

A decorative geometric pattern on the left side of the page, composed of interlocking hexagonal shapes in various shades of blue, black, and orange, creating a 3D effect.

Suomen tie huikeaan tulevaisuuteen

EkspONENTIAALISEN TOIVON LISTA

Antti Vasara
toimitusjohtaja, VTT

”On olemassa teknologian aloja, jotka tuottavat inkrementaalisten muutosten sijaan systeemisiä murroksia nykyjärjestelmiin ja sitä kautta aitoja tuottavuus- ja kestävyysloikkia. Juuri sellaisia, joita kaipaamme viheliäisten ongelmien ratkomiseen ja kestäväen kasvun luomiseen Suomelle.”

Sisältö

Edessämme on ainutlaatuisia mahdollisuuksia	3
Ekspontiaalisien toivon alat	
1. Biotekninen ruoantuotanto mahdollistaa ruokajärjestelmän kestäväen mullistuksen	4
2. Kvanttitekhnologia voi johtaa ällistytävään tuottavuusloikkaan	5
3. Pienet ydinreaktorit tekevät teollisuudesta hiilineutraalia	6
4. Muovin kemiallinen kierrätys ratkoo maailman vakavinta ympäristöhaastetta	7
5. Materiaalienkäytön optimointi mahdollistaa resurssien kestäväen kulutuksen	8
Sata miljoonaa mullistavan toivon vauhdittamiseen	9

Edessämme on ainutlaatuisia mahdollisuuksia

2020-luku tarvitsee uusia toimia hyvinvoinnin, talouden ja ympäristön pelastamiseksi. Suomi on koulutuksen suurvalta, suomalaisilla on erinomaiset teknologia-aidot ja omaksumme innovaatiot nopeasti. Siksi meillä on poikkeuksellisen hyvät valmiudet ratkoa aikamme suurimpia haasteita ja mahdollistaa merkittävä muutos parempaan. Meidän tulee keskittää voimamme uusiin aloihin, jotka voivat käynnistää onnistumisen kierteen yhteiskunnassa. Kutsun näitä aloja **eksponentiaalisen toivon aloiksi**. Ne avaavat uusia mahdollisuuksia yrityksille, synnyttävät nopeasti kasvavia talouden alueita ja mahdollistavat merkittäviä parannuksia yhteiskunnassa. Suomen tulee keskittyä ottamaan johtoasema juuri tämänkaltaisilla aloilla. Uusien alojen käynnistämiseen tarvittavan sijoituksen ei tarvitse ole suuren suuri, jotta pääsemme alkuun. Nyt on aika toimia.

Vuotta 2020 voi monestakin syystä pitää vedenjakajana. Koronakriisi on osoittanut, että globaali arki – ja sen mukana suomalaisten elämä ja talous – voi mullistua nopeasti. Se näyttää myös, että yhteiskunnat kykenevät halutessaan nopeaan toimintaan. Kysymys kuuluu: mitä seuraavaksi? Ymmärrettävästi moni on huolissaan taloudesta ja siitä, kuinka me ihmiset pärjäämme. Samalla talouden äkkipysähdyksessä ja sitä seuraavassa jälleenrakentamisessa piilee myös mahdollisuuksia. Sillä järjestelmämme tarvitsee kipeästi muutosta. Meillä on edessämme vielä koronaakin syvempiä kriisejä, joihin on reagoitava ajoissa: ilmastonmuutos ja luonnon ekosysteemien romahdus.

Olisi suuri sääli, jos emme pysty kuvittelemaan tänä historiallisena hetkenä muunlaista maailmaa kuin saman vanhan, joka meillä oli ennen kriisiä. Vielä surullisempaa on, jos tavoittelemme paluuta entiseen. Jos haluamme, tämä hetki voi olla portti mullistavaan uudistumiseen. Sellaiseen, joka nyrjäyttää ihmiselämän ja samalla Suomen talouden uudelle kestävä kasvun uralle. Tulevaisuuden ei tarvitse olla kurjempi

kuin nykypäivän. On täysin mahdollista sekä torjua ilmastonmuutosta että tukea talouskasvua ja hyvinvointia. Eikä se ole vain mahdollista – se on olennaista. Voimme ratkaista ongelmamme vain, jos ratkaisut tarjoavat myös mahdollisuuksia työhön, yritystoimintaan, tuloihin ja onnelliseen elämään.

Meidän on suunnattava katseemme tulevaisuuden mahdollisuuksiin, jotka tarjoavat hyvinvointia 10–20 vuotta tästä hetkestä eteenpäin. Tiede, teknologia ja innovaatiot avaavat meille lukuisia polkuja, kunhan osaamme ja rohkenemme kulkea niitä. Tie mullistaviin muutoksiin ja uuteen hyvinvointiin kulkee tutkimuksen ja kokeilun, yrityksen, erehdyksen ja oppimisen kautta.

Seuraavat avaukseni käsittelevät alueita, jotka tarjoavat Suomelle ainutlaatuisia mahdollisuuksia aloittaa onnistumisten kierteitä. Ne ovat alueita, joihin meidän pitää sijoittaa nyt. Jos jäämme nyt jumiin vanhaan, hukkaamme vuosisadan mahdollisuuden. Juuri tänään on oikea aika aloittaa.

Ekspontiaalisen toivon alat

Minulla on etuoikeus johtaa parin tuhannen asiantuntijan tutkimusorganisaatiota, joka työskentelee päivittäin syvän teknologian ja systeemisen ongelmanratkaisun parissa. Visaiset ongelmat ovat polttoaine, jolla VTT käy. Uutta luovat ratkaisut ovat se, mitä tuotamme. VTT:n tutkijoiden työpöydillä, laboratorioissa ja koetestiympäristöissä kehitetään juuri tälläkin hetkellä – yhteistyössä yritysten ja yliopistojen kanssa – mullistavia ratkaisuja, jotka voivat vastata maailman haasteisiin ja samalla rakentaa Suomeen uutta, kestävä ja kasvavaa taloutta.

Kutsun näitä teknologioita ja niiden ympärille muodostuvia uusia kasvualueita **eksponentiaalisen toivon aloiksi**. Tähän on kaksi keskeistä syytä, jotka toimivat samalla listalle pääsyn kriteereinä:

1. Ekspontiaalinen tarkoittaa, että toimiala **mahdollistaa perustavanlaatuisia muutosta ja eksponentiaalista kasvua**. Ala perustuu teknologioihin, jotka eivät tuota vain inkrementaalisia muutoksia – pientä nitkuttavaa parannusta nyky-systeemiin – vaan nykyjärjestelmien syviä systeemiä murroksia ja sitä kautta aitoja tuottavuus- ja kestävyysloikkia. Juuri sellaisia, joita kaipaamme viheliäisten ongelmien ratkomiseen ja uusien kasvualojen synnyttämiseen.

2. Toivo tarkoittaa, että toimiala voi **auttaa ratkomaan ihmiskunnan globaaleja haasteita** ja samalla **synnyttää Suomeen uuden korkean osaamisen kasvualan**, koska meillä on erityisiä vahvuuksia juuri tämän alueen innovaatioiden synnyttämisessä. Ilmastonmuutos, maapallon resurssien riittävyys, kasvavan globaalien väestön hyvinvointi... nämä ovat ihmiskunnan kohtalonkysymyksiä 2020-luvulta eteenpäin. Pienenä, korkeasti koulutettuna ja vientivetoisena maana Suomen tulee sijoittaa sellaisen osaamisen kehittämiseen, joka on a) olennaista näiden globaalien haasteiden ratkomisessa ja jossa b) meillä on aito mahdollisuus olla maailman huippuja. Sieltä löytyy toivomme.

Seuraavaan listaan olen koonnut mielestäni keskeisimmät eksponentiaalisen toivon alat, joissa Suomella on erinomaiset edellytykset nousta globaaliksi kärkimaaksi. Näihin panostamalla Suomesta tulee tällä vuosisadalla entistäkin parempi paikka elää. Samalla autamme ratkaisevasti koko maailmaa voittamaan haasteensa. Alat ovat:

- 1. Biotekninen ruoantuotanto**
- 2. Kvanttitekniologia**
- 3. Pienet ydinreaktorit**
- 4. Muovin kemiallinen kierrätys**
- 5. Materiaalien käytön optimointi**

1

Biotekninen ruoantuotanto mahdollistaa ruokajärjestelmän kestävän mullistuksen

Miksi alue on mullistava?

Ruoantuotantotapojen on muututtava radikaalisti, jotta ruokaa riittää kasvavalle globaalille väestölle ja tuotannon negatiiviset ympäristövaikutukset saadaan hallintaan.

Bioteknisellä ruoantuotannolla tarkoitetaan mikrobi-, eläin-, kasvi- ja leväsolujen valjastamista ruoantuotantoon. Sen avulla osa ruoantuotannosta on mahdollista irrottaa perinteisestä maataloudesta: eläinten kasvatuksen ja peltojen viljelyn sijasta voimme tuottaa ruokaa solutehtaissa. Silloin ruoantuotanto ei rasita ympäristöä yhtä paljon, eikä ympäristön muuttuminen uhkaa ruoantuotantoa. **Solumaatalouden** mukanaan tuomaa mullistavaa murrosta voidaan verrata jopa maanviljelyn teollistumiseen 1700–1900-luvuilla.

Tulevaisuudessa mikrobit tuottavat solutehtaissa ainesosia ruokien valmistukseen: esimerkiksi munanvalkuaista ilman kanaa tai maitoproteiinia ilman lehmää. Ensimmäiset laskelmat osoittavat, että esimerkiksi kanamunan valkuaisproteiinin tuottaminen solutehtaissa kanojen kasvattamisen sijaan vähentää kasvihuonepäästöjä 74 % ja maankäyttöä 90 %. Maankäytön osalta iso muutos perustuu tuotannon siirtämiseen pystyasentoon vaakatasoon levittäytymisen sijaan. Se mahdollistaa maa-alan vapauttamisen luonnontilaan tai muuhun kuin maatalouskäyttöön. Biotekninen ruoantuotanto mahdollistaa myös täysin uudenlaisen liiketoiminnan synnyttämisen. Ruoan tuotanto- ja jakeluketju mullistuu ja avaa ovia uusille toimijoille elintarviketaloudessa.

Missä on Suomen toivo?

Suomi on korkean teknologian maa myös ruoantuotannossa. Jo nyt esimerkiksi suomalainen kaura- ja kasviproteiiniosaaminen on maailman huippua ja näitä tuotteita viedään maailmalle kasvavassa määrin. Siksi voimme olla edelläkävijänä myös teolliseen biotekniikkaan pohjaavissa ratkaisuihin ja viitoittamassa tietä kohti mullistavaa ruoantuotannon murrosta. Suomi on otollinen paikka ruokateknologioiden ja innovaatioiden testaamiseen ennen niiden etenemistä kansainvälisille markkinoille, sillä suomalaiset kuluttajat ovat avoimia kokeilemaan uusia tuotteita. Suomeen on jo muodostunut vahvaa bioteknisen ruoantuotannon osaamista yliopistoihin, tutkimuslaitoksiin ja ruoka-alan yrityksiin ja start-upeihin.

Mikrobien hyödyntämistä ruoantuotantoon kehitetään parhaillaan kahdesta eri lähtökohdasta. Ensinnäkin solutehtaissa tuotetaan syötävää mikrobimassaa elintarviketeollisuuden raaka-aineiksi. Esimerkiksi kaupoissa jo myynnissä oleva Quorn-tuotepöytä on valmistettu sieniperäisestä mykoproteiinista. Toiseen mikrobit voidaan valjastaa tuottamaan tiettyä ainesosaa, esimerkiksi eläinperäisiä proteiineja tai rasvoja. VTT:ltä on lähtöisin kasvuyritys Solar Foods, joka tuottaa mikrobimassaa syötäväksi proteiiniksi hyödyntäen hiilidioksidia, vettä ja aurinkoenergiaa. Mikrobi-prosessien lisäksi Suomessa selvitetään, miten kasvisoluja voidaan hyödyntää mikrobien tapaan osana kestävästä ruoantuotantosta sekä ympäristön että hyvän ravitsemuksen näkökulmasta. Tulevaisuuden mahdollisuus voisi olla esimerkiksi avokadon ympärivuotinen ja eettinen tuotanto kasvisoluviljelytekniikoita hyödyntäen.

Mitä pitäisi tehdä käytännössä?

Askel 1: Kestävien tuotantoprosessien skaalaaminen

Aluksi tarvitsemme kansallisia ja kansainvälisiä tutkimuslaitosten ja teollisuuden yhteisiä tutkimus- ja kehitysavauksia, joilla osoitetaan bioteknisen ruoantuotannon skaalautuvuus, ja sen mahdollisuudet kestävästä ruoantuotannon osana. Esimerkiksi pitäisi selvittää, miten solutehtaiden tarvitsemia raaka-aineita voidaan tuottaa tehokkaasti ja kestävästi bioteollisuuden sivuvirroista, miten nykyiset ruoantuotantojärjestelmät integroituvat osaksi solutehdasprosesseja sekä miten solutehdastuotteita pitää muokata, jotta ne soveltuvat erilaisten ruokien valmistamiseen.

Askel 2: Lainsäädännön esteiden purkaminen

Suomen pitää olla edelläkävijä Euroopan unionin lainsäädäntökusteluissa. Bioteknistä ruoantuotantoa tulisi arvioida laajakatseisesti, eikä yhdistää suoraviivaisesti nykyiseen geneettiseen muokkaukseen liittyvään lainsäädäntöön. Tällä hetkellä EU:n geneettistä muokkausta koskeva lainsäädäntö on auttamattomasti vanhentunutta, ja hidastaa uusien, tieteellisesti turvalliseksi todettujen bioteknisten ruoantuotantomenetelmien hyödyntämistä. On hyvä ymmärtää, että esimerkiksi mikrobin tuottama maitoproteiini ei ole geenimuunneltua, vaan aivan samanlaista kuin eläimen tuottama maitoproteiini, vaikka itse mikrobia olisikin muunneltu (turvalliseksi todetun) genomieditointitekniikan avulla.

Askel 3: Kuluttajien osallistaminen

Sidosryhmät, mukaan lukien kuluttajat, on otettava aktiivisesti mukaan keskusteluun ja kehitystyöhön, jotta yhteiskunta olisi valmis ja voisi vauhdittaa tämän mullistavan ruoantuotantotavan käyttöönottoa. Vaikka ajatus solutehtaissa valmistetuista elintarvikkeista voi

tuntua ensi alkuun tavallisista kansalaisista kummalliselta, mikrobeja on itse asiassa hyödynnetty ruoantuotantoprosessissa, kuten jogurtin tai raskileivän tekemisessä, kautta aikojen. Jo nyt osa elintarviketeollisuuden aineista tuotetaan solutehtaissa. Bioteknologian laajamittainen valjastaminen ruoantuotantoon voi tuottaa meille herkullista, terveellistä ja turvallista ruokaa, joka olisi ympäristön kannalta vähemmän kuormittavaa kuin esimerkiksi eläinperäinen tuotanto. Muutos on luonteva osa ruoantuotannon kehitystä, ja kuluttajien osallistaminen tulevaisuuden luomiseen on ensiarvoisen tärkeää.

”Tulevaisuudessa mikrobit tuottavat solutehtaissa ainesosia ruokien valmistukseen: esimerkiksi munanvalkuaista ilman kanaa tai maitoproteiinia ilman lehmää.”

2

Kvanttitekniologia voi johtaa ällistytävään tuottavuusloikkaan

Miksi alue on mullistava?

Viime vuosikymmenten mullistukset liki kaikilla perinteisillä toimialoilla ovat perustuneet digitalisaatioon. Digitalisaatio puolestaan on perustunut tietokoneiden laskentatehon lisääntymiseen. Seuraava askel laskentatehon nopeutumisessa on kvanttitekniologia, joka onkin 2020-luvun kiinnostavimpiin ja todennäköisesti mullistavimpiin kuuluva tieteenala.

Kun tavallinen tietokone käyttää laskennassa bittejä, ykkösiä tai nollia, kvanttietokone käyttää kubittejä, jotka voivat sisältää joko ykkösen, nollan tai ykkösen ja nollan superposition, jolloin kummankin toteutumiselle on oma todennäköisyytensä. Suuri määrä mahdollisia tiloja sekä kietoutumiseksi kutsuttu ilmiö mahdollistavat sen, että kvanttietokoneet voivat saavuttaa ällistytävän, arkijärjen täysin ylittävän laskentatehon – jos vain kubitit saadaan toimimaan luotettavasti. Kvanttitekniologiat ovat murtautumassa tämän vuosikymmenen aikana tutkimuslaboratorioista laajempaan käyttöön.

Kvanttietokoneiden laskentateho voisi mahdollistaa esimerkiksi äärimmäisen nopean lääke- ja rokotekehityksen – ja sitä kautta mullistaa koko globaalin terveydenhuollon. Monimutkaisten molekyylien, kuten proteiinien tai lääkemolekyylien, mallinnus on aiemmin ollut niiden suuren koon ja monimutkaisten vuorovaiikutusten takia erittäin vaikeaa, eikä tarkkoja simulaatioita saavuteta edes nykypäivän supertietokoneilla. Koska rakennetta ohjaavat kvanttimekaniikan lait, on esitetty, että riittävän suuri kvanttietokone voisi mallintaa näiden molekyylien rakenteen ja toiminnan tarkemmin ja nopeammin. Tulevaisuudessa suuren kvanttietokoneen avulla voitaisiin ratkaista myös valtavia systeemisiä ongelmia: esimerkiksi löytää aivan uusia kestävän energiatuotannon tai materiaalikehityksen tapoja, joilla ratkottaisiin ilmastomuutoksen ja resurssien riittävyyden haasteita uskomattomalla teholla.

Missä on Suomen toivo?

Jos Suomi saa jalansijaa kvanttiteollisuuden kehityksessä, meille voi syntyä miljardien eurojen arvoinen uusi teknologiateollisuuden haara, joka työllistää tuhansia ihmisiä ja palvelee koko maailman tarpeita. Suomella on jo hallussaan tärkeitä valttikortteja kvanttialan kehittämisessä: meillä on syvää osaamista elektroniikkakehityksessä, suprajohtavissa piireissä ja antureissa. Osaamista on syntynyt vuosikymmenien aikana kvantti- ja kylmäfysiikan laboratorioissa, ja meillä on jo toimivia kvanttitekniologian yrityksiä.

Ensiaskel otetaan jo. VTT ja Aalto-yliopisto hankkivat paraikaa Suomeen ensimmäistä kvanttietokoneita. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään teknisen kyvykkyyden kasvattamiseen: tavoitteena on saada toimintaan viiden kubitin kvanttietokone,

joka osoittaa suomalaisen osaamisen kvanttietokoneen rakentamisessa. Hankkeen kokonaistavoitteena on merkittävästi suurempi, 50 kubitin laite, noin vuonna 2024. Tätä tietokonetta voidaan jo soveltaa uusien kvantti-algoritmien kehittämiseen, jotka tulevaisuudessa ratkovat vaativia sovellusongelmia. Kvanttietokoneen kehittämisen lisäksi on tärkeää, että kvanttitekniologiaosaaminen vahvistuu Suomessa kaikilla osa-alueilla itse tietokoneen rakentamisesta algoritmeihin ja kvanttilaskennan soveltamiseen käytännön ongelmien ratkaisuun. Tätä kehitystä tukee hyvin myös Tieteen laskentakeskus CSC:n hankkima kvanttilaskennan simulaattori.

Mitä pitäisi tehdä käytännössä?

20–25 miljoonan euron satsaus kvanttietokoneeseen, jonka nyt teemme, on vasta lähtölaukaus. Suomen ensimmäisen kvanttietokoneen lisäksi meidän pitää muistaa muut sovellusalueet: kvanttitekniologiset anturit lupaavat entistä tarkempia työkaluja esimerkiksi lääketieteelliseen kuvantamiseen tai diagnostiikkaan, ja tietoverkot tulee suojata kvanttitekniologisin menetelmin ja salausalgoritmein.

Kaiken tämän hyödyntäminen Suomessa vaatii sijoituksia huipputason valmistus- ja tutkimusinfrastruktuuriin, kuten kansalliseen mikro- ja nanovalmistuksen infrastruktuuriin OtaNanoon. Meidän on myös synnyttävä uutta infrastruktuuria ja kvantti-algoritmiosaamista kvanttietokoneen ympärille. Tarvitsemme kansallisen kvanttitekniologian tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-ohjelman, jotta myös Suomelle tärkeät alat ja yritykset tietoliikenteessä ja -anturoinnissa pääsevät hyötymään kvanttitekniologisesta murroksesta.

Askel 1: Kvanttietokone otetaan käyttöön

2020–2025 Suomi satsaa Suomen ensimmäisen kvanttietokoneen kehittämiseen ja käyttöön. Suomalaiseen kvanttitekniologia-alaan satsataan sekä yksityisten yritysten että julkisen puolen taholta. Kansallinen kvanttietoliikenteen ja -anturien tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-ohjelma käynnistetään.

Askel 2: Käyttö laajenee

2026–2030 kvanttietokoneet lähestyvät kvanttiheruutta tietyissä sovelluksissa. Kvanttietokoneiden käyttö alkaa laajentua eri teollisuuden aloille. Kvanttietoliikenteen ja -anturien kehitystyö alkaa tuottaa

”Jos Suomi saa jalansijaa kvanttiteollisuuden kehityksessä, meille voi syntyä miljardien eurojen arvoinen uusi teknologiateollisuuden haara.”

hedelmää: Kvanttianturit avaavat uusia sovelluksia esimerkiksi lääketieteeseen ja autonomisten koneiden kuvantaviin antureihin. Tietoliikenteessä aletaan hyödyntää kvanttitekniologisesti suojattuja pitkän kantaman yhteyksiä.

Askel 3: Suomi maailman johtavia maita kvanttitekniologiassa

2030-luvulla yleiskäyttöisiä kvanttietokoneita on jo käytössä, ja ne kykenevät tehostamaan tuotantoprosesseja valikoiduissa tehtävissä, kuten lääkekehityksessä. 2020-luvun opeilla Suomi on kerännyt riittävä osaamista kvanttitekniologian valmistuksesta ja suomalaisyritykset vievät jo kvanttikoneita, -antureita, -tietoliikennekomponentteja ja niiden osia maailmalle ja teemme yhteistyötä alan johtajien kanssa.

2040-luvun koittaessa kvanttikoneilla tehdään jo niin huikeita asioita, että niitä on tämän päivän näkökulmasta mahdotonta ennustaa. Uskon kuitenkin, että eksponentiaalinen laskentateho voi johtaa eksponentiaaliseen tuottavuusloikkaan, jonka avulla maapallon resurssit saadaan sovitettua kasvavan ihmiskunnan hyvinvoinnin tarpeisiin. Samalla mahdollistuu myös talouskasvu Suomelle, josta nousee maailmalle merkittäviä kvanttitekniologia-alan yrityksiä.

3

Pienet ydinreaktorit tekevät teollisuudesta hiilineutraalia

Miksi alue on mullistava?

Teollisuuslaitokset ovat suuria energian käyttäjiä: tehtaat tarvitsevat paljon energiaa, jota on nykyteknologialla vaikeaa tuottaa ilman fossiilisten polttoaineiden tai biomassan polttamista. Teollisuuden hiilineutraalius vaatii tehtaiden siirtymistä vähäpäästöisiin energianlähteisiin ja raaka-aineiden kiertotalouteen. Pienet, modulaariset ydinreaktorit ovat yksi merkittävimmistä innovaatioista, joka voi mahdollistaa tämän siirtymän.

Pienillä, uuden sukupolven ydinreaktoreilla voitaisiin tuottaa teollisuusprosessien vaatimaa korkean lämpötilan lämpöenergiaa puhtaasti. Teollisuuslaitokseen kytketty pienreaktori tuottaisi toimitusvarmaa, kustannustehokasta ja vähäpäästöistä energiaa ja säästävätkä samalla arvokkaita raaka-aineita, joita nyt poltetaan prosessilämmöksi. Suurten ydinvoimalaitosten sijaan näitä pienempiä laitoksia voitaisiin valmistaa pitkälle sarjatuotantona tehtaissa. Reaktoreiden pienempi koko mahdollistaisi sekä ydinturvallisuuden yksinkertaisemman varmentamisen että täysin uudet ydinenergian käyttökohteet.

Suoran lämmöntuotannon lisäksi yksi kehitteillä oleva sovellus on vedyn tuotanto hyväksikäyttäen ydinreaktoreiden tuottamaa lämpöä. Vedyn tuottaminen puhtaasti vedestä on mahdollista käyttäen useampaa eri teknologiaa, ja korkean lämpötilan höyryä hyödyntävillä vetykennoilla on mahdollista tuottaa vetyä perinteistä elektrolyysiä tehokkaammin. Vähäpäästöiselle vedylle löytyy markkinoita esimerkiksi biopolttoaineiden, lannoitteiden ja teräksen valmistuksessa, joten tuotantoprosessin puhdistamisella voidaan vaikuttaa merkittävästi maailman kasvihuonekaasupäästöihin. Vedyn tuotanto ydinvoimalla soveltuisi paljon vetyä käyttäviin isoihin paikallisiin sovelluksiin.

Missä on Suomen toivo?

Suomessa on pitkä perinne ydinvoiman käytöstä, osaavat toimijat ja yhteiskunnallinen hyväksyntä. Ydinenergian käyttö on ollut maassamme vastuullista ja turvallista, ja koko ydinlaitosten elinkaari uusien laitosten rakentamisesta ja voimaloiden eliniän hallinnasta käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen osataan hoitaa vastuullisesti. Suomi haluaa löytää uusia ratkaisuja yhteiskunnan hiilineutraaliuteen ja sen jälkeen nopeasti hiilinegatiivisuuteen pääsemiseksi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi suomalainen, paljon energiaa käyttävä teollisuus tarvitsee hiilipäästöistä irtautuessaan yhä enemmän toimitusvarmaa, kustannustehokasta ja vähäpäästöistä energiaa. Kehittäessämme ratkaisuja oman teollisuutemme tarpeisiin kehitämme myös teollista osaamista kansainvälisille markkinoille.

Suomessa olemme ilmastotavoitteissa maailman kärkijoukoissa ja meillä on ymmärretty uusien ilmastoratkaisuiden tarve. Ydinenergia nähdään meillä osana myös tulevaisuuden ratkaisuja, ja valmisteleva työ pienten ydinreaktoreiden uusien sovellusten mahdollistamiseksi on Suomessa maailman kärkeä. Työ- ja elinkeinoministeriön työryhmä on selvittänyt lainsäädännön uudistustarpeita ja Säteilyturvakeskus varautuu uusien laitostyyppien luvitukseen. VTT on yhteistyössä LUT-yliopiston ja suomalaisten kumppaneiden kanssa perustamassa yhteistyöverkosta pienreaktoreiden ympärillä tapahtuvan liiketoiminnan kehittämiseksi. Mahdollisuus ydinenergian käyttöön kaukolämmön tuotannossa on ollut esillä jo muutama vuosi, ja olemme käynnistäneet projektin kaukolämpöreaktorin konseptisuunnittelusta. Tavoitteena on tuottaa lämmitysreaktorikonsepti, joka olisi toteutettavissa pitkälti suomalaisen teollisuuden voimin.

Siinä missä kaukolämpöä tuottava ydinreaktori on mahdollista tehdä pohjautuen jo pitkälle koeteltuihin ratkaisuihin, monet teollisuussovellukset vaativat korkeampia lämpötiloja, mahdollisesti prosessien uudelleen suunnittelua tai suuria määriä vähäpäästöisesti tuotettua vetyä. Suomessa on sekä laaja prosessiteollisuuden osaaminen että kehitystyötä korkean lämpötilan elektrolyysistä. Eri teknologiakomponentteja yhdistämällä ja ne yhdessä teollisten toimijoiden kanssa kaupallistamalla voidaan kehittää toimivia ratkaisuja tulevaisuuden vähäpäästöisen teollisuuden tarpeisiin.

Mitä pitäisi tehdä käytännössä?

Askel 1: Liiketoiminnan luominen

Lämmitysreaktoriin liiketoiminnan luominen käytännössä: kaukolämpöä tuottavien pienreaktoreiden teknologia pohjautuu nykyisin käytössä olevien ydinvoimaloiden teknologiaan, ja niiden varaan rakennettu teollinen toiminta on ensimmäisiä konkreettisia alueita, jonka ympärille suomalainen ydinenergia-alan teollisuus voidaan rakentaa.

Askel 2: Osaamisen ja teknologioiden kehitys

Teollisuussovellusten vaatimien osaamisen ja teknologioiden, kuten korkean lämpötilan reaktoreiden ja teollisuusmittakaavan puhtaan vedyntuotannon, edistäminen: Tämä kulkee ensimmäisen askeleen kanssa rinnan, kehittäen ja integroiden innovaatioita uudeksi kokonaisuudeksi.

”Pienillä, uuden sukupolven ydinreaktoreilla voitaisiin tuottaa teollisuusprosessien vaatimaa korkean lämpötilan lämpöenergiaa puhtaasti.”

Askel 3: Yhdisteleminen

Lämmitysreaktorin ympärille rakennetun teollisen toiminnan ja teollisuussovelluksien vaatimien teknologioiden osaamisen yhdistämisellä voimme tarjota kestävä ja vähäpäästöistä ratkaisua energiantensiivisen teollisuuden tulevaisuuden haasteisiin. Demonstroimalla teollisuusprosessien puhdistamista pienreaktorien avulla voimme luoda suomalaisen osaamisen vientiteollisuutta raskaan teollisuuden tarpeisiin.



4

Muovin kemiallinen kierrätys ratkoo maailman vakavinta ympäristöhaastetta

Miksi alue on mullistava?

Muovia tuotetaan vuosittain noin 300 miljoonaa tonnia, ja sen tuotannon uskotaan kaksinkertaistuvan 2030 mennessä. Maailmanlaajuisesti vain noin 10 % muovista kierrätetään. Edelleen merkittävä osa muovista päätyy kaatopaikoille ja luontoon, mikä on valtava globaali ympäristöhaaste – muoviroska tuhoaa maapallon elintärkeitä ekosysteemejä. Suomessa kierrätysaste on 25 %, joka on kaukana EU:n asettamista kierrätystavoitteista: Vuoteen 2025 mennessä 50 %, ja vuoteen 2030 mennessä 55 % muovista pitäisi saada kiertoon.

Tällä hetkellä valtaosa kierrätysmuovista on mekaanisesti kierrätettyä eli muovi kiertää muovimateriaalina, parhaimmillaan samanlaatuisiksi uusiomuoviksi. Valtaosa käytetystä muovimateriaalista

ei kuitenkaan sovellu mekaaniseen kierrättämiseen, koska raaka-aine ei ole tasalaatuista ja muovien ominaisuudet heikkenevät kierrätyksessä. Jos kierrätysastetta halutaan nostaa, ja ratkoa yhtä maailman vakavimmista ympäristöhaasteista, mekaanisen kierrätyksen rinnalle tarvitaan kemiallista kierrätystä, jossa muovi pilkotaan takaisin sen lähtöaineisiin. Tämä on tarpeellinen teknologia-alue, joka mahdollistaa muovien korkean kierrätysasteen hyödyntämällä muovivirtoja, joita ei voida nykyteknologialla kierrättää. Lisäksi vähennetään merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä, kun neitseellistä muovia korvataan kierrätysmuovilla.

Missä on Suomen toivo?

Useat teknologiat soveltuvat potentiaalisesti muovien kemialliseen kierrätykseen. Yhteistä niille kaikille on se, että muovien rakenteen muodostavat polymeerit pilkotaan pienemmiksi rakenneyksiköiksi, joita voidaan käyttää pohjana uusien muovipolymeerien rakentamisessa. Suomessa on vahvaa osaamista kahdessa tähän erittäin hyvin soveltuvassa teknologiassa: bioteknologiassa ja termokemiassa.

Entsyymien käyttö muovin pilkkomisessa on erittäin nopeasti kasvava tutkimus- ja kehitysalue maailmalla. Suomessa on vuosikymmenien kokemus ja osaaminen entsyymien tuotannosta, ja niiden hyödyntämisestä teollisissa prosesseissa, ja olemme jo tätä osaamista hyödyntäneet muovien pilkkomiseen kemiallista kierrätystä varten.

Sama pätee termokemiallisiin prosesseihin. Suomessa on maailmanluokan osaamista ja kokeelliset valmiudet, sekä teollisia referenssejä kaasutus- ja

pyrolyysiprosesseista, jotka kumpikin soveltuvat erinomaisesti muovien kemialliseen kierrätykseen. Termokemiallisten prosessien vahvuus on siinä, että syöte voi olla laadultaan vaihtelevaa, ja tuote – kaasu tai öljy – voidaan jatkojalostaa hyvin monentyyppisiksi lopputuotteiksi. Suomesta löytyy osaamista ja teknologiatoimittajia kaikille näille teknologioille, joten tässä on tuhannen taalan paikka päästä osalliseksi globaalisti, isosta ja kasvavasta markkinasta.

Mitä pitäisi tehdä käytännössä?

Askel 1: Paranna teknologioiden suorituskykyä

1. Paranna kierrätysteknologioiden sietoa erilaisille syötöille ja saantoa syötteestä tuotteeksi
2. Paranna teknologioiden taloudellisuutta (investointi- ja käyttökustannukset), sekä energiatehokkuutta päästöjen minimoimiseksi.

Askel 2: Demonstro

Rakenna yhdessä muoviarvoketjun toimijoiden kanssa demonstraatiot eri teknologioille niiden toiminnan, tuotteen laadun ja käyttövarmuuden toteamiseksi. Vain siten voimme todentaa ratkaisuiden toiminnan ja niiden potentiaalin muovikiertojen sulkemiseksi.

Askel 3: Suljetaan muovien kierto

Rakennetaan kokonaisvaltainen muovien kierrätysjärjestelmä, joka koostuu mekaanisesta sekä kemiallisesta kierrätyksestä, ja johon lisätään tulevaisuudessa hiilen talteenottoteknologiat, jolla saadaan hiilidioksidista merkittävä muovien raaka-aine.

”Suomessa on vahvaa osaamista kahdessa kemialliseen kierrätykseen erittäin hyvin soveltuvassa teknologiassa: bioteknologiassa ja termokemiassa.”

5

Materiaalienkäytön optimointi mahdollistaa resurssien kestäväen kulutuksen

Miksi alue on mullistava?

Materiaaleja voi perustellusti väittää teknologisen kehityksen mahdollistajiksi – materiaalitieteen ja -tekniikan murrokset resonovat läpi teollisuuden ja yhteiskunnan. Materiaalit ovat kestäväen kiertotalouden kehityksen ja jalkauttamisen keskiössä.

Ongelma on, että nykyinen materiaalitekniikan kenttä on vaikea: materiaalien suuret läpimurrot ovat usein syntyneet ”sattumalta”, laboratoriossa on tapahtunut virhe, jonka seurauksena on luotu uusi materiaali. Lisäksi uusien materiaalien tuominen laboratoriosta teollisuuden käyttöön kestää usein jopa kymmeniä vuosia. Tahti ei riitä, jos haluamme saada maapallon resurssit riittämään kasvavalle väestölle ja hillitä samalla ilmastonmuutosta.

Mutta mitä jos materiaaleihin liittyvän kehityksen ei tarvitsikaan tapahtua ”yrityksen ja erehdyksen” kautta? Ratkaisu tähän on materiaalientän digitalisaatiossa: digitaalisten kaksosten, virtuaalitestauksen ja materiaaliominaisuuksien optimoinnin avulla kykenemme tulevaisuudessa suunnittelemaan materiaalit niin, että ne huomioivat sekä kiertotalouden tarpeet (mukaan lukien materiaalien korvaamisen) että tuotteiden suorituskyvyvaatimukset ja kustannuskilpailukyvyyn. Ennen materiaali oli mitä se sattui valmistuksen jälkeen olemaan, tulevaisuudessa se optimoidaan halutuksi.

Ratkaisu materiaalioptimointiin, koko materiaalin elinkaaren ajalle, on löydettävissä laskennallisen materiaalitekniikan kehittämisestä ja valjastamisesta kiertotalouden käyttöön. Näin kykenemme minimoimaan materiaalikäytön ja hukkan, ja maksimoimaan samalla tuotteiden suorituskyvyn, materiaaliominaisuudet ja kestävyden. Digitaalisen materiaalikehityksen avulla voimme tehdä kiertotaloudesta kannattavaa liiketoimintaa ja osan arkipäiväistä tapaamme toimia.

Missä on Suomen toivo?

Mutta miksi Suomella pitäisi olla mahdollisuuksia, toivoa, mullistaa toimintamme materiaalien ja kiertotalouden parissa? Perinteisesti uusien materiaalienkin kehitys on ollut hidasta, vaatinut suuria pääomia ja riskinottoa.

Vastaus on materiaalientän murroksessa, jossa voimme olla edelläkävijöitä, mikäli toimimme nyt. Laskennalliset teknologiat muuttavat tapamme kehittää

ja tutkia materiaaleja kokonaisvaltaisesti. Suomessa me emme voi tehdä eniten kokeita, hankkia kaikkia kalleimpia tutkimuksen infrastruktuureja, tai laajoja tutkijamassoja perkaamaan jokaista yksityiskohtaa. Mutta pienenä, teknologisesti valveutuneena ja varhain digitalisoituneena maana voimme olla parhaita hyödyntämään digitaalista materiaalikehitystä yritysten tutkimus- ja kehitystoiminnassa. Meillä on kovaa osaamista materiaalitekniikassa. Jos kehitämme ja hyödynnämme digitalisaation keinoja yhteistyössä tutkimuslaitosten ja yrityskehityksen kesken, voimme varmistaa, että tutkimme relevantteja asioita ja tutkimus menee aidosti ja nopeasti kaupalliseen käyttöön.

Murroksen meille tuovat laskennalliset tekniikat, kuten uudet tavat tarkastella materiaaleja monitasoisesti sekä tekoälypohjaisten ratkaisujen kehitys. Fysiikan ja tekoälyn liitto mahdollistaa uusien materiaalien keksimisen (kyllä, nimenomaan keksimisen) ja optimoinnin systemaattisesti. Tulevaisuudessa materiaalien suorituskykyä parannetaan ja niihin liittyviä T&K-prosesseja nopeutetaan merkittävästi digitalisaation keinoin, eikä puhuta vain kymmenien prosenttien parannuksesta. Osan murroksesta tulee tarjoamaan tekoälyn yhdistetty ja sen ohjaama autonominen materiaalitutkimus. Tällöin materiaalien valmistus ja testaus suoritetaan automatisoituna, fyysinen ja laskennallinen T&K liitetään yhteen, jolloin saadaan poimittua parhaat menetelmät molemmista tukemaan optimointia, ongelmien ratkaisua ja päätöksentekoa.

Nämä ovat kaikki aihealueita, joissa Suomi on nykyisellään erittäin vahva. Koska mielestämme voimme tehdä yhteistyötä verokkimmaita paremmin, joka on erityisesti tulevaisuuden materiaalitekniikan ja -tekniikan edellytys, meillä on hyvät edellytykset johtaa materiaalien murrosta.

Mitä pitäisi tehdä käytännössä?

Askel 1: Systeminen kiertotalous

2020–2025: Suomi luo ensimmäisenä maailmassa koko materiaalien ja tuotteiden elinkaaren kuvaamiseen soveltuvan digitaalisen kaksosten kiertotalouden käyttöön. Materiaalisuunnittelu, sen ominaisuudet, raaka-aineiden korvaaminen, tuotesuunnittelu, tuotteen käyttö ja elinikä, tuotteen uudelleenikäyttö, korjaus, uudelleenvalmistus ja kierrätys kaikki liitetään toisiinsa samalla digitaalisella alustalla. Tämä

”Ennen materiaali oli mitä se sattui valmistuksen jälkeen olemaan, tulevaisuudessa se optimoidaan halutuksi.”

mahdollistaa kestävien materiaaliratkaisujen lisäksi kiertotalouden liiketoimintapotentiaalin systemaattisen hyödyntämisen kotimaisen teollisuuden toimesta ja liittämään mukaan T&K-kentän osaamista laaja-alaisesti. Nykytilanteeseen verrattuna tämä vaatii kohdennettuja ja kunnianhimoisempia panostuksia materiaalientän digitalisaatioon.

Askel 2: Tekoälypohjainen materiaalitekniikka

2025–2030: Koneoppimista hyödyntävä data-pohjainen ja perinteinen materiaalitekniikka fuusioituvat hybridiksi, jossa tekoäly valjastetaan sekä optimoimaan että löytämään uusia materiaaliratkaisuja laajojen suorituskyvyvaatimusten ja rajoitusten mukaisesti. Materiaaleja aletaan suunnitella rutiininomaisesti tuotekohtaisiksi. Tällöin kiertotalouden mahdollisuudet kyetään hyödyntämään tehokkaasti liiketoiminnan ajurina. Kestävyys, materiaalien ja tuotteiden suorituskyky ja kustannukset eivät enää ole toisiaan poissulkevia tai vastakkaisia arvoja, vaan tekoälyn ajamana kyetään tunnistamaan optimiratkaisut ja täysin uudet vaihtoehdot laajasta suunnitteluavaruudesta.

Askel 3: Autonomisesti luodut materiaalit

2030 alkaen: Systeminen kiertotalous ja tekoälypohjainen materiaalitekniikka muodostavat yhden kokonaisuuden autonomisten materiaalitutkimusratkaisujen kanssa. Tekoälyn ohjauksessa suoritetaan saumattomasti malleja, testataan materiaaliominaisuuksia ja valmistetaan materiaaleja. Fyysinen ja laskennallinen vuorovaikuttavat autonomisesti, jolloin maksimoidaan T&K-prosessin etenemisnopeus sekä kyky tuottaa uutta tietämystä.



Sata miljoonaa eksponentiaalisen toivon vauhdittamiseen

Investointien suuntaamisessa pitää uskaltaa ajatella pitkäjänteisesti. Olemassa olevan kehittämisen lisäksi on ohjattava rahaa uudistumiseen – niihin aloihin, joista ei vielä puhuta. Kaikilla esiin nostamillani aloilla tulee maailmanlaajuisesti tapahtumaan radiokaalia kasvua, vaikka emme vielä tiedä milloin tai kenen toimesta. Meidän tehtävämme on varmistaa, että Suomi on liikkeellä ajoissa ja pääsee siksi osaksi kasvua.

Siksi ehdotan, että Suomi nostaa esittämäni eksponentiaalisen toivon alat erityiskohteluun ja jatkossa innovaatiopolitiikkansa keskiöön. Se tarkoittaa, että alamme systemaattisesti ja päättäväisesti rakentaa näiden alojen ympärille innovaatio- ja yritystoimintaa. Ja kun sanon rakentaa, tarkoitan sitä myös kirjaimellisesti. Uusien teknologioiden kehittäminen vaatii tilaa ja investointeja: laboratorioita, tutkimustiloja, koetestilaitoksia – tutkimusympäristöjä, joita suomalaisyritykset voivat hyödyntää uusien innovaatioiden kehittämiseen. Lisäksi monen alan, kuten muovien kierrätyksen ja bioteknisen ruoan kohdalla lainsäädännön luomat esteet pitäisi purkaa.

Päättäjiltämme toivon siis tässä historiallisessa ajassa kanttia satsata paitsi nykyisten toimialojen elvyttämiseen, myös näiden uusien, eksponentiaalisen toivon alojen vauhdittamiseen. Panostuksia on jo tehty. Esimerkiksi kvanttiteollisuuteen on tehty 20 miljoonan euron panostus. Se on hyvä alku, mutta lisää tarvitaan, jotta voimme synnyttää uusia kasvuyrityksiä jokaiselle näistä aloista. Aivan uudenlaisen yritystoiminnan ja tutkimuksen kohdalla valtiota tarvitaan jakamaan riskejä ja auttamaan vaadituissa investoinneissa. Sadalla miljoonalla eurolla pääsisimme jo alkuun koko listan kanssa. Se ei ole valtavan iso hintalappu, jos ajattelee, että investointi näiden alojen käynnistämiseen voi johtaa tulevaisuudessa eksponentiaalisiin voittoihin.

Suomen menestys on perustunut aina korkeaan osaamiseen ja teknologian nopeaan hyödyntämiseen, oli kyse sitten innovatiivisesta metsätaloudesta tai elektroniikkaosaaamisesta. Nyt meidän on aika löytää uusia aloja, joilla voimme hyödyntää vahvuuksiamme ja luoda uutta hyvinvointia. Olemme mullistaneet maailmaa ennenkin. Voimme tehdä sen uudestaan. Aloitetaan tänään.

Antti Vasara
toimitusjohtaja, VTT

VTT:n toimitusjohtaja Antti Vasaralla on kymmenien vuosien kokemus suomalaisten teknologiayritysten, kuten Nokian ja Tiedon, johdosta. Koulutukseltaan hän on tekniikan tohtori (Teknillinen korkeakoulu).

VTT on visionäärinen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiokumppani. Tartumme globaaleihin haasteisiin ja luomme niistä kestävän kasvun mahdollisuuksia. Autamme yhteiskuntaa kehittymään ja yrityksiä kasvamaan teknologisten innovaatioiden avulla – ajattelemme beyond the obvious. Meillä on lähes 80 vuoden kokemus huippututkimuksesta ja tieteeseen perustuvista tuloksista. VTT luo vaikuttavuutta, kun innovaatiot ja liiketoiminta kohtaavat.