
Future Watch

Biomimetikka osana biotalouden tulevaisuutta

13.8.2018

Yhteystiedot

Pekka Saranpää
Pauli Saarenketo
Eila Järvenpää
Tuula Jyske
Petri Kilpeläinen
Tytti Sarjala
Risto Korpinen

Tietotie 2
02150 Espoo
Sähköposti: pekka.saranpaa@luke.fi
Puhelin: 0295322340



Luke on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka yhdistää uusiutuvien luonnonvarojen ja vastuullisen ruoantuotannon osaamisen. Tarjoamme innovatiivisia ratkaisuja biotalouden elinkeinojen edistämiseksi. Vahvuutemme on monialainen luonnonvarojen kestävä tuotannon ja hyödyntämisen osaaminen sekä syvä raaka-aineiden tuntemus.

BUSINESS FINLAND

Business Finland on globaalin kasvun kiihdyttämö. Luomme edellytyksiä uudelle kasvulle auttamalla yrityksiä kansainvälistymään sekä rahoittamalla tutkimusta ja innovaatioita. Huippuasiantuntijamme ja uusien tietojen nopeuttavat markkinoiden mahdollisuuksien tunnistamista ja auttavat muuttamaan ne kansainvälisiksi menestystarinoiksi.

Biomimetiikka luo uusia mahdollisuuksia biotalouteen

Selvityksen tarkoituksena on kartoittaa suomalaista biomimetiikan tutkimuskenttää ja siihen liittyviä kaupallistamismahdollisuuksia. Selvitystä varten haastateltiin joukko suomalaisten yliopistojen ja yritysten edustajia sekä kansainvälisen konsultointiyrityksen ja biomimetiikkaverkoston edustajia.

Biomimetiikan tutkimus on tällä hetkellä Suomessa hajautuneena eri osaamiskeskittyymiin yliopistojen tutkimusryhmätasolla. Monilla tutkimusaloilla ei heti tunnistettu että kyseessä on biomimetiikan sovellus. Biomimetiikan opetus on myös hyvin vähäistä. Tutkimusryhmät saattavat olla omalla tutkimusalueellaan hyvinkin meritoituneita ja verkottuneita kansainvälisesti. Suomen tasolla biomimetiikan tutkimusryhmien verkostoituminen on kuitenkin hyvin vähäistä. Selvityksen perusteella on selvästi nähtävissä, että Suomessa on tarvetta biomimetiikan tutkimuskentän kokoamiseen ja synergian luomiseen esimerkiksi tiedon jakamisen, menetelmien käyttämisen ja hyödyntämisen näkökulmasta. Biomimetiikka pitäisi ottaa huomioon myös opetuksessa.

Yrityskentässä biomimetiikan tutkimuksen tuntemus oli selvästi vähäistä ja biomimetiikan hyödyntäminen oli sattunnaista. Yritysten ja tutkimuslaitosten yhteistyössä on paljon parannettavaa. Ensimmäinen haaste on biomimetiikka-konseptin selkeyttäminen. Yritysten konkreettiset tarpeet ja tutkimuslaitosten ja yliopistojen tutkimusaiheet eivät kohtaa riittävällä tasolla, jotta biomimetiikan ratkaisuja voitaisiin kehittää yritysten tarpeisiin tehokkaasti. On nähtävissä että ko. toimijoiden vuorovaikutusta tukeville foorumeille olisi tarvetta. Foorumien avulla tutkimuksen fokusalueet ja yritysten tarpeet ja kehityssuunnat voitaisiin tuoda esille ja tiedoksi, niin tutkijoille kuin yrityksille. Biomimetiikan foorumeista on tarjolla hyviä esimerkkejä Euroopassa ja Yhdysvalloissa.

Luonnonmukaisten ratkaisujen esiintuminen kansainvälisen yritysten markkinoinnissa ja kuluttajien kasvava hyväksyntä ja positiivinen ajattelu luonnonmukaisuutta kohtaan näkyy selvästi tällä hetkellä useiden tuotteiden kohdalla. Biomimetiikkaa tai bioniikkaa käytetään markkinoinnissa aktiivisesti, joten siihen pohjautuvilla ratkaisuilla on markkina-arvoa.

Uusien biomimeettisten tuotteiden kehittäminen vaatii merkittävää panostusta tutkimukseen ja kehittämiseen sekä mahdollisesti regulatiivisen prosessin läpikäyntiä. Uusien biomimeettisten tuotteiden, kuten materiaalien, tai prosessien tulee yleisesti ottaen olla nykyisiä tuotteita ja prosesseja parempia, tehokkaampia tai ympäristöystävällisempiä. Joissain tapauksissa biomimeettinen tuote tai prosessi voi hyvinkin olla kalliimpi, joten sen on tuotettava selkeää lisäarvoa yritykselle ja/tai loppukäyttäjälle. Yritysten on punnittava kehityskulut ja saavutetun lisäarvon merkitys ja edut. Haastatteluissakin esiin tullut näkemys on ollut että ilman selkeää lisäarvoa kukaan ei suostu maksamaan uudesta ratkaisusta lisähintaa, jos vastaavanlainen tuote saadaan aikaiseksi perinteisiä menetelmiä käyttäen.

Biomimetiikan tuotteiden ja prosessien kehittäminen vaatii tutkimuslaitosten ja yliopistojen sekä yritysten tiivistä yhteistyötä. Tutkimusta ja tuotekehitystä varten tulisi perustaa toimijoiden välinen verkosto.

Biomimetiikka etsii luovia ratkaisuja luonnosta

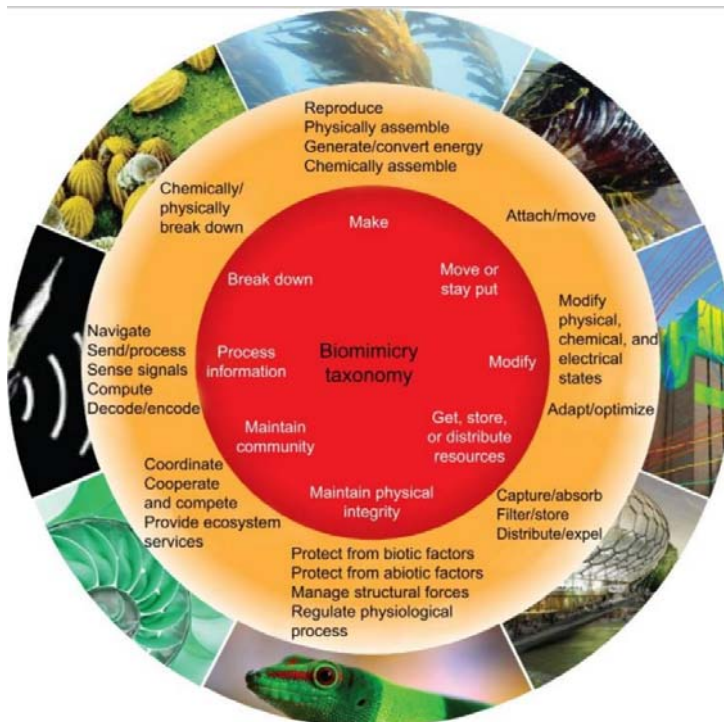
1. Mitä on biomimetiikka?

Biomimetiikalla (biomimetics, biomimicry) tarkoitetaan luonnon matkimista teknologisissa ratkaisuisissa, joilla pyritään parantamaan tai kehittämään kokonaan uudenlaisia materiaaleja ja tuotteita sekä kohentamaan elämisen laatua.

Biomimetiikka-sana tulee kreikan kielen sanoista "bios" (elämä) ja "mimesis" (matkia). Biomimetiikka ei ole uusi asia, sillä luonnon omia, hyväksi koettuja ratkaisuja on käytetty inspiraation lähteenä jo pitkään. Leonardo da Vincin kokeiluja lentää linnun tavoin pidetään biomimetiikan ensimmäisenä sovelluksena. Bell tutki ihmisen korvan toimintaa ja se johti puhelimen keksimiseen. Biomimetiikka mainittiin ensimmäisen kerran Websterin sanakirjassa vuonna 1974. Google scholar –tiedonhakupalvelusta löytyi yli 400 000 viitettä "Biomimetic"-hakusanalla. Pelkästään vuoden 2017 aikana löytyi 16 700 artikkelia, joissa sana esiintyi. Biomimetiikkaan liittyvä "synthetic biology"-haku tuotti lähes neljä miljoonaa artikkelia! Tämä kuvastaa hyvin alaa kohtaan kasvavaa kiinnostusta.

Biomimetiikka korostuu nykypäivänä, kun haetaan ratkaisuja, joissa pyritään hyödyntämään uusiutuvia raaka-aineita ja sivutuotteita tehokkaasti. Keskeisenä ajatuksena on, että ei ole olemassa parempaa ja tehokkaampaa ratkaisua, kuin minkä luonto itse on tuottanut. Tavoitteena on vähentää ihmisen luonnolle aiheuttamaa kuormaa. Biomimetiikan tutkimus ja siihen perustuvat oivallukset korostuvat biotalouden ja etenkin kiertotalouden ratkaisuisissa. Monet yritykset pyrkivät vähentämään kaatopaikkajätettä ja hyödyntämään raaka-aineet mahdollisimman tehokkaasti. Näissä tavoitteissa on otettu biomimetiikka avuksi.

Biomimetiikka ei ole pelkästään esimerkiksi ominaisuuksien hyödyntämistä, vaan uusia innovaatiota etsitään mm. kemian, biologian, arkkitehtuurin, insinööritieteiden ja etenkin lääketieteen alueella. Ihmisen ja luonnon vuorovaikutus tulee ymmärtää syvällisemmin. Biomimetiikan tutkimusalueita ja sovellusmahdollisuuksia on listattu oheisessa kuvassa:



Lähde:
Computational
Methods and
Tools (2014) Goel
AK, McAdams DA
and Stone RB
(eds). Springer-
Verlag.

Biomimetiikan sovelluksia

Biologisten materiaalien rakenne ja toiminta on uusien materiaalien innovaatioiden lähde. Esimerkiksi heijastamattomien pintojen kehityksen inspiraationa on ollut yöperhosten silmän rakenne. Nanokokoiset, 200 nm:n rakenteet heijastavat näkyvän valon hyönteisen silmästä. Entsyymien hyväksikäyttö valmistuksessa, kuten erilaisissa bioprosesseissa on laajasti ottaen biomimetiikkaa. Pelkästään rakenteen matkiminen ei kuitenkaan riitä. Luonnon matkiminen voidaan ulottaa toimintaan ja valmistusprosesseihin. Biomimetiikan avulla voidaan kehittää uudenlaisia nano- ja mikrotason valmistusmenetelmiä lääkaineita ja esim. nanohiiliputkia varten.

Tarrakiinnitys eli ”velcro” on yksi käytetyimmistä esimerkeistä, miten luonnon matkiminen on auttanut kehittämään uudenlaisia tuotteita. Idean lähteenä oli karheasappiruohon emimykeröstö, joka takiaisen tavoin tarttuu eläimen turkkiin tai ihmisen hiuksiin. Lentokonesuunnittelussa on hyödynnetty lintujen lentotapaa ja etenkin niiden tapaa lentää parvimuodostelmissa. Autojen aerodynamiikan inspiraation lähteenä on kalojen muoto.

Arkkitehtuurista löytyy lukuisia esimerkkejä luonnonrakenteiden matkimisesta ja etenkin rakenteiden optimoinnista. Itsestään korjautuva materiaali toimii samalla tavalla kuin ihmiskehon parantumismekanismi. Älypuhelin näyttö tullaan valmistamaan itsestään korjautuvasta materiaalista. Kun materiaaliin tulee särö, alkaa vaurion pintaan kertyä nestettä. Kemiallinen reaktio johtaa siihen, että neste jähmettyy säröön ja korjaa vaurion. Betoniset vesiputkien vauriot saadaan korjautumaan bakteerien avulla. Bakteerit hyödyntävät vettä, kalsiumioneja ja hiilidioksidia kalsiumkarbonaatin syntetisoimiseen, jolloin pienet halkeamat betoniseinämissä saadaan korjattua.

Pelkkä entsyymien käyttö ei ole kuitenkaan biomimetiikkaa

Pelkästään entsyymien hyödyntämistä prosesseissa ei pidetä biomimetiikkana, mutta jos olosuhteita muokataan niin, että vain tietyt entsyymit toimivat ja tuottavat halutun reaktion, voidaan sitä pitää biomimetiikan sovelluksena. Luonnon kopioiminen ei yksistään aina toimi. Esimerkiksi luun rakennetta voidaan jäljitellä, mutta luonnossa tapahtuu vaurioita, jotka organismi pystyy korjaamaan. Ihmisen tekemissä rakenteissa näin ei välttämättä tapahdu.

Synteettinen biologia ja biomimeettinen synteesi

Geenien ja geenien koodaamien proteiinien toiminnan ja solujen aineenvaihduntareittien ymmärtämisellä sekä biologisen mallintamisen avulla on päästy vaiheeseen, jolloin biologiaan on kehittynyt uusi insinöörimäinen lähestymistapa, synteettinen biologia. Synteettisen biologian tutkimisessa ei enää välttämättä selvitetä ja sovelleta luonnon muovaamien rakenteiden toimintaa sellaisenaan, vaan päinvastoin kyetään rakentamaan mallintamisen ja suunnittelun avulla jo tunnetuista tai uusista biologisista rakennuspalikoista halutun toiminnan mukaisia rakenteita. Luontoa ei kopioida täsmällisesti, vaan yksinkertaistetaan prosesseja ja tehdään niistä tehokkaampia.

Synteettisen biologian avulla voidaan uudistaa monia teollisia prosesseja, tehdä niistä vähemmän saastuttavia sekä energia- ja raaka-ainetehokkaampia. Biologisten järjestelmien muokkaamiseen sisältyy myös yhteiskunnallisia ja eettisiä kysymyksiä, joiden ratkaisua voidaan edistää muun muassa hyvällä tiedeviesticinnällä.

Suomen Akatemian Synteettisen biologian (FinSynBio) – akatemiaohjelman (2013-2017) päätösseminaarissa julkaistiin Synteettisen biologian tiekartta:

(<http://www.aka.fi/globalassets/32akatemiaohjelmat/finsynbio/paatosseminaari/syntheticbiologyroadmap.pdf>).

Tunnettu tiedelehti Nature julkaisee oman otsikon alla biomimetiikkaan sekä biomimeettiseen synteisiin liittyviä artikkeleja:

<https://www.nature.com/subjects/biomimetic-synthesis>.

Tulevaisuuden visioita

Etenkin lääketieteen alalla biomimetiikka tarjoaa huimia tulevaisuuden sovelluksia. Matkimalla kehon signalointia ja kuljetusmekanismeja voidaan lääkeaine kuljettaa esim. syöpäsolukkoon ja se toimii vasta kohteessa vähentäen näin sivuvaikutuksia. Biohajoava laastari voi olla ihonkaltaista materiaalia ja se voi lähettää tietoja kehon tilasta, kuten sydäninfarktirikistä.

Tulevaisuuden rakennukset voidaan 3-D-tulostaa biobetonista, joka itse korjaa halkeamat ja vauriot. Tämä on mahdollista betoniin upotettujen bakteerien ansiosta. Kun betoniin tulee halkeama, bakteerit aktivoituvat joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Tällöin ne käyttävät kalsiumia ravinnonlähteenään ja synnyttävät syödessään kalkkikiveä.

Myös itse betonin valmistukseen kaivataan uusia ratkaisuja ja menetelmiä. Betonin valmistus aiheuttaa noin viisi prosenttia kaikista hiilidioksidipäästöistä. Vielä pidemmälle menevässä visiossa ihmiskunnan asumukset muille planeetoille rakennetaan biomimetiikan ja synteettisen biologian avulla yksinkertaisia raaka-aineita ja mikro-organismeja käyttäen.

Biomimetiikalla on keskeinen rooli tulevaisuuden tekoälyn ja robotiikan kehityksessä. Neuroverkkoja jäljittelemällä voidaan tehostaa oppimista. Etsiessä bio- ja kiertotalouden uusia ratkaisuja, biomimetiikan tutkimus on myös avainasemassa. Jäljittelemällä luonnon omia prosesseja voidaan tehostaa raaka-aineiden käyttöä, vähentää jätettä, kehittää puhtaampia ja ympäristöystävällisiä prosesseja, tehostaa raaka-aineiden kierrätystä ja uusiokäyttöä. Itsestään järjestäytyvien rakenteiden avulla voidaan luoda kokonaan uudenlaisia materiaaleja, joissa yhdistyvät arvokkaat ominaisuudet.

Suomesta löytyy paljon alan osaamista, vaikka ei aina juuri biomimetiikka-otsikon alta. Osaamisen ja tutkimuksen avulla voidaan synnyttää uudenlaista liiketoimintaa digitalisaation ja automaation sekä kiertotalouden alalle.

2. Biomimetiikan tutkimus

Suomessa tehdään biomimetiikkaan liittyvää tutkimusta monilla aloilla

2.1. Biomimetiikkaan liittyvä tutkimusosaamisen Suomessa

Biomimetiikan tutkimusta kartoitettiin haastattelemalla joukko eri alan asiantuntijoita eri yliopistoista ja tutkimuslaitoksista. Otos jäi kuitenkin suppeaksi, sillä biomimetiikka on hyvin laaja käsite. Monille biometiikka oli vieras sana, mutta keskusteluissa paljastui, että siihen liittyvää tutkimusta toki tehdään. Kyse on rajanvedosta, mikä halutaan sisällyttää biomimetiikkaan ja miten tulosten soveltaminen nähdään. Soveltamismahdollisuudet ja kaupallistaminen on vaikeasti ennustettavissa, sillä monet ideat syntyvät vahingossa.

Haastateltavia oli mm. Aalto-yliopistosta (materiaalitiede), Helsingin yliopistosta (biotieteet, elintarvikekemia), Oulun yliopistosta (fysiikka), Tampereen yliopistosta (lääketiede) ja Turun yliopistosta (elintarviketiede).

2.2. Suomalaisen biomimetiikkaosaamisen asema kansainvälisesti

Suomalainen biomimetiikan tutkimus ei välttämättä löydy biomimetiikka tai biomimicry -termin alta. Monet haastatellut eivät tieneet tarkalleen, mitä biomimetiikka merkitsee, mutta haastattelun kuluessa kävi ilmi, että yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa tehdään siihen liittyvää tutkimusta. Haastatteluihin oli käytettävissä rajallinen aika, joten ohessa on vain joitakin esimerkkejä suomalaisesta biomimetiikan tutkimuksesta.

Itsestään järjestyvät materiaalit

Aalto-yliopiston professori Olli Ikkalan noin 2,5 miljoonan ERC Advanced Grantin saanut hanke keskittyy uudenlaisten monifunktionaalisten materiaalien tutkimukseen. Ikkalan ryhmässä keskitytään tutkimaan nimenomaan, miten ja miksi luonto rakentaa systeemejä ja materiaaleja, joilla on ainutlaatuisia ominaisuuksia. Luonnonmateriaalit ovat yhtä aikaa lujia, sitkeitä ja keveitä, mikä harvoin yhdistyy ihmisen tekemissä materiaaleissa. Niinpä luonnonmateriaalien syntyä ja rakennetta kannattaa tutkia tarkemmin.

Biologisille materiaaleille on ominaista itsejärjestäytyminen, jossa rakennekomponenttien väliin koodattu vuorovaikutus saa ne muodostamaan tietynlaisia nanorakenteita. Luonnossa tällä tavoin syntyvät esimerkiksi simpukan helmiäinen, josta 95 % on aragoniittia (kiteistä CaCO_3) ja 5 % orgaanista materiaalia (proteiinia ja polysakkarideja). Helmiäisellä on erinomainen murtumissitkeys rakenteen ansiosta. Se myös absorboi energiaa. Rakenne on hyvin kompleksinen, jonka ansiosta helmiäinen on sitkeää, lujaa ja kevyttä.

Ikkalan tutkimusryhmä on kehittänyt helmiäistä muistuttavan materiaalin, jonka valmistusprosessi perustuu pitkälti itsejärjestäytymiseen. Se koostuu nanometrinen paksuisen polymeerikerroksen peittämisestä, nanometrinen paksuisista savilevyistä, jotka muodostavat kerrostuneen ja äärimmäisen lujan rakenteen. Tavoitteena on ollut yksinkertaistaa rakennetta, mutta samalla säilyttää sen erinomiaset ominaisuudet.

Suomalainen nanoselluloosa ja itsestään järjestyvien materiaalien tutkimus on maailman huippua. Tutkimusryhmä julkaisee säännöllisesti huippusarjoissa ja tekee keksintöjä. Spin-offina on syntynyt mm. Betulium Oy joka valmistaa nanoselluloosaa sokeri- ja perunateollisuuden sivutuotteista (<http://www.betulium.com/>). Nanosellun käyttökohteita on muun muassa rehuissa, elintarvikkeissa, paperikemikaaleissa sekä öljynporausta- ja kaivosteollisuudessa.

Kiertotalouden ratkaisut

Helsingin yliopiston Biokeskuksessa tutkitaan mm. mikrobien käyttöä maaperän puhdistuksessa (bioremediaatio). Sovellusta voidaan pitää biomimetiikkana, jos esim. olosuhteita muokataan niin, että tietyt mikrobit toimivat ja hajottavat esim. haitallisia yhdisteitä. Nämä sovellukset antavat paljon mahdollisuuksia bio- ja kiertotalouden ratkaisuihin. Helsingin yliopiston Tekes-rahoitteinen REMSOIL-hanke tutkii ja kehittää biostimulointiin perustuvaa maanpuhdistusmenetelmää, jossa maan mikrobitoimintaa tehostetaan teurasjätteestä saatavalla sivutuotteella, lihaluujauholla. Lihaluujauho sisältää fosforia ja typpeä, joilla on todettu olevan positiivinen vaikutus maan puhdistuksessa. Menetelmä on patentoitu. Käsittelyllä voidaan vähentää esim. öljyhiilivetyjä merkittävästi maaperässä. Projektin johtaja on Prof. Martin Romantschuk.

Biomimetiikka ja älykkäät järjestelmät "Tekoälyn koti pohjoisessa Skandinaviassa"

Biomimetiikka ja älykkäät järjestelmät (BISG) on fuusio tietotekniikan ja biologian aloilta. Oulun yliopistossa työskennellään älykkäiden järjestelmien parissa, ja menetelmiä ovat tiedon louhinta, koneoppiminen, robotiikka ja tietoturva, jotka sovelletaan esimerkiksi teollisuuden valmistusprosessien optimointiin ja liikkuvien robottien ympäristömonitorointiin. Tutkimusryhmän perinteisten tutkimussuuntien lisäksi BISG myös pyrkii tarjoamaan konkreettisia ja uudenlaisia avauksia parempaa ICT:tä ja bioteknologiaa/biolääketiedettä varten. Nopeat ICT:n ja tietotekniikan kehitykset ovat avanneet uusia ennalta-arvaamattomia menetelmiä, joiden avulla tutkimusalueet voidaan yhdistää paremmin ja konkreettisemmin.

Biokiertotalous ja ihminen

Luonnossa esiintyviä vuorovaikutuksia kopioidaan ja muokataan ihmisen tarpeisiin. Yhdisteistä voidaan kehittää pinnoitteita ja lääkeyhdisteitä jäljitellen luonnossa tapahtuvia prosesseja. Esimerkiksi Oulun yliopistossa luonnollisen kaltaisia antimikrobisia yhdisteitä kehitetään sairaalainstrumenttien päällystämiseen. Bakteereiden tehokkaita solun suojausmenetelmiä hyödynnetään ihmissoluja varten ja jopa kokonaisten elinten toimintaa pyritään jäljittelemään modernin teknologian avulla. Esimerkkinä Oulun yliopisto vetämä keinomunuaisen tulostukseen tähtäävä kansallisen FutuRena tiimin tutkimus.

Bio- ja kiertotalouden raaka-aineiden osalta luonnonmukaisten ultralujien ja järjestäytyneiden materiaalien, kuten helmiäisen mimikointi ja tuottaminen selluloosan ja nanomineraalien yhdistelmistä voi tarjota uusia mahdollisuuksia suomalaiseen huippuosaamiseen.

Energiätehokkuuden lisääminen

Biomimikoitu nanopinta saa valokennot imemään enemmän valoa. Oulun yliopiston Nano- ja molekyyliysteemien yksikön tutkimus painottuu funktionaalsiin nanomateriaaleihin, hyötytuotteisiin, joiden toiminta perustuu nanomittakaavan rakenteisiin. Näkyvimpänä tuloksena on patentoitu innovaatio ja sen kaupallistamiseen tähtäävä yritys, WMZ-NanoSurfaces (<http://www.wmz-nano.com/>). Kyse on valon keräämistä tehostavasta nanopinnasta, joka perustuu ”biomimikointiin” eli eliöiden jäljittelyyn. Evoluution ansiosta kasvit keräävät optimaalisesti auringon säteilyä. Prof. Marko Huttulan ryhmä on kopioinut eri kasvien lehtien pintarakenteen polymeerimuovipinnalle. Uusiutuvan ja puhtaan energian talteenotto luonnon mekanismeja kopioimalla esimerkiksi suoran fotosynteesin avulla ja prosessin mimikointi esimerkiksi vedyn tuotossa nanokatalyyttien avulla kuuluu mm. Turun ja Oulun yliopistojen tutkimusprofiileihin.

Turun yliopistossa Akateemikko Eeva Mari Aron tutkimusryhmä on pitkään selvittänyt fotosynteesikoneiston säätely- ja suoja mekanismeja jo pitkään. Tavoitteena on kehittää kestäviä bionergian tuottotapoja selvittämällä miten fotosynteesikoneisto saattaisiin valjastettua tuottamaan puhdasta ja hiilidioksidituotoltaan neutraalia energiaa ihmiskunnalle. Tutkimus voi johtaa käänteentekevään läpimurtoon bioenergian tuotannossa.

Nano- ja mikrokuljetus: biomimetiikan mahdollisuuksia elintarvike- ja lääketieteelle

Liposomeja on käytetty erilaisissa lääke- ja kosmetiikan sovelluksissa parantamaan liukoisuutta vesi-öljy rajapinnoissa, kuljettamaan ja suojaamaan liposomien sisään sijoitettuja yhdisteitä. Samalla tavalla ne toimivat luonnollisissa biologisissa systeemeissä: niiden tehtävä on kuljettaa rasvaliukoisia yhdisteitä vesipohjaisissa systeemeissä kuten maito, ruuansulatuskanava ja veri.

Luonnollisiksi mikrovesikkeleiksi, nanovesikkeleiksi ja eksosomeiksi kutsutaan biologisia kuljetusmekanismeja, jotka mm. toimivat kemiallisina viestinvälittäjinä solujen välillä, mutta myös yksilöiden tai lajien välillä. Niiden määritelmä yleistäen on, että mikro- ja nanovesikkelit muodostuvat solukalvon kuroumaan päätyvistä komponenteista, ja eksosomit muodostuvat solun sisällä olevissa vesikkeleissä. Kaikki pro- ja eukaryoottisolut tuottavat niitä. Eksosomeissa on tyypillisesti erilaisia pintaproteiineja, joiden avulla niitä voidaan tunnistaa – ja joiden avulla ne saattavat päätyä kohteeseensa. Eksosomit ovat kiinnostuksen kohteena myös lääkekehityksessä, erityisesti geeniterapiassa.

Vaikka liposomien käyttökelpoisuus on keksitty kauan aikaa sitten, erityisesti biofarmaseuttisissa sovelluksissa niillä nähdään olevan uusiakin käyttökohteita, mm. erilaisissa lääkeannostelusysteemeissä (Dos, TkT Mika Jokinen, TuAMK/DelSiTech Oy). Toinen esimerkki lääketieteellisestä käytöstä on kuvantaminen: kun tunnistimen avulla kuvantamisessa tarvittava kemikaali saadaan täsmällisesti kohteeseen, kemikaalien käyttömäärä ja siten mahdollinen haitallisuus tutkittavalle alenee. Veteen liukenemattomuuteen perustuvia sovelluksia on kehitetty mm. kasvinsuojeluaineille ja torjunta-aineille. Niissäkin kemikaalin käyttöpitoisuus yleensä alenee ja siten ympäristöhaitat vähenevät. Liposomitekniikan avulla on kehitetty nanobiosensoreita erilaisiin entsyymiaivusteisiin analytiikkatarpeisiin, ja niissä reaktiiviset kemikaalit on suljettu liposomin tms. rakenteen sisään, joka selektiivisesti rajoittaa näytteestä mittausrakenteeseen päätyvien erilaisten yhdisteiden määrää, ja siten näytteen esikäsittelyvaiheet yksinkertaistuvat.

Oulun yliopiston koordinoimassa Biofutures2025 hankkeessa (Nano BioMass) kehitetään menetelmiä, joilla eksosomeja kerätään ja fraktioidaan biologisista nesteistä ja aerosoleista, ja karakterisoidaan niiden ominaisuuksia, sekä selvittää

mahdollisuuksia luontaisina ja keinotekoisina nanokokoisia kuljettimina. Hankekonsortiossa ovat Oulun yliopisto, Helsingin yliopisto ja Luonnonvarakeskus ja sitä johtaa prof. Seppo Vainio (OY).

Hiljattain tuotettu lisätieto mikro- ja nanokokoisten partikkelien ominaisuuksista ja vaikutuksista terveyteen tuo mahdollisuuksia uudenlaiseen diagnostiikkaan ja analytiikkaan, lääketieteellisiin tuotesovelluksiin ja mahdollisesti vaikuttaa myös ruuantuotantoon ja terveyttä ylläpitävien elintarvikkeiden raaka-aineisiin ja tuotantoteknologioihin.

Ihmisen varaosia

Prof. Pasi Kallio Tampereen teknillisestä yliopistosta on mukana Human Spare Parts –ohjelmassa (BioMediTech) kehittämässä In vitro solu- ja tautimalleja sekä implantteja eli siirrännäisiä (silmä, luu). BioMediTech on solumallitutkimuksen eturintamassa soveltaen biomimeettisiä solukkoviljelmiä, joissa voidaan tutkia mekaanisen, sähköisen ja kemiallinen ärsyksen vaikutuksia solujen toimintaan. Kantasolujen avulla kehitetään solukoiden luonnollista ympäristöä matkivia biomimeettisiä In vitro –solumalleja. Niiden avulla voidaan mimikoida tautitiloja ja solujen aineenvaihdunnan muutoksia lääkkeiden vaikutuksesta. Kantasolumalleja käytetään olosuhteissa, jotka jäljittelevät ihmiskehon toimintaa ja olosuhteita, kuten lämpötila, happipitoisuus, sähköiset ärsykkeet, verenkierto, hivenaineet jne. Malleja kehitetään tällä hetkellä erilaisten sydän- ja silmäsairauksien tutkimiseen. Tutkimuksessa yhdistyvät lääketiede, biomateriaalit, automaatio, mikrosensorit, 3D-kuvannus jne. Tutkimustuloksia on pyritty aktiivisesti kaupallistamaan ja niiden pohjalta on syntynyt Tekes-rahoitteisia Tutli-projekteja ja patentteja.

Lääketieteellisen teknologian liiketoiminta on usein suurten kansainvälisten lääke- ja diagnostiikka-alan yritysten käsissä. Pieneillä yrityksillä on kuitenkin mahdollisuuksia toimia teknologian ja palveluiden tarjoajana, esim. solumallien kaltaisissa korkean teknologian sovelluksissa ja tätä tukevien teknologioiden alueilla, kuten kuvantamisen ja sensoriteknikan ratkaisuissa.

Lääkeaihoita luonnosta

Tampereen yliopistossa Prof. Hannu Uusitalon ryhmässä etsitään uusia lääkeaihoita. Evoluutiolla on ollut aikaa satoja miljoonia vuosia kehittää vaikuttavia tapoja muunnella omien tai toisten yksilöiden ja lajien solujen mekanismeja ja kehittää soluja suojaavia mekanismeja/ yhdisteitä. Näitä voidaan hyödyntää haettaessa hyödynnettäviä molekyyliä / lääkeaihoita. Luonnosta haetaan lääkeaihoita mm. silmän pinnan ja verkkokalvon sairauksiin. Onnistuneimmat aihiot ovat löytyneet toistaiseksi soluja suojaavien mekanismien kautta. Biomimetikkaa pyritään hyödyntämään myös työ- ja kotiympäristön suunnittelussa mahdollisimman silmä- ja näköystävälliseksi.

Tekesin rahoittama, Helsingin yliopiston koordinoima ADELE-hanke (Autoimmune Defense and Living Environment) selvittää uusia tapoja parantaa immuunijärjestelmän toimintaa kaupunkiympäristössä. Hankkeen vetäjä, yliopistotutkija Aki Sinkkonen Ympäristötieteiden laitokselta Lahdesta yhdessä muiden hankkeen tutkijoiden kanssa on pystynyt osoittamaan mekanismin, miten mikrobialtistusta pystytään siirtämään erilaisiin tuotteisiin. Idealle on haettu patenttia.

3. Biomateriaalien ja uusien tuotteiden biomimeettisiä sovelluksia ja liiketoimintaa ulkomailla

Vuonna 2008 biomimetiikan sovellusten arvoksi arvioitiin puolitoista miljardia dollaria ja vuonna 2025 sen arvioidaan olevan biljoona dollaria. Yhdysvalloissa on ennustettu biomimetiikan sovellusten luovan yli puolitoista miljoona uutta työpaikkaa. Tähänastiset biomimetiikan sovellukset on kehitetty Euroopassa. Inspiraation lähteenä ovat lähinnä olleet hyönteisten ja kasvien mikro- ja nanoskaalan rakenteet. Eurooppa tulee olemaan kehityksen kärjessä ja USA sekä Japani seuraavat. Biomimetiikan tutkimuksen etulinjassa on ollut rakenteiden tutkimus, kuten eliöiden rakenteen selvittäminen elektronimikroskoopin avulla. Tutkimus laajenee kuitenkin solukoiden ja soluorganellien tutkimiseen ja niiden yhteisvaikutusten ymmärtämisen.

Biologia ja nanomittakaavan rakenteet omaavat paljon yhtäläisyyksiä. Esimerkiksi solukalvojen fosfolipidit järjestäytyvät spontaanisti vesikkeleiksi. Järjestäytyminen riippuu niiden molekyylien koosta ja muodosta. Tätä mallia on hyödynnetty lääkeaineiden kehityksessä, etenkin miten ne saadaan kuljetettua elimistössä matkien luonnollisten organellien rakennetta. Lääketieteen kehitysnäkymät ovat huimat: matkimalla luontoa lääkeaineet saadaan täsmäkuljetettua ja aktivoitua esim. syöpäkudoksessa.

3.1. Biomimetiikan kansainväliset verkostot

Biomimetiikan verkostotoiminta on tällä hetkellä kansainvälisellä tasolla aktiivista. Ensimmäiset biomimetiikan järjestöt ovat syntyneet jo 2000-luvun alkupuolella. Järjestöjen tavoitteena on ollut aktivoida ihmisiä luomaan luonnon inspiroimia vastuullisia ja kestäviä ratkaisuja eri sovellusalueille.

Kansainväliset verkostot tuovat yhteen biomimetiikasta kiinnostuneita henkilöitä sekä alan ammattilaisia, pyrkivät tukemaan biomimetiikan koulutusta sekä hyvien käytäntöjen hyödyntämistä. Verkostoja on sekä aloitteville että biomimetiikassa koulutuneille.

Alla esimerkkejä järjestöistä.

The Biomimicry Institute (2006, USA)

The goal of the The Biomimicry Institute is to empower people to create nature-inspired solutions for a healthy planet

- **AskNature**
 - Free, online, searchable database of information for the online biomimicry community (<https://asknature.org>)
- **Global networks** (<https://biomimicry.org/global-networks/>)
- **Biomimicry Global Design Challenge (BGDC)**
 - Annual competition that invites people to address critical sustainability issues with nature-inspired solutions and is open to students and professionals anywhere in the world (<https://biomimicry.org/design-challenges/>)
 - Collaboration possibility for Tekes
- **Biomimicry Accelerator program**
 - Each year 5-10 finalists of the Biomimicry Global Design Challenge are invited to participate in the year-long accelerator program. Goal to advance solutions beyond the concept stage.

Biomimetiikan sovellusten arvo kasvaa

Lähde mukaan biomimetiikan verkostoihin

- At the end of each Accelerator, one team is awarded the \$100,000 Ray of Hope Prize®
 - <http://challenge.biomimicry.org/en/page/accelerator-en#Winners2016>, <https://biomimicry.org/roh2017winner/>

European Biomimicry Alliance <http://www.biomimicryalliance.eu/>

A trans-national network of European experts in the field of sustainable innovation. Contributors to the alliance are mostly certified Biomimicry professionals, specialists and other experts in the field of bionics and biomimetics all with diverse professional backgrounds

International Society of Bionic Engineering (<http://www.isbe-online.org/>)

Biomimetiikan alueella toimii konsultteja, jotka tarjoavat palveluitaan biomimetiikka-ajattelun sparraamisessa, koulutusten järjestämisessä sekä liiketoiminnan kehittämisessä ja erilaisissa markkinaselvityksissä. Alla esimerkkejä.

Biomimicry Business Intelligence (Biomimicry Switzerland)

- Market research & strategic consulting firm that provides industry participants and stakeholders view of market dynamics and business opportunities within its coverage areas. The company offers market research methodologies and analyses to support business planning initiatives and go-to-market strategies (<https://www.biomimicrybusinessintelligence.com/>)

Biomimicry 3.8

- Bio-inspired consultancy offering biological intelligence consulting, professional training, and inspiration (<https://biomimicry.net/>)

Phi360

- commercial branch of Biomimicry Germany network agency (<https://www.phi360.de/>)
-

Konsultointi-
yritykset
liiketoiminnan
kehittämisen
tukena

3.2. Kansainvälinen näkökulma biomimetiikan yritystoimintaan

Kartoitaaksemme kansainvälisen biomimetiikka toimijan näkemyksiä haastattelimme Jacques Chirazia, joka toimii toimitusjohtajana Biomimicry Advisory Services konsultointiyrityksessä (<https://www.biomimicrybusinessintelligence.com/aboutus/>) sekä innovaatio- ja kaupallistamispäällikkönä Biomimicry Instituutissa (<https://biomimicry.org/>).

Yhdysvalloissa Montanassa pääpaikkaansa pitävä ja ei-kaupallisin perustein toimiva Biomimicry Institute on perustettu vuonna 2006. Instituutti tarjoaa biomimetiikasta kiinnostuneille henkilöille erilaisia ohjelmia sekä aktiviteetteja, edistää biomimetiikan tutkimusta ja koulutusta sekä tarjoaa ympäristön yhteistyölle. Instituutti ylläpitää mm. ilmaista AskNature – tietokantaa (<https://asknature.org>), jonka avulla voi etsiä biomimetiikan ilmiöitä, keksintöjä ja myös yrityksiä.

Biomimicry Institute järjestää vuosittain Biomimicry Global Design Challenge (BGDC) – kilpailun, missä etsitään biomimetiikan avulla ratkaisuja tärkeisiin kestävästi kehityksen ongelmiin (<https://biomimicry.org/design-challenges/>). Kilpailu on maailmanlaajuisesti avoin opiskelijoille ja ammattilaisille. Kilpailun avoimen kategorian 5-10 finalistille tarjotaan osallistumismahdollisuutta Biomimicry Accelerator-ohjelmaan, jonka tarkoituksena on viedä ratkaisuja konseptitasoa pidemmälle. Ohjelmassa tiimit voivat jatkaa ratkaisujen ja markkinastrategioiden kehitystyötä hyödyntäen Instituutin ja partnereiden liiketoiminnan sparrausta, mentorointia ja lakiasioiden tukea. Jokaisen Biomimicry Accelerator-ohjelman päätteeksi palkitaan yksi tiimi 100 000 dollarin Ray of Hope -palkinnolla.

Biomimicry Advisory Services on riippumaton markkinatutkimus ja strategiakonsultointiyritys, tarjoten palveluitaan biomimetiikkaan perustuvien liiketoimintojen suunnitteluun ja kehittämiseen. Yrityksen verkkosivuilta on ostettavissa yhteistyössä tuotettuja biomimetiikka-yritysten kehitystä kuvaavia case-esimerkkejä, sekä markkinakatsauksia.

Haastattelussa Jacques Chirazi totesi että biomimetiikkaa voidaan hyödyntää erittäin monella eri toimialalla aina rakennusten ilmastointijärjestelmien rakentamisesta tuotteisiin ja prosesseihin. Biomimetiikan hyödyntäminen perustuu tyypillisesti monimutkaisten biologisten prosessien ymmärtämiseen. Tämä vaatii mittavia tutkimusresursseja ja vaikuttaa siihen miten biomimetiikan ratkaisuja kehitetään tällä hetkellä.

Suurilla yrityksillä on yleensä riittävät resurssit viedä tuotekehitystä eteenpäin itsenäisesti, mutta myös ne pyrkivät rakentamaan yhteistyötä tutkimuslaitosten kanssa. Esimerkkinä tästä on Airbus, joka on etsinyt lentokoneen uutta muotoa sekä pintamateriaalia hyödyntäen biomimetiikkaa (<http://www.aircraft.airbus.com/innovation/future-by-airbus/the-concept-plane/innovating-for-the-future/>) sekä auton valmistaja Ford, joka on pyrkinyt hyödyntämään gekon varpaiden tartuntapinnan ymmärrystä, riittävän vahvan ja toisaalta irrotettavan liima-aineen löytämiseksi, voidakseen lisätä auton osien kierrätettävyyttä (<http://biomimicry.org/looking-gecko-answers-ford-partners-biomimicry-institute/#.Vj5aVMprUbl>)

Tarvittavan tutkimustaustan vuoksi biomimetiikkaa hyödyntävät startup-yritykset syntyvät hyvin tyypillisesti yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimuksen pohjalta. Nämä yritykset kohtaavat tyypilliset teknologiayrityksen kehityksen haasteet, kuten pitkä kehitysaika, ulkopuolisen rahoituksen tarve sekä markkinaosaamisen vähyyttä. Jacques Chirazi kertoi myös yritysten kokemuksesta joutua normaalia enemmän perustelemaan biomimetiikan ratkaisun toimivuutta verrattuna perinteisiin ratkaisuihin. Asenne on nyt selvästi kääntymässä, mutta paradigman muutos pitää vielä selkeämmin tapahtua. Biomimetiikkaan ei regulaatioiden ja esimerkiksi patentoinnin suhteen ei ole havaittavissa erityisiä alasta johtuvia haasteita.

Biomimetiikan hyödyntäminen vaatii eri osaamisalueiden hallintaa, kuten esimerkiksi biologian, kemian, insinööri-tieteiden ja liiketoiminnan. Myös luonnon ratkaisujen identifiointi ja näiden kanssa työskentely vaatii erityistä kokemusta ja toimintamallejakin. Näissä asioissa apua on saatavilla mm. kansallisten biomimetiikan verkostojen kautta sekä koulutuksia järjestävien konsulttiyritysten kautta.

Jacques Chirazi nosti esiin, että yhteistyö suomalaisten rahoittajien, yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa olisi tervetulluta. Yksi yhteistyön alusta voisi olla osallistuminen Biomimicry Global Design Challenges – ohjelmaan.

Biomimetiikan
hyödyntäminen
perustuu
monimutkaisten
biologisten
prosessien
tuntemukseen

Alla Euroopassa aktiivisia kansallisia Biomimicry verkoston jäseniä ja painotusalueita.

Biomimicry UK, <http://www.bio-uk.org/>

- Kemia, materiaalit, tekniikka

Biomimicry Netherlands (NL), <http://www.biomimicrynl.org/>

- Kiertotalous

Biomimicry Germany, <http://www.biomimicrygermany.com/>

- Yritysverkosto <http://www.biomimicrygermany.com/corporate-network>
- Tiede, tekniikka, ekonomia, ekologia, sosiaalipolitiikka, design ja muuta

Biomimicry Switzerland, <https://biomimicryswitzerland.org/>

- Valmistustekniikka
 - Interred (European Union Project), Strengthen SMEs in the field of manufacturing through sustainable innovation based on biomimicry.

Biomimicry Italy, <http://www.biomimicryit.org/proba/>

3.3. Biomimetiikkaa hyödyntäviä yrityksiä Euroopassa ja Yhdysvalloissa

Luonnon ratkaisut ovat melko usein pohjana yritysten tuotteissa tai ratkaisuissa. On mahdollista että biomimetiikkaa on käytetty vain jossain vaiheessa tuotantoprosessia jolloin yritys ei nosta tätä erityisesti esille esim. verkkosivuillaan. Kuitenkin internetistä löytyy useita yrityksiä, joiden prosessit tai tuote juontuvat selkeästi luonnon mallien hyödyntämisestä. Alla on listattu yrityksiä, joiden verkkosivuilla tuodaan selkeästi esiin heidän ratkaisunsa perustuminen biomimetiikkaan.

| | |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aquaporin | https://aquaporin.dk/ |
| Arctic Biomaterials | https://abmcomposite.com/ |
| ArnoldGlas | http://www.ornilux.com/history-research.html |
| Biomatrica | http://www.biomatrica.com/ |
| BluePlanet | http://www.blueplanet-ltd.com/ |

Luonnon ratkaisut vauhdittavat yritysten tuotekehitystä

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ecover | https://www.ecover.com/fi/ |
| Encycle | https://www.encycle.com/ |
| Interface Carpet | https://www.interface.com/US/en-US/about/modular-carpet-tile/i2-Modular-Carpet-Tile |
| John Todd Ecological Design | http://www.toddecological.com/ |
| Pax water | http://www.paxwater.com/biomimicry |
| REALice | https://realice.us/ |
| Sharklet Technologies | https://www.sharklet.com/ |
| SLIPS Technologies | http://slipstechnologies.com/ |
| Sto Corp | http://www.stocorp.com/sto_news/sto-corp-launches-next-gen-stocoat-lotusan-coating-2/ |
| Suprapolix | http://www.suprapolix.com/ |

Biomimetiikan yrityskehityksen Eurooppalaisiin kehitysnäkymiin saimme kommentin Hollannin biomimetiikkaverkoston johtajalta ja perustajalta Saskia van den Muijsenbergiltä. Hollannissa biomimetiikan aktiviteetit ovat jakautuneet usealle sovellusalueelle. Hänen mukaansa on hankala sanoa, missä suurimmat kehitystrendit ovat tällä hetkellä. Hän kuitenkin mainitsi erityisesti kasvaneen rakennetun ympäristön biomimetiikkaratkaisujen kysynnän. Kuitenkaan vielä ei ole nähty isoja projekteja tai investointeja.

Hollannissa on useita organisaatioita, jotka hyödyntävät biomimetiikkaa, tyypillisesti tuote- ja palvelu- tai prosessisuunnittelussa, mutta myös luonnon ratkaisuja otetaan huomioon myös politiikassa ja kaupunkikehittämisessä.

Esimerkkinä tuotesuunnittelusta on **Groasis**, hollantilainen yritys, joka on kehittänyt luonnon kapillaari-ilmiötä simuloivan taimien kasvatusalustan (<https://www.groasis.com/en>). Idea tuotteeseen on syntynyt luonnon tavasta suojata siementä. Alustaa voidaan käyttää hyvin kuivilla alueilla ja kasvattaa kasveja vähäistäkin sadevettä hyödyntäen.

Micanti Antifouling on kehittänyt merifoulaantumista estävän itsestään kiinnittyvän kalvon, jonka pinta koostuu miljoonista pienistä resilienteistä ja veden liikkeistä värähtelevistä kuiduista (<http://www.micanti.com/>). Materiaalina on nylonkuitu, polyesterikalvo ja kaksikomponenttinen vesipohjainen liima-aine. Kalvopinnan luoma keuhka- ja pistetelevä rakenne yhdessä tekevät pinnasta epämiellyttävän organismeille. Ratkaisussa on hyödynnetty biomimetiikkaa, sillä nylonkuidut ovat samanlaisia kuin piikikkäät "karvat", joilla luonnon organismit torjuvat likaantumista. Micantin merifoulaantumISRatkaisun avulla on mahdollista estää kaikenlaiset makrokasvat, kuten simpukoiden, merirokkojen ja levien kiinnittyminen. Kilpailuina yritys nostaa esiin mm. kalvon keuhkavyyden ja pitkän vaihtovälin (5-10 vuotta), helpon kalvon vaihto-operaation, kemikaalien myrkyttömyyden ja ympäristöystävällisyyden. Yritys on patentoinut kalvoteknologian maailmanlaajuisesti ja testannut sen toimivuutta yhteistyössä tutkimuslaitoksen kanssa.

Hollanti on yksi biomimetiikan edelläkävijöistä Europassa

Hollantilainen arkkitehtiyritys **RO&AD architecten** suunnittelee luonnon ratkaisuja matkivia siltoja sekä biodiversiteettiä tukevia puistoja (<https://www.ro-ad.org/>).

Kiertotalouden ratkaisujen esimerkkinä voi nostaa hollantilaisen luonnonmukaiseen maanrakennukseen keskittyvän **Netics – Innovation Engineers** -yrityksen (<http://www.netics.nl/en/>). Yritys tarjoaa ”matalan tekniikan”-ratkaisuja esim. lietteen vedenpoistoon, tuottaen raaka-ainetta uudelleen käytettäväksi. Yritys mm. hyödyntää lietettä luonnon mukaisessa kestävien maa- ja vesirakennustöiden toteuttamisessa. Yritys on hyödyntänyt teknologiaa mm. jokien oikaisurakenteissa, satamarakenteissa ja aallonmurtajissa. Yrityksen toiminta-ajatus on ”Building with and inspired by nature”

Saskia van den Muijsenberg toi esiin myös Rotterdamissa olevan Blue City:n jossa sijaitsee useita startup-yrityksiä ja jossa erityisesti toteutuu biomimetiikka systeemitasolla (circular design). Blue City:n ydin on vanha Tropicana-uimala Rotterdamissa, mikä on nyt ”hotspot” kaikenlaisille kiertotalouden (Blue Economy /Circular Economy) startup-yrityksille. Blue City:n tavoitteena on luonnon malli, jossa ei ole jätettä vaan toisen jäte on toisen lähtöaine. Blue City:n ajattelussa ei pelkästään linkitetä verkostoja ja annetaan verkostojen rakentua toistensa päälle (<http://www.bluecity.nl/about-bluecity/>)

“Coffee waste from the [Aloha Bar-Restaurant](#) is feedstock for mushrooms produced by [RotterZwam](#). The CO2 emissions going with that are used by [Spireaux](#) to produce spirulina. The mycelium is used in [BlueCity Lab](#) to create packaging material and the mushrooms are sold back to Aloha. The beewax from beekeeper [Stadsimker Abderrahim Bouna](#) is used by furniture maker [OKKEHOUT](#). Plastic waste from the suburbs is collected by [Community Plastics](#) and recycled to new products for the suburbs: like egg shaped nest cabinets. Fruit waste from the market is input for leatherlike material produced by [Fruitleather](#). There is a compost activity in the basement and the worms break down organic waste and aquaponics-system provides in fresh air for BlueCity. [KEES](#) re-uses bicycle and car tires to accessories and works with people with a distance to the labour market which can then move on to paid jobs inside or out BlueCity.”

4. Biomimetiikan hyödyntämismahdollisuuksia uusissa biopohjaisissa materiaaleissa ja tuotteissa

4.1 Biomimetiikan hyödyntäminen tuotteiden valmistamisessa

Luonnon ratkaisut voivat opettaa uusia ja tehokkaita toimintapoja tuotteiden valmistukseen ja kiertotalouteen liittyen.

Biomimetiikka voi tuottaa meille esimerkiksi tietoa

- kiertotalouden ratkaisujen tueksi jätteiden synnyn ehkäisyyn. Luonnossa on tyypillistä toimintatapa, jonka mukaisesti yhdeltä lajilta hyödyntämättä jäänyt tuote on usein toisen lajin käytettävissä joko lähtöaineen tai ravintona, mm. suljetut vähäresurssiset järjestelmät
- itsestään energisoivista järjestelmistä ja ratkaisuista. Luonnossa elämä pohjautuu auringon valoon ja fotosynteesiin
- kemiallisista prosesseista, joissa käytetään vesipohjaista, ei-myrkyllistä kemiallisia, teollisuusliuottimien ja harvinaisten maametallien käytön sijasta
- järjestelmätason ajattelusta ja kokonaisvaltaisista lähestymistavoista ongelmien ratkaisemiseen ja analysointiin, jotka mahdollistavat kestävien ratkaisujen tuottamisen yhteiskunnassa

On havaittavissa että tällä hetkellä biomimetiikkaa on hyödynnetty ympäristöystävällisten ja eksoottisilla ominaisuuksilla varustettujen materiaalien, kuten esimerkiksi vahvojen ja jäykkien tai joustavien ja itseparantuvien materiaalien kehityksessä. Tähän kenttään on noussut uusia yrityksiä. Vähemmän on yrityskentässä esimerkkejä uusista ratkaisuista korvattaessa vaarallisten kemikaalien ja materiaalien käyttöä. Lisäksi tilaa uusille innovaatiolle löytyy sekä tuotannon tehostamisen ja energijätteen vähentämisen alueella (viite: Biomimicry Business Intelligence, Financial & Market Research, Manufacturing Report, 2016)

4.2. Esimerkkejä suomalaisten yritysten esiin tuomista kaupallistamispotentiaalin omaavista biomimetiikan kohteista

Biomimetiikka Future Watch selvityksessä toteutettiin kuusi yrityshaastattelua, joiden avulla selvitettiin yritysten näkökulmaa luonnon tuottamien ratkaisujen hyödyntämiseen sekä mitä mahdollisuuksia ja haasteita yritykset tunnistavat.

Selvityksessä haastetellut yritykset olivat,

Millidyne Oy (www.millidyne.fi/)

- Millidyne on materiaalitekniikka-yritys, joka tarjoaa kehittyneitä pinnoitemateriaaleja ja pintakäsittelyratkaisuja metalli-, elektroniikka-, rakennus- ja prosessiteollisuudelle. Millidynen pinnoitteet ja pinnoiteratkaisut tuottavat helposti puhtaana pysyviä tai puhtaana pidettäviä pintoja sekä kulutuskestävyyttä ja kemiallista kestävyyttä lisääviä ratkaisuja.

Bittium Oy (www.bittium.com/)

- Bittium on erikoistunut luotettavien ja turvallisten viestintä- ja liitettävyysratkaisujen kehittämiseen käyttäen uusimpia teknologioita ja kertynyttä syvällistä radioteknologian osaamistaan. Bittium tarjoaa innovatiivisia tuotteita ja tuotealustoihinsa perustuvia ratkaisuja sekä tuotekehityspalveluita. Lisäksi Bittium tarjoaa korkealaatuisia tietoturvaratkaisuja mobiililaitteisiin ja kannettaviin tietokoneisiin. Bittium tarjoaa asiakkailleen myös terveydenhuollon teknologian tuotteita ja palveluita biosignaalien mittaamiseen kardiologian, neurologian, kuntoutuksen, työterveyden ja urheilulääketieteen osa-alueilla.

Kotkamills Oy (www.kotkamills.com/)

- Kotkamills tuottaa puutuotteita, mm. laminoituja tuotteita ja kuusirakenteita sekä pitkälle jalostettuja paperituotteita käyttäen mm. ruskeaa kierrätyskuitua, jota saadaan lähinnä kaupan ja teollisuuden ruskeista pahvilaatikoista. Alueella on myös Suomen suurin yksittäinen sahanpurua käyttävä sellutehdas.

Woodio Oy (www.woodio.fi/)

- Woodion uudet tuotteet, kuten puupohjaiset pesualtaat ovat tehty vettä kestävästä puukomposiittimateriaalista, joka koostuu puusta ja luonnonmukaisista sideaineista. Materiaali hylkii likaa ja käytön jälkeen se voidaan kierrättää energiana.

Separation Research Oy (www.sepres.com)

- Separation Research on T&K- ja palveluyritys, joka erikoistuu biomassan kemiallisiin prosesseihin ja tuotekehitykseen.

DelSiTech Oy (www.delsitech.com)

- DelSiTech on lääkealan teknologiayritys, jonka tuotteena on piipohjainen lääkeannosteluteknologia pienmolekyylisen ja biologisten lääkkeiden annosteluun.

4.2. Biomimetiikan tuntemus yrityksissä

Biomimetiikka tieteenä ja sen hyödyntämismahdollisuudet olivat haastatelluille yrityksille vaihtelevasti tuttuja. Puolet haastateltavista kertoivat tutustuneensa biomimetiikkaan ja sen mahdollisuuksiin ja nämä yritykset olivat myös tietoisia oman alansa biomimetiikan tutkimuksesta ja mainitsivat myös tutkijoita Suomessa. Esiin nousi mm. synteettisten entsyymien ja katalyyttien hyödyntäminen sekä biomimetiikan rakennetutkimus. Yhteistyö tutkimuslaitosten kanssa ja biomimetiikan hyödyntäminen yrityksen kehitystyössä todettiin olevan kuitenkin vielä pienimuotoista, vaikkakin ideoita sovellusmahdollisuuksista nousi hyvin esiin.

Yritysten tieto muista yrityksistä, jotka käyttävät biomimetiikkaa oli melko rajallista. Kuitenkin informaatioteknologian ja robotiikan kentästä mainittiin useita esimerkkejä, erityisesti tekoälyratkaisuihin liittyen.

Biomimetiikan toimintamallien hyödyntäminen yrityksen liiketoiminnassa oli harvinaista. Ensimmäinen ajatus usealla yrityksillä oli että heillä ei ole käytössä luonnosta saatuja toimintamalleja. Yritykset eivät ilmoittaneet hyödyntävänsä luonnosta omaksuttuja toimintamalleja, tuotteita tai työkaluja systemaattisesti

”Monet yritykset eivät tiedosta, että ovat biomimetiikan kanssa tekemisissä”
Separation Research Oy,
Thomas Holmbom

toiminnassaan. Kuitenkin luonnosta mallia saavia toimintatapoja ja hyödynnettäviä materiaaleja identifioitiin keskusteluiden edetessä.

Osa haastalluista kertoi käyttävänsä luonnonaineita tuonnossaan. Kotkamills Oy nosti esiin paperiteollisuudessa käytössä olevat tärkkelys ja vastaavat yhdisteet, Separation Research Oy ilmoitti patentoineen menetelmän, jossa luonnon aineilla saadaan aikaiseksi vettähylkivä pinta. Ko. ominaisuus tulee materiaalista itsestään, joka koostuu vettähylkiästä yhdisteestä ja itsejärjestäytyneen pinnan rakenteesta. Heidän näkökulmastaan puhdas entsyymien käyttö ei ole sellaisenaan biomimetiikkaa vaan biokemiaa.

IT- ja teknologiayrityksen toiminnassa nostettiin esiin luonnosta mallinsa saaneet toimintatavat liittyen kentällä työtä tekevien ihmisten verkottumiseen ja informaation vaihtotapoihin sekä ohjelmistotuotannon työkaluihin, jossa esimerkkinä takaisinkytkennän vahvistaminen (tietty sprintti).

4.3. Biomimetiikan sovellusmahdollisuudet yritysten näkökulmasta

Yrityshaastatteluissa nousi esiin useita sovellusalueita missä biomimetiikka voisi tarjota hyviä ratkaisuja tai ratkaisumalleja.

Pintamateriaalit

Pintamateriaalien kehittämisessä kasvien topografiaa on hyödynnetty pitkään. Lotuskukka efektistä on puhuttu jo yli 20 vuotta. Kasvit ovat evoluution aikana kehittäneet pinnan, joka hylkii vettä ja ohjaa veden kulkua. On kuitenkin tärkeää muistaa, että luonnon kehittämät mallit toimivat erityisesti vedelle, eivät välttämättä muille liuottimille. Esimerkiksi Millidyne Oy pyrkii keinotekoisesti matkimaan luonnon kehittämää topografiaa hyödyntäen aiemmin hyväksytyjä sallituja aineita.

Merifoulaantumisen estoaineet

Luonnosta peräisin oleville yhdisteille olisi valtava mahdollisuus suolaisen veden merifoulaantumisen estoaineissa. Sovelluskohteita voisivat olla erilaiset offshore-tuotteet kuten öljynporauslautat, laivat, laiturit jne. sekä myös tuulivoimalat. Offshore-tuotteissa kasvillisuuden kertyminen rakenteisiin aiheuttaa aikaa myöden korroosiota kehittäessään anaerobiset olosuhteet kasvillisuuden alle ja mikrobitoiminnan aktivoituessa. Merifoulaantuminen on merkittävä haitta, joka lisää liikevastusta 10%, jolloin vastaavasti polttoainetta kuluu laivassa 10% enemmän kasvuston aiheuttaman kitkan voittamiseksi. Nykyään käytetyt merifoulaantumisen estoaineet ovat hyväksytyjen yhdisteiden listalla olevia synteettisiä yhdisteitä. Ko. listalta on poistunut pois vanhoja estoaineita ja näiden tilalle tarvittaisiin uusia korvaavia. Makeassa vedessä kasvustonestoaineiden käyttö on kokonaan kielletty ja kasvustonesto perustuu mekaaniseen puhdistukseen.

Paperi ja kartonkituotteet

Paperikoneet ovat yksi suuri topografiaa hyödyntävien pinnoitteiden käyttökohde. Kotkamills Oy:llä on mm. uusi kartonkikone Kotkassa, joka tekee päällystettyä kartonkia. Kartonkeihin haluttaisiin kehittää erikoispintoja, jotka ovat vettä ja rasvaa hylkiviä. Nykyään pinnoituksessa on käytössä ratkaisuja, joissa joudutaan käyttämään öljypohjaisia yhdisteitä ja niitä haluttaisiin korvata biomassoista saatavilla yhdisteillä. Biomimetikka voisi olla siis yksi tapa hakea yhdisteitä ja uusia pinnoitustapoja.

Maalit

Kasvien vahapinnoissa muodostuu myös ns. interferenssivärejä veden pintaan, joiden tarkoituksena on joko houkuttaa pölyttäjiä tai karkottaa tuohyönteisiä. Maaliteollisuus voisi olla kiinnostunut näistä.

Hygieniarakentaminen

Elinympäristön hygieniarakentamisessa, kuten sairaaloiden erikoishygieniassa ja muiden erikoistilojen hygieniassa olisi mahdollista hyödyntää luonnonaineita pinnoitteissa. Tällä hetkellä käytetään vain synteettisiä tuotteita. Käytettävien yhdisteiden tulee olla hyväksytyjä biosidi-lainsäädännön puitteissa. Esimerkiksi kuusenpihkaa käytetään haavan hoidossa, mutta ei pinnoissa. Mikäli pihkasta eristetään erillään yhdiste, se vaatii uuden testauksen ja hyväksynnän ennen kuin sitä voi käyttää.

Kasvinsuojeluaineet

Luonnon kasvit suojautuvat hyödyntäen biosidista suojautumista (esim. puista saatavat stilbeenit, suberiini), jota esiintyy laajasti luonnossa. Suojamekanismit vaihtelevat kasvupaikan ja lajien mukaan.

Kangastuotteet

Urheilutekstiileissä käytetään mm. hopeaa vähentämään bakteeritoimintaa ja sen myötä hienhajua. Hopean rajoittaminen on tulossa lainsäädäntöön, koska se häiritsee mm. jätevedenpuhdistamojen toimintaa. Luonnon biosidit (esim. männyn tai kuusen yhdisteet) voisivat pesuaineeseen lisättyinä toimia funktionaalisina raikasteina.



Esimerkki vaateista löytyvästä pinnasta, BIONIC-FINISH® ECO, <http://www.rudolf.de/en/technology/bionic-finish-eco/>

Jäätymisen esto

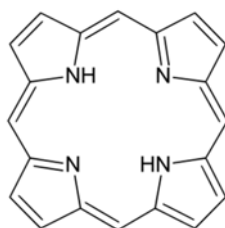
Puilla ym. kasveilla on runsaasti jäätymistä estäviä yhdisteitä, joita voitaisiin hyödyntää pintamateriaaleissa estämään veden jäätymistä pintarakenteissa tai helpottamaan jäätyneen veden poistamista vähäisellä voimalla. Jäätymistä voitaisiin kontrolloida biomassapohjaisilla yhdisteillä esim. kapseloimalla aineita, jotka vapautuisivat pintaan sopivalla nopeudella. Sovelluskohteita voisivat olla esim. tuulivoimaloiden lavat, offshore-tekniikka (esim. öljynporauslautat, laiturit, laivat), radiomastot, aurinkoenergia pohjoisella sektorilla. Jäätymisen kontrollointia tarvitaan pohjoisen ulottuvuuden kulkuneuvoissa (esim. rautatiet ja junat).

Luonnonyhdisteiden hyödyntämiselle pinnoitteiden kehittämisessä olisi tilaa mittavillekin hankkeille, joille olisi useita tärkeitä käyttökohteita mm. offshore-tekniikassa, elinympäristöjen hygieniarakentamisessa ja pohjoisen ulottuvuuden kulkuneuvoissa.

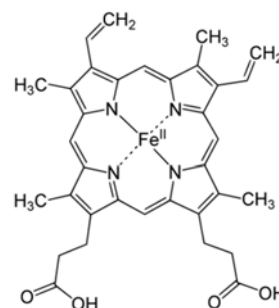
Itsejärjestäytyvät rakenteet

Evoluutio on valinnut energiatehokkaimmat tavat tuottaa materiaaleja ja yhdisteitä vuosimiljoonien aikana. Lisäksi itsejärjestäytyneet (self-assembly) rakenteet ovat mielenkiintoisia. Nämä rakenteet syntyvät itsestään ja taustalla on taas luonnon tapa tehdä energiatehokkaita ratkaisuja. Myös huokoiset rakenteet ovat mielenkiintoisia.

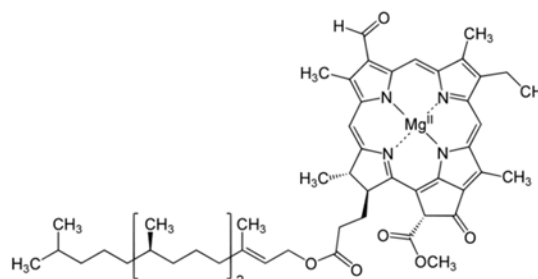
Luonnonvalinta on vaikuttanut myös biologisten yhdisteiden muotoon. Esimerkiksi eläimissä oleva hemoglobiinimolekyylillä ja kasveissa oleva klorofylli muistuttavat kumpikin toisiaan. Kummassakin on porfyriinimolekyylillä ja sen johdannainen. Luonto on siis jo kerran luonut nerokkaan molekyylin, jota on kierrätetty ja käytetty sekä eläimissä että kasveissa.



Porfyriini



Hemoglobiini



Klorofylli

Muurahaispesän tai termiittipesän muodostuminen on myös biomimetiikan uskomattomia luomuksia. Yksi muurahainen tai termiitti ei ole mitenkään älykäs. Mutta koko yhdyskunta pystyy tuottamaan rakenteita, joissa pesän toimivuus on lähes täydellinen, esim. ilmanvaihto toimii parhaimmalla tavalla ilman ylimääräistä energiaa. Pesän kosteus ja lämpötila on saatu pysymään tasaisena vaikka ulkoilman ominaisuudet muuttuvat.

Erään yrityksen huomio oli että ”tällä hetkellä monet yritykset tekevät tuotekehitystä perusmenetelmillä eivätkä etsi ratkaisua useinkaan biomimetiikan menetelmillä. Joskus tuotekehitys onnistuu yli odotusten ja aletaan tutkia syitä tähän ja huomataan, että tuotteen toiminnallisuus johtuu esim. mikro- tai nanorakenteesta. Tällöin syntyy mahdollisuus markkinoida tuotetta biomimeettisin perustein.”

IT ja signaalin käsittely

Biomimetiikkaa voi tuottaa uusia ratkaisuja tiedon välittämiseen esim. koneiden välillä (internet of things) tai tekoälyn hyödyntämiseen asiantuntijoiden välisessä kommunikaatiossa, esim. tilanteessa jossa osaaminen ei suoraan siirry asiantuntijalta toiselle. Tästä esimerkkinä voisi olla röntgen kuvien tulkinta, jossa kone voisi nopeuttaa oppimistehtävää.

Luonnon hermosysteemeitä voidaan matkia tiedon välittämisen mallien kehittämiseen sekä tekoälyalgoritmejä kehittämiseen. Mm. niukkojen resurssien puitteissa voidaan radoratkaisuissa voidaan hyödyntää saalistaja – saalis toimintatapoja, esim. kaistan jakamisessa ja menetelmissä kuinka oma sanoma saadaan perille tai piiotettuna.

4.4. Biomimetiikkaan liittyvä lainsäädännöstä ja standardeista

Kemikaalilainsäädäntö

REACH-lainsäädäntö pitää ottaa huomioon jos biomimetiikan avulla tähdätään uusiin kemikaaleihin. Eurooppalainen biosidi-lainsäädäntö ja kasvustonestoaineisiin liittyvä lainsäädäntö nousivat haastatteluissa esiin konkreettisina haasteena. Pk-yrityksille raskaan hyväksyttämisen prosessin vuoksi usein uusien luonnosta peräisin olevien yhdisteiden tuotekehitys, pilotointi ja kaupallistaminen estyvät. Prosessi on pitkälinen ja usein liian kallis yksittäiselle pk-yritykselle.

Valmistajan, joka valmistaa ainetta joko sellaisenaan tai yhdessä tai useammassa valmisteessa vuodessa yhden tonnin tai enemmän, on toimitettava rekisteröinti Euroopan kemikaalivirastolla (ECHA). Jos rekisteröitävää ainetta on vähintään 10 tonnia vuodessa rekisteröijää kohden, on suoritettava kemikaaliturvallisuusarviointi ja laadittava siitä raportti. Rekisteröintivaatimusta sovelletaan kaikkiin aineisiin riippumatta siitä, onko niitä luokiteltu vaarallisiksi vai ei. Jos kyseessä on seos, täytyy seoksen sisältämät aineet rekisteröidä erikseen.

Biosidivalmisteasetus (EU N:o 528/2012) määrittelee biosidivalmisteeksi aineen tai seoksen, jota käytetään haitallisten organismien tuhoamiseen tai haitattomaksi tekemiseen. Biosidivalmisteet on jaoteltu asetuksessa 22 valmisteryhmään, jotka on luokiteltu desinfiointiaineisiin, säilytysaineisiin, tuholaistorjuntaan ja muihin biosidivalmisteisiin. Valmisteet, joita käytetään vain biosidivalmisteiden tehoaineina, on REACH-asetuksen mukaan katsottu jo rekisteröidyiksi, jos kyseiset tehoaineet on hyväksytty biosidiasetuksen mukaisesti.

Biomimetiikan standardointi

Kemianteollisuus ry, Metsäteollisuus ry ja Väriteollisuusyhdistys ry perustivat vuonna 2013 yhteisen standardisointiorganisaation Kemesta ry:n. Sen työkenttään kuuluu toimialojen tuotteisiin ja teknologioihin liittyvä standardisointi (www.kemesta.fi).

Biomimetiikan standardisointia hoitaa tekninen komitea ISO/TC 266. Komitea käsittelee kysymyksiä liittyen luonnon materiaalien, rakenteiden ja toimintojen soveltamiseen hyötykäyttöön. Aiheesta tehdään runsaasti tutkimusta ympäri maailmaa erityisesti yliopistoissa. Suomi toimii tarkkailijajäsenenä (Observer) ISO/TC 266:ssa.

Komitea on julkaissut kolme standardia:

ISO 18457:2016 Biomimetics - Biomimetic materials, structures and components
ISO 18458:2015 Biomimetics - Terminology, concepts and methodology
ISO 18459:2015 Biomimetics - Biomimetic structural optimization

Kemestan asiamies Jouni Valtanen totesi että tällä hetkellä ISO/TC 266 Biomimetics komiteassa ei ole käynnissä virallisia työaihetta. Suomeen ei ole vielä perustettu kansallista standardisointikomiteaa Biomimetiikan standardisoinnille.