentua ja niiden vienti vähetä. Toisaalta tuotantoteknologiaa halutaan parantaa energia- ja resurssitehokkuuden aiheuttamien paineiden vuoksi. Materiaali- ja tuotesuunnitteluun panostetaan tehokkuussyistä.

Tuotteiden käyttö

Hitaan talouskasvun kontekstissa keskiluokka mukauttaa kulutustottumuksiaan tavaroiden ostosta ja omistuksesta kohti vuokraus- ja jakomalleja. Lisäksi yritykset ottavat käyttöön tuotepalvelusysteemejä uusina tarjoamina B2B-suhteissa (esimerkiksi koneiden vuokraus ja ylläpito). Edellä mainittujen seikkojen ansiosta asiakkaille tarjotaan samat toiminnot ja palvelut vähemmillä raaka-aineilla, mikä tekee EU:sta aineellisesti tehokkaan talouden. Tietyt raaka-aineet ovat edelleen erittäin tärkeitä monille toimialoille, mutta tehokkuuden lisääntymisen myötä niitä ei tarvita niin paljoa, mikä vähentää toimitusriskiä. Tuotantoteollisuutta enemmän työpaikkoja syntyy sitä tukevalle palvelusektorille.

Kierron sulkeminen

Kiertotalous kukoistaa: teollisuudenalat ovat kehittäneet hyviä käytäntöjä kierrätyksen ja uudelleenvalmistuksen saralla. Tosin kuluttajatuotteiden yksilöllistäminen vaikeuttaa kierrätystä. Kierrätysalaa kehitetään työpaikkojen luomisen pohjalta, ja ympäristön sääntelyä ja laatuvaatimuksia koskevat vaatimukset ovat löyhempiä. Huoli kierrätysmateriaalien turvallisuudesta voi nousta kuluttajien keskuudessa.

Kulutus kasvaa aluksi voimakkaasti kehitysmaissa, mutta vähitellen ympäristötietoisuus lisääntyy vaurauden ja paikallisten ympäristöongelmien lisääntyessä. Kierrätysteknologiat kehittyvät ja pitkällä aikavälillä joidenkin kehitysmaiden kierrätysteollisuus ylittää eurooppalaisen tehokkuuden ja kestävän kehityksen normit.



Yleistä

Pyrkimykset rajoittaa ilmaston lämpeneminen epäonnistuvat ja pysyvä ilmastonmuutos on tapahtunut. Ympäristön muutos luo epävakautta ja johtaa maailmanlaajuisiin ja paikallisiin kriiseihin. Lopulta kriisi vaikuttaa myös maailmanlaajuisiin raaka-ainevirtoihin, ja raaka-aineiden saatavuus on satunnaisesti keskeytynyt. Skenaariossa talouskasvu on hyvin heikko tai jopa negatiivinen, ja rahoitusjärjestelmän on sopeuduttava laajaan muutokseen. Ilmastonmuutoksesta eniten kärsineillä alueilla on nälänhätää. Tämä luo hallitsematonta maahanmuuttoa ja pyrkii sulkemaan rajoja niillä alueilla, jotka ovat selvinneet vähemmin vaurioin. Aseellisten konfliktien riski kasvaa. Kasvava epävakaus ja epävakaa sosio-poliittinen ilmapiiri siirtävät poliittista painopistettä sotilaallisiin ja puolustusasioihin.

Raaka-aineiden tuotanto/keräys

Kansalliset hallitukset ja Euroopan komissio yrittävät löytää keinoja sopeutua ilmastonmuutokseen ja sen seurauksiin. Poliittinen ohjaus keskittyy yhä enemmän ympäristöasioihin. Biotalouden lisäämiseen ja fossiilisten luonnonvarojen, erityisesti öljyn käytön vähentämiseen käytetään erilaisia poliittisia ohjausmekanismeja. Ympäristökysymysten merkityksestä vallitsevan laaja-alaisen yhteisymmärryksen vuoksi on helppo asettaa kunnianhimoisia ympäristötavoitteita. Myös verotuksellisten ja ohjelmapohjaisten välineiden käyttö on laajalti hyväksyttyä.

Ympäristöriskeistä vallitsevan laaja-alaisen yhteisymmärryksen vuoksi resursseja jaetaan teknologian kehittämiseen. Uusiutuvan energian teknologioihin tarvittavien raaka-aineiden kysyntä kasvaa. Samoin on kiinnostusta vaihtoehtoisten raaka-aineiden kehittämiseen. Yhteinen huoli ympäristöstä ja yhteisymmärrys lisäävät teollisuuden ja tutkijoiden halukkuutta ja pyrkimystä kehittää innovatiivisia ratkaisuja. Toisaalta taloudelliset ongelmat heikentävät yleisiä mahdollisuuksia investoida vihreän teknologian kehittämiseen.

Raaka-aineiden tarjonta kärsii lisääntyneestä epävakaudesta ilmastonmuutoksen kärsineissä maissa. Kansainvälisen yhteistyön lasku vähentää raaka-aineiden saatavuutta ja saavutettavuutta, ja maailmanlaajuisissa raaka-ainevirroissa saattaa esiintyä satunnaisia häiriöitä.

Tuotteiden suunnittelu- ja valmistus

Maailmanlaajuinen kriisi lisää kansallisten talouksien halua taloudelliseen ja teknologiseen riippumattomuuteen. Toisaalta ilmastonmuutoksen vaikutuksia (esimerkiksi tulvia, kuivuutta, muuttoliikettä) pyritään lieventämään, joten teknologian kehittämistä tukeviin T&K-toimiin on käytettävissä vain vähän resursseja.

Vähäisiä ympäristövaikutuksia aiheuttavien rakennusmateriaalien kehitystä tehostetaan, koska vihreiden ratkaisujen etsintä lisääntyy. Innovatiiviset hiilidioksidin talteenottomateriaalit, sivutuotteiden lisääntyvä käyttö rakennusteollisuudessa, kestävyysparantaminen ja rakennusmateriaalien seurantarjestelmien kehittäminen niiden käyttöä parantamiseksi ovat esimerkkejä tällaisista ratkaisuista. EU on merkittävä toimija alalla.

Tuotteiden käyttö

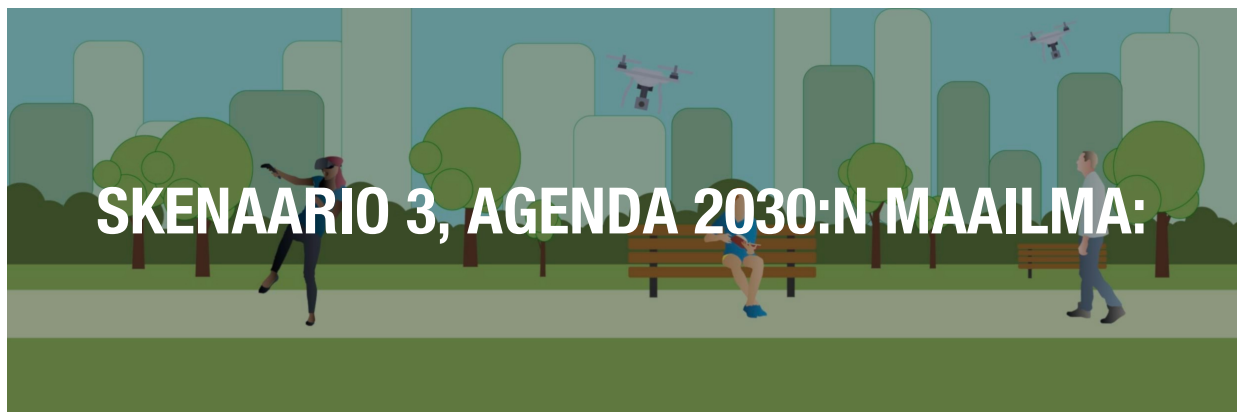
Heikko yhteiskunnallinen kantokyky ja yleinen köyhyys voivat edistää jakamistaloutta ja lisätä ihmisten välistä solidaarisuutta. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia on huolto- ja korjaussektorilla. Useat maat yrittävät muuttaa teollista toimintaa kohti vihreämpää teollisuutta, uusiutuvien energialähteiden järjestelmiä ja sähköistä liikkuvuutta. Tämä muuttaa raaka-aineiden kysyntää näillä aloilla nykyisestä.

Mahdolliset raaka-ainevirroissa esiintyvät häiriöt voivat haitata erityisesti energia- ja elektroniikkateollisuuden toimintaa. Pahimmillaan kulutustuotteiden saatavuus olisi rajallista, ja energia- ja tietoverkot eivät toimisi kunnolla huolto- ja komponenttien saatavuusongelmien vuoksi. ICT-verkoston vahingot aiheuttaisivat vakavia ongelmia kaikilla yhteiskunnan aloilla.

Kierron sulkeminen

Korkean teknologisen kehityksen sijasta muutokset ja kehitys tapahtuvat ruohonjuuritasolla. Paikallinen ja itsenäinen kierrätys lisääntyy voimakkaasti. Toisaalta normatiivisesti säännelty kierrätys ja kulutus lisääntyvät. Kierrätyksen, uudelleenkäytön ja uudelleen käsittelyn aloilla saattaa esiintyä erittäin luovia ratkaisuja, mutta hyvin muodollisten ja tiukkojen määräysten takia vapaalle innovatiiviselle ilmapiirille voi olla vain vähän sijaa. Kierrätys ei tällöin saavuta täyttää potentiaaliaan.

Lisääntynyt maastamuutto ilmastonmuutoksesta kärsiviltä alueilta ja taloudellisista ongelmista johtuva työttömyys johtaa siihen, että suuri osa köyhistä ihmisistä tarvitsee lisää tukea yhteiskunnalta. Ihmisten on sopeuduttava elintonsa huomattavaan heikkenemiseen. Heikosti palkattuihin työtehtäviin, kuten kierrätettävien materiaalien keräämiseen ja esikäsittelyyn, riittää työvoimaa.



Yleistä

Uusiutuvan energian teknologian kehittämisessä on tapahtunut läpimurto ja käytettävissä on runsaasti energiaa. Teknologinen läpimurto uusiutuvan energian teknologioissa aiheuttaa voimakkaan impulssin maailmantaloudelle: nopea talouskasvu alkaa. Se vaikuttaa voimakkaasti myös yleiseen ilmapiiriin. Ihmiset ovat optimistisia ja poliittinen ja sääntelevä ilmapiiri on vapaa ja luottaa vahvasti hyvään tulevaisuuteen. Toisaalta automaatio, keinotekoinen älykkyys ja robotisointi edistyvät nopeasti ja jättävät vähemmän koulutettuja ihmisiä työelämän ulkopuolelle.

Raaka-aineiden tuotanto/keräys

Yhteiskunnat ovat saavuttaneet täydellisen kiertotalouden tilan, koska vähähiilisten energiateknologioiden lisääntynyt käyttöönotto vaati kasvavia määriä strategisia raaka-aineita, ja siksi materiaalien kierrätys ja korvaavien ratkaisujen kehittäminen ovat erittäin tärkeitä. Materiaalitehokkuus on myös tärkeä kysymys sääntelyssä. On mahdollista, että joissakin maissa otetaan käyttöön valvonta- tai ohjausmekanismeja, joilla pyritään suojelemaan strategisten raaka-aineiden tai tällaisia materiaaleja sisältävien komponenttien kotimaista käyttöä.

Siirtyminen biotalouteen ja kiertotalouteen on edennyt monilla keskeisillä aloilla myös lainsäädännön vuoksi. Onnistunut ympäristöasioiden hallinta perustuu säänneltyyn lähes nollajätteiseen biotalouteen ja kiertotalouteen. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit ja tuotteet on korvattu suurelta osin ympäristöystävällisemmällä biopohjaisilla tuotteilla. Tiettyjen uusiutumattomien raaka-aineiden tarve pienenee, koska niitä korvataan vihreämpiä tuotteita hyödyntäen tai niiden kierto paranee kehittyneiden kierrätysmenetelmien myötä. Vastuullinen raaka-aineiden tuotanto kasvaa. Uusiutuvien energialähteiden parempi hyödyntäminen hyödyttää ympäristöä merkittävästi.

Tuotteiden suunnittelu- ja valmistus

Kestävän kehityksen skenaariossa tietyissä raaka-aineissa tai näitä aineita sisältävissä komponenteissa on jonkin verran saatavuusriskiä, joka saattaa aiheuttaa lyhyitä tai pitkäaikaisia ongelmia joillekin yrityksille. Eri teollisuudenalat saattavat joutua kilpailemaan keskenään harvinaisista raaka-aineista (esimerkiksi autoteollisuus, tieto- ja viestintätekniikka ja energiateknologiat) ja näitä sisältävien komponenttien saatavuudesta. Harvinaisten raaka-aineiden korvaaminen toisilla materiaaleilla voi johtaa uusiin kriittisiin raaka-aineisiin eli saatavuudeltaan rajallisiin materiaaleihin.

Tuotteen käyttö

Monet teollisuudenalat hyötyvät paljon energian rajattomasta saatavuudesta. Työllisyys ja elintaso kasvavat. Kaupungistuminen jatkuu ja asuntojen tarve lisää rakennusmateriaalien kysyntää. Jos teknologiat kehittyvät Euroopassa nopeammin kuin muualla maailmassa, Eurooppaan tulee myös paljon maahanmuuttoa. Toisaalta uskotaan voimakkaasti, että teknologista kehitystä on käytettävä hyvinvoinnin lisäämiseksi maailmanlaajuisesti, ja siksi teknologian siirto kehittyville yhteiskunnille on nopeaa.

Hyvä taloudellinen kehitys ei edistä jakamistalouden liiketoimintamallien kehittymistä. Samaten energian alaiset kustannukset eivät johda muiden kierrätysstrategioiden kuten uudelleenkäytön tai uudelleenvalmistuksen kehittämiseen, mikä vähentäisi raaka-ainetarpeita. Toisaalta lisääntynyt mahdollisuus kuluttaa henkilökohtaisten arvojen mukaan kasvattaa ympäristöystävällisten tuotteiden kysyntää.

Raaka-aineiden maailmanlaajuiseen toimitusketjun hallintaan vaikuttaa myös tietoisuuden lisääntyminen tiettyjen metallien käytöstä kuluttajatuotteissa (kuten kondensaattoreiden tantaali tai mobiililaitteiden litiumioniakkujen koboltti) ja niihin liittyvät mahdolliset eettiset ongelmat, kuten ihmisoikeusrikkomukset, lapsityövoiman käyttö tai tuki valtiosta riippumattomille aseellisille ryhmille. Eettiset arvot ovat vahvoja kuluttajien ja poliittisten päättäjien keskuudessa, ja voivat johtaa sääntelytoimenpiteisiin vastuullisen toimitusketjun hallinnan suhteen.

Kierron sulkeminen

Energian ja digitalisaation runsaus on mahdollistanut hajautetun tuotannon. Hajautettu tuotanto ja yleinen elektroniikan ylenpalttisuus luovat haasteita materiaalien kierrätykselle, koska materiaalit jaetaan useaan eri tuotantopisteeseen, tuotteiden monimutkaisuus kasvaa ja käytetään vähäisiä määriä raaka-aineita/laitetta. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämiseen raaka-aineiden tehokkaaseen hallintaan. Taloudellinen toteutettavuus ei kuitenkaan rajoita uusia kierrätysratkaisuja energian rajattoman saatavuuden vuoksi.

EU:n tavoitteena ovat nollajätteiset prosessit ja tuotteet. Jätteitä ja raaka-aineiden hajaantumista vältetään mahdollisimman paljon. Korkea kierrätysaste pienentää primäärilähteiden merkitystä raaka-aineiden lähteinä. Kehitystä helpottaa merkittävästi parantuneet taloudelliset olosuhteet, jotka helpottavat toimitusketjun hallintaa. Vastuullinen toimitusketjun hallinta parantaa olosuhteita raaka-aineiden tuottajamaissa. EU on melkein omavarainen tarvittavien raaka-aineiden suhteen, koska kiertotalouden malleja ja tekniikan kehitystä hyödynnetään täysimääräisesti.

CloseLoop-projekti

Korkean jalostusarvon materiaalit suljetussa raaka-ainekierrossa (CloseLoop)

Hiilineutraaliin talouteen siirtyminen edellyttää raaka-aineiden kulutuksen pienentämistä koko yhteiskunnassa. Kiertotalouden mallien hyödyntäminen on yksi tapa siirryttäessä resurssien tarkempaan käyttöön. Nämä mallit ja uudet läpimurrot ovat erityisesti ICT-, energia-, liikenne- ja hyvinvointisektoreilla tarpeen, koska näiden alojen tulevaisuuden teknologiat pohjautuvat usein erittäin monimutkaisiin materiaaleihin.

Projektissa (CloseLoop) keskitytään korkean jalostusarvon teknologioiden materiaalikäyttöön ja niiden tekemiseen entistä tehokkaammiksi. Aalto-yliopiston, VTT:n ja Helsingin yliopiston Kuluttajatutkimuskeskuksen yhteisessä hankkeessa tutkitaan ratkaisukeskeisesti suljettujen materiaalikiertojen teknologioita, kiertotalouden uusia liiketoimintamalleja ja kuluttajien toimintaa muuttuvassa kiertotaloudessa. Haluamme tehdä korkean jalostusarvon teknologioiden kiertotalousosaamisesta yhden Suomen tulevaisuuden taloudellisista keihäänkärjistä. Tutkimushanke on osa Suomen akatemian ohjelmaa Ilmastoneutraali ja resurssiniukka Suomi. Hanketta rahoittaa [Strategisen tutkimuksen neuvosto](#) 3.6 miljoonalla eurolla vuosina 2016-19.

<http://closeloop.fi/> <https://twitter.com/CloseLoopTeam> <https://www.facebook.com/CloseLoopTeam/>