

# Ketterät komposiitit

## ■ Mahataudit kuriin, luut kuntoon ja ympäristöltä kiitosta. Komposiittien kemia on etenemässä uuteen vaiheeseen.

### Kalevi Rantanen

Lääkkeitä voi kohta kuljettaa kehoon yhdistelmäateriaali, joka kartoittaa mahalaukun tilanteen ennen kuin päästää lääkeaineen elimistöön.

Tulehduksellisen suolistosairauden hoitoon tarkoitetun komposiitin ovat kehittäneet Helsingin yliopiston professorin **Hélder A. Santosin** ja Bolognan yliopiston professorin **Nadia Passerinin** johtamat tutkijaryhmät.

Materiaali tunnistaa ensin mahalaukun pH-arvon ja sitten reaktiiviset happiradikaalit eli ROS-yhdisteet. Happiradikaaleja havainnoivat nanopartikkelit on sijoitettu pH-herkkien mikropartikkelien sisään. Nanohiukkasten halkaisija on noin 200 nanometriä, mikropartikkelien 50 mikrometriä eli 50 000 nanometriä.

Mikropartikkelit suojaavat nanopartikkeleita happamassa ympäristössä ja estävät lääkettä vapautumasta ennenaikaisesti. Lisäsuojaa tuo nanohiukkasten kitosaanipäällyste.

Vasta tulehduksesta kielivät epänormaalin korkeat happiradikaalipitoisuudet laukaisevat nanopartikkelit päästämään lääkeaineen irti. Tulehtuneen kudoksen tunnistava kapseli annostelee lääkettä vain tarvittavan määrän, mikä vähentää sivuvaikutuksia.

Jos keksintö pystytään kaupallistamaan, sillä on isot markkinat. Haavais-ta paksusuolentulehdusta ja Crohnin tautia esiintyy paljon, ja tauteja on vaikea hoitaa.

### Uutta luuta leukaan

Terveyttä edistää myös Aalto-yliopiston, Helsingin yliopiston ja Twenten yliopiston hanke, jonka tähtäimessä ovat yksilölliset komposiittikehikot

suu- ja leukakirurgian luuimplantteja varten.

Tutkijat kehittävät materiaalia Aallon professorin **Jukka Seppälän** johdolla. He syntetisoivat oligomeeristä esipolymeeriä, polytrimetyylikarbo-naattia. Siihen lisätään bioaktiivista trikalsiumfosfaattijauhetta, joka hoitaa luukudospuutosta. Seoksesta tulostetaan ennalta suunniteltu geometrinen kappale.

Cra-Max-S-hankkeessa yhdistyvät komposiitit, kemia, biokemia, lääketiede ja 3d-tulostus. Tämä edustaa komposiittitutkimuksen nykyvaihetta. On menty pitkälle eteenpäin viime vuosisadan komposiiteista, jotka kaikessa loistossaan olivat passiivisia tukirakenteita.

Varhainen komposiitti on teräsbetoni, jossa betoni on matriisi ja teräslankalujite. Sitten tulivat lasi- ja hiilikuitulujitteiset komposiitit, joissa matriisina toimii jokin polymeeri tai muovi. Nyt vuorossa ovat entistä hienostuneemat materiaalit. Vuoden 2020 loppuun jatkuva Cra-Max-S-hanke on yksi vaihe tutkimusten ketjussa.

Ihmisen komposiittivaraosia kohtaamme useimmiten hammaslääkärin tuolissa. Turun yliopiston professori **Pekka Vallittu** ja hänen kollegansa esittelevät viimesyksyisessä artikkelissaan kuitulujitteisten komposiittien näkymiä hammaslääketieteessä. Käyttöön tulevat nanotäytteet ja uudet kuitut.

Hampaiden korjaamiseen vuosikymmeniä käytetyt metalliset materiaalit halutaan korvata kuitulujitteisillä komposiiteilla. Metallit ovat jäykempiä kuin luu ja voivat aiheuttaa luustossa ylikuormitusta. Ne häiritsevät

myös lääketieteellistä kuvantamista.

Komposiitit valmistetaan polymeerisoimalla monomeerejä. Ihmiskehon kanssa yhteensopiva jäykkyys ja lujuus saadaan aikaan lisäämällä materiaaliin kuituja.

Hammashoidon teknologia liittyy myös Jukka Seppälän ryhmän tutkimusalueeseen. Samoilla materiaaleilla voidaan korvata esimerkiksi vaurioituneita kallon osia.

Uusilla materiaaleilla on rajoituksen-sa, joiden poistaminen vaatii vielä paljon tutkimusta. Yksi ongelma on kuitulujitteen ja orgaanisen matriisin, kuten hartsin, sidoksen heikkeneminen ajan mittaan. Ratkaisun voisi tarjota siirtyminen epäorgaaniseen matriisiin.

### Mallia luonnosta

Tiedelehti *Sciencen* marraskuinen erikoisnumero tekee yhteenvetoja komposiittien kehityspiirteistä. Tutkimuksen painopisteitä ovat uusiutuvat materiaalit, luonnon jäljittely sekä hiilinanoputket ja grafeeni.

Biokomposiitteja on valmistettu hyvinkin erikoisista raaka-aineista, kuten hedelmien ja vihannesten puristusjätteestä, viljojen akanoista, kahvinpapujen kuorista ja broilerin höyhenistä, joita syntyy suuria määriä siipikarjateollisuuden sivutuotteena. Höyheniä

» » »

**Suomalaisen Durat Oy:n uusimmat komposiittilevyt sisältävät muovijätteen lisäksi luonnonpigmenttejä, joita valmistaa Alankomaissa 1700-luvulla perustettu tehdas. Samoja pigmenttejä käyttävät taiteilijat hollantilaisen maalaustaiteen kultakaudella.**





voidaan käyttää lujitteina kevyissä komposiiteissa.

Myös biokomposiittien kehittämisessä riittää runsaasti työtä. Lujitteet ja matriisi on saatava tarttumaan toisiinsa. Kestävyys käytössä on kriittinen tekijä, kun biokomposiiteilla halutaan korvata perinteisiä maaöljypohjaisia materiaaleja esimerkiksi autoteollisuudessa.

Biomateriaalitutkijoiden ryhmä Max Planck -instituutista Potsdamista painuu luonnon antamiin malleihin. Luonnossa heitä houkuttelee materiaalikäytön tehokkuus. Nilviäisten hampaat, luut, kollageenit, hämähäkin seitit, höyhenet, puiden rungot ja hyönteisten kuoret koostuvat pienestä valikoimasta mineraaleja, proteiineja ja sokereita.

Tutkijat mainitsevat esimerkkinä kalmarin imukupin, joka koostuu samankaltaisista ”imukupiproteiineista”. Kupissa on huokoisia, putkimaisia rakenteita, joiden koko vaihtelee. Kupin proteiinit itsejärjestyvät struktuuriksi, johon levymäiset nanorakenteet tuovat lujuutta ja amorfinen matriisi joustavuutta.

Toinen esimerkki on australialaisen banksia-kasvin siemenkotelo, joka voi säilyä maassa 15 vuotta. Kotelo avautuu ja vapauttaa siemenen kahdessa vaiheessa, ensin kuumuuden ja sitten kosteuden vaikutuksesta.

Banksian kotelon pitkäaikaisen säilyvyyden ja luotettavan avautumisen salaisuus on komposiitti, joka koostuu selluloosasta, hemiselluloosasta, ligniiniä, vahasta ja tanniineista.

Nilviäisen kuoren helmiäinen on luja ja sitkeä yhtä aikaa. Suomessa Aalto-yliopiston professori **Olli Ikkala** ja hänen kollegansa ovat ottaneet mallia simpukoilta. Yksi heidän ratkaisunsa on savi-polymeerinanokomposiitti, joissa nanosaviliuskat itsejärjestyvät kerroksittain helmiäisen tapaan.

### Kuinka käy nanohiilen?

Jättiloikkaa komposiittikehityksessä luopaavat nanohiiliputkesta ja grafeenista tehty lujitteet, mutta niiden riskitkin ovat suuret.

Manchesterin yliopiston grafeeni-instituutin materiaalitutkija **Ian A. Kinloch** korealaisine ja amerikkalaisine kollegoineen tarkastelee hiilinanoputkien ja grafeenin mahdollisuuksia komposiittien lujitteena.



Scanstoc/photo

**Tutkijat ottavat mallia banksia-kasvin siemenkotelosta, joka on ilmiömäisen sitkeä ja säilyvä.**

Jo yli vuosikymmenen sitten osoitettiin, että pienet grafeenihiukkaset ovat 200 kertaa lujempia kuin teräs. Mutta entä grafeenikomposiitit?

Itse nanohiukkaset ovat mikrotasolla erittäin jäykkiä ja lujia, mutta niillä vahvistetut komposiitit voivat olla heikkoja. Lyhyet kuidut ovat komposiiteissa hiukkastytteitä. Syntyvä rakenne kestää kuormia huonosti.

Toinen pulma on nanohiilimateriaalien sileys, jonka takia niitä on vaikea saada tarttumaan matriisiin. Sama vaivasi hiilikuitukomposiitteja, kunnes teollisuus keksi kemialliset menetelmät, joilla hiilikuidut muunnetaan tarttuviksi. Nanohiiliä ei kuitenkaan ole kyetty vielä muokkaamaan heikentämättä samalla muita ominaisuuksia.

Kolmas ongelma on nanohiukkasten taipumus kerääntyä ryppäiksi. Silloin ne hajaantuvat matriisiin epätasaisesti.

Kaupallisia nanoputki- ja grafeenikomposiitteja on ongelmien takia vasta vähän. Verkkolehti *Graphene-info* mainitsee sovelluksina tennismailat ja urheilukengät. Kanadalainen grafiittiyhtiö Gratomic on tuomassa markkinoille grafeenivahvistetut autonrenkaat.

Ian Kinloch sanoo, että hiilikuitu-

komposiittia paremman lujuuden ja jäykkyyden saavuttaminen vaatii pitkiä, yhtenäisiä nanohiilikuituja. Myös kuidun ja grafeenin liitos kaipaava kehittämistä.

Kehitystyötä tehdään, sillä nanoputket ja grafeeni voivat antaa komposiiteille myös lisää sähkön- ja lämmönjohtavuutta, vaimennuskykyä ja muita hyviä ominaisuuksia.

Suomalainen nanonuppu, kahden hiilirakenteen eli nanoputken ja fullereenin komposiitti, on yleistä taustaa vasten katsottuna suuri saavutus. Nuppu muistuttaa luonnon komposiitteja, joissa ominaisuuksia ja toimintoja saadaan aikaan saman aineen erilaisilla rakenteilla.

Nanonuppututkimusta vetänyt Aalto-yliopiston professori **Esko Kauppi** sai viime vuonna Unescon nanotiedepalkinnon. Tutkimustulokset on vienyt käytäntöön Canatu Oy, joka valmistaa kosketusnäyttöjen kalvoja.

### Kierrätys kehitty

Uusien komposiittien ideoimisen ohessa parannellaan jo tuttuja yhdistelmä-materiaaleja.

”Perinteisten” hiili- ja lasikuitulujitteisten komposiittien valmistusteknologiaa ovat kehittäneet Illinoisin yliopiston tutkijat. Jos heidän laboratorioitukoksensa saadaan kaupallistettua, lentokoneiden, autojen ja veneiden komposiittipaneelit kyetään tekemään murto-osalla nykyisestä energiankulutuksesta.

Esimerkiksi lentokoneiden rungon kuitulujitteisiä paneeleja kovetetaan nykyään autoklaavissa noin 180 asteen lämpötilassa. Samalla tarvitaan ulkoisen paineen ja sisäisen tyhjiön yhdistelmä.

Imailualan insinöörit **Scott White** ja **Philippe Geubelle**, kemisti **Jeffrey Moore**, materiaalitutkija **Nancy Sottos** ja heidän työoverinsa ovat kehittäneet toisen tavan. Heidän menetelmässään eksotermien, aaltona etenevä reaktio polymeroi nestemäisen monomeerin.

Reaktio, ruteniumilla katalysoitu frontaalinen metateettinen polymerisaatio eli FROMP, on tunnettu aiemminkin. Reaktion valmistelevat vaihteet etenivät kuitenkin liiankin nopeasti. Illinoisilaisryhmä löysi inhibiittorin, jolla tutkijat kykenivät sopivasti hidastamaan reaktioita.

Komposiittimateriaaleja on pidetty hankalina, käytännössä usein mahdottomina kierrättää. Tilanne on tämänkin osalta muuttumassa.

Hiilikuitukomposiitin kuituja pystytään jo ottamaan talteen hajottamalla matriisi niiden ympäriltä joko termisesti tai kemiallisesti.

Kauneinta olisi kierrättää komposiitin kaikki osat. Yhdysvaltalainen tutkijaryhmä on selvittänyt, mitä hartsin ja lasikuidun yhdistelmän kierrätys maksaa. Heidän kohteenaan oli Elium-niminen hartsi, jota käytetään esimerkiksi tuulivoimaloiden siivissä.

Elium on valmistajansa, ranskalaisen Arkeman mukaan ensimmäinen nestemäinen lämpömuovattava hartsi. Lämpömuovautuvuuden ansiosta se sopii myös hitsattavaksi. Kun hartsi ensin liuotetaan irti lasikuidusta, komposiitin molemmat osat voidaan kierrättää.

Tutkijat havaitsivat, että kierrätettyjen ja neitseellisten materiaalien mekaaniset ominaisuudet ovat suunnilleen samat. Tietyin edellytyksin kierrätys tulee myös kaupallisesti kannattavaksi. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja.  
kalevi.rantanen@kolumbus.fi

## Suomalaisyrittäjä muuntaa jätemuovin keittiölevyksi

Levy tuntuu lämpimältä ja pinta siileltä kuin silkki. Se näyttää kivitavalta mutta on työstettävissä kuin puu.

Durat Oy:n toimitusjohtaja **Heikki Karppinen** esittelee tuotetta, joka kantaa samaa nimeä kuin yritys.

Durat on komposiittimateriaalia, josta valmistetaan keittiöiden ja kylpyhuoneiden kalusteita. 12 millimetrin paksuinen levy on homogeenista koko paksuudeltaan. Englanninkielinen termi on *solid surface*, suomeksi voitaisiin puhua vaikkapa paksupinnasta.

Materiaalin käyttökohteita ovat yksityis- ja suurkeittiöiden lisäksi hotellit, ravintolat, kahvilat, sairaalat, laboratoriot, wc-tilat, laivat ja veneet.

”*Solid surface* -materiaaleja käytetään laajasti eri tarkoituksiin ensisijaisesti horisontaalisina tasoina ja altaina. Materiaalien markkinoiden arvo on pelkästään USA:ssa 7–8 miljardia”, Karppinen kertoo.

Yhä isompi merkitys on sillä, että levy pystytään kierrättämään sataprosenttisesti.

”Duratia voidaan kierrättää käytännössä loputtomiin. Kierrätetty levy voidaan käyttää lisätätteenä uuden levyn valmistuksessa.”

Kierrätys on ollut osa yhtiön ideaa alusta eli 1990-luvulta asti.

”Yrityksen perustajat havahtuivat muovijätteen ongelmaan ja halusivat olla osana jätteen uudelleenkäytön ratkaisua.”

### Sahattava ja hiottava

Polyesteripohjaisesta Duratista noin 30 prosenttia on jätemuovia, jonka yritys kerää teollisuuslaitoksilta. Sitova aine on hartsi. Lisäksi seoksessa on palonestomineraalia ja pieni määrä muita kemikaaleja.

Komposiittilevyä voidaan esimerkiksi sahata, hioa ja liimata. Liima- ja saumat pystytään hiomaan näkymättömiin. Pitkistä tasoista voidaan asennuspaikalla rakentaa iso kokonaisuus.

Suomalaisyhtiö kuuluu kierrätysyrityksen tienraivaajiin, mutta kierrätettäviä komposiitteja kehittälevät monet muutkin yritykset ja yliopistot ympäri maailman.

Atlantin takana hyödynnetään kierrätystä tavalla tai toisella samankaltaisissa tuotteissa. PaperStone valmistaa kierrätyspaperista ja fenolihartsista massiivipaneeleja pöytätasoja ja muita pintoja varten. Toinen amerikkalaisyritys Recycled Surfaces tekee komposiittilevyjä hartsista sekä kierrätetystä lasista ja posliinista.



Canatu Oy

Canatu Oy valmistaa kalvomateriaaleja, jotka perustuvat Aalto-yliopiston nanonuppututkimukseen.