

# Kestävää kasvua solumaatalouden arvoketjuista

Toimenpidesuunnitelma  
Suomelle

beyond the obvious



## Sisältö

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Johdanto                                                               | 3  |
| Mitä on solumaatalous?                                                 | 5  |
| Suomalainen ruokajärjestelmä ja solumaatalous                          | 9  |
| Kohti tulevaisuutta: Solumaatalous osana kansallista ruokajärjestelmää | 12 |
| Solumaatalouden kasvu- ja vientipotentiaali                            | 14 |
| Askelmerkit Suomen päättäjille ja toimijaverkostolle                   | 16 |



# 1. Johdanto

Solumaatalous on nopeasti kehittyvä ja lupauksia herättävä ruoantuotantotapa, jolla voidaan vauhdittaa Suomen siirtymää kestäväan ja kannattavaan ruokajärjestelmään. Solumaatalouden menetelmät rakentuvat perinteisen kasvi- ja eläinpohjaisen ruoantuotannon rinnalle ja mahdollistavat myös yhteisten arvoketjujen rakentamisen.

Solumaatalous nähdään erityisesti kiertotalouden tehostajana, koska se mahdollistaa sivuvirtojen hyödyntämisen, jalostamisen ja arvonnallisuuden. Sen merkitys on tärkeä myös ruoantuotannon monipuolistajana, etenkin haastavissa olosuhteissa. Tätä kautta syntyvät sen positiiviset ympäristövaikutukset.

Solumaatalouden integroiminen osaksi ruokajärjestelmää luo kuitenkin myös epävarmuustekijöitä alkutuottajille, teollisuudelle, kuluttajille ja sääntelyviranomaisille. Tarvittavat muutospolut pitää määritellä ja arvioida systemaattisesti. Lisäksi TKI-politiikan tulee tukea ruokajärjestelmän toimijoita siirtymässä ja yhteistyössä.

Tämä julkaisu on yhteenveto **Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n**, **Luonnonvarakeskuksen** ja **Helsingin yliopiston** toteuttamasta selvityksestä, joka tehtiin **maa- ja metsätalousministeriön** sekä **Business Finlandin** toimeksiannosta. Selvityksessä kartoitettiin solumaatalouden nykytila sekä tarkasteltiin toimintaympäristön kehitystä Suomessa ja kansainvälisillä markkinoilla. Kartoitusten, sidosryhmähaastattelujen, työpajojen ja asiantuntijatiedon perusteella määriteltiin askelmerkit, joilla Suomi voi integroida solumaatalouden kansalliseen ruokajärjestelmään ja lunastaa sen kasvupotentiaalin. Selvityksen tekijät ovat muodostaneet askelmerkit riippumattomasti selvityksen tilaajista.



## Tiivistelmä

Suomen ruokajärjestelmän ennustetaan kokevan merkittäviä muutoksia vuoteen 2040 mennessä. Niitä ohjaavat kiertotalouden, modernin maatalouden ja solumaatalouden periaatteet sekä tiivis yhteistyö. Selvitys esittää vision paikallisesti uudistavasta, ympäristöllisesti kestävästä, sosiaalisesti tasa-arvoisesta ja taloudellisesti kannattavasta ruokajärjestelmästä. Erikoistumalla hyödyntäen Suomen vahvuuksia voimme turvata kilpailukykyämme, aikaansaada kestävää kasvua sekä tuottaa ratkaisuja globaalin ruokajärjestelmän hyväksi.



### Suomen solumaatalouden kasvupotentiaalin realisoimiseksi määriteltiin kahdeksan askelmerkkiä, jotka vaativat ripeitä päätöksiä ja konkreettisia toimenpiteitä:

#### 1. Vauhditetaan investointeja infrastruktuuriin:

Suomi tarvitsee toimintasuunnitelman lisätäkseen pääomasijoituksia ja kansainvälisten yritysten kiinnostusta investoida Suomeen. Infrastruktuuriin investoiminen on keskeistä uusien arvoketjujen mahdollistamiseksi, ja valtionhallinnon on luotava riskirahoitus- ja lainainstrumentteja tehdasinvestointien mahdollistamiseksi.

#### 2. Edistetään EU:n regulaatioprosessia:

Nykyinen sääntely hidastaa alan kehitystä. Perustetaan Suomeen toimisto, joka antaa konkreettista tukea solumaatalouden uuselin-tarvikeprosessin läpiviemiseen: sekä rahallisia avustuksia että neuvontaa. Toimisto vaikuttaisi lisäksi aktiivisesti EU:n suuntaan uusien teknologioiden käyttöönoton jouduttamiseksi, tukemiseksi ja sääntelyn helpottamiseksi.

#### 3. Käynnistetään TKI-ohjelma:

5-vuotinen, 100 miljoonan euron tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-ohjelma tuottaisi innovaatioita tulevaisuuden ruokajärjestelmän

hyväksi yhdistäen perinteisen maatalouden ja solumaatalouden. Ohjelman tavoitteena olisi luoda kestäviä ratkaisuja, jotka hyödyntävät Suomen vahvuuksia, kuten teknologista osaamista ja runsaita luonnonvaroja.

#### 4. Perustetaan tulevaisuuden Ruokaministeriö:

Ministeriöiden yhteinen työryhmä tai organisaatio kehittäisi tulevaisuuden ruokajärjestelmää. Organisaatio tukisi myös TKI-ohjelmaa ja edistäisi eri toimialojen välistä yhteistyötä.

#### 5. Turvataan tulevaisuuden osaajat alalle:

Osaamispohjaa tulee laajentaa ja koulutusohjelmia kehittää vastaamaan alan kasvaviin vaatimuksiin. Koulutuksen tulee tuottaa osaajia ja asiantuntemusta ruoka-alalle laaja-alaisesti, solumaatalous ja kiertotalous mukaan lukien.

#### 6. Tuetaan kuluttajaviestintää ja mahdollistetaan julkiset maistatukset:

Solumaatalouden innovaatioista viestintä innostavalla tavalla helpottaa kuluttajien tutustumista uusiin tuotteisiin. Kuluttajien osallistu-

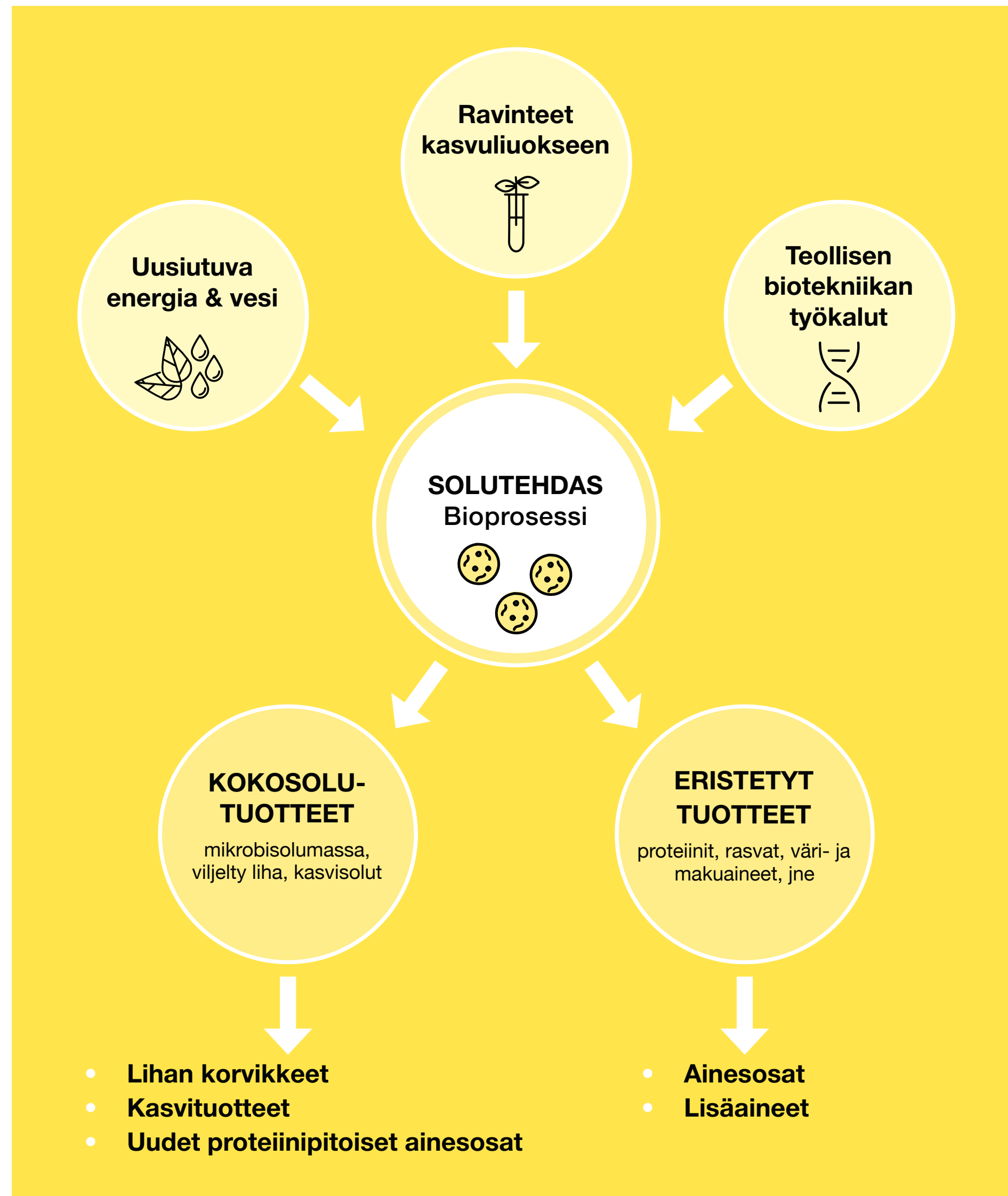
minen yhteiskehittämiseen tulisi mahdollistaa. Mahdollisuus julkisille maistelutilaisuuksille tukee kuluttajien tulevaisuustietoisuutta. Asiantuntijoiden järjestämät uuselin-tarvikkeiden maistatukset tulee sallia Suomessa.

#### 7. Integroidaan alkutuotanto solumaatalouden arvoketjuihin:

Raaka-aineiden tuotanto ja laadun standardointi solumaatalouden prosesseihin on kriittistä solumaatalouden arvoketjuissa, ja se avaa myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia alkutuottajille. On luotava kannustimia yhteistyön tehostamiseksi alkutuottajien kanssa.

#### 8. Kohdistetaan tukitoimintoja viennille:

Solumaatalouden kasvu- ja vientipotentiaalia arvioitaessa on huomioitava sekä Suomessa tapahtuva tuotanto ja siihen liittyvä tuotevienti että laite-, teknologia- ja osaamisvienti ja IP-lisensointi. Tehtaiden ja arvoketjujen rakentamista ulkomaille ei saa unohtaa. Tukitoimintoja tulee kohdistaa kaikkiin viennin osa-alueisiin ja ymmärtää eri vientimarkkinoiden tilanne ja kehitysnäkymät.



## 2. Mitä on solumaatalous?

Solumaatalous tarkoittaa solujen, kuten mikrobi- levä-, kasvi- hyönteis- tai eläinsolujen, sekä bioreaktorien hyödyntämistä ruoantuotantoon eläinten ja peltöjen ohella. Käytännössä soluja kasvatetaan isoissa terästankeissa, jotka ovat verrattavissa panimoteollisuuden käyttämiin käymistankkeihin.

Oluen tai muun käymistuotteen sijasta solumaatalousprosessin lopputuotteita ovat itse solut, joita voidaan käyttää elintarviketeollisuuden ainesosina (kuvassa ”kokosolutuotteet”).

Solut voidaan myös valjastaa tuottamaan tiettyjä ainesosia kuten proteiineja tai rasvoja. Tässä tapauksessa itse soluja ei käytetä ainesosina, vaan tuote (esimerkiksi proteiini tai rasva) erotetaan soluista (kuvassa ”eristetyt tuotteet”).

Solumaatalouden tuotantotapojen arvioidut ympäristövaikutukset ovat lupauksia herättäviä erityisesti matalan maankäytön vuoksi, mikä johtuu soluviljelmien tehokkaasta kyvystä muuntaa ravinteita lopputuotteeksi etenkin verrattaessa

eläintuotantoon. Lisäksi bioprosessit tapahtuvat suljetuissa tehdaslaitoksissa, eivätkä ole alttiita sääilmiöille ja vuodenai-kojen vaihteluille.

Solumaatalouden tuotantoprosessit ovat kuitenkin verrattain energiantensiivisiä. Tuotantoprosesseissa tulee huomioida uusiutuvan energian hyödyntäminen ja sen saatavuus tulevaisuudessa. Etenkin solulihan tuotanto vaatii nykyisillä menetelmillä selvästi enemmän energiaa kuin esimerkiksi naudanlihan tuotanto, mikä johtuu tuotantoprosessin monimutkaisuudesta. Mikrobiprosessit ovat suoraviivaisempia ja käyttävät vähemmän energiaa.



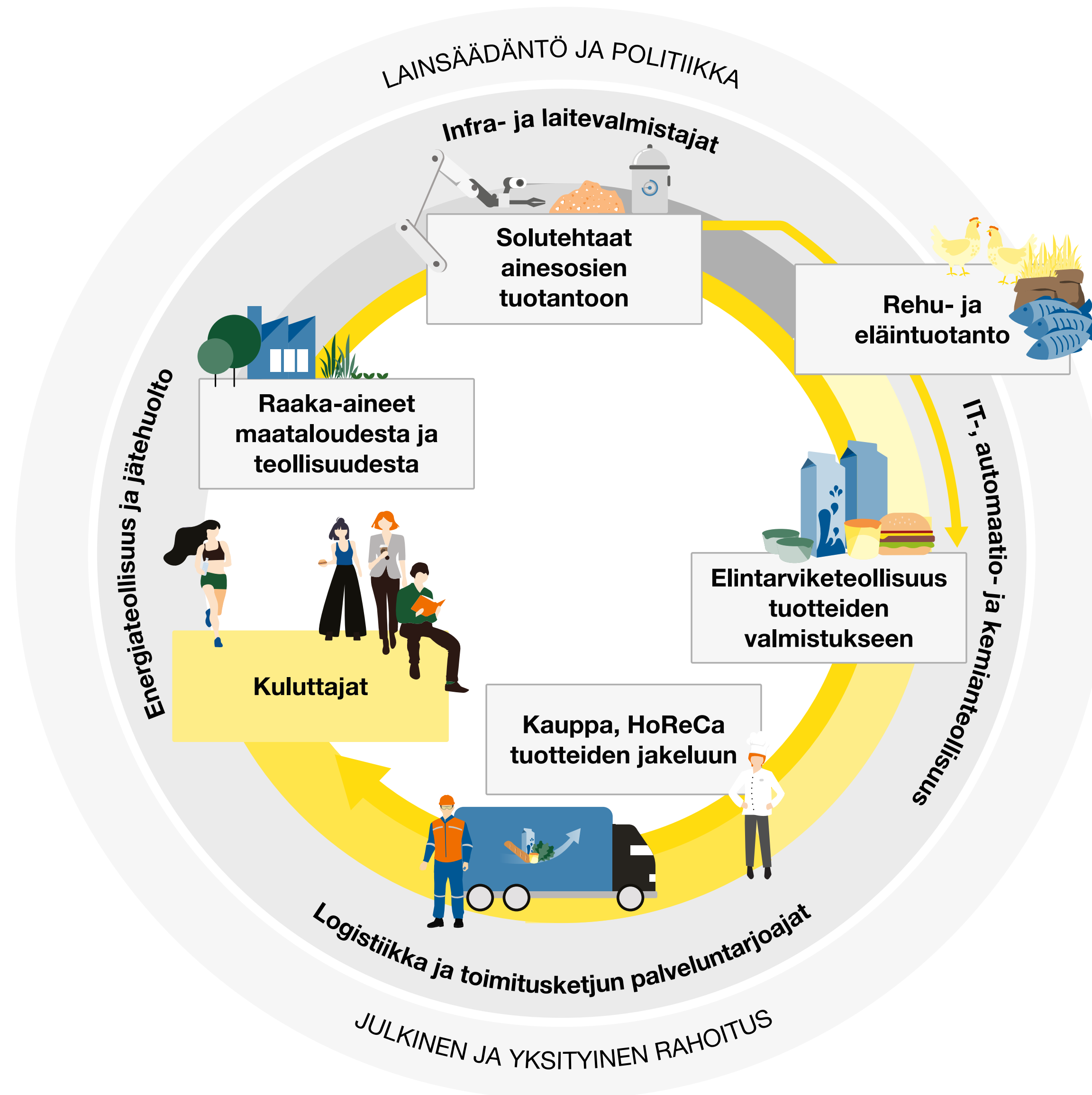
## Solumaatalouden arvoketju

Solumaatalouden arvoketjuihin liittyy useita osa-alueita ja toimijoita solutehtaiden ravinteiden tuotannosta elintarvikkeiden valmistukseen ja jakeluun kuluttajille.

Käytännössä solumaatalous on ainesosateollisuutta, jossa soluja kasvatetaan isoissa terästankeissa teollisessa tuotantolaitoksessa. Solutehtaat tuottavat ainesosia erityisesti elintarvike- mutta myös rehuteollisuuden käyttöön.

Arvoketjuun mukaan lukeutuvat laaja-alainen toimitusketju, laite- ja kemikaalivalmistajat sekä insinööritoimistoja ja energiatoimittajia, jätteenkäsittelylaitoksia unohtamatta.

Lainsäädäntö, politiikka sekä julkinen ja yksityinen rahoitus tukevat arvoketjujen kasvua.



## Esimerkkejä solumaatalouden tuotteiden käyttökohteista

Solumaatalouden tuottamia ainesosia voidaan käyttää vastaavalla tavalla kuin perinteisiä ruoka-ainesosia. Esimerkiksi leivonnainen säilyy ennallaan, vaikka sen valmistuksessa käytetty kananmunan valkuainen olisi korvattu solumaatalouden avulla tuotetulla valkuaisella.

Solumaatalouden ainesosat ovat usein jauhemaisia tuotteita. Niitä voidaan hyödyntää eri tuotesovelluksissa juotavista lusi-koitaviin ja erilaisiin kiinteisiin ruokiin, esimerkiksi lisäämään lopputuotteeseen proteiinia. Esimerkiksi soluliha tai jo markkinoilla oleva mikrobiperäinen Quorn mahdollistavat myös lopputuotteiden kaltaiset valmisteet, jotka voivat muistuttaa esimerkiksi jauhelihaa tai kanasuikaleita.



### Lihankorvikkeet / Lihamarkkinat (*kuluttaja- B2C- ja B2B-markkinat*)

- Solulihaa tai mikrobibiomassaa käytetään pääraaka-aineena lihatuotteissa.
- Tarkkuusfermentoinnilla tuotetaan ainesosia lihatuotteiden paremman laadun aikaansaamiseksi, esim. mikrobeilla tuotetut rasvat ja proteiinit aistinvaraisen ja/tai ravitsemuksellisen laadun tarjoamiseksi.

### Vaihtoehtoiset proteiinit (*bulkki- ja lisäarvotuotteet*) / Liha-, meijeri- ja proteiinimarkkinat (*B2B*)

- Mikrobibiomassa- ja tarkkuusfermentoinnilla tuotetaan runsaasti proteiinia sisältäviä ainesosia, jotka tarjoavat uusia vaihtoehtoja ja parantavat esim. kasvipohjaisten liha- ja maitokorvikkeiden laatua. Proteiiniainesosia tuotetaan myös muihin elintarvikekategorioihin kuin liha- ja maitokorvikkeisiin, kuten kananmunan proteiinien tuotanto leivontateollisuuteen.

### Vaihtoehtoiset rasvat ja muut lisäarvoyhdisteet (*biovärit, aromit jne.*) / Rasva-/öljy- ja lisäainemarkkinat (*B2B*)

- Tarkkuusfermentoinnilla voidaan tuottaa erilaisia rasvayhdisteitä elintarviketeollisuuden käyttöön. Rasvojen tuotantoa mikrobeilla tutkitaan esimerkiksi parantamaan kasvipohjaisten maidon ja lihan kaltaisten tuotteiden laatua. Vastaavasti tarkkuusfermentoinnilla voidaan tuottaa monia muita lisäaineiden tavoin käytettäviä yhdisteitä, kuten väri- ja makuaineita sekä vitamiineja.

### Kasvipohjaiset lisäarvotuotteet / Juoma-, makeis-, lisäainemarkkinat (*B2C tai B2B*)

- Kasvisoluviljelmiä kehitetään esimerkiksi kahvin, kaakaon ja avokadon tuotantoon. Soluviljelmillä voidaan tuottaa esimerkiksi kahvisolumassaa, jota voidaan pahtaa ja hyödyntää jauhetun kahvin tavoin. Vastaavasti kaakaosolumassaa voidaan hyödyntää aineosana esim. suklaan valmistamisessa.
- Tarkkuusfermentoinnilla voidaan tuottaa erilaisia korkean arvon kasviperäisiä yhdisteitä, kuten makeita proteiineja muun muassa leipomo- ja meijerikäyttöön.

## Kuluttajien suhtautuminen

Tuoreen tutkimuksen mukaan valtaosa suomalaisista nuorista aikuisista (83 %) suhtautuu positiivisesti tai neutraalisti uusien teknologioiden hyödyntämiseen ruoan tuotannossa. Epäluulot liittyvät erityisesti uusien ruokatuotteiden makuun.

Solulihan suhteen kuluttajien hyväksynnän tai torjumisen tärkeimpiä tekijöitä ovat julkinen tietoisuus, koettu luonnollisuus ja ruokaan liittyvien riskien tunteminen. Esimerkiksi kuluttajien käsitykseen tarkkuusfermentoinnista vaikutti positiivisesti samankaltaisuuden korostaminen perinteiseen fermentointiin nähden. Eettiset ja ympäristöön liittyvät huolenaiheet todennäköisesti vaikuttavat siihen, että kuluttajat voivat olla valmiita maksamaan solumaatalouden tuotteesta premium-hintaa.

Uusien ruokatuotteiden kokeilumahdollisuus voisi edistää kuluttajahyväksyntää ja näin helpottaa menestystä markkinoilla. Solumaataloustuotteiden kuluttajatestauskäytännöt vaihtelevat eri maissa. Alankomaissa ja Singaporessa on mahdollista hakea lupa solulihan maistatuksille ennen virallista hyväksyntää, ja Alankomaat julkaisi tähän liittyvät toimintasäännöt vuonna 2023. Maistatuksia on järjestetty myös Islannissa, Virossa ja Israelissa. Suomessa julkisia maistatuksia ei ole tehty, eikä niille ole olemassa lupaprosessia.

## Kansainvälinen vertailu

Eri maiden strategia- ja suositusraportit ovat yhdenmukaisia toimenpideehdotuksissaan, joissa korostetaan, että solumaatalouden infrastruktuuriin ja tuotannon mittakaavan kasvattamiseen pitää investoida. Myös osamista tulee kehittää pitkäjänteisesti ja sääntelyä nopeuttaa.

Vain harvalla maalla on tällä hetkellä erillinen kansallinen strategia tai toimenpidesuunnitelma solumaatalouden osalta. Useiden maiden ruokastrategioissa yhtenä kehityskohteenä ovat vaihtoehtoiset proteiinit, ja niihin sisältyvät myös solumaatalouden tuotteet:

- Alankomaissa kohdistettu 85M€ solumaatalouden koulutukseen, tutkimukseen ja teollisen mittakaavan infran rakentamiseen.
- Iso-Britanniassa rakennetaan julkisella rahoituksella kahta yliopistojen yhteydessä toimivaa TKI-keskusta, joissa yhteistyötä korostaen kehitetään solumaatalouden tuotantoprosessien skaalausta ja vaihtoehtoisten proteiinien kaupallistamista.
- Singapore on hyväksynyt useiden solulihat tuotteiden myynnin, ja Yhdysvalloissa on hyväksytty muutamia solulihat tuotteita.
- Kiina on aktivoitunut solumaatalouden osalta, ja siellä laaditaan lainsäädäntöä koskien solumaataloustuotteiden turvallisuusarviointia ja tehokasta hyväksyntäprosessia.
- Määrällisesti Yhdysvalloissa ja Israelissa on perustettu eniten sekä soluliha- että mikrobituotantoon perustuvia yrityksiä.
- Euroopassa aktiivisinta startup-toimintaa on ollut Isossa-Britanniassa. Myös Saksassa on perustettu huomattava määrä solumaatalousyrityksiä.



### 3. Suomalainen ruokajärjestelmä ja solumaatalous

Ruokajärjestelmässä on meneillään siirtymä kohti kiertotaloutta ja modernia maataloutta, jossa solumaatalous ja uudet teknologiat ovat yhä tärkeämmässä roolissa. Kuluttajien hankintapäätöksissä vahvoina kriteereinä ovat hinta ja maku, mutta kuluttajat ovat myös entistä kiinnostuneempia ruokansa alkuperästä ja ympäristövaikutuksista, mikä ohjaa tuotantoa yhä kestävämpään suuntaan.

Kotimaisen ruokajärjestelmän kilpailukykyä, vastuullisuutta ja huoltovarmuutta kehitetään useiden tahojen yhteistyönä. Maa- ja metsätalousministeriö johtaa Suomen ruokastrategiatyötä, ja hallitusohjelman Kestävä ja kannattava ruokajärjestelmä -kokonaisuutta ohjaa useamman ministeriön yhteinen ohjausryhmä. Petteri Orpon hallitusohjelmaan kuuluva ruoka-alan kasvuohjelma pyrkii muun muassa kaksinkertaistamaan elintarvikeviennin vuoteen 2031 mennessä ja panostaa tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan. Kokonaisuutta palvelee myös Business Finlandin Veturirahoituksella käynnistetty ja Valion koordinoima Food 2.0 ekosysteemi, jossa solumaatalous on yksi tutkimusteemoista.



#### Suomessa solumaatalouden tilanne vuoden 2024 lopussa näytti seuraavalta:

##### Yrityskenttä

- VTT-lähtöiset kotimaiset startup-yritykset, Solar Foods, Enifer ja Onego Bio, rakentavat tehdasmittakaavan tuotantoprosesseja.
- Synbio powerlabs rakentaa pilottimittakaavan laitteistoja Lappeenrantaan ja Bionto-startup tarjoaa palveluja *Trichoderma*-kantojen tuotantomittakaavaan nostoon.
- Kotimainen elintarviketeollisuus on kiinnostunut alasta ja sijoittaa siihen (esimerkiksi Valio ja Fazer). Lisäksi suomalaiset pääomasijoittajat, kuten Nordic Foodtech VC, Maki.vc ja Lifeline Ventures ovat sijoittaneet alan kotimaisiin startup-yrityksiin.

##### Tutkimusrahoitus ja osaaminen

- Kansalliset rahoittajat Business Finland, Suomen Akatemia, maa- ja metsätalousministeriö ja säätiöt ovat rahoittaneet alan hankkeita 2020-luvulla yhteensä noin 10 miljoonan euron edestä, mutta eivät yhtenäisen ohjelman avulla, vaan yksittäisten hankerahoitusten kautta.
- Synteettisen biologian ja teollisen biotekniikan tutkimuksen kriittinen massa suomalaisissa yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa on rajallinen. Suomessa on biotekniikan osalta mm. entsyymien tuotantoon, biomateriaalin kehitykseen, lääketieteeseen sekä genomitiedon hyödyntämiseen ja biopankkeihin liittyvää huippuosaamista.

##### Verkostot

- Suomessa on kansallisesti, EU:n tasolla ja maailmanlaajuisesti erinomaiset TKI-verkostot bioteknologiassa ja ruoka-alalla, mikä edistää suomalaisen osaamisen ja innovaatioiden näkyvyyttä ja kansainvälistä yhteistyötä.



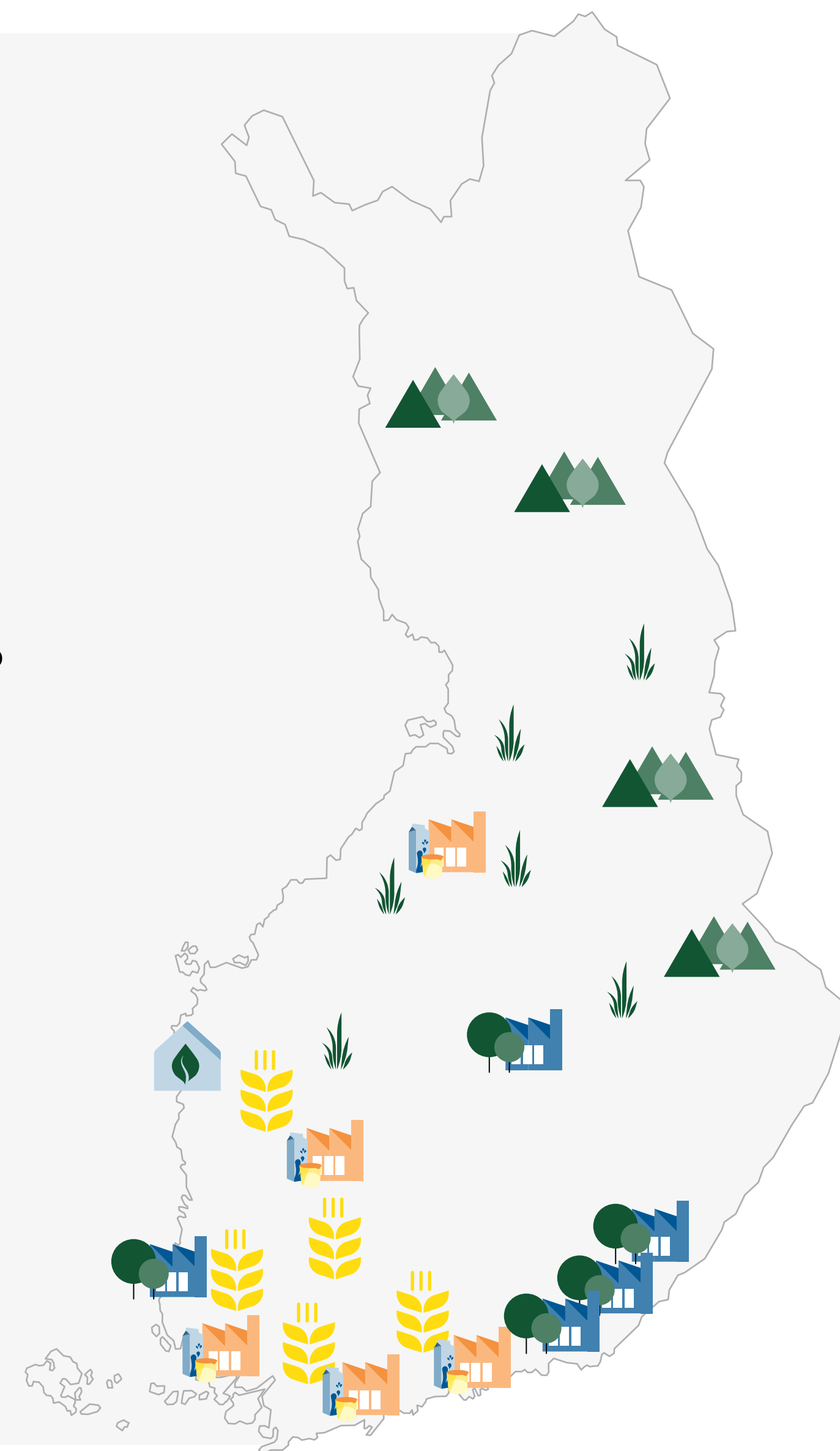
## Kotimaisia raaka-aineita maa- ja metsätaloudesta

Suomessa syntyy runsaasti **alkutuotannon, elintarviketeollisuuden ja metsäsektorin hiilihydraattipitoisia sivuvirtoja**, joita voisi hyödyntää solumaatalouden tuotantoprosessien raaka-aineina. Erityisesti pelloilla syntyvän oljen, metsäsektorin sahanpurun ja hakkeen sekä nurmibiomassan määrät ovat merkittäviä. Laskelmat osoittavat esimerkiksi, että jos reilu puolet oljesta hyödynnettäisiin solutehtaiden sokerinlähteenä, pelkästään tällä sokerilla tuotettu mikrobiproteiini riittäisi kattamaan suomalaisten vuosittaisen proteiinitarpeen.

Maatalouden raaka-aineiden hyödyntämisen haasteita ovat muun muassa niiden esiintymisen alueellinen pirstaleisuus, joten niiden käyttö teollisissa prosesseissa ei ole logistisesti helppoa. Raaka-aineiden kuljetus, esikäsittely ja pilaantumisen estäminen vaativat lisäselvitystä. Raaka-aineiden hyödyntämiseksi tarvitaan paikallisia ratkaisuja, arvoketjujen rakentamista ja yhteistyötä.

Suomessa tarvitaan lisää tietoa eri raaka-aineiden soveltuvuudesta solumaatalouden käyttöön sekä niiden riittävästä saatavuudesta. Näille materiaaleille on kilpailevaa käyttöä esimerkiksi rehuna ja energiantuotannossa. Potentiaalisten raaka-aineiden hinnat ovat herkkiä markkinoiden vaihteluille. Tarvitaan sekä systeemistä analyysiä että teknisiä ratkaisuja, jotta eri raaka-aineiden hyödyntäminen solumaatalouden prosesseihin voidaan optimoida.

-  Nurmet
-  Metsät
-  Viljapellot → olki
-  Elintarviketeollisuus → sivuvirrat
-  Metsäteollisuus → sivuvirrat
-  Kasvihuonetuotanto → sivuvirrat



*Kotimaisten maatalouden hiilihydraattipitoisten biomassojen sekä elintarvike- ja metsäteollisuuden ja niiden sivuvirtojen alueellinen sijoittuminen*

## SWOT-analyysi – Suomen solumaatalouden tila

### VAHVUUDET

- Suomi on pieni maa, ja täällä on ketterä ja toimiva innovaatioekosysteemi, mikä tarkoittaa, että Suomessa on helppo tehdä yhteistyötä, myös yli toimialojen, joka mahdollistaa uudenlaiset innovaatiot
- Kansainvälistä kiinnostusta herättäneet startup-yritykset toimivat lippulaivana Suomen solumaatalouskentälle
- Meillä on kansainvälisen tason osaamista tietyillä biotekniikan osa-alueilla, mikä luo hyvän pohjan kasvulle
- Alan toimijoilla on hyvät verkostot etenkin EU:ssa, mutta myös USA:ssa ja Aasiassa, mikä edistää globaalia yhteistyötä ja markkinoillepääsyä
- Suomessa paljon uusiutuvaa energiaa, raaka-aineita (ravinteita solutehtaille) ja vettä, mikä mahdollistaa kannattavien tuotantoprosessien rakentamisen Suomeen

### HEIKKOUEDET

- Pääoman sekä riskirahoitus- ja lainainstrumenttien puute Suomessa vaikeuttaa erityisesti tehdasinvestointien toteutusta
- TKI-rahoitus on sirpaleista; kansallinen TKI-ohjelma solumaatalouden osalta puuttuu
- Solumaatalouteen keskittyviä koulutusohjelmia ei ole, vaan kurssit ovat yksittäisiä
- Agri- ja sivuvirtapohjaisten raaka-aineiden, eli solumaatalouden käyttämien ravinteiden saatavuus ja niihin liittyvä logistiikka on ratkaisematta
- Suomessa ei ole linjattu selkeästi, miten politiikkatoimilla ja säädöksillä voidaan vauhdittaa markkinoillepääsyä ja tunnettuuden lisäämistä, esim. maistatukset kuluttajille ja ”pilotit” alkutuottajien kanssa puuttuvat
  - Osaajista on pulaa etenkin bioprosessiteknologian osalta, ja osaajien houkutteleminen Suomeen on haastavaa
  - Arvoketjun toimijoita puuttuu ja erikoistuminen on toistaiseksi vähäistä

## SWOT

### MAHDOLLISUUDET

- Huippuluokan asiantuntemus teollisessa biotekniikassa yhdistettynä maa- ja metsätalouden biomassojen prosessointiosaamisen sekä uusiutuvaan energiainfraan voi tarjota Suomelle kilpailuedun
- Kuluttajakokemuksen mittaamiseen ja ymmärtämiseen liittyvän asiantuntemuksen hyödyntäminen, kuluttajien epäilyjen voittaminen julkisilla uusien ruokatuotteiden maistelutilaisuuksilla ja regulaatioprosessiin vahva tuki voivat vauhdittaa markkinoille pääsyä ja onnistumista
- Suomen ketterä TKI-ekosysteemi ja laajat verkostot voivat edistää suomalaisen osaamisen ja innovaatioiden näkyvyyttä ja kv-yhteistyötä uuden osaamisen ja markkinoille pääsyn vauhdittamiseksi
- Pienenä ja ketteränä maana on mahdollista luoda aitoa yhteistyötä, jolla solumaatalous integroidaan osaksi ruoantuotantojärjestelmää
- Solumaatalous on kehittyvä markkina ja erikoistumismahdollisuuksia eri arvoketjun osissa on todennäköisesti paljon. Erikoistumalla omia vahvuuksiaan hyödyntäen Suomi voi luoda vahvan kilpailuaseman

### UHAT

- Investointeja ja pääomaa ei saada Suomeen ja startup-yritykset ja muut toimijat suuntaavat muualle, myös Euroopan ulkopuolelle
- Kokonaisia arvoketjuja ei saada rakennettua tehokkaasti ja startup-yritykset rakentavat tehtaansa muualle kuin Suomeen
- Kilpailu raaka-aineista ja uusiutuvasta energiasta muiden toimialojen kanssa kovenee eikä saatavuus riitä solumaatalouteen
- Systemaattisen TKI-tuen ja -ohjelman puute ei mahdollista pitkäjänteistä TKI-toimintaa (mukaan lukien perustutkimus), minkä vuoksi suomalaiset voivat jäädä peruuttamattomasti jälkeen kilpailijoista. Monet muut maat panostavat merkittäviä TKI-summia solumaatalouteen
- Maatalous- ja muut politiikkatoimet Suomessa eivät tue investointeja uusiin tuotantoprosesseihin, kun taas useat muut maat julkaisevat kansallisia strategioita ja toimenpidesuunnitelmia solumaatalouden kasvupotentiaalin lunastamiseksi

## 4. Kohti tulevaisuutta: Solumaatalous osana kansallista ruokajärjestelmää

Solumaatalouden integroimiseksi kansalliseen ruokajärjestelmään ja toimintaympäristöön ja osana muutospolkujen määrittelyä rakennettiin visio toivotusta tulevaisuudesta. Toivotun tulevaisuuden visio on positiivinen ”ihannekuva”, joka antaa suuntaa toimenpiteille. Sen tavoitteena ei ole olla realistinen näkymä tulevaisuuteen, vaan jotkut kehityskulut voivat olla todennäköisempiä kuin toiset.

### Visiossa korostuvat eri näkökulmat tulevaisuuden ruokajärjestelmään:

- Suomi on johtava maa kestävän ja monipuolisen ruoantuotannon alalla, ja osana sitä solumaatalouden tuotteet ja tuotanto ovat kansalaisille arkipäivää.
- Solumaatalous tuottaa monipuolisia ainesosia ja hyödyntää sujuvasti maatalouden ja elintarviketeollisuuden raaka-aineita sekä paikallisia vahvuuksia.
- Viljelijät ovat omaksuneet uusia kiertotalouden käytäntöjä ja hyötyvät taloudellisesti uusista arvoketjuista osuuskuntien tukemana.
- Ruoantuotanto on integroitunut uusiutuvan energian järjestelmiin, kuten vetytalouteen, mikä on lisännyt Suomen kilpailukykyä.
- Datalla ja tekoälyllä optimoidaan tuotantoa ja logistiikkaa, mikä parantaa ruokajärjestelmän läpinäkyvyyttä ja tehokkuutta.
- Maailmalla Suomi tunnetaan ruoka-alan innovaatioistaan ja osaamisestaan, mikä näkyy kansainvälisinä investointeina Suomessa.

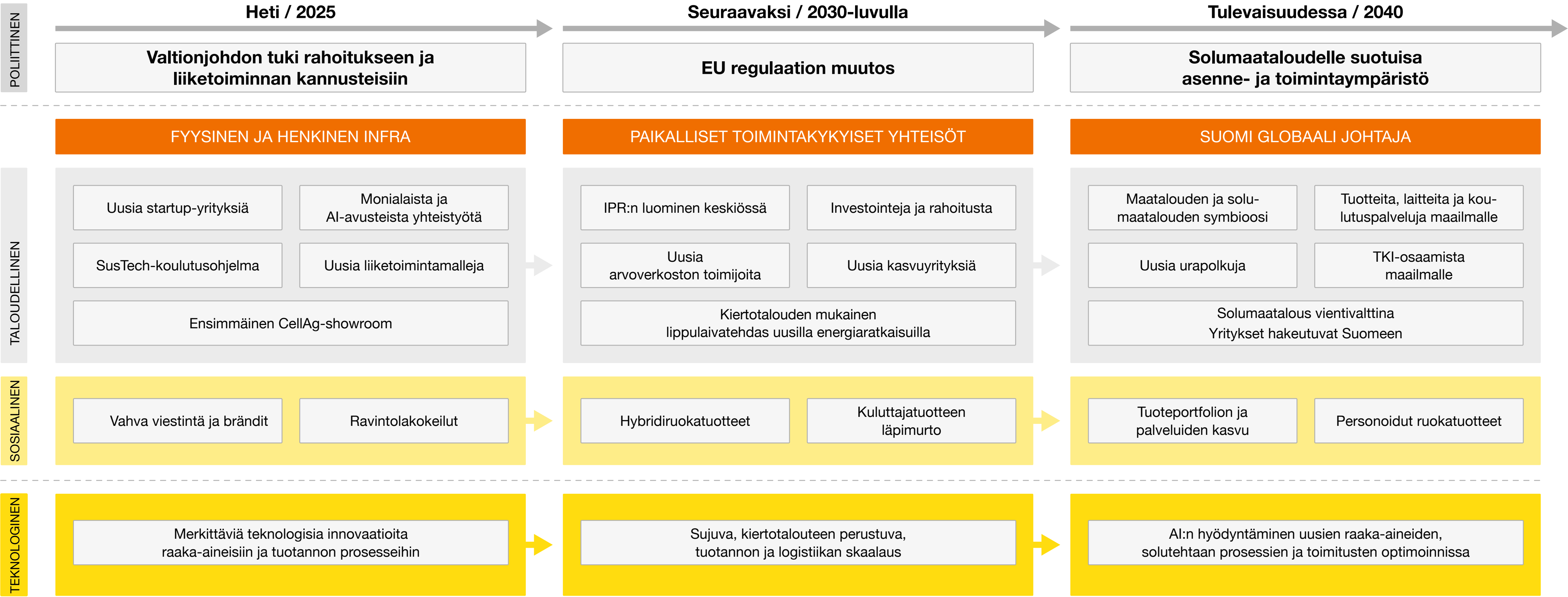


### Visio toivotusta tulevaisuudesta:

**Vuonna 2040 Suomen ruokajärjestelmä on kokenut merkittävän muutoksen kiertotalouden, modernin maatalouden ja solumaatalouden ansiosta. Ruokajärjestelmä on sopeutunut luonnon kantokyvyn rajoihin ja on paikallisesti uudistavaa. Se tarjoaa terveellistä, maukasta ja eettisesti tuotettua ruokaa kaikille suomalaisille, samalla kun se on ympäristön kannalta kestävää, sosiaalisesti tasa-arvoista ja taloudellisesti kannattavaa.**

# Muutospolut kohti tulevaisuuden ruokajärjestelmää

Muutospolut ovat näkemys siitä, mitä pitäisi tapahtua ja minkälaisia toimenpiteitä vaadittaisiin, jotta visiossa kuvattu tulevaisuus saavutettaisiin. Pääajurina muutospoluissa on kestävään kehitykseen perustuva tulevaisuuden ruokajärjestelmä. Toimenpiteet muutospoluissa on jaoteltu poliittisiin, taloudellisiin, sosiaalisiin ja teknologisiin. Ajallisesti tavoitteena on niiden toteutuminen heti (2025), seuraavaksi (2030-luvulla) ja tulevaisuudessa (2040 mennessä).



## 5. Solumaatalouden kasvu- ja vientipotentiaali



Solumaatalouden kasvu- ja vientipotentiaaliin sisältyy kotimainen tuotanto sekä siihen liittyvä tuotevienti. Sen lisäksi hyvin merkittävässä roolissa voivat olla myös teknologia- ja laitevienti, IP-lisensointi, sekä suomalaisten yritysten rakentamat solumaatalouden arvoketjut ja tehtaat Suomen rajojen ulkopuolella.

### Kasvu Suomessa tapahtuvan tuotannon kautta ja tuotevienti

- Luonnonvarat Suomessa ovat erinomaiset, mutta solumaatalouden tarvitsemat raaka-aineet mahdollistavat vain rajallisen mittakaavan tuotannon. Tällä on suora vaikutus tuoteviennin mahdolliseen maksimimäärään.
- Teoriassa kotimaan maatalouden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja tehokkaasti hyödyntämällä voitaisiin tuottaa 370 000 tonnia mikrobiperäistä proteiinia vuosittain.

### Laite-, teknologiavienti ja IP-lisensointi

- Solumaatalouden prosessit ovat pääosin globaalisti sovellettavia niin sanottuja deep-tech-ratkaisuja, jotka hyödyntävät myös uusimpia IT-sovelluksia. Näin ollen solumaatalouden prosesseihin liittyvät innovaatiot tarjoavat Suomelle mahdollisuuksia sekä laite- ja teknologiavientiin että IP-lisensointiin.

### Palvelu- ja osaamisen vienti

- Solumaatalous on kehittyvä markkina, ja erikoistumismahdollisuuksia eri arvoketjun osissa on todennäköisesti paljon, mikä lisää mahdollisuuksia erilaisten palvelujen ja osaamisen kehittämiseksi. Erikoistumalla omiin vahvuuksiimme nojaten voimme turvata kilpailukykyämme kansainvälisessä kilpailussa.

### Tehtaiden ja arvoketjujen rakentaminen maailmalle

- Yritysten kasvumahdollisuuksina nähdään myös tehtaiden rakentaminen ja tuotanto ulkomailla, mikä lisää suomalaisen osaamisen ja ratkaisujen tunnettua globaalisti. Myös sääntely vaikuttaa siihen, että solumaatalouden yritykset rakentavat tuotantolaitoksiaan Suomen ja EU:n ulkopuolelle.

## Solumaatalouden markkinapotentiaali

Solumaatalous on strategisesti tärkeä ala, joka talouskasvun ohella lisää ruokaomavaraisuutta, resilienssiä ja strategista autonomiaa. Solumaatalouden arvioitu vientipotentiaali vuoteen 2035 mennessä on 500-1000 M€. Tämän lisäksi tehdasinvestointien osalta puhutaan mahdollisuuksista miljardien laite- , teknologia- ja osaamisvientiin.

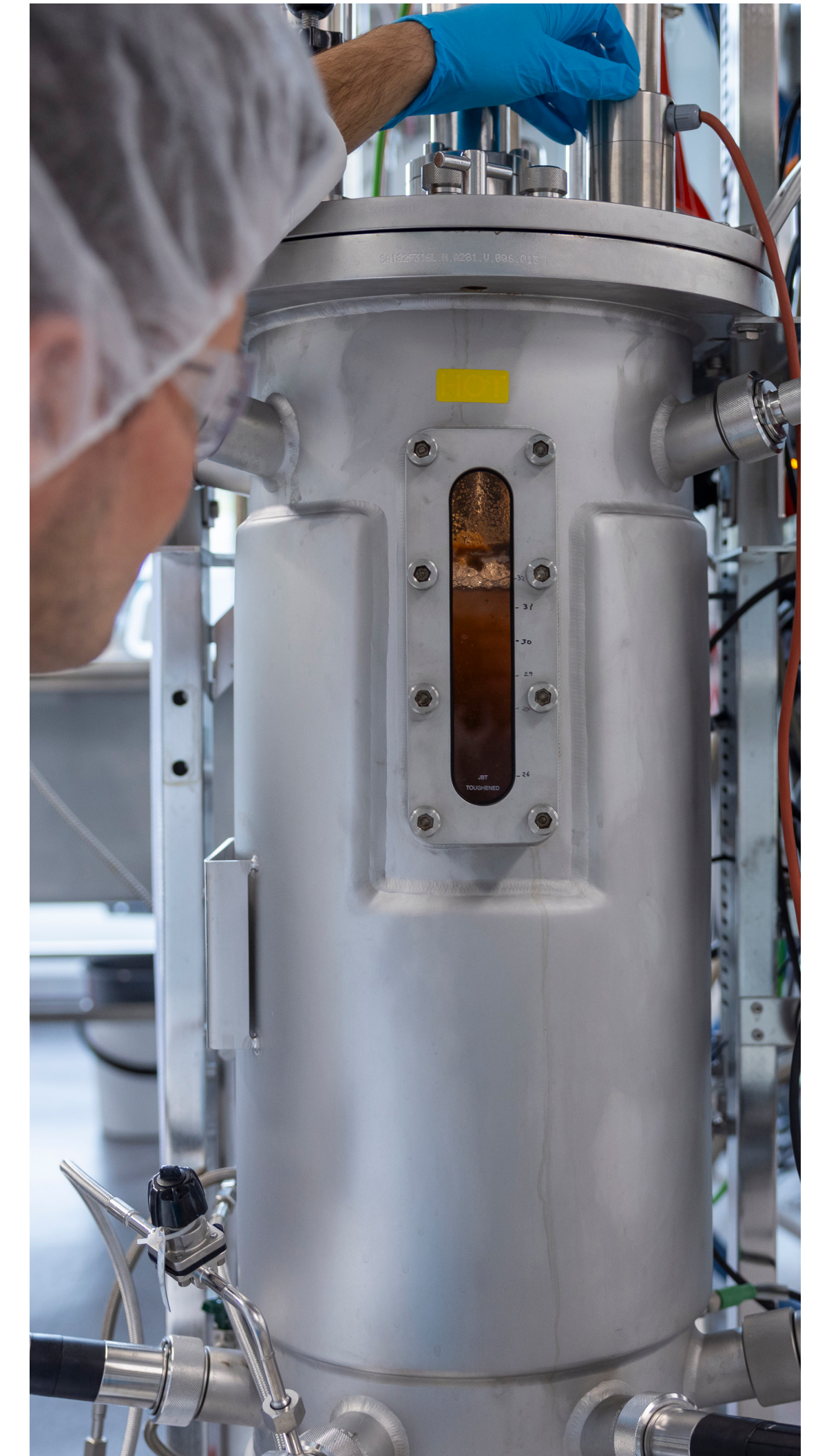
Arvio markkinapotentiaalista perustuu oletukseen, että vuoteen 2035 mennessä Suomessa ja maailmalla olisi kymmenen suomalaisten yritysten omistamaa solutehdasta, joiden kunkin vuotuinen tuotantokapasiteetti olisi 10 000 tonnia. Markkina-arvolaskelmissa on oletettu tuotehinnaksi 5-10 €/kg, mikä kuvaa kasvi- tai heraproteiinien hintaa nykymarkkinoilla. Oletuksena lisäksi on, että lähes kaikki tuotannosta kohdistuu vientiin.

Markkinapotentiaalin arvioinnissa on lisäksi hahmoteltu, mitä tarkoittaisi, jos vuoteen 2035 mennessä solutehtaiden tuotannolla voitaisiin globaalisti korvata edes 1-2 % nykyisestä proteiinimarkkinasta. Maksimissaan 2 %:n substituuio vastaisi noin kolmea miljoonaa tonnia proteiinia vuonna 2035. Jos oletetaan, että tulevaisuudessa tehdaskompleksien tuotantokapasiteetti voisi olla jopa 100 000 tonnia vuosittain ja tällaisen tehdaskompleksin CAPEX-investointi noin miljardi euroa, tarvittaisiin kolmen miljoonan tonnin tuotantokapasiteettiin noin 30 miljardin euron CAPEX-ives-

toinnit. Kasvun ja viennin näkökulmasta tämä tarkoittaisi Suomelle ja yleisesti solumaatalouden alan yrittäjille merkittävää potentiaalia laite- , teknologia- ja osaamisen viennin osalta.

Laskelmiin liittyy luonnollisesti paljon epävarmuustekijöitä, joiden taustalla ovat esimerkiksi EU:n uuselinarivikeprosessin hitaus sekä Euroopan ja globaalin kulutuksen kasvuodotusten ennustamisen haasteellisuus. Tehdasmittakaavan tuotantoon liittyy lisäksi teknologisia ja rahoitusriskejä sekä tuotantopanosten, kuten energian ja sivuvirtojen, saatavuuteen liittyviä haasteita.

Poliittisilla päättäjillä on mahdollisuus minimoida monia riskitekijöitä. Valtiovallalta vaaditaankin ripeitä päätöksiä ja konkreettisia tukitoimenpiteitä, jotta Suomi pärjää kilpailussa ja arvioitu vientipotentiaali voidaan realisoida.



## 6. Askelmerkit Suomen päättäjille ja toimijaverkostolle

Solumaatalous on nopeasti kehittyvä toimiala, minkä vuoksi vaaditaan ripeitä päätöksiä ja konkreettisia toimenpiteitä päättäjiltä ja alan toimijaverkostolta, jotta Suomi on mukana kilpailussa ja saavuttaa aseman, jolla kasvua ja vientiä voidaan rakentaa. Solumaatalous kehittyvänä markkinana on nyt vaiheessa, jossa toimijat ja alueet voivat luoda vahvan kilpailuaseman erikoistumalla.

Monet listatuista askelmerkeistä on toteutettava yhtäaikaaisesti ja yhteistyössä, eikä yhdenkään toimenpiteen kanssa voida jäädä odottelemaan. Työ vaatii pitkäjänteistä valtionvallan ja rahoittajien luottamusta, jatkuvaa innovaatiota ja strategista yhteistyötä ruokajärjestelmän sisällä ja sen ulkopuolella.

Päättäjiltä vaaditaan toimialoja ja ministeriöitä ylittävää yhteistyötä sekä vahvaa viestintää ja aktiivisuutta Euroopan Komissiossa. Pitkän aikavälin tavoitteena on, että solumaatalouden tunnistettu kasvupotentiaali saadaan realisoitua tehokkaasti kestäväksi kasvuksi Suomelle ja globaalien ruokajärjestelmän hyväksi.

### Askel 1. Kohdistetaan merkittäviä investointeja infrastruktuuriin

Yksi Suomen suurimmista haasteista on tällä hetkellä pääoman puute, mikä rajoittaa kasvun mahdollisuuksia. Tuotantolaitosten rakentaminen vaatii isoja investointeja infrastruktuuriin, joita ilman menestystä ei tule. Suomi tarvitsee nopeasti toimintasuunnitelman, jolla houkutellaan pääomasijoituksia sekä lisätään kansainvälisten yritysten kiinnostusta investoida Suomeen. Tarvitaan riskipääomatoimijoita, jotka sijoittavat solumaatalouteen kohdistetusti ja pitkäjänteisesti kehityksen eri vaiheissa.

Riskirahoitus- ja lainainstrumentteja tarvitaan lisää tarjoamaan rahoitusta erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille. Julkisen tahon antama tuki voi olla ratkaiseva solumaatalouden kasvun kannalta. Julkinen taho voi tarjota tuen, joka signaloi yksityisen rahoituksen realisoitumisen.

Suomessa rakenteilla oleva uusiutuva energia- ja IT-infrastruktuuri tarjoavat synergiaetuja solumaatalouden arvoketjuille ja mahdollistaa kilpailuetua Suomelle, mikä korostaa toimialoja ylittävän yhteistyön merkitystä. Näitä eri investointipäätöksiä, rahoitus- ja kannustinmalleja pitää rakentaa yhteistyössä ja päättäjien vahvalla tuella.

### Askel 2. Tuetaan uuselinvarvikkeiden pääsyä markkinoille helpottamalla sääntelyä

Nykyinen EU-sääntely, erityisesti Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisten EFSA:n uuselinvarvikeprosessi hidastaa merkittävästi solumaatalousalan kehitystä. Tähän on puututtava, jotta uuselinvarvikkeiden markkinoille pääsy helpottuu ja alan teollisuus voi kasvaa. Valtiovetoisesti ehdotetaan oman toimiston/viran perustamista Suomeen, joka panostaisi lupaprosessin sujuvoittamiseen sekä EU-tason vaikuttamistyön että konkreettisen tuen kautta. Toimisto antaisi tukea hakuprosessissa, kuten neuvontaa, mutta voisi myös rahoittaa uuselinvarvikehakuprosessin osia nopeasti ja tehokkaasti. Lupaprosessin nopeutuminen antaa yrityksille etumatkaa liiketoiminnan kehitykseen ja houkuttelisi uusia alan yrityksiä Suomeen.

Suomen päättäjien ja poliittisen vaikuttajien pitää tukea systemaattisesti uusien teknologioiden käyttöönoton jouduttamista EU:ssa ja sääntelyn helpottamista näihin liittyen. Ehdotettu perustettava toimisto/virka voisi ottaa vastuun EU-vaikuttamistyön koordinoinnista uusiin ruoka-alan teknologioihin liittyen. Yhteistyössä pystymme vaikuttamaan tehokkaammin EU:hun ja muihin päättäjiin, joten vaikuttamistyötä pitää tehdä yhteistyötä muiden EU-maiden kanssa. Kriittistä on myös tarkistaa maatalous- ja tuotantotukien perusteita. Tällä hetkellä ruoantuotanto soluviljelyteknologioilla ei kuulu EU:n maataloustukien piiriin.

### Askel 3. Rakennetaan tulevaisuuden ruokajärjestelmään keskittyvä 100 M€:n TKI-ohjelma

Kestävän, kannattavan ja innovatiivisen ruokajärjestelmän saavuttamiseksi ehdotetaan tulevaisuuden ruokajärjestelmään keskittyvän 5-vuotisen 100 miljoonan euron tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-ohjelman käynnistämistä. Ohjelma perustuu luonnonvarojen kestävään hyödyntämiseen, monimuotoisuuden tukemiseen sekä kiertotalouteen. Se yhdistää perinteisen maatalouden ja solumaatalouden yhdeksi kokonaisuudeksi, keskeiseksi osaksi ruoantuotantoa. Ohjelman tavoitteena on luoda kestäviä monipuolisia ratkaisuja, jotka hyödyntävät Suomen vahvuuksia, kuten teknologista osaamista, erinomaisia luonnonvaroja, luotettavaa infrastruktuuria, ja sujuvaa yhteistyötä.

Monitieteisen TKI-ohjelman tavoitteena on varmistaa arvoketjujen kehittäminen myös alueellisesti, mikä on yksi tulevaisuuden ruokajärjestelmän kasvun edellytyksistä.

TKI-ohjelma tehostaa uusien innovaatioiden syntymistä ja edistämistä. Se mahdollistaa pitkäjänteisen kehittämisen ja turvaa Suomen kilpailukyyn ja talouskasvun nopeasti kehittyvällä toimialalla. Ohjelma tukee myös 4 %:n TKI-tavoitteen saavuttamista elintarvikealalla.

**Askel 4.****Perustetaan valtiollinen työryhmä/organisaatio vauhdittamaan alaa – ”Tulevaisuuden Ruokaministeriö”**

Kestävä ja kannattava ruokajärjestelmä yhdistää usean ministeriön toimialoja. Tämän vuoksi ehdotetaan ministeriöiden yhteistä työryhmää tai organisaatiota tulevaisuuden ruokajärjestelmän kehittämiseksi. Yhteiseen tavoitteeseen olisi mahdollista luoda laaja-alainen näkökulma, jossa perinteistä maataloutta ja solumaataloutta kehitetään yhteistyössä. Tehokkain kasvu ja uudet innovaatiot syntyvät eri toimialojen rajapinnoilla ja rohkealla monipuolisella yhteistyöllä.

Aiheeseen keskittyvä työryhmä/organisaatio tukisi myös ehdotetun TKI-ohjelman toteutusta ja arvoketjun toimijaverkoston kehittymistä ja takaisi, että tällä hetkellä osin puutteellinen toimijaverkosto täydentyy ja vahvistuu mahdollistaen kilpailukykyisen toiminnan Suomessa.

Yksi mahdollinen ratkaisu on perustaa Suomeen ruoka-alan innovaatiokeskus, joka ottaisi kokonaisvastuun TKI-toiminnan kehittämisestä mukaan lukien poliittiset päätökset.

**Askel 5.****Turvataan tulevaisuuden osaajat alalle**

Suomessa on hyvä osaamispohja, mutta kriittistä massaa ei ole tarpeeksi. Tulevaisuutta ajatellen osaamispohjaa tulee myös laajentaa. Koulutta- ja organisaatioiden yhteistyötä tulee tiivistää huomioiden koko ruokajärjestelmän tulevaisuuden osaamistarpeet. Teknologisen koulutuksen tulee tarjota mahdollisuuksia perinteiselle maataloudelle, solumaataloudelle, kiertotaloudelle ja ruokateknologioille nykyistä kokonaisvaltaisemmin, jotta alan kasvaviin vaatimuksiin voidaan vastata entistä paremmin. Solumaatalouden osalta kriittistä on turvata teollisen biotekniikan ja erityisesti bioprosessitekniikan osaajien määrä Suomessa.

Hallitusohjelmaan kirjatun kasvuohjelman tavoite ruokaviennin kasvattamisesta edellyttää myös ruokajärjestelmän haasteita ja mahdollisuuksia ymmärtävien vientiosaajien koulutusta. Myös yrittäjäyysosaamista pitäisi kasvattaa. Tulevaisuuden suuntaavat koulutusohjelmat mahdollistavat osaajajoukon kansainvälistymisen Suomessa. Alan veto- ja pitovoimaan tulee panostaa, sekä varmistaa, että myös suomen kieltä rajoitetummin taitavilla on halua ja mahdollisuuksia työllistyä ruoka-alalle Suomessa.

**Askel 6.****Parannetaan ja tehostetaan viestintää kuluttajille ja kuluttajien hyväksyntää**

Jotta kuluttajien olisi helpompaa hyväksyä uudet ruokatuotteet, hyvien tuoteominaisuuksien lisäksi tulee luoda vahvoja ja inspiroivia tarinoita tulevaisuuden ruokajärjestelmästä ja solumaataloudesta osana sitä. Tarinoiden avulla korostetaan kestävien ruokavalintojen merkitystä sekä varmistetaan, että saatavilla on oikeaa, tieteeseen perustuvaa tietoa valmistusprosesseista ja uusista tuotteista. Yksi konkreettinen ehdotus on niin sanotun showroomin perustaminen Suomeen, joka esittelisi tulevaisuuden ruokajärjestelmää ja tarjoaisi esimerkkejä siitä, miten solumaatalous ja perinteinen maatalous toimivat yhdessä.

Uuselintarvikkeiden julkiset maistatukset tulee sallia Suomessa ennen pitkällisen lupaprosessin läpikäyntiä, koska se lisää alan menestysmahdollisuuksia, uusien innovaatioiden tunnettuutta ja kuluttajahyväksyntää. Suomessa julkisia maistatuksia ei ole tehty, eikä niille ole olemassa lupaprosessia. Siksi valtionhallinnon pitää luoda kansallinen toimintamalli, jolla uuselintarvikkeiden maistatukset sallitaan Suomessa jo ennen kuin ne läpäisevät EFSA:n lupaprosessin. Maistelutilaisuuksien avulla kuluttajat voivat tutustua uusiin ruokatuotteisiin sekä hälventää niihin liittyviä ennakkoluuloja.



**Askel 7.****Integroidaan alkutuotanto osaksi solumaatalouden arvoketjua**

Suomessa on huomattava määrä maatalouden ja elintarviketeollisuuden raaka-ainevirtoja, joita voidaan teoriassa hyödyntää solumaatalousprosesseissa, mutta raaka-aineiden tuotannossa, käsittelyssä, varastoinnissa ja logistiikassa on vielä haasteita. Esimerkiksi nurmiviljelyn tehostaminen voisi olla tapa tuottaa ravinteita solutehtaisiin, mutta tekniset ratkaisut ovat alkutekijöissään, kun tarkastellaan raaka-aineen tuotantoa ympärivuotista solumaataloustoimintaa ajatellen.

Kokonaisvaltaisen arvoketjun kehittämiseksi yhteistyö alkutuottajien kanssa on kriittisen tärkeää, ja työlle tarvitaan TKI-tukea ja kannustimia. Arvonluonti alkutuottajien näkökulmasta vaati liiketoimintamallien kehitystä ja käytännön kokeiluja (demot, pilotoinnit). Työtä pitää tehdä myös raaka-aineiden laadun standardoimiseksi ja validoimiseksi soluviljelyn tarpeisiin. Yhteistyömahdollisuudet voivat vahvistaa maatalousyrittäjien roolia ja tilojen taloudellista kannattavuutta, kun alihyödynetyt raaka-aineet muunnetaan liiketoiminnaksi.

Raaka-ainetuotanto voi mahdollistaa myös alueellisen kasvun ja erikoistumisen riippuen saatavilla olevista raaka-aineista ja muusta infrastruktuurista. On tärkeää huomioida, että osalle raaka-aineista on kilpailevaa käyttöä esimerkiksi eläinrehuna ja energiantuotannossa. Tarvitaan siis sekä systeemistä analyysiä että teknisiä ratkaisuja, jotta eri raaka-aineiden hyödyntäminen solumaatalouden prosesseihin voidaan optimoida.

**Askel 8.****Käynnistetään kohdistetut tukitoiminnot solumaatalouden viennille**

Solumaatalouden kasvu- ja vientipotentiaalia arvioitaessa on huomioitava tuotanto Suomessa ja siihen liittyvä tuotevienti, mutta hyvin merkittävässä roolissa voivat olla myös laite- ja teknologiavienti, IP-lisensointi, sekä suomalaisten yritysten rakentamat ja omistamat solumaatalouden arvoketjut ja tehtaat Suomen rajojen ulkopuolella. Solumaatalouden vientituotteet ovat lähtökohtaisesti korkeamman lisäarvon tuotteita kuin vaikkapa viljan vienti.

Solumaatalous on kehittyvä markkina, ja erikoistumismahdollisuuksia eri arvoketjun osissa on todennäköisesti paljon, mikä lisää mahdollisuuksia erilaisten palvelujen ja osaamisen kehittämiseksi. Nämä voivat myös tarjota vientimahdollisuuksia. Tukitoimintoja pitää kohdistaa kaikkiin viennin osa-alueisiin ja ymmärtää eri vientimarkkinoiden tilanne ja kehitysnäkymät, jotta Suomen ponnistukset kohdistuvat juuri oikeille markkinoille. Kyseessä on startup-vetoinen ala ja uusi markkina, jossa vientimahdollisuudet ovat moninaiset. Viennin tukitoimet pitää rakentaa tukemaan juuri tämän alan tarpeita, jotta vienti ja kasvu mahdollistetaan tehokkaasti.



## Käytetty sanasto

**Ainesosa:** Solumaatalouden tuotteet (B2B), ingre-  
dientit elintarviketeollisuuden käyttöön. (Englan-  
niksi: ingredient)

**Biomassafermentointi / mikrobibiomassafer-  
mentointi:** Prosessi, jossa kasvatetaan mikro-  
bisoluja fermentorissa (ml. kaasufermentointi) ja  
tuotettu biomassa hyödynnetään sellaisenaan  
ruokakäyttöön (Englanniksi mm.: biomass fermen-  
tation, microbial biomass fermentation)

**Bioreaktori tai fermentori:** Laite, jossa solujen  
kasvatus tapahtuu kontrolloiduissa olosuhteissa.  
(Englanniksi: bioreactor, fermenter)

**Biovalmistus:** Valmistusmenetelmä, joka hyö-  
dyntää biologisia prosesseja (mikro-organismeja,  
eläinsoluja, kasvisoluja, kudoksia tai entsyymejä)  
kaupallisesti tärkeiden biomolekyylien tuottami-  
seksi maatalous-, elintarvike-, materiaali-, energia-  
ja lääkealoilla (Englanniksi: biomanufacturing)

**Hybridituotteet:** Ruokatuotteet, joissa yhdiste-  
tään eri lähteistä ainesosia laadun parantamiseksi  
ja/tai kustannusten säästämiseksi. Esim. lisätään  
mikrobeilla tuotettuja rasvoja tai väriyhdisteitä kas-  
vipohjaisiin lihankorvikkeisiin aistinvaraista laatua  
parantamaan (Englanniksi: hybrid product, blended  
product)

**Kasvisoluviljelmä:** Kasvisolujen kasvattaminen  
bioreaktorissa ruokakäyttöön (Englanniksi mm.:  
plant cell culture, cultivated plant cells)

**Lopputuote:** Tavaroita ja palveluita, jotka ovat  
valmiita loppukäyttöön, eivätkä ne ole tarkoitettu  
käytettäväksi edelleen tuotantoprosesseissa.

**Mikrobibiomassa:** Solumaatalouden tuote, jossa  
mikrobisolukko käytetään elintarviketeollisuuden  
ainesosana; käytetään myös termiä yksisolupro-  
teiini ja mykoproteiini (Englanniksi: microbial bio-  
mass, single cell protein, mycoprotein)

**Raaka-aine:** Solumaatalouden prosesseissa käy-  
tetyt ravinnepitoiset raaka-aineet (sokeri, sivuvirrat  
jne.) osana soluviljelyn kasvuliuosta. Solutehtaissa  
kasvatettavien solujen ravinto. (Englanniksi: feeds-  
tock, nutrients, growth media compounds)

**Soluliha:** Bioreaktorissa tai fermentorissa kasva-  
tettuja eläinsoluja ruokakäyttöön, käytetään myös

termiä viljelty liha (Englanniksi: cultivated meat,  
cultured meat, lab-grown meat)

**Solumaatalous:** Solujen, kuten mikrobi- levä-,  
kasvi- hyönteis- tai eläinsoluviljelmien hyödyntä-  
mistä ruoantuotantoon. Käytännössä soluja kas-  
vatetaan ja tuotetaan solutehtaissa isoissa teräs-  
tankeissa, eli bioreaktoreissa. (Englanniksi: cellular  
agriculture, CellAg)

**Tarkkuusfermentointi:** Fermentoitiprosessi, jossa  
lopputuotteet, kuten proteiinit tai rasvat puhdis-  
tetaan soluviljelmistä. Termistä käytössä myös  
versio täsmäfermentointi tai rekombinanttiproteiini-  
nin tuotanto. Monet entsyymintuotantoprosessit  
perustuvat vastaavaan teknologiaan (Englanniksi  
mm.: precision fermentation, recombinant protein  
production)

## Tekijät

### VTT

VTT

Anu Seisto, tutkimustiimin päällikkö  
Anneli Ritala, johtava tutkija  
Arho Suominen, tutkimusprofessori  
Emilia Nordlund, tutkimuspäällikkö

### Luonnonvarakeskus (Luke)



Marjatta Vahvaselkä, erikoistutkija  
Minna Kahala, erikoistutkija  
Anu Kaukovirta, yksikönjohtaja

### Helsingin yliopisto



Mari Sandell, professori

## Lisätietoja varten ota yhteyttä

### VTT

Emilia Nordlund  
Puh. +358 40 504 2963,  
[emilia.nordlund@vtt.fi](mailto:emilia.nordlund@vtt.fi)

Anu Seisto  
Puh. +358 40 5471 609,  
[anu.seisto@vtt.fi](mailto:anu.seisto@vtt.fi)

[Linkki selvitystyön yksityiskohtaiseen raporttiin](#)



**beyond the obvious**

VTT on yritysten ja yhteiskunnan visionäärinen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiokumppani ja yksi Euroopan johtavista teknologian tutkimuslaitoksista.  
Lupaamme ajatella kaikessa beyond the obvious.

**[www.vttresearch.com](http://www.vttresearch.com)**