

Biopohjaiset älykkäät ratkaisut -ekosysteemi  
kiertotalouden alueellisena vahvistajana

## BioÄly-tiekartta



## Sisällysluettelo

1. BioÄly-projekti .....	3
1.1. Hankkeen kuvaus .....	3
1.2. Tiekartan tarkoitus, kehittämisprosessi ja rakenne.....	3
2. Biopohjaisia älykkäitä ratkaisuita eteenpäin vievät voimat.....	4
3. Biopohjaisten älykkäiden ratkaisuiden nykytila.....	5
4. Haasteet biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin siirtymisessä.....	11
5. Toimenpidesuosituksien ja osaamistarpeiden edistämiseen biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin siirtymistä.....	13
5.1 Edesauttavat tekijät uusien ratkaisuiden käyttöönottoon .....	13
5.2 Tulevaisuuden osaamistarpeet ja BioÄly-sektorin potentiaali .....	14
6. Muut tiekartat.....	15
LÄHTEET .....	16

# 1. BioÄly-projekti

## 1.1. Hankkeen kuvaus

BioÄly-hankkeen tavoite on vahvistaa Pirkanmaan bio- ja kiertotaloutta luomalla biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin pohjautuva yhteistyöalusta. Yhteistyöalustan tavoitteena on edesauttaa ja lisätä aihepiirin toimijoiden yhteistyötä ja verkostoitumista sekä luoda ja jakaa uutta tietoa toimijoille.

Hankkeen kohderyhmänä ovat erilaiset bio- ja kiertotalouden toimijat kuten yritykset ja instituutit, mutta myös liitännäisalojen toimijat sekä esimerkiksi tavalliset kuluttajat.

- Kaupungit/kunnat ja niiden logistiikkayksiköt
- Prosessilaitteita valmistavat konepajat, elintarvike- ja pakkausteollisuus, pakkausmateriaalien ja pakkausten valmistajat, kemianteollisuus (liimat, maalit, massat, komposiitit) ja metsäteollisuus
- Pirkanmaan "esineiden internet" (Internet-of-Things, IoT) ja digitalisoinnin alan yritykset. IoT on Pirkanmaalla erittäin vahva mm. puettavan elektroniikan alueella, jonka seuraava merkittävä askel on "kaiken internet" (Internet-of-Everything). Tällöin esim. pakkaukset ja laitteet on yhdistetty verkkoon ts. ne sisältävät älykkyyttä kommunikaatioon ja vuorovaikutukseen. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää mm. mainonnassa tai tuotekohtaisissa tiedoissa.
- Älysovellusten ja älypakkausten valmistajat ja hyödyntäjät (yritykset ja yhteiskunnalliset toimijat), joiden kanssa yhteistyössä lanseerataan uusia biopohjaisia antureita.
- Erityisesti Pirkanmaalla toimivat kaupan ja teollisuuden alan yritykset sekä logistiikka- ja kuljetusyritykset (älypakkaukset logistiikassa -näkökulma).

Tutkimus- ja kehitysalueella on tavoiteltu aidosti moniteknistä ja monitieteistä otetta, jolla on mahdollista tarjota ratkaisuja isompiin haasteisiin. Tässä poikkitieteellisessä hankkeessa yhdistetään osaamista modernista elektroniikasta, materiaali- ja pakkaustekniikasta, nano- ja biomateriaaleista, prosessikemiasta sekä arvontuotosta kiertotaloudessa.

Hankkeen avulla on luotu edellytyksiä pitkäaikaisen, kasvavan ja vetovoimaisen ekosysteemin rakentumiselle. Hankkeessa luodaan ekosysteemin toimintamalli, jota pilotoidaan ja jalostetaan hyödyntäen uusinta teknologiatietoa ja tietotaitoa. Hankkeen päätulos on avoin bio- ja kiertotalousalueen aktiivinen ja elinvoimainen pirkanmaalainen innovaatioekosysteemi, jonka toiminta jatkuu hyötyä tuottavana laadittujen suunnitelmien mukaisesti myös hankkeen jälkeen. Välituloksina ovat toteutuneet tapahtumat (seminaarit ja työpajat), jotka ovat käynnistäneet innovaatioekosysteemin ja antaneet osallistujille huomattavaa lisäarvoa omaan toimintaan bio- ja kiertotalousalueella.

## 1.2. Tiekartan tarkoitus, kehittämisprosessi ja rakenne

BioÄly-tiekartta on osa BioÄly-ekosysteemin tietämyksen luontia ja hallintaa. Tiekartta käsittelee teknologioihin, tuotteisiin, kaupalliseen ja taloudelliseen potentiaaliin sekä ympäristöön liittyviä asioita biopohjaisten älykkäiden ratkaisuiden kontekstissa. Tiekartta toimii BioÄly-hankkeen jälkeen ohjaavana polkuna jatkotoimenpiteille ja uusille hankkeille. Tiekartalla asioita esitetään etenkin Pirkanmaan näkökulmasta, mutta monet asioista voidaan nähdä myös kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.

Tiekartta on kehitetty yhteistyössä BioÄly-hankkeeseen osallistuneiden tahojen kanssa. Hankkeessa on järjestetty seminaareja ja työpajoja, joissa tiekartan sisältöön liittyvät asiat ovat olleet yksi käsiteltävistä aihekokonaisuuksista muiden aiheiden lisäksi.

- Seminaarin yhteydessä järjestetyssä työpajassa 13.9.2018 osallistujat määrittivät odotuksia tietovarannosta ja tietopankista liittyen teknologioihin ja osaajiin. Esille nousi monia asioita:

- Ajankohtaista tietoa BioÄly-hankkeesta ja siinä käsiteltävistä aiheista ja teknologioista
  - Tietoa alan toimijoista ja osaajista (huomioiden EU:n tietosuojasetus GDPR)
  - Tietoa tehtävistä pilottihankkeista (huomioiden luottamukselliset asiat)
  - Teknologioiden valmistus: kuvauksia BioÄly-teknologioihin liittyvistä demo- ja pilottilaitteistoista.
- Seminaarin yhteydessä järjestetyssä työpajassa 10.3.2020 osallistujat arvioivat hankkeen poikkiteollisten teknologioiden tärkeyttä omista näkökulmistaan. Työpajan runkona toimi ensimmäinen versio BioÄly-hankkeen teknologiakuvauksesta. Kullekin osallistujalla annettiin kuvitteellinen 1 M€ investointirahaa, jonka he saivat jakaa eri teknologioiden kesken. Yhteenvetona työpajasta kaikki BioÄly-hankkeen keskeisistä pääteknologioista herättivät kiinnostusta osallistujien keskuudessa.
  - Keväällä 2020 järjestettiin verkkopohjainen biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin liittyvä kysely, joka oli avoinna vastaajille 14.4.2020 - 4.5.2020. Linkki kyselyyn lähetettiin sähköpostilla kaikille edeltäneisiin seminaareihin osallistuneille ja siitä tiedotettiin hankkeen verkkosivuilla (bioaly.fi) ja sosiaalisessa mediassa (Twitter ja LinkedIn) #bioäly -tunnistein. Kyselyssä kartoitettiin lähitulevaisuuden haasteita, niiden merkittävyyttä, edesauttavia tekijöitä uusien ratkaisuiden käyttöönoton edistämiseksi sekä elinkeinoelämän ja osaamistarpeiden tukemiseksi. Tämän lisäksi kysyttiin visiota vuodesta 2030 biopohjaisten älykkäiden ratkaisuiden sektorilla ja toiveita tiekartasta. Luvussa 4 ja 5 käsitellään haasteita ja toimenpidesuosituksia tarkemmin.

Tämän lisäksi BioÄly-tiekartan laatimisessa on hyödynnetty tietolähteinä avoimia julkaisuita, kuten muita tiekarttoja, joita on laadittu eri sektoreille. Kooste tiekartoista esitetään luvussa 3.

Tämän dokumentin rakenne on seuraavanlainen. Luvussa 2 käsitellään BioÄly-ratkaisuita eteenpäin vieviä voimia. Luku 3 keskittyy BioÄly-hankkeen keskeisiin teknologioihin. Luvussa käydään läpi esim. teknologioiden TRL-tasoa (Technology Readiness Level). Luvussa 4 keskustellaan haasteista, jotka liittyvät BioÄly-ratkaisuihin. Viimeinen luku, luku 5, käsittelee toimenpidesuosituksia ja osaamistarpeita tulevaisuuden näkökulmasta.

## 2. Biopohjaisia älykkäitä ratkaisuita eteenpäin vievät voimat

Biopohjaisten älykkäiden ratkaisuiden yleistymisen tueksi voidaan tunnistaa useita eri tekijöitä esimerkiksi kestävän kehityksen päätavoitteisiin liittyen. YK:n jäsenmaat ovat sopineet 17 päätavoitetta kestävän kehityksen mahdollistamiseksi (Suomen YK-liitto, 2015; United Nations, 2015). Kestävän kehityksen tavoitteena on turvata ihmisten hyvinvointi ja ihmisoikeudet, taloudellinen vauraus ja yhteiskuntien vakaus ympäristön kannalta kestävällä tavalla. Monet tavoitteista linkittyvät suorasti tai epäsuorasti BioÄly-hankkeen tavoitteisiin. Tavoitteissa otetaan kantaa esimerkiksi kestävään teollisuuteen, vastuulliseen kuluttamiseen, ilmastonmuutokseen ja niiden vaikutuksesta vedenalaiseen ja maanpäälliseen elämään.

Globaaleja muutosilmiöitä eli megatrendejä on esitetty useissa eri lähteissä (BlackRock, 2020; Deloitte, 2017; Dufva, 2020; Frost & Sullivan, 2020; Hammond, 2019; PwC UK, 2020; Winston, 2019). Alla on esitetty keskeisimpiä biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin vaikuttavia megatrendejä.

- Ilmastonmuutos ja resurssien niukkuus
  - Harvinaiset ja niukasti saatavat materiaalit pyritään korvaamaan, jos mahdollista.
  - Kiertotalous (kierrätys, jakaminen, liisuus, korjaus, uudelleenkäyttö) edistää tehokkaampaa materiaalin kiertoa.

- Resurssien niukkuus liittyy myös ruokatuotannon tuottavuuden kehittämiseen ja ruokajätteen minimointiin. Tämä linkittyy myös pakkauksiin.
- Energiankulutus
  - Tulee löytää tasapaino Ihmisen, laitteiden, datan ja energian välillä.
  - Energiankulutus kasvaa mm. lisääntyneen datan keräämisen ja siirtämisen seurauksena.
  - Tuotteiden ja palveluiden energiatehokkuuteen tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota.
  - Uusiutuvien energialähteiden soveltaminen.
- Teknologiset läpimurrot
  - Älykkäiden tuotteiden, teknologioiden ja palveluiden määrä kasvaa (yksi- tai kaksisuuntaista tiedonsiirtoa)
    - Puettavat teknologiat yleistyvät.
    - Älykkäät materiaalit ja anturit yleistyvät.
  - Esimerkiksi ainetta lisäävä valmistus (additive manufacturing) yleistyy entisestään, kun valmistusteknologia siirtyy kuluttajamarkkinoille.

Megatrendien ja kestäväen kehityksen tavoitteiden lisäksi on esitetty vapaaehtoisia Green Deal -sopimuksia valtion ja elinkeinoelämän välillä edistämään kiertotaloutta ja ilmastonmuutoksen hillintää (Ympäristöministeriö, 2020a). EU-tasolla on esitetty Euroopan Green Deal -kasvustrategia, jonka tavoitteena on reilu ja vakavarainen yhteiskunta, jonka taloudessa huomioidaan resurssien tehokkuus ja kilpailukyky ja joka on hiilineutraali ja kasvihuonekaasujen nettopäästö on nolla sekä taloudellinen kasvu ei ole suoraan verrannollinen resurssien käyttöön (EU, 2020).

BioÄly-ratkaisuiden näkökulmasta EU:ssa on nostettu digitaalisiksi avainteknologioiksi elektroniikan osa-alueelta muun muassa nanoelektroniikka, bioelektroniikka, integroidut älykkäät anturiratkaisut sekä joustava, tulostettava ja puettava elektroniikka (European Commission, 2019). EU:n tavoitteena on tukea koko elektroniikan arvoketjua ja sen tuottavuutta aina materiaaleista järjestelmiin ja palveluihin saakka ja vahvistaa tätä kautta eurooppalaista teollisuutta.

EU-tason strategioiden lisäksi Suomessa on olemassa kansallinen biotalousstrategia, jonka päämääränä on kehittää kilpailukykyinen biotalouden toimintaympäristö, luoda uutta liiketoimintaa biotaloudesta muun muassa riskirahoituksen avulla, varmistaa vahva osaamisperusta biotaloudelle koulutuksen ja tutkimuksen kehittämisen avulla sekä turvata biomassojen käytettävyys ja kestävyys (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020).

### 3. Biopohjaisten älykkäiden ratkaisuiden nykytila

Tässä luvussa tehdään tiivis katsaus BioÄly-hankkeen avainteknologioihin. BioÄly-hankkeen keskeiset teknologiat liittyvät materiaali- ja pakkaustekniikkaan, nano- ja biomateriaaleihin, moderneihin elektroniikkalaitteisiin sekä pietsosähköisiin antureihin, jotka ovat helposti lisättävissä muihin tuotteisiin. Alla on tiivistelmä keskeisistä teknologioista.

- Stick-it-on device
  - Painotekniikoita hyödyntämällä voidaan toteuttaa joustavia, taipuvia ja venyviä elektroniikkapiirejä erilaisiin käyttökohteisiin, myös sellaisiin, joissa perinteisen elektroniikan käyttö on ollut hankalaa. Alalla tämänkaltaisia laitteita kutsutaan usein "stick-it-on device" -nimellä tai "tarratoimilaitteiksi".
  - Menetelmät mahdollistavat aiempaa ympäristöystävällisemmät materiaalit ja valmistustekniikat. Esimerkiksi muovien ja haitallisten kemikaalien tai harvinaisten metallien korvaaminen mahdollistuu uusilla vaihtoehdoilla.

- Tulevaisuuden pakkaus
  - Tulevaisuuden pakkausten kehitysfokus liittyy fossiilipohjaisten muovien korvaamiseen uusiutuville vaihtoehdoilla. Ympäristöministeriö valmistelee kertakäyttömuovien kulutusta rajoittavan direktiivin toteuttamista Suomessa (Ympäristöministeriö, 2020b).
  - Tämän lisäksi raaka-aine- ja materiaalikuluja pyritään yhtenä tavoitteena vähentämään ohuemmillä pinnoitteilla sekä uudenlaisten materiaaliratkaisujen kuten erilaisten nanorakenteiden hyödyntämisellä.
- MFC- ja NFC-materiaalit
  - Kiertotalous on tärkeä elementti kestävässä kehityksessä ja tässä yhteydessä maailman yleisin uusiutuva raaka-aine, selluloosa, on noussut mahdollistamaan fossiilisista raaka-aineista valmistettujen materiaalien korvaamisen.
  - Erityisesti fibrillimuotoon avattu selluloosa eli nanoselluloosa (NFC) ja mikrofibrilloitu selluloosa (MFC) on lujuutensa ja sitoutumiskykyjensä vuoksi ratkaisevassa asemassa, kun siirrytään fossiilisista raaka-aineista biopohjaisiin raaka-aineisiin.
- Biopohjaiset ja -hajoavat pietsosähköiset anturit
  - Vaihtoehtoisten ja uusiutuvien materiaalien käyttöä tutkitaan myös voima-anturi- ja energianlouhintatekniikoissa sekä biolääketieteen sovelluksissa muun muassa tarkastelemalla uusien materiaalien sähkönjohtavuutta ja pietsosähköisiä ominaisuuksia. Anturien ekologisuutta voidaan lisätä myös käyttämällä printattua elektrodirakennetta.

Taulukot 1-4 kuvaavat BioÄly-hankkeen toteuttajaorganisaation keskeistä teknologiaportfoliota valmistusmenetelmien, ominaisuuksien, materiaalien (tulevaisuuden pakkaus ja biopohjaiset ja -hajoavat pietsosähköiset anturit) ja esimerkkisovellusten näkökulmasta.

**Taulukko 1. Tarratoimilaitteiden keskeiset valmistusmenetelmät ja ominaisuudet sekä esimerkkejä sovelluksista.**

Valmistus	Painettava elektroniikka	Silkkipaino
		Kohopaino
		Syväpaino
		Mustesuihku
	Hybridi painettava elektroniikka	Kääntösiru
		Pinta liitoskomponenttien kokoonpano
	3D-tulostus	Aerosolipainatus
		Sähköhydrodynaaminen painatus
		Dispensing
		Filamenttitulostus
Ominaisuudet	Nollaenergisyys	Energiaa keräävä
		Energiaa varastoiva
		Pientehoelektroniikka
	Form factor	Ultra ohut (esim. < 10 um)
		Venyvä
		Muka utuva
		Joustava
	Kytkeytymiskyky	Lähikenttä
		Kaukokenttä
		24/7 online
Sovellukset	Ihmisen ja koneen rajapinta	
	Robottiikka	
	Ajoneuvot	
	Älykkäät pakkaukset	
	Logistiikka	
	Valvonta	
	Smart building	
	Terveys, hyvinvointi ja urheilu	

**Taulukko 2. Tulevaisuuden pakkausten keskeiset valmistusmenetelmät, ominaisuudet, materiaalit sekä esimerkkejä sovelluksista.**

Valmistus	Dispersiopäällystys	Verhopäällystys
		Sauva-/teräpäällystys
		Gravyyri
	Ekstruusioapäällystys	Monikerrosrakenteet
		”Monomateriaalit”
		Laminointi
	MFC-/NC-päällystys/kalvot	Rullalta rullalle
		Monikerrosrakenteet
		Applikointimenetelmät
	Pinnoittaminen / pinnoitteet	ALD
		Plasmapäällystys
		LFS
	Kehruumenetelmät	Sulakehruu
		Märkäkehruu
		Sähkökehruu
Ominaisuudet	Bio-pohjainen	
	Barrier	
	Saumautuva	
	Painettava	
	Uudelleenkäytettävä	
	Kierrätettävä	
	Biohajoava	
	Kompostoituva	
Materiaalit	Muovi päällysteet ja -kalvot	Fossiilipohjaiset ei-hajoavat
		Fossiiliset hajoavat
		Bio-pohjaiset ei-hajoavat
		Bio-pohjaiset hajoavat
		Kierrätysmuovit
	Biopohjaiset kuidut	Ligniini
		Selluloosa
	Biomuovi	
Sovellukset	Kotelot	
	Nestepakkaukset	
	Pussit	
	Kääreet	
	Kassit	
	Rasiat	
	Astiat	
	Tarrat	
	Vuoat	
	Blister-pakkaukset	
	Aktiiviset pakkaukset	
	Älykkäät pakkaukset	



**Taulukko 3. MFC- ja NFC-materiaalien keskeiset valmistusmenetelmät ja ominaisuudet sekä esimerkkejä sovelluksista.**

Valmistus	Esi käsittely	Entsyyttäinen
		Kemiallinen
	Mekaaninen	Fibrillointi
		Sonikointi
	Funktionalisointi	Ionisointi
		Seostus
Ominaisuudet	Mekaaniset	Lujuus
		Keveys
	Vihreät arvot	Joustavuus
		Taipuisuus
		Biohajoavuus
		Kierrätettävyyttä
		Pieni hiilijalanjälki
		Myrkytön
	Fysi kaaliset	Vähäenerginen
		Paikallinen valmistus
		Itsejärjestäytyminen
		Barrier
Sähkönjohtavuus		
Läpikuultavuus		
Kemialliset	Lämmönkesto	
	Sidospotentiaali	
	Kemiallinen muokattavuus	
	Kemikaalien kesto	
Sovellukset	Kalvot	Disperkointikyky
		Membranit
		Elektroniikan alustat
		Anturit
		Näytöt
		Pakkaukset
		Akkukomponentit
		Superkondensaattorin osa
	Komposiitit	Paperin lujitus
		Kartongin lujitus
		Sisäverhoilu ja -paneelit
		Rakennneosat
	Kuidut	Betoni
		Tekstiilit
	Pinnoitteet	Non woven
		Barrier-kerrokset
	Sähköjohteet	Lämmityselementit
		Sähköpiirit
	Hydrogeelit	Vaahdot
		Kosmetiikka
		Solukasvatusalusta
		Häivähoitotaitos
		Lääkkeen annostusosa
	Reologian säätö	Maalit
		Musteet
		Laastit
		Ruoka
	Adheisivit	Liimat
Liisterit		
Erikoispaperit	Setelit	
	Eristepaperit	
	Painopaperit	

**Taulukko 4. Bio-pohjaisten ja -hajoavien pietsosähköisten anturien keskeiset valmistusmenetelmät ja ominaisuudet sekä esimerkkejä sovelluksista.**

Valmistus	Märkäprosessointi	Lämpölevyvalu
		Rullalta-rullalle pinnoitus
		Bio-printtaus
		Kylmäkuivaus
	Bottom-up kasvatus	Bakteeriselluloosa
	Elektrodien valmistus	Höyrystysmetallointi
		Printtaus
		Rullalta-rullalle pinnoitus
Ominaisuudet	Pietsosähköisyys	Low-f herkkyys
		High-f herkkyys
		Ferroelektrisyys
		Toistettavuus ja ikääntyminen
	Pinta rakenne	
	Poikkileikkaus	
	Kiteisyysaste	
	Mekaaniset ominaisuudet	Vetolujuus
		Taivutuksenkesto / taipuisuus
		Bio-pohjainen
	Kierrätettävä	
	Biohajoava	
	Kompostoituva	
Materiaalit	Selluloosa	Mikrofiбриlloitu selluloosa
		Nanofibrilloitu selluloosa
	Kasvatettu selluloosa	Bakteeriselluloosa
	Polyesteri	Polylaktidi (PLA)
	Eläöpohjaiset polysakkaridit	Kitosani
Sovellukset	Anturointi	Fysiologiset anturit
		Ympäroivä älykkyys
		Älypakkaukset
	Energianlouhinta	Kengänpohja-anturit
		Tuulienergiaa keräävä keinotekoinen puu

Teknologioiden tilaa kuvataan yleisesti Technology Readiness Level (TRL) -luokituksen avulla. TRL-luokituksen tavoitteena on tukea teknologioiden kypsyden arviointia ja eri teknologioiden kypsyden vertailua. TRL-arvioinnin taustat ovat NASA:n kehityshankkeissa, mutta myöhemmin sitä on sovellettu monissa tapauksissa esim. EU-hankkeissa (European Commission, 2017; NASA, n.d.). Alla esitetään kooste TRL-tasoista ja arvio keskeisimpien BioÄly-teknologioiden (vihreä teksti) maturiteetista.

TRL 1 – Perusperiaatteet on havaittu

TRL 2 – Teknologiakonsepti on muodostettu

TRL 3 – Kokeellinen todiste konseptista

- Painettu vahvistin
- Pietso-NFC

TRL 4 – Teknologian toimivuus on todennettu laboratorio-olosuhteissa

- Painettu diodi ja transistori
- Paineanturi PVDF/TRFE
- Superkondensaattorin integrointi aurinkokennoon (korvaa akun)
- MFC + CMC taipuisa kalvo / kappale
- MFC/NC -päällysteet ja kalvot

- Kuormaa kantavat biokomposiitit
- Biopohjaiset kuidut (tapauskohtainen TRL arvio välillä 4-6)
- Uusiutuviin materiaaleihin pohjautuvat pakkausratkaisut (+muut applikaatioalueet) (tapauskohtainen TRL arvio välillä 4-9)

TRL 5 – Teknologian toimivuus on validoitu asiaan kuuluvassa (todellisessa) ympäristössä

- Painettu lämpötila-anturi
- Ohuet pinnoitteet
- Biomuovipäällysteet ja -kalvot (tapauskohtainen TRL arvio välillä 5-9)
- Monikerrosrakenteet (esim. pakkauksiin) (tapauskohtainen TRL arvio välillä 5-9)
- Vesipohjaiset barrier dispersio –päällysteet (tapauskohtainen TRL arvio välillä 5-9)
- (Ko)ekstruusiopäällystys ja -laminointi (tapauskohtainen TRL arvio välillä 5-9)

TRL 6 – Teknologian toimivuus on demonstroitu asiaan kuuluvassa (todellisessa) ympäristössä

- Painetut taipuisat piirilevyt (6)
- Venyvät painetut sähköjohteet (6)
- MFC- ja NFC-valmistusteknologia (6)
- Sähkönjohtavuus NC-CNT (6)

TRL 7 – (Järjestelmän) Prototyyppi on demonstroitu käyttö-/toimintaympäristössä

- EKG- ja bioimpedanssi-elektrodit (7)
- NFC:stä valmistettu lämpöelementti (7)
- Antennin valmistus painamalla (tapauskohtainen TRL arvio välillä 7-9)

TRL 8 – Järjestelmä on valmis ja toimiva

TRL 9 – Lopullinen järjestelmä on todennettu sen käyttö-/toimintaympäristössä

Kuten keskeisten BioÄly-tekniologioiden tasosta nähdään, valtaosa niistä sijoittuu välille 4-6. Monien teknologioiden TRL taso riippuu tapauskohtaisesta sovelluksesta, joita hankkeessa tavoitellaan yritysten kanssa tehtävien pilottien kautta.

#### 4. Haasteet biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin siirtymisessä

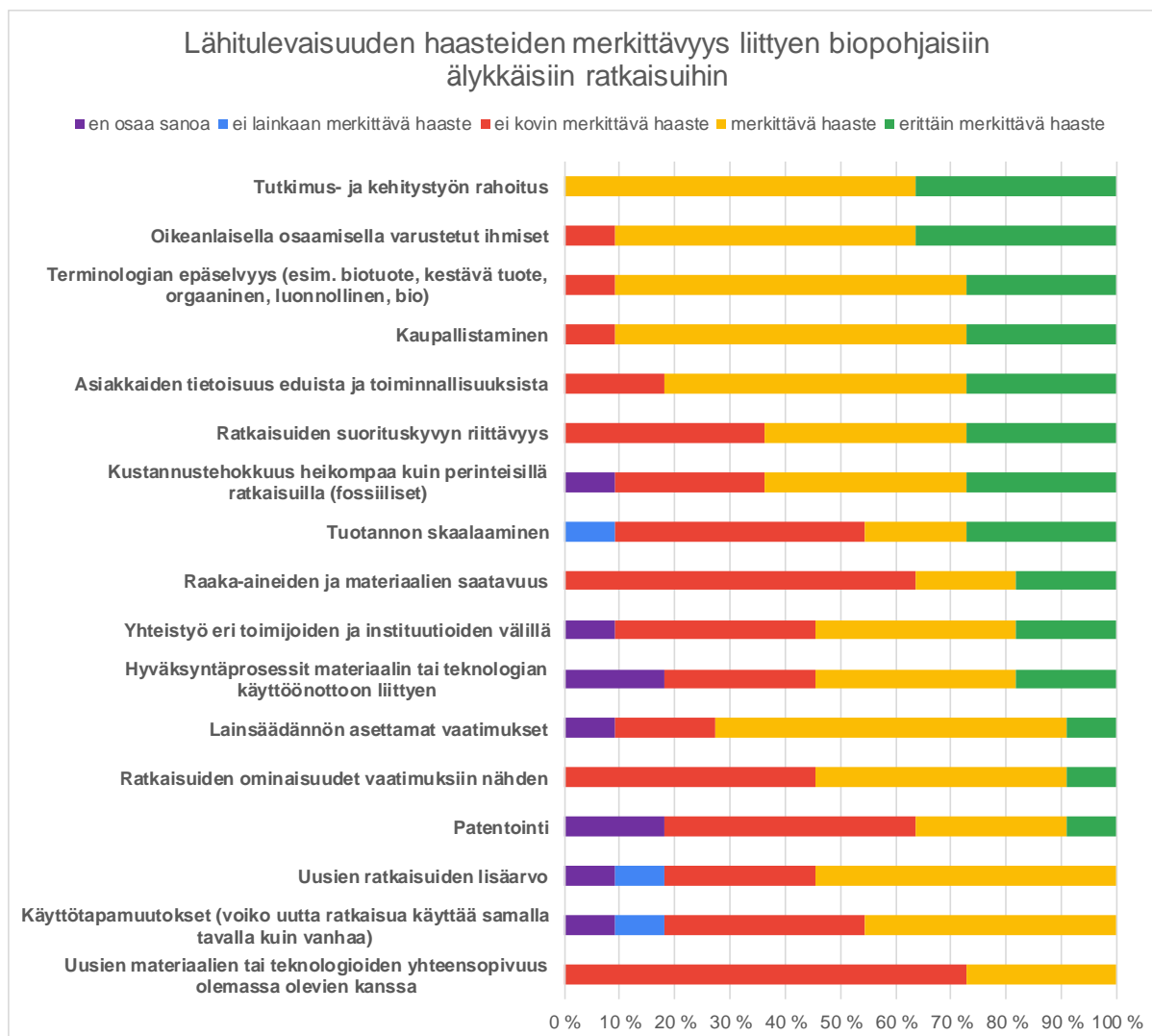
Koostimme muiden tiekarttojen avulla (lista muista aiheista sivuavista tiekartoista esitetään luvussa 6) listan yleisistä haasteista, joita liitetään biopohjaisiin teknologioiden hyödyntämiseen ja käyttöönottoon. Tässä luvussa esitetään mitä yleisiksi koetut haasteet ovat ja että kuinka merkittäviksi BioÄly-hankkeen yhteistyökumppanit ovat kokeneet nämä haasteet. Haasteiden merkittävyyttä tiedusteltiin keväällä 2020 järjestetyssä kyselyssä. Kyselyn tuloksista voidaan nähdä, että mitkä haasteet koettiin merkittävämpänä kuin toiset.

Seuraavia haasteita on tunnistettu biopohjaisiin tuotteisiin liittyen:

- Tutkimus- ja kehitystyön rahoitus
- Kustannustehokkuus heikompaa kuin perinteisillä ratkaisuilla (fossiiliset)
- Ratkaisuiden suorituskyvyn riittävyys
- Ratkaisuiden ominaisuudet vaatimuksiin nähden
- Tuotannon skaalaaminen

- Raaka-aineiden ja materiaalien saatavuus
- Hyväksyntäprosessit materiaalin tai teknologian käyttöönottoon liittyen
- Uusien materiaalien tai teknologioiden yhteensopivuus olemassa olevien kanssa
- Patentointi
- Kaupallistaminen
- Lainsäädännön asettamat vaatimukset
- Asiakkaiden tietoisuus eduista ja toiminnallisuuksista
- Terminologian epäselvyys (esim. biotuote, kestävä tuote, orgaaninen, luonnollinen, bio)
- Käyttötapamuutokset (voiko uutta ratkaisua käyttää samalla tavalla kuin vanhaa)
- Uusien ratkaisuiden lisäarvo
- Yhteistyö eri toimijoiden ja instituutioiden välillä
- Oikeanlaisella osaamisella varustetut ihmiset

Merkittävimpinä haasteina koettiin etenkin tutkimus- ja kehitystyön rahoitus sekä oikeanlaisen osaamisen omaavien ihmisten ja toimijoiden löytäminen. Tämän lisäksi alueen terminologia koettiin epäselväksi ja uusien asioiden kaupallistaminen selväksi haasteeksi. Kuvassa 1 on kooste vastausten jakaumasta.



**Kuva 1.** Haasteiden merkittävyys BioÄly-projektin verkostossa.

Näiden lisäksi kyselyn avulla saatiin tunnistettua myös yksittäisiä haasteita:

- Isojen ja pienien toimijoiden kohtaaminen ja toimiminen yhdessä,
- Pienten materiaalierien saatavuus halutussa muodossa testaukseen järkevällä hinnalla,
- Tiedon saatavuus uusista materiaaliratkaisuista,
- Oikea ajoitus kehityksen ja markkinoille menon suhteen,
- Testimenetelmien ja standardien puute.

## 5. Toimenpidesuosituksset ja osaamistarpeet edistämään biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin siirtymistä

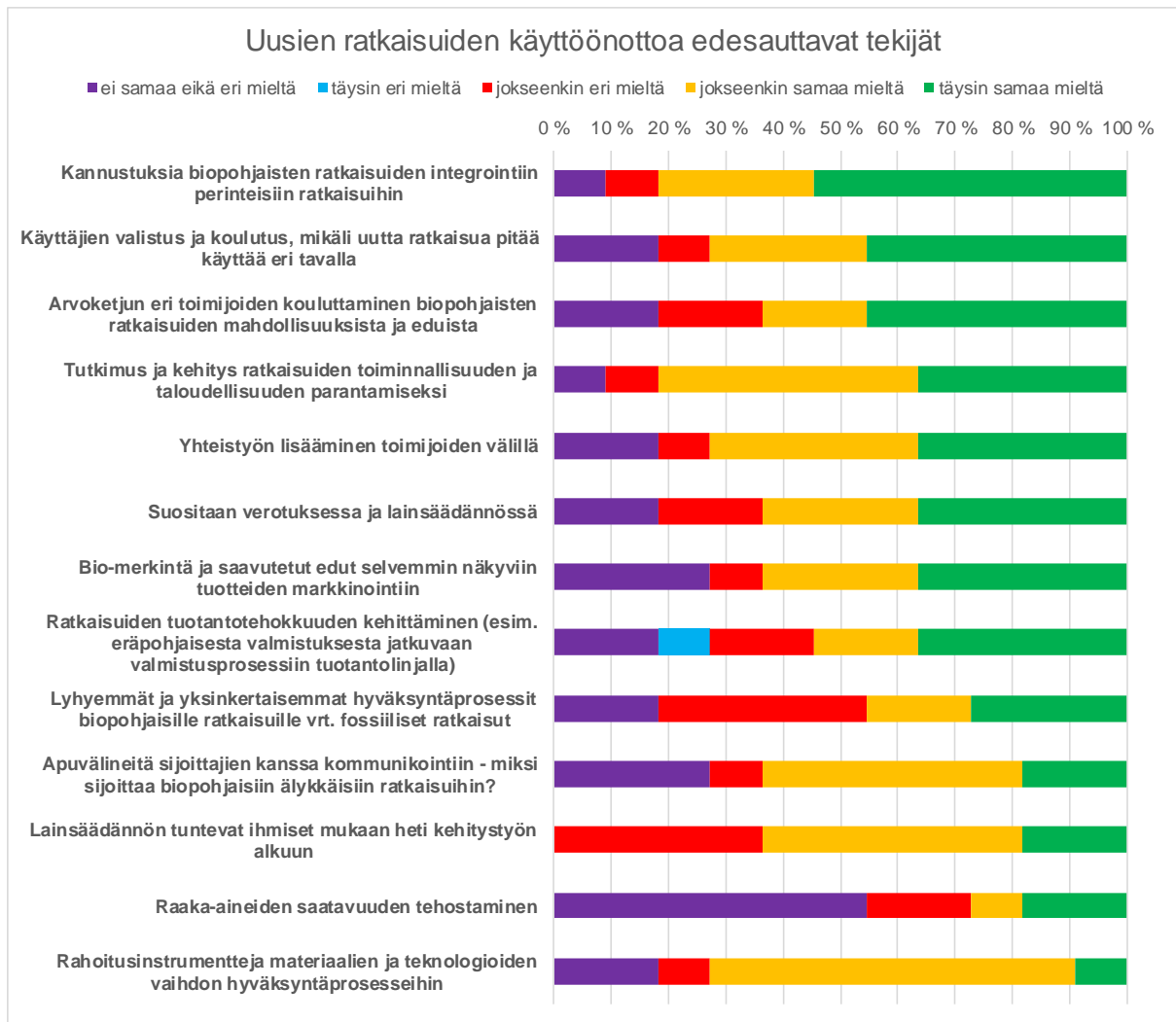
BioÄly-ratkaisuihin siirtymisessä voidaan tunnistaa haasteiden lisäksi myös edesauttavia tekijöitä, joita käsitellään seuraavassa alaluvussa. Tämän lisäksi tässä luvussa keskustellaan myös tulevaisuuden osaamistarpeista ja sektorin potentiaalista.

### 5.1 Edesauttavat tekijät uusien ratkaisuiden käyttöönottoon

Alla on kuvattu edesauttavia tekijöitä uusien ratkaisuiden käyttöönottoon. Nämä tekijät ovat koostettu useasta eri lähteestä, mm. muista biopohjaisiin ratkaisuihin liittyvistä tiekartoista (katso luku 6).

- Yhteistyön lisääminen toimijoiden välillä
- Tutkimus ja kehitys ratkaisuiden toiminnallisuuden ja taloudellisuuden parantamiseksi
- Lainsäädännön tuntevat ihmiset mukaan heti kehitystyön alkuun
- Raaka-aineiden saatavuuden tehostaminen
- Ratkaisuiden tuotantotehokkuuden kehittäminen (esim. eräpohjaisesta valmistuksesta jatkuvaan valmistusprosessiin tuotantolinjalla)
- Rahoitusinstrumentteja materiaalien ja teknologioiden vaihdon hyväksyntäprosesseihin
- Lyhyemmät ja yksinkertaisemmat hyväksyntäprosessit biopohjaisille ratkaisuille vrt. fossiiliset ratkaisut
- Apuvälineitä sijoittajien kanssa kommunikointiin - miksi sijoittaa biopohjaisiin älykkäisiin ratkaisuihin?
- Suositaan verotuksessa ja lainsäädännössä
- Kannustuksia biopohjaisten ratkaisuiden integrointiin perinteisiin ratkaisuihin
- Bio-merkintä ja saavutetut edut selvemmin näkyviin tuotteiden markkinointiin
- Arvoketjun eri toimijoiden kouluttaminen biopohjaisten ratkaisuiden mahdollisuuksista ja eduista
- Käyttäjien valistus ja koulutus, mikäli uutta ratkaisua pitää käyttää eri tavalla

Hankkeessa kysyttiin mielipidettä yllä olevista tekijöistä kyselyn muodossa BioÄlyn verkostolta. Kuvassa 2 on esitetty vastaajien (n = 12) näkemyksiä näihin liittyen. Kuten kuvasta 2 nähdään, tietyissä asioissa vastaajien välille syntyi hajontaa (tuotantotehokkuuden kehittäminen, hyväksyntäprosessit). Eri mieltä oltiin eniten lainsäädännön tuntevien ihmisten mukaanotosta aikaisessa vaiheessa ja hyväksyntäprosessien yksinkertaistamisesta. Muuten listatuista tekijöistä oltiin pääasiassa jokseenkin samaa mieltä tai täysin samaa mieltä enemmistössä vastauksia.



**Kuva 2.** Uusien ratkaisuiden käyttöönottoa auttavat tekijät.

Näiden lisäksi edesauttavaksi tekijöiksi mainittiin kyselyn tuloksissa:

- Selkeää tietoa saatavilla
- Yhteinen kieli
- Edullisemmat innovaatiotuen ehdot ja suuremmat tuet
- Kierrätettävyyden korostaminen

## 5.2 Tulevaisuuden osaamistarpeet ja BioÄly-sektorin potentiaali

Kyselyn perusteella seuraavien 5-10 vuoden aikana tarvitaan monipuolista osaamista ja koko arvoketjun kattavaa yhteistyötä. Osaajilta vaaditaan soveltamiskykyä, ennakointia ja uskallusta ottaa riskejä, jotka kannattavat tulevaisuudessa.

Tärkeää on myös varmistaa, että pienet ja keskisuuret yritykset pystyvät tekemään innovaatioita. Tähän tarvitaan erityisesti instituutioiden tukea ja selkeitä pelisääntöjä, mutta myös selkeää spesifiä osaamista esim. vaihtoehtoisten materiaalien suhteen. Yksi selkeä tarve liittyy tuotteiden kaupallistamiseen ja skaalaamiseen teolliseen mittakaavaan.

Tämän lisäksi datan analysointiin ja elinkaarianalysien tekemiseen nähdään tarvetta. Myöskin ympäristöystävällisyyden mittaukset ja kommunikointi nostettiin esille kyselyn vastauksissa.

BioÄly-sektori vuonna 2030 nähdään positiivisena, lupaavana ja mielenkiintoisena. Kyselyyn vastanneet uskoivat, että sektori kasvaa todennäköisesti muodostuen kattavammaksi ja monipuolisemmaksi. Esimerkkeinä mainittiin, että ratkaisuita nähdään esim.

- pakkauksissa,
- muovituotteissa,
- kalvoissa,
- sellussa ja sen johdannaisissa,
- paperin ja kartongin valmistuksessa ja jalostuksessa,
- apuaineissa muilla teollisuuden sektoreilla,
- kuluttajatuotteissa yleisesti,
- kertakäyttöisissä sensoreissa ja tunnistajissa sekä
- sementti- ja maalliteollisuudessa.

## 6. Muut tiekartat

Biopohjaiset älykkäät ratkaisut -teeman ympärillä on tehty useita tiekarttoja eri projektien yhteydessä. Alla on linkit näihin tiekarttoihin. Suurin osa on vapaasti saatavilla, mutta jotkin tiekarttadokumentit vaativat jäsenyyden alan järjestöön tai ovat ostettavissa. Tyypillisesti näissä tiekartoissa esitetään projekti, jonka yhteydessä tiekartta on tehty, aihepiirin nykytilaa sisältäen haasteet ja esitetään suosituksia ja toimintasuunnitelmaehdotuksia tuleville vuosille.

- Biomateriaalit terveydenhuollossa (European Commission, 2014)
  - [https://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/biomaterials-roadmap-for-horizon-2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/biomaterials-roadmap-for-horizon-2020_en.pdf)
- Biopohjaiset hiilimateriaalit (Heikkilä, 2016)
  - <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2016/VTT-R-00181-16.pdf>
- Bioteknologia (teollinen) (BIO-TIC, 2015)
  - <http://industrialbiotech-europe.eu/bio-tic/deliverables/>
  - <http://www.industrialbiotech-europe.eu/wp-content/uploads/2015/10/RD-Roadmap-BIO-TIC.pdf>
- Elektroniikan pakkausteknologia (IEEE Electronics Packaging Society, 2019)
  - <https://eps.ieee.org/technology/heterogeneous-integration-roadmap/2019-edition.html>
- Elintarviketeollisuuden tiekartta vähähiilisyteen (Elintarviketeollisuusliitto ry, 2020)
  - <https://www.etl.fi/elintarviketeollisuus/vastuullisuus/ymparistovastuu/kohti-vahahiilista-elintarviketeollisuutta.html?s=03>
- Kemianteollisuus (Panchaksharam et al., 2019)
  - <https://www.roadtobio.eu/index.php?page=publications>
- Kiertotalous (Sitra, 2019)
  - <https://www.sitra.fi/hankkeet/kriittinen-siirto-kiertotalouden-tiekartta-2/>
- Materiaalit, jotka tukevat vähähiilisiä energiateknologioita (European Commission, 2011)
  - [https://setis.ec.europa.eu/system/files/Materials\\_Roadmap\\_EN.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/Materials_Roadmap_EN.pdf)
- Muovit (Ympäristöministeriö, 2020c)
  - <https://muovitiekartta.fi/userassets/uploads/2019/03/V%C3%A4henn%C3%A4-ja-v%C3%A4lt%C3%A4.-Kierr%C3%A4t%C3%A4-ja-korvaa.-Muovitiekartta-Suomelle.pdf>
- Selluloosa (Cellulose From Finland, 2018; Shatkin, 2013)
  - [https://cellulosefromfinland.fi/wp-content/uploads/2018/09/DWoC\\_Loppuraportti\\_FINAL\\_s%C3%A4hk%C3%B6inen.pdf](https://cellulosefromfinland.fi/wp-content/uploads/2018/09/DWoC_Loppuraportti_FINAL_s%C3%A4hk%C3%B6inen.pdf)

- [http://www.susnano.org/images/sessions2013/2B\\_6Shatkin\\_2013\\_SNO\\_11.06.13.pdf](http://www.susnano.org/images/sessions2013/2B_6Shatkin_2013_SNO_11.06.13.pdf)
- Orgaaninen ja printattu elektroniikka (OE-A, 2020)
  - Vaatii jäsenyyden / ostettavissa
  - <https://oe-a.org/viewer/-/v2article/render/26785800>
- Pakkaukset (ActInPak, 2019)
  - <http://www.actinpak.eu/roadmaps/>
- Pietsosähköiset materiaalit ja ilmiöt (IDTechEx, 2019a)
  - Ostettavissa
  - <https://www.idtechex.com/en/research-report/piezoelectric-harvesting-and-sensing-2019-2039/646>
- Superkondensaattorit (IDTechEx, 2019b)
  - Ostettavissa
  - <https://www.idtechex.com/en/research-report/supercapacitor-materials-and-technology-roadmap-2019-2039/611>

## LÄHTEET

- ActInPak. (2019). Roadmaps - Active and intelligent packaging implementation - facing the challenges. Retrieved from <http://www.actinpak.eu/roadmaps/>
- BIO-TIC. (2015). *Overcoming hurdles for innovation in industrial biotechnology in Europe - Research and Development Roadmap*. 98. Retrieved from <http://www.industrialbiotech-europe.eu/new/wp-content/uploads/2015/02/Biosurfactants-workshop-report-website.pdf>
- BlackRock. (2020). What are megatrends? Retrieved from <https://www.blackrock.com/sg/en/investment-ideas/themes/megatrends>
- Cellulose From Finland. (2018). *Designing cellulose for the future - Design-driven value chains in the world of cellulose (DWOC) 2013-2018*. Retrieved from [https://cellulosefromfinland.fi/wp-content/uploads/2018/09/DWoC\\_Loppuraportti\\_FINAL\\_sähköinen.pdf](https://cellulosefromfinland.fi/wp-content/uploads/2018/09/DWoC_Loppuraportti_FINAL_sähköinen.pdf)
- Deloitte. (2017). *Beyond the Noise: The Megatrends of Tomorrow's World*.
- Dufva, M. (2020). *Megatrendit 2020*. Retrieved from <https://media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf>
- Elintarviketeollisuusliitto ry. (2020). Elintarviketeollisuuden tiekartta vähähiilisyteen. Retrieved from <https://www.etl.fi/elintarviketeollisuus/vastuullisuus/ymparistovastuu/kohti-vahahiilista-elintarviketeollisuutta.html?s=03>
- EU. (2020). A European Green Deal. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- European Commission. (2011). *Materials Roadmap Enabling Low Carbon Energy Technologies*.
- European Commission. (2014). *Biomaterials for Health - A Strategic Roadmap for Research and Innovation*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/biomaterials-roadmap-for-horizon-2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/biomaterials-roadmap-for-horizon-2020_en.pdf)
- European Commission. (2017). *Horizon 2020 - Work Programme 2016-2017 - 20. General Annexes*. Retrieved from [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/wp/2016-2017/annexes/h2020-wp1617-annex-ga\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/wp/2016-2017/annexes/h2020-wp1617-annex-ga_en.pdf)
- European Commission. (2019). *Key Digital Technologies*. Retrieved from



[https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc\\_id=61681](https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=61681)

- Frost & Sullivan. (2020). *World's Top Global Mega Trends To 2025 and Implications to Business, Society and Cultures*. Retrieved from <https://www.thegeniusworks.com/wp-content/uploads/2016/01/Megatrends-2025-Frost-and-Sullivan.pdf>
- Hammond, R. (2019). *Megatrends of the 21st century*. Retrieved from <https://www.allianz-partners.com/content/dam/onemarketing/awp/azpartnerscom/reports/futorology/Allianz-Partners-Megatrends-of-the-21st-Century-ENG.pdf%0A>
- Heikkilä, P. (2016). Bio-based carbon materials road-map. In *VTT Research Report*. Retrieved from <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2016/VTT-R-00181-16.pdf>
- IDTechEx. (2019a). Piezoelectric Harvesting and Sensing 2019-2039. Retrieved from <https://www.idtechex.com/en/research-report/piezoelectric-harvesting-and-sensing-2019-2039/646>
- IDTechEx. (2019b). Supercapacitor Materials and Technology Roadmap 2019-2039. Retrieved from <https://www.idtechex.com/en/research-report/supercapacitor-materials-and-technology-roadmap-2019-2039/611>
- IEEE Electronics Packaging Society. (2019). *Heterogeneous Integration Roadmap 2019 Edition*. Retrieved from <https://eps.ieee.org/technology/heterogeneous-integration-roadmap/2019-edition.html>
- NASA. (n.d.). *Technology Readiness Level Definitions*. Retrieved from [https://www.nasa.gov/pdf/458490main\\_TRL\\_Definitions.pdf%0A](https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf%0A)
- OE-A. (2020). OE-A Roadmap White Paper. Retrieved from <https://oe-a.org/viewer/-/v2article/render/26785800>
- Panchaksharam, Y., Kiri, P., Bauen, A., von Berg, C., Puente, A., Chinthapalli, R., ... König, L. (2019). *Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards Bioeconomy*. Retrieved from [https://www.roadtobio.eu/uploads/publications/roadmap/RoadToBio\\_strategy\\_document.pdf](https://www.roadtobio.eu/uploads/publications/roadmap/RoadToBio_strategy_document.pdf)
- PwC UK. (2020). Megatrends. Retrieved from <https://www.pwc.co.uk/issues/megatrends.html>
- Shatkin, J. A. (2013). *Roadmap for the development of nanocellulose as a sustainable nanomaterial*. Retrieved from [http://www.susnano.org/images/sessions2013/2B\\_6Shatkin 2013 SNO 11.06.13.pdf](http://www.susnano.org/images/sessions2013/2B_6Shatkin%2013%20SNO%2011.06.13.pdf)
- Sitra. (2019). Kriittinen siirto – kiertotalouden tiekartta 2.0. Retrieved August 17, 2020, from <https://www.sitra.fi/hankkeet/kriittinen-siirto-kiertotalouden-tiekartta-2/>
- Suomen YK-liitto. (2015). Kestävän kehityksen tavoitteet. Retrieved from <https://www.ykliitto.fi/yk-teemat/kestava-kehitys/kestavan-kehityksen-tavoitteet>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2020). Biotalousstrategia. Retrieved from <https://www.biotalous.fi/suomi-kehittaa/biotalousstrategia/>
- United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved from [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030 Agenda for Sustainable Development web.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf)
- Winston, A. (2019). The World in 2030: Nine Megatrends to Watch. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/article/the-world-in-2030-nine-megatrends-to-watch/>

Ympäristöministeriö. (2020a). Green deal -sopimukset. Retrieved from [https://www.ym.fi/fi-FI/Lainsaadanto/Green\\_deal\\_sopimukset](https://www.ym.fi/fi-FI/Lainsaadanto/Green_deal_sopimukset)

Ympäristöministeriö. (2020b). Kertakäyttömuovien kulutuksen rajoittaminen lainsäädännöllä. Retrieved from [https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Ymparistonsuojelun\\_valmisteilla\\_oleva\\_lainsaadanto/Kehtakayttomuovien\\_kulutuksen\\_rajoittaminen](https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Kehtakayttomuovien_kulutuksen_rajoittaminen)

Ympäristöministeriö. (2020c). *Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa - Muovitiekartta Suomelle*. Retrieved from <https://muovitiekartta.fi/userassets/uploads/2019/03/Vähennä-ja-vältä.-Kierrätä-ja-korvaa.-Muovitiekartta-Suomelle.pdf>