

# Puun tutkittuja vaikutuksia ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin

Virpi Palomäki



Kirjallisuuskatsaus 17.5.2022

## **Puun tutkittuja vaikutuksia ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin**

Työ ja asuminen korona-arjessa – TAKO

Kirjallisuuskatsaus 17.5.2022

Etelä-Pohjanmaan liiton Euroopan aluekehitysrahastosta  
(EAKR) rahoittama hanke

Hankenro A77029

Virpi Palomäki

Tampereen yliopisto

Rakennetun ympäristön tiedekunta

Arkkitehtuurin yksikkö / Seinäjoen kaupunkilaboratorio

ISBN: 978-952-03-2456-8 (verkkójulkaisu)

Kannen kuva: TAKO-hanke

## Sisällys

|   |    |
|---|----|
| 1. Johdanto .....                                   | 4  |
| 2. Puun terveys- ja hyvinvointivaikutukset .....    | 5  |
| 2.1 Sisäilmapäästöt .....                           | 7  |
| 2.2 Psykologiset ja fysiologiset vaikutukset .....  | 11 |
| 2.3 Antibakteerisuus ja puhdistettavuus .....       | 16 |
| 3. Soveltavaa tutkimusta .....                      | 21 |
| 3.1 Koulut ja toimistotilat.....                    | 21 |
| 3.2 Sairaalat ja vanhainkodit.....                  | 24 |
| 4. Puun ominaisuuksia ja uusia käyttökohteita ..... | 26 |
| 4.1 Akustiikka ja melutaso .....                    | 26 |
| 4.2 Kosmetiikka ja lääkekäyttö .....                | 27 |
| 5. Johtopäätöksiä ja suosituksia .....              | 28 |
| Kirjallisuus .....                                  | 31 |

# 1. Johdanto

Tämä kirjallisuuskatsaus on osa EU-rahoitteista *Työ ja asuminen korona-arjessa* -hanketta (TAKO), jonka tavoitteena on suunnitella ja kehittää tilaratkaisuja, joissa huomioidaan monipuolisesti koronan tai muun mahdollisen tartuntataudin leviämisen estäminen sekä sujuvien etätyöratkaisujen mahdollistaminen. Tämä työ keskittyy puun terveys- ja hyvinvointivaikutuksiin, joista on tehty erityisesti 2000-luvulla sekä kansainvälisiä että kotimaisia tutkimuksia.

Hankkeessa huomioidaan pintamateriaalien ja kalusteiden materiaalien vaikutukset ihmisten psyykkiseen ja fysiologiseen hyvinvointiin asuntojen ja etätyötilojen tilasuunnittelun ja teknisten ratkaisujen lisäksi. Puumateriaaleilla on todettu olevan hyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä, esimerkiksi stressitason vähentäminen ja keskittymisen parantuminen. Siten puun käyttö pintamateriaalina ja sisustuksessa voi vaikuttaa hyvinvointiin kokonaisvaltaisesti.

Tässä raportissa käsitellään myös puupintojen puhdistettavuutta ja pintakäsittelyaineiden vaikutusta puun antibakteerisiin ominaisuuksiin. Materiaaleista erityisesti puulla on tutkimusten mukaan todettu olevan antibakteerisia ominaisuuksia, joilla voi olla vaikutusta tautien leviämiseen. Sairaaloissa ja erilaisissa hoitolaitoksissa tarvitaan kuitenkin helposti puhdistettavia pintamateriaaleja. Vielä ei ole juurikaan tietoa siitä, saadaanko puun psykofyysiset myönteiset ominaisuudet yhdistettyä helppoon puhdistettavuuteen. Raportin lopussa käsitellään myös puun käyttömahdollisuuksia kosmetiikassa ja elintarviketeollisuudessa sekä puun vaikutusta akustiikkaan, jotka liittyvät läheisesti sekä antibakteerisiin ominaisuuksiin että psykofyysisiin vaikutuksiin.

Puun vaikutuksista tarvitaan lisätutkimusta ja -tietoa. Eri maissa tehdyt tutkimukset tukevat kuitenkin toisiaan ja antavat samansuuntaisia tuloksia. Tutkimuksia ovat kuitenkin tehty eri puumateriaaleilla, erilaisissa olosuhteissa ja tiloissa, joten tuloksissa on vielä paljon vaihtelevuutta.

Etelä-Pohjanmaan liitto rahoittaa TAKO-hanketta EAKR-ohjelmasta. Tampereen yliopisto, Seinäjoen yliopistokeskus ja Seinäjoen kaupunki ovat hankkeen osarahoittajia. Tampereen yliopiston arkkitehtuurin yksikkö ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu toteuttavat hanketta. Seinäjoen yliopistokeskuksessa toimiva arkkitehtuurin professori Ari Hynynen toimii hankkeen vastuhenkilönä.



*Mäntymetsä tuoksuu voimakkaasti etenkin kesällä, mikä johtuu puun haihtuvista yhdisteistä.  
Kuva: Virpi Palomäki*

## 2. Puun terveys- ja hyvinvointivaikutukset

Useiden eri tutkimusten mukaan puuta voidaan pitää terveyttä ja hyvinvointia tukevana materiaalina, vaikka vielä ei täysin tunnisteta, mihin kaikkiin tekijöihin puun myönteiset vaikutukset perustuvat. Puun vaikutusta rakennusmateriaalina ihmisiin on tutkittu monissa maissa mm. Norjassa, Itävallassa, Japanissa, Kanadassa ja Suomessa. Tarkempia tutkimuksia tarvitaan vielä, mutta jo tehdyt tutkimukset vahvistavat toisiaan ja niiden perusteella voidaan todeta, että puulla on terveyttä ja hyvinvointia edistäviä vaikutuksia. Puumateriaalien valintaa sisätiloihin voidaan tehtyjen tutkimusten mukaan pitää terveyttä tukevana ratkaisuna.

Puumateriaalin vaikutuksia ja puun päästöjä on tutkittu kansainvälisesti jo 2000-luvun vaihteesta, mutta mielenkiinto puun psykologisiin ja fysiologisiin vaikutuksiin on lisääntynyt erityisesti 2010-luvulla. Viime vuosina puun antibakteerisuus ja vaikutukset esim. koronaviruksen säilymiseen

pinnoilla ovat entisestään lisänneet mielenkiintoa puun terveys- ja hyvinvointivaikutuksia kohtaan. (esim. Puutuoteteollisuus 2020; Puuinfo 2021)

Sisätilojen vaikutus hyvinvointiin ei ole merkityksetöntä, sillä nykyään pääosa ajasta vietetään sisätiloissa. Sekä työnteko että suuri osa vapaa-ajan toiminnoista tapahtuu sisäympäristöissä. Sisätilojen suunnittelulla ja materiaalivalinnoilla onkin suuri merkitys ihmisten päivittäiseen hyvinvointiin. Puisten sisustusratkaisujen on todettu mm. alentavan stressiä ja verenpainetta, mutta myös vaikuttavan ihmisten käyttäytymiseen ja sosiaaliseen havainnointiin. Puupinnan koskettaminen on myös muita materiaaleja lempeämpi niin fysiologisesti kuin kokemuksellisestikin. (Muilu-Mäkelä ym. 2021; Puuinfo 2021)

### **Ajankohtaista kotimaista tutkimusta**

Suomalaisissa tutkimuslaitoksissa on käynnistetty viime vuosina useita puun terveys- ja hyvinvointivaikutuksia selvittäviä tutkimuksia. Oulun yliopiston työryhmä on toteuttanut tutkimuksen puurakentamisen terveysvaikutuksista koskien puun antibakteerisista ja psykofyysistä hyvinvointia edistäviä vaikutuksia. Tutkimuksessa on selvitetty puukoulun fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia. Työryhmä on verrannut Kuhmossa sijaitsevan Tuupalan puukoulun mittaustuloksia vastaavan tyyppisen betonisen koulun mittaustuloksiin usean vuoden ajan. (Puuinfo 2022)

Puun antibakteeristen ominaisuuksien säilymistä pinnoitetussa puussa ja puisen pinnan puhdistettavuutta on tutkittu mm. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun, Itä-Suomen yliopiston, Luken ja Ramboll Oy:n yhteishankkeessa. Puupintojen puhdistettavuus ja antibakteerisuus -tutkimushankkeessa selvitettiin, sopiiko puupinta korkeaa hygieniää ja puhdistettavuutta vaativiin tiloihin. Tutkimuksessa tarkasteltiin eri puulajien antibakteerisuutta, eri pinnoitteiden vaikutusta antibakteerisuuteen sekä puupintojen puhdistettavuutta. Sama työryhmä on käynnistänyt myös tutkimuksen puuhuoneen ja verrokkihuoneen psykologisista ja fysiologisista vaikutuksista tutkittaviin henkilöihin. (Puutuoteteollisuus 2020)

Luken ja Tampereen yliopiston toteuttama *Wood for Good*-hanke selvitti puumateriaalin vaikutusta sisäympäristön laatuun ja ihmisten hyvinvointiin työtiloissa. Tutkimus sisälsi sisäympäristön laadun mittauksia ja kokeellisen tutkimuksen koehenkilöiden kokemasta hyvinvoinnista. Lisäksi selvittiin ajureita ja esteitä puumateriaalien valinnalle julkisessa rakentamisessa ja päätöksenteossa. (Luonnonvarakeskus 2021)

Luonnonvarakeskus ja Itä-Suomen yliopisto ovat tutkineet männyn emissioita vaihtelevissa sisäilman kosteusolosuhteissa ja puumateriaalin vaikutusta sisäympäristön laatuun ja ihmisten hyvinvointiin työtiloissa *Männyn emissiot vaihtelevissa sisäilman kosteusolosuhteissa*

(HUMIWOOD) -hankkeessa. Puun vaikutuksia on tutkittu myös Jyväskylän, Itä-Suomen ja Helsingin yliopistojen *Covid-19-tutkimuksessa*, jossa selvitetään eri materiaalia olevien pintojen Covid-19 -viruksen tartuttavuutta. (Puutuoteteollisuus 2020)

## 2.1 Sisäilmapäästöt

### Puun haihtuvat yhdisteet

Monet puun uuteaineista, esim. terpeenit ja alkaanit, ovat kokonaan tai osittain haihtuvia yhdisteitä. Uuteaineiden pitoisuus on yleensä alle 5 % puun kuivapainosta ja se vaihtelee puulajien ja -yksilöiden sekä puun eri osien välillä. Suurimmat pitoisuudet ovat sydänpuussa, kuoressa, sisäoksissa ja pihkatiehyissä (Jääskeläinen & Sundqvist 2007). Männyn sydänpuussa on selvästi suurempi uuteainepitoisuus kuin pintapuussa. Suurin osa uuteaineista on hartsihappoja, mutta puussa on myös luontaisina lahonsuoja-aineina toimivia stilbeenejä (Harju ym. 2003; Leinonen ym. 2008).

Puusta haihtuvilla yhdisteillä voi voimakkaina pitoisuuksina esiintyessä olla sekä positiivisia että negatiivisia terveysvaikutuksia. Puun tuoksua pidetään yleensä miellyttävänä, mutta siihen voi liittyä myös ärsytysoireita, sillä puusta haihtuvat terpeenit voivat ärsyttää suurina pitoisuuksina esiintyessään. Miellyttäväksi koettu tuoksu voi vaikuttaa yleiseen hyvinvointiin positiivisesti alentaen stressitasoa ja nopeuttaen palautumista, vaikka samanaikaisesti esim. limakalvojen kuivuminen saattaa alentaa hyvinvointia. Sisäilman laatutekijöiden psykofyysisten vaikutusten tutkiminen ei olekaan helppoa, mutta pelkkien fysiologisten vasteiden huomioon ottaminen ei riitä kokonaiskuvaksi puun sisäkäytön hyvinvointivaikutuksista. (Harju ym. 2021; Puuinfo 2021)

Sisäilman laatu koostuu monista eri tekijöistä, ja useat tekijät yhdessä muodostavat lopputuloksen. Tutkittava puuraaka-aine esim. puulaji, näytteen tyyppi ja mittaushetken olosuhteet vaikuttavat päästöihin. Puupinnan ja ilman kosteus, lämpötila ja ilman virtaus vaikuttavat mittaustuloksiin. Kokonaisvaltaisen käsityksen saavuttaminen edellyttäisi laajaa ja pitkäaikaista koesarjaa, jossa edustava otos erilaisia näytteitä mitattaisiin sisäilman vaihtelua jäljittelevissä olosuhteissa usean "vuosisyklin" ajan. (Harju ym. 2021) Mäntynäytteillä toteutettu koe (Sivula 2020) osoitti, että päästöt vaihtelevat voimakkaasti ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden mukana, ja että vakioilmastossa järjestetty standardikoe ei takaa riittävää kokonaiskuvaa päästöjen vaihtelusta.

Rakennusmateriaaleista ja kalusteista haihtuu sisäilmaan monenlaisia orgaanisia yhdisteitä (VOC) etenkin ensimmäisinä kuukausina rakentamisen jälkeen. VOC-päästöt siirtyvät

materiaalista ympäröivään ilmaan diffuusiona materiaalin sisältä ja pintahaihdunnan kautta (Fechter ym. 2006). Puun interaktio ympäröivän ilman kanssa voidaan estää tai sitä voidaan vähentää pintakäsittelyllä, mutta päästöjen hallinnan näkökulmasta se on tarpeen vain poikkeustapauksissa. Puusta haihtuvien terveydelle haitallisten yhdisteiden pitoisuudet ovat normaaleissa käyttöolosuhteissa niin vähäisiä, ettei suomalaisen puun sisäkäytön rajoittamiselle ole perusteita. Poikkeuksen tekevät tilat, joissa sisäilman laadulle asetetaan erityisvaatimuksia esim. yliherkkyyshoitoet – tällöinkin päästöjä on helppo hallita esimerkiksi puulajivalinnalla. (Harju ym. 2021)

Onkin todettu, että vasta-asennetusta puutuotteesta haihtuvien yhdisteiden kokonaispitoisuuden perusteella ei tule tehdä päätelmiä sisäilman laadusta, sillä päästöt laskevat nopeasti asennuksen jälkeen. Terveydelle ja hyvinvoinnille haitallisten yhdisteiden päästöille on määritelty sekä EU-tasolla että kansallisesti raja-arvoja, joita sisäilman laatuun vaikuttavissa kohteissa käytettävät tuotteet eivät saa ylittää. Puu luetaan kotimaisessa päästöluokituksessa vähäpäästöiseen M1-luokkaan yhdessä lasin, keraamien, luonnonkiven, metallien ja tiilen kanssa. Puu on kuitenkin hygroskooppinen materiaali, josta haihtuvien yhdisteiden määrä ja koostumus muuttuvat ympäristön olosuhteiden mukaan. Siksi vakioituissa olosuhteissa tehdyistä päästömittauksista ei voi tehdä suoraviivaisia päätelmiä puun sisäilmapäästöistä eri vuodenaikoina.

Viime vuosina rakennusmateriaalien, liimojen, pinnoitteiden, tapettien ym. tuotteiden haihtuvien päästöjen määrät ovat nousseet keskeisiksi laatuvaatimuksiksi. Vähäpäästöisyys on erityisen tärkeää rakennettaessa tai remontoitaessa kohteita riskialttiille ryhmille, kuten allergikoille. (Harju ym. 2021; Puutuoteteollisuus 2020)





*Juuri asennettu, käsittelemätön puumateriaali vapauttaa VOC-yhdisteitä ja tuoksuu voimakkaasti. Kuva Virpi Palomäki.*

## **Kierrätyspuun käyttö**

Kierrätyspuu sopii sisustustuotteiden raaka-aineeksi vähäpäästöisyytensä takia. Luken ja Itä-Suomen yliopiston toteuttamassa *Männyn emissiot vaihtelevissa sisäilman kosteusolosuhteissa* (HUMIWOOD) -hankkeessa tutkittiin mäntypuun sisäilmavaikutuksia haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) kannalta. Hankkeessa tarkasteltiin kierrätyspuun käyttömahdollisuuksia vähäpäästöisenä sisustusmateriaalina sekä toteutettiin ensi kertaa kontrolloitu koe, joka tuotti tietoa männyn emissioiden riippuvuudesta sisäilman kosteuden vuodenaikaisvaihtelusta. (Puutuoteteollisuus 2021)

Rakennus- ja sisustusmateriaaleista ja -tuotteista haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt ovat materiaalien laadun keskeisiä parametreja. Päästömittaukset tehdään yleensä vakioituissa ilman suhteellisen kosteuden 50 % ja huonelämpötilan +23 °C olosuhteissa. Tämä mittaustapa ei ota huomioon ilmakehän kosteuden vaihtelua ja sen aiheuttamaa vuodenaikoihin liittyvää dynamiikkaa hygroskooppisen materiaalin kosteussuhteessa. HUMIWOOD-hankkeessa toteutettiin koeasetelma, jossa erilaisten mäntykoekappaleiden VOC-päästöt mitattiin hallituissa testauskammio-oloissa ilman kosteussuhteen vaihtelun funktiona. Koekappaleita valmistettiin

juuri sahan kuivaamolta saadusta ”tuoreesta” puusta sekä kierrätyspuuta jäljittelevästä, noin 15 vuotta sisätiloissa säilytetystä ”vanhasta” puusta, sydän- ja pintapuupitoisia koekappaleita viisi kutakin. (Heräjärvi & Pasanen 2021)

Tulokset osoittavat, että puun VOC-päästöt ovat voimakkaasti riippuvaisia ympäröivän ilman suhteellisesta kosteudesta, ja että kierrätyspuun päästöt ovat keskimäärin alhaisemmat ja koostuvat eri yhdisteistä kuin tuoreen puun päästöt. Emissiot lisääntyvät voimakkaasti sisäilman suhteellisen kosteuden saavuttaessa yli 60 % tason syksyllä ja vähenevät, kun ilma kuivuu lämmityskauden alettua. Useita ilman suhteellisen kosteuden vuodenaikaisyyklejä läpi käynyt kierrätyspuu on selvästi vähäpäästöisempää kuin ensimmäistä vuotta käytössä oleva puu.

Tutkimuksen tuottama tieto voi vaikuttaa hygrokoopisten materiaalien VOC-testimenetelmien tai standardien kehitykseen. Tietoa voi hyödyntää välittömästi esimerkiksi allergiakotien tai muiden sisäilman laadun kannalta kriittisten kohteiden sisustus- tai kalustemateriaalien valinnassa. Hanke lisäsi ymmärrystä puun päästöjen ja ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden vuorovaikutuksesta. Arvio on, että hankkeen tulosten perusteella erilaisten puuraaka-aineiden käyttömahdollisuudet ja kilpailukyky erityisesti pinnoittamattomina sisustusmateriaaleina paranevat kaikentyyppisessä asuin- ja toimitilarakentamisessa, siten puun käyttö sisustusmateriaalina ei rajoitu puutaloihin. Tulokset rohkaisevat ideoimaan kierrätyspuusta sisustustuotteita esimerkiksi kohteisiin, joissa sisäilmaemissioille asetetaan tavallista tiukemmat raja-arvot. (Lampela 2020; Sivula 2020; Heräjärvi & Pasanen 2021; Muilu-Mäkelä ym. 2021)



*Vanhasta puuseinästä ei enää juurikaan vapaudu VOC-yhdisteitä. Kuva Virpi Palomäki.*

## 2.2 Psykologiset ja fysiologiset vaikutukset

Puumateriaalin vaikutusta ihmisen hyvinvointiin on tutkittu 2000-luvun alusta alkaen. Puun vaikutuksista ihmisten hyvinvointiin ja mitattaviin fysiologisiin muutoksiin on tehty kansainvälisiä tutkimuksia eri maissa. Tutkimuksissa on käytetty psykologisia ja fysiologisia mittausmenetelmiä, ja ne perustuvat eri aistien kautta välittyvään kokemukseen, yleisimmin näköaistiin tai tuntoaistiin. Kanadassa on tehty myös tutkimus, jossa rasitettiin koehenkilöitä kahdessa eri huoneessa matemaattisilla tehtävillä, joita seurasi lepovaihe. (Sakuragawa ym. 2005 ja 2008; Fell 2010; Ikei ym. 2017; Luonnonvarakeskus 2021)

Puumateriaalien vaikutusta ihmiseen ei ole kuitenkaan yksiselitteisesti pystytty todentamaan fysiologisilla mittauksilla. Useimmiten tutkimuksissa käytetty koehenkilöiden määrä on liian matala ja/tai testattavien ympäristöjen määrä liian suuri suhteessa koehenkilömäärään, jotta varmoja johtopäätöksiä olisi mahdollista tehdä. (Luonnonvarakeskus 2021)

Psykologisissa testeissä sen sijaan on saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Puusisustuksen on todettu vaikuttavan myönteisesti tilastollisesti merkitsevästi koehenkilöiden tunto-, kuulo- ja hajuaistiin perustuvaan arvioon. Tunnetilaa kuvaavissa testeissä puulla sisustetussa huoneessa on todettu enemmän positiivisia tunteita verrattuna maalattuun. (Zhang ym. 2016) Tutkimuksissa on myös todettu, että puumateriaali koetaan yhdessä muun sisustusmateriaalin kanssa miellyttävämmäksi kuin pelkästään puulla sisustettu tai kokonaan muulla materiaalilla sisustettu.

### **Kotimaista tutkimusta**

Suomessa toteutetun Wood for Good (W4G) -hankkeen tavoitteena oli vahvistaa puun hyvinvointivaikutusten tuntemusta ja sitä kautta parantaa puumateriaalin kilpailukykyä rakennusmarkkinoilla. Poikkitieteellisen konsortion avulla puumateriaalin vaikutusta ihmiseen ja sisäympäristöön tutkittiin fysiologisilla ja psykologisilla mittauksilla ja sisäympäristön laatumittauksilla. Puunkäytön hyvinvointivaikutusten osuutta julkisessa keskustelussa ja päätöksenteossa selvitettiin media-aineistoanalyysillä ja haastattelututkimuksella. Uutta tutkimustietoa sovellettiin myös puun hyvinvointivaikutusten talousvaikutuslaskelmissa. (Luonnonvarakeskus 2021; Muilu-Mäkelä ym. 2021)

Tutkimuksessa toteutettiin empiirinen koasetelma testihuoneissa, joissa mitattiin puusisustuksen vaikutusta sisäympäristön laatuun ja puumateriaalin psykologisia ja fysiologisia vaikutuksia ihmiseen. Toisen testihuoneen pinnoista 50 % oli puumateriaalia (mäntyä), kontrollihuoneessa ei käytetty lainkaan puuta. Tutkimushenkilöt vierailivat huoneissa kolme kertaa satunnaistetussa järjestyksessä ja tekivät ennalta määrättyjä tehtäviä, joihin sisältyi erilaisia psykologisia mittareita. Huoneissa olon aikana tutkimushenkilöitä mitattiin sydänsähkökäyrää ja ihon sähkönjohtavuutta, joiden avulla arvioitiin autonomisen hermoston käyttäytymistä tehtävien aikana. (Luonnonvarakeskus 2021; Muilu-Mäkelä ym. 2021)

Kaikissa käytetyissä psykologisissa toistomittareissa havaittiin jossain testisarjan vaiheessa myönteinen vaikutus puuhuoneessa verrattuna kontrolliin. Fysiologiset mittaukset osoittivat kehon vireystilan olleen korkeammalla tasolla puuhuoneessa levon aikana ja levon jälkeen, mikä saattaa selittää hieman parempaa suoriutumista levon jälkeisessä tarkkaavaisuustehtävässä puuhuoneessa.

Puun tuoksu oli selvimmin aistittava puumateriaalin ominaisuus, joka vaikutti sisäympäristön ominaisuuksiin. Puinen seinäpaneeli, lattia ja pöytälevy nostivat puuperäisten yhdisteiden, kuten terpeenien ja aldehydien pitoisuuksia puuhuoneessa. Erot jäivät kuitenkin muutaman kymmenen mikrogramman tasolle, ja puumateriaali ei oleellisesti lisännyt yhdisteiden kokonaismäärää

tiloissa. Puuperäisten yhdisteiden pitoisuuden ero oli kuitenkin aistittavissa, sillä puuhuoneen tuoksusta pidettiin enemmän. (Muilu-Mäkelä ym. 2021)

Hankkeen tulokset osoittavat, että puumateriaali vaikuttaa ihmiseen myönteisesti. Puumateriaalilla voidaan luoda tilaan tunnelma, jolla on vaikutusta ihmisen tuntemuksiin. Puumateriaalilla sisustettu työhuone koettiin miellyttävämmäksi, luonnollisemmaksi, kauniimmaksi, mielenkiintoisemmaksi, iloisemmaksi, lämpimämmäksi, runsaammaksi ja hyvänhajuiseksi kuin kontrollihuone. Puuhuoneessa ärtyneisyys aleni tutkimuksen aikana ja negatiivisia tunteita oli vähemmän kuin kontrollihuoneessa. (Luonnonvarakeskus 2021; Muilu-Mäkelä ym. 2021)

Tutkimus osoittaa, että puumateriaali vaikuttaa ihmisen tuntemuksiin ja työtilojen materiaalivalinnoilla voi olla vaikutusta jopa työstä suoriutumiseen. Tässä tutkimuksessa puinen lattia ja yksi puinen seinä vaikuttivat jonkin verran suhteellisen ilmankosteuden vaihteluiden tasaantumiseen.

### **Psykologisia vaikutuksia**

Puun psykologisia vaikutuksia on tutkittu useissa tutkimuksissa. Demattè ym. (2018) tekivät kyselytutkimuksen, jossa selvitettiin puumateriaalin vaikutusta myönteisiin ja kielteisiin tunteisiin. Tutkimushenkilöt täyttivät kyselylomakkeen tutkimuhuoneissa, joista toisessa oli kuusipanelointi ja kuusilattia, toisessa muita materiaaleja. Molemmissa huoneissa oli samat kalusteet, mm. lasinen ja puinen pöytä. Tutkimuksessa havaittiin, että puuhuoneessa myönteiset tunteet lisääntyivät ja kielteiset tunteet vähenivät. Adjektiivit kirkas, heterogeeninen, terävä, lämmin, pehmeä, vaimentava, tuoksuva, luonnollinen, suojattu, rentouttava, miellyttävä, tuttu ja viihtyisä kuvasivat puuhuonetta paremmin, kuin kontrollihuonetta. (Demattè ym. 2018)

Kiinalaisten tekemässä tutkimuksessa (Zhang ym. 2016) verrattiin kolmea erilaista puuhuonetta valkoiseen kontrollihuoneeseen ja havaittiin, että puuta sisältävissä huoneissa tutkimushenkilöillä oli enemmän myönteisiä tunteita ja vähemmän väsymystä verrattuna valkoiseen huoneeseen. Eroja ei kuitenkaan havaittu eri määriä puuta sisältäneiden huoneiden välillä. Eroja havaittiin tunteissa, kuten jännittyneisyys, elävyys ja masentuneisuus. Tilassa, jossa ei ollut puuta, koettiin enemmän väsymyksen tunteita. Väri, tuoksu ja valo koettiin miellyttävämmäksi puuhuoneissa.

## Tuntoaistiin perustuvat tutkimukset

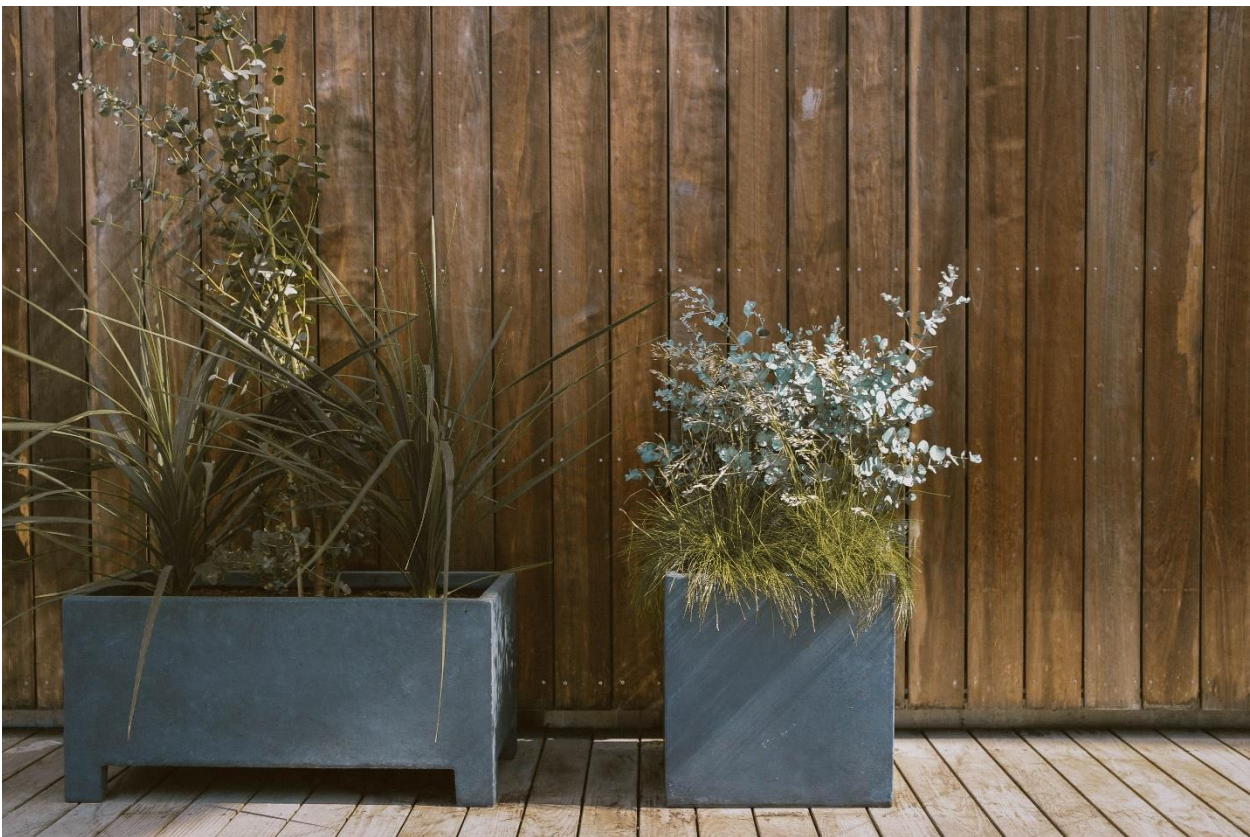
Materiaalien pintojen lämpötiloja huoneenlämpötilassa arvioitiin tutkimuksessa, johon osallistui 24 henkilöä. Arvioitavat materiaalit olivat mänty, tammi ja keraaminen laatta. Tulosten mukaan keraaminen laatta tuntui kylmemmältä kuin puumateriaalit. Keraamisen laatan lämpötilan piti olla 2,8 °C:tta korkeampi, jotta se tuntui yhtä lämpimältä kuin männyn pinta, joka oli 20 °C. Myös puulajien välillä oli eroa. Männyn ja tammen pinnan lämpötila tuntui samalta, kun männyn pinta oli 20,0 °C ja tammen 20,9 °C. Tutkimuksessa käytetty menetelmä voi olla hyödyllinen, kun arvioidaan subjektiivista kokemusta rakennusmateriaalien lämpöominaisuuksista. Sitä voitaisiin hyödyntää materiaalien valinnassa asuintiloissa. (Bhatta ym. 2019)

Toisessa tutkimuksessa selvitettiin puupintojen tuntoaistin tuottamia mielikuvia ja tuntemuksia pinnasta. Kaksikymmentä osallistujaa arvioi erilaisia puupintoja koskettamalla niitä sormenpäällään. Osallistuja arvioi käyttäen ainoastaan tuntoaistiaan miltä kukin pinta tuntui. Koekappaleina oli mäntyä ja tammea. Kummastakin puulajista oli neljä koekappaletta erilaisilla pinnoilla; hiottu, harjattu, lakattu ja vahattu. Tulosten mukaan käsittelemättömät ja sileät puupinnat koettiin positiivisemmiksi kuin pintakäsitellyt pinnat. Niitä kuvattiin rahoittaviksi, rentouttaviksi, miellyttäväksi ja haluttaviksi. Tulosten mukaan siis puun pinnan luonnollisuuden säilyttäminen näyttäisi olevan ratkaisevaa paremman kosketuskokemuksen saavuttamiseksi ja se voi vaikuttaa myös päätöksen tekoon niissä puupinnoissa, joita koskettelemme, kuten huonekaluissa. (Bhatta ym. 2017)

Japanilaisessa tutkimuksessa selvitettiin puun koskettamisen ja subjektiivisen arvioinnin fysiologisia vaikutuksia ihmisiin. Koehenkilöitä mitattiin verenpainetta samanaikaisesti, kun he koskettivat puupintaa, alumiinia ja akryyliä. Materiaaleja arvioitiin myös eri lämpötiloissa, jotta voitiin eliminoida eri lämmönjohtokyvystä aiheutuvat eroavaisuudet. Puupinnan koskettamisella ei ollut vaikutusta verenpaineeseen oli puu huoneenlämpöinen tai kylmä. Lämpötilasta riippumatta puupinnan koskettaminen tuotti karkean ja luonnollisen tuntemuksen. Vastaavasti huoneenlämpöinen alumiini ja kylmä akryyli tuntuivat keinotekoisilta ja epämiellyttäviltä, lisäksi niiden koskettaminen nosti verenpainetta. Johtopäätöksenä todetaan, että puun koskettaminen, toisin kuin keinotekoisien materiaalin koskettaminen, ei aiheuta fysiologista stressiä, vaikka puun pinnan lämpötila vaihtelisi. (Sakuragawa ym. 2008)

## Näköaistiin perustuvat vaikutukset

Näköaistiin perustuvia fysiologisia ja psykologisia vaikutuksia tutkittiin kokeessa, jossa koehenkilöt katselivat tyhjässä huoneessa vuorotellen puupaneelia ja valkoista teräspaneelia. Fysiologisia vaikutuksia mitattiin verenpainetta mittaamalla ja psykologista vaikutelmaa semantic differential (SD)- ja profile of mood states (POM)-menetelmillä. Tulosten mukaan paneeleilla oli erilaiset fysiologiset ja psykologiset vaikutukset. Puupaneelin katselu aiheutti luonnollisen ja monipuolisen vaikutelman ja sen havaittiin vähentävän masentuneisuutta ja alakuloisuutta. Verenpaine laski merkittävästi ryhmässä, joka piti puuseinäpaneelista. Ryhmässä, joka ei pitänyt puupaneelista, ei ilmennyt stressireaktiota. Valkoisen teräspaneelin katselu aiheutti epäterveellisen tunteen ja sen todettiin lisäävän alakuloisuutta sekä laskevan elinvoimaa. Lisäksi verenpaine kasvoi merkittävästi ryhmässä, joka ei pitänyt teräspaneelista. (Sakuragawa 2005 ym.)



*Puinen seinä on miellyttävä silmälle. Kuva [www.pexels.com](http://www.pexels.com) kuvapankki, Andreea Ch.*

## Fysiologisia vaikutuksia

Japanilaiset tutkivat erilaisten pintakäsittelyjen vaikutusta ihmisen fysiologiaan 90 sekuntia pitkän kosketuksen aikana. He havaitsivat, että lasitettu, pianon pintaa muistuttava puupinta nosti sympaattista hermoston aktiivisuutta, kun taas käsittelemätön puupinta laski sympaattisen hermoston aktiivisuutta (Ikei ym. 2017). Tutkimuksissa on myös havaittu ihon sähkönjohtavuuden olevan alemmalla tasolla koivuvanerihuonekaluilla sisustetussa tilassa verrattuna valkoiseen laminaattiin, mutta samassa tutkimuksessa sydämen sykevaihtelua mittaavissa parametreissa ei havaittu eroja.

Myös jokapäiväisen ympäristön, esim. olohuoneen, fysiologisia vaikutuksia ihmisiin on tutkittu. Testattavana oli kolme olohuonetta, joissa oli käytetty eri määrä puuta sisäpinnoilla; nolla prosenttia, 45 prosenttia ja 90 prosenttia. Koehenkilöiden aivojen aktiivisuutta, pulssia ja verenpainetta sekä subjektiivista arviointia mitattiin, kun he oleskelivat näissä huoneissa. Tulosten mukaan sisustuksessa eri määrillä puuta on erilaisia fysiologisia vaikutuksia erityisesti autonomiseen hermojärjestelmän toimintaan. Huoneessa, jossa ei ollut lainkaan puuta (0 %) verenpaine laski hieman, mutta muutokset hermojärjestelmässä olivat pieniä. Huone sai myös suhteellisen alhaiset arvot arvioinnissa luonnollisuuden ja rentouttavuuden kannalta. Huoneessa, jossa oli 45 % puuta, verenpaine laski ja syke nousi. Tällä huoneella oli parhaat tulokset arvioinnissa ja se tuntui miellyttävimmältä. Huoneessa, jossa oli 90 % puuta, verenpaine laski merkittävästi testin alussa. Huone aiheutti myös nopean laskun aivojen aktiivisuudessa. Kokeen lopussa pulssi kuitenkin kiihtyi, tämän arveltiin johtuvan liiallisesta informaatiosta, jota suuri määrä puuta tuotti. Tulokset osoittavat, että puun määrällä sisustuksessa on erilaisia fysiologisia vaikutuksia, etenkin autonomiseen hermojärjestelmään. Lisätutkimuksilla olisi mahdollista suunnitella huoneita sopiviksi eri käyttötarkoituksiin niiden fysiologisten vaikutusten perusteella. (Tsunetsugu ym. 2007)

## 2.3 Antibakteerisuus ja puhdistettavuus

### Taustaa antibakteerisuudelle

Puun antibakteerisuutta on tutkittu melko vähän. Eri materiaalien antibakteerisuutta on aiemmin tutkittu mm. leikkuulautoissa, jolloin huomattiin puun hyvät antibakteeriset ominaisuudet. Antibakteerisuudelle ei ole yhtä ainoaa selitystä. Monet puussa esiintyvät yhdisteet ovat antibakteerisia. Puun sisältämistä kymmenistä eri uuteaineista monet ovat antibakteerisia. Antibakteerisuuteen vaikuttavat suomalaisille havupuille ominaiset hartsihapot. Suomalaisissa



havupuissa hartsihapot ovat hyvin edustettuina. Myös puun kuituja yhteen sitova ligniini on antibakteerista. Ligniini pysyy tiukasti puussa, kun taas uuteaineet saattavat liueta, haihtua tai muuttua toisiksi aineiksi. Todennäköisesti siis vanhakin puupinta on antibakteerinen, mutta kuinka voimakkaasti verrattuna uuteen puupintaan, sitä pitäisi tutkia enemmän. Ilmiönä puun antibakteerisuus on varsin monimutkainen. Antibakteerisuuden taustalla ei ole ainoastaan yksi aine, vaan monista puun raaka-aineista koostuva kokonaisuus. (Muilu-Mäkelä 2014; Vainio-Kaila 2017; Forest.fi 2020)

Antibakteerisen ominaisuuden ansiosta puulla on merkittävä alentava vaikutus bakteerien ja homeiden huoneilmaan tuottamien haitallisten yhdisteiden kehitykseen. Antibakteeriseen ominaisuuteen vaikuttavat öljyt ja puun haihtuvat yhdisteet vaikuttavat myös huonepunkkien lisääntymiseen hidastamalla ja vaikeuttamalla niiden lisääntymistä. Uuteaineiden poistaminen puusta heikentää pinnan antibakteerisuutta. Osa uuteaineista voi myös haihtua, hajota, kulua ajan myötä jne. pois puun pinnasta. (Muilu-Mäkelä ym. 2014)

Puupinnat sisätiloissa vaikuttavat positiivisesti ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Erityisesti männyn antibakteeristen ominaisuuksien on todettu olevan voimakkaita verrattuna moniin muihin puulajeihin. (TEK 2018)

## **Puupinnat ja bakteerit**

Suomalaisen männyn ja kuusen antibakteerisista ominaisuuksista on tehty tarkempia tutkimuksia käyttäen yleisiä bakteereja mm. listeriabakteereita, jotka ovat yleisiä elintarviketeollisuudessa ja *Escheria coli* -bakteeria, joka on yleinen ripulin aiheuttaja. Myös antibioottiresistentteinä tunnettuja sairaalabakteereja MRSA ja VRE tutkittiin. Tutkimuksessa havaittiin, että listeria- ja colibakteerit kuolivat vähitellen puupinnalla, mutta säilyivät hengissä lasilevyllä, joka toimi testissä verrokina. (Vainio-Kaila ym. 2015; Vainio-Kaila 2017)

Tiina Vainio-Kaila (2017) totesi puupinnan olevan antibakteerinen myös silloin, kun puun uuteaineet oli poistettu asetonilla. Uutteiden tarkempi tutkimus osoitti erityisesti männyn sydän- ja pintapuun, mutta jonkin verran myös kuusen uutteiden ehkäisevän useiden tautia aiheuttavien bakteereiden mm. metisilliinille resistentin *Staphylococcus aureuksen* (MRSA) kasvua. Kaikissa uutteissa todettiin useita antibakteerisia yhdisteitä, mutta niiden määrä ei aina selittänyt eri puulajien antibakteerisuutta suhteessa toisiin puulajeihin. Mikään yksittäinen yhdiste ei yksin selittänyt antibakteerista vaikutusta, joten ilmiö johtuu joko eri puulajeilla eri mekanismeista tai synergisistä vaikutuksista. Uutteiden lisäksi ligniini oli ainoa erillinen komponentti, jolla todettiin antibakteerisia ominaisuuksia. Myös puusta haihtuvilla orgaanisilla yhdisteillä (VOC) todettiin antibakteerisia ominaisuuksia useita tautia aiheuttavia bakteerikantoja kohtaan.  $\alpha$ -pineeni ja

limoneeni selittivät osin VOC:ien antibakteerisista ominaisuuksista, mutta myös muilla yhdisteillä todettiin olevan vaikutusta. (Vainio-Kaila ym. 2017a ja b)

Puun antibakteerisuuden todettiin johtuvan useista eri aineista ja tehoavan useisiin eri bakteereihin. Nämä tulokset tarjoavat hyvän lähtökohdan puun hygieenisten ominaisuuksien hyödyntämiseen ja niiden kehittämiseen. Uutteet osoittautuivat myös tehokkaiksi ja niiden ominaisuuksia erityisesti suhteessa resistentteihin bakteereihin kannattaisi tutkia lisää (Vainio-Kaila 2017)



*Pihka on eteeristen öljyjen ja hartsin seos, jolla on antibakteerisia ominaisuuksia. Kuva Virpi Palomäki.*

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun, Itä-Suomen yliopiston ja Luken *Puupintojen puhdistettavuus ja antibakteerisuus* (Pupu) -tutkimushankkeessa selvitettiin, sopiiko puupinta korkeaa hygieniää ja puhdistettavuutta vaativiin tiloihin. Tavoitteena on tuottaa tutkittua tietoa pohjaksi puun käytöstä mm. sairaaloissa, päiväkodeissa tai vanhainkodeissa. Tutkimuksessa tarkasteltiin eri puulajien antibakteerisuutta, eri pinnoitteiden vaikutusta antibakteerisuuteen sekä

puupintojen puhdistettavuutta. Tutkittavat puulajit olivat kuusi, koivu sekä männyn pinta- ja sydänpuu. (Puutuoteteollisuus 2020)

Tutkimuksessa selvisi, että pinnoittamaton puu tuhoaa bakteereja selvästi enemmän kuin lasi tai vahalla tai lakalla pinnoitettu puu. Itä-Suomen yliopiston mittauksissa lasipinnan bakteeripesäkkeiden määrä oli 7-kertainen männyn sydänpuuhun verrattuna. Kahden tunnin kuluttua määrät olivat vähentyneet, mutta ero oli edelleen samaa luokkaa. 24 tunnin kuluttua ero oli pienentynyt noin kolminkertaiseksi. Pinnoitteet heikensivät puupinnan antibakteerisuutta merkittävästi.

Tutkimuksessa selvisi, että koivullakin vaikuttaa olevan antibakteerisia ominaisuuksia, vaikka koivu poikkeaa monessa suhteessa kuusesta ja männystä ja sen uuteaineetkin ovat hyvin erilaisia. Myös koivun ominaisuuksia kannattaisikin tutkia lisää, koska se on yleinen puulaji huonekaluissa eikä se vapauta haihtuvia hiilivetyjä samassa määrin kuin havupuut. Varsinkin tuoreesta puusta haihtuu hiilivetyjä, josta tulee myös tuoreen puun tuoksu. Niidenkin on todettu tappavan joitakin tautia aiheuttavia bakteerikantoja korkeissa pitoisuuksissa. (Forest.fi 2020)

Tutkimuksessa selvitettiin myös, sopiiko puupinta korkeaa hygieniaa ja puhdistettavuutta vaativiin tiloihin. Niinpä jouduttiin määrittelemään, mitä puhtaudella tarkoitetaan. Sille on kolme määritelmää: bakteerien määrä, lian määrä ja se, näyttääkö pinta puhtaalta. Ramboll Finland Oy:n teki puhdistettavuusmittaukset, joissa pinnat sotkettiin ja puhdistettiin viisi kertaa peräjälkeen tomaattikastikkeella. Orgaaninen lika ja bakteerit mitattiin ennen ja jälkeen jokaista sotkemis-puhdistuskierrosta. (Forest.fi 2020)

Pinnoitteilla pyritään suojaamaan puun pintaa muun muassa kulumiselta, likaantumiselta ja UV-säteilyltä. Pinnoite parantaa pinnan sileyttä, jolloin se on helpompi puhdistaa. Tutkimuksessa havaittiin, että pinnoitteet tekevät puusta helpomman puhdistaa, mutta samalla puun kyky tappaa bakteereita vähenee. Projektissa tutkitut pinnoitteet muodostivat kalvon, joka eristää pinnalla olevat bakteerit niin uuteaineista ja ligniinistä kuin puun hygroskooppisuuden vaikutuksestakin. Toisaalta lian määrä tai havaittu likaisuus ei vähentänyt pinnoittamattoman puun antibakteerisuutta. Puupintojen mikrobiologista puhtautta onkin vaikea arvioida silmämääräisesti. (Puutuoteteollisuus 2020)

Pinnoite jättää puuhun kalvon estäen myös muita puun luonnollisten ominaisuuksien vaikutusta. Esimerkiksi sisäilman kosteutta tasaava vaikutus ei toteudu, jos puu on pinnoitettu ympäriinsä. Toki pinnoitteita on monenlaisia ja niiden vesihöyryn läpäisevyyksissä on eroja. Puusta voidaan pinnoittaa esimerkiksi vain yläpuoli, jolloin taustapuoli voi hyvin vielä tasata ilmankosteutta. (Rakentaja 2020)

Tutkijoiden mukaan sairaaloissa on monenlaisia pintoja, joita pestään hyvin eri tavoin. Puu voisi olla hyvä valinta sellaisille pinnoille, joita kosketaan ja pestään harvoin. Yksi ratkaisu olisi löytää puulle sellainen pinnoite, joka vähentää lian tarttumista mutta säilyttää antibakteerisuuden.



*Puun pintakäsittely vahalla tai maalilla vähentää antibakteerisia ominaisuuksia. Kuva: Virpi Palomäki.*

### **Puupinnat ja virukset**

Virusten selviämistä puupinnoilla on tutkittu Itä-Suomen ja Jyväskylän yliopistojen käynnistämässä yhteishankkeessa. Koronan leviämisen myötä koettiin tarpeelliseksi selvittää, kauanko virukset säilyvät erilaisilla pinnoilla ja erilaisissa olosuhteissa tartuttavana. Hankkeessa vertailtiin virusten säilymistä ja tartuttavuutta puu- ja puutuotepinnoilla, niin käsittelemättömillä kuin pintakäsitellyilläkin. Lisäksi tarkasteltiin pakkausmateriaaleja ja paperituotteita sekä lasi-, kivi-, muovi- ja tekstiilipintoja. Tartuttavuuden säilymistä tarkasteltiin ajan, lämpötilan ja kosteuden vaihdellessa. (Forest.fi 2020)

Ensimmäisten kokeiden perusteella näyttää siltä, että esimerkiksi koronavirusten tartuttavuus vähenee puupinnoilla nopeammin kuin esimerkiksi muovilla. Myös kartonki ja paperi vaikuttavat muovia paremmilta koronavirusta vastaan, joskin virukset säilyvät niissä aktiivisina pidempään kuin puupinnalla. Tulokset tukevat hyvää käsihygieniaa huolehtimista. (Forest.fi 2020)

Tutkimus päättyi vuoden 2021 lopussa, jolloin kamppailun koronapandemiaa vastaan odotettiin olevan rokotusten ansiosta voiton puolella, siksi tartuttavuutta tutkittiin myös useilla muilla viruksilla. Nyt maailmalla kiertävän SARS-CoV-2-viruksen lisäksi tutkittiin MERS- ja HCoV-koronaviruksia ja sikoja vaivaavaa koronavirus TGEV:tä.

### 3. Soveltavaa tutkimusta

Tutkimusten mukaan luonnon aikaansaama elvyttävä vaikutus perustuu emotionaalisesta ja fysiologisesta stressistä elpymiseen. Luonnon herättämät myönteiset tunnetilat ovat erityisesti yhteydessä fysiologisen virittyneisyyden (sydämen lyöntitiheyden, verenpaineen ja ihon sähkönjohtokyvyn) laskuun. Puu on materiaali, joka tulee luonnosta. Sen onkin todettu herättävän vastaavia myönteisiä tunnetiloja. (Muilu-Mäkelä ym. 2014)

#### 3.1 Koulut ja toimistotilat

Kouluissa ja toimistotyötiloissa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että puumateriaalien käytöllä on suotuisia vaikutuksia. Tutkimuksissa todettiin stressitasojen olevan alhaisemmat verrokkitiloihin verrattuna. Stressitasojen alentamisen lisäksi puun käyttö sisätiloissa näyttää ulottuvan myös ihmisten käyttäytymiseen ja sosiaaliseen havainnointiin. Toimitiloissa, joissa oli käytetty puutuotteita, vierailijoiden saama ensivaikutelma työntekijöistä oli suotuisampi kuin jos puutuotteita ei ollut. Puulla kalustetussa toimistossa työntekijät koettiin menestyvimiksi, asiantuntevimiksi, vastuullisemmiksi, rehellisemmiksi ja luovemmiksi kuin tavanomaisessa toimistossa. (Puuinfo 2018)

Puun käytöllä voidaan vaikuttaa myös mielikuviiin. Toimistossa näkyvillä olevat puupinnat luovat arvokkaan ja asiantuntevan mielikuvan. Puusisusteinen huone vaikuttaa rentouttavammalta ja miellyttävämmältä kuin täysin valkoinen huone. Kaikissa tutkituissa kohteissa puisten kalusteiden on todettu alentavan stressitasoa, edes viherkasvien käytöllä ei päästä samaan vaikutukseen. Puujäljitelmät eivät näyttäneet pystyvän korvaamaan oikean puun tuomia suotuisia vaikutuksia. (Puuinfo 2018)



*Toimistotila, jossa on käytetty runsaasti puumateriaalia. Kuva Virpi Palomäki.*

Kouluympäristöissä on tehty stressiin liittyvää tutkimusta, jossa sydämen sykevaihtelua mittaamalla on päätelty, että stressi alenee puuluokassa nopeammin kuin verrokkiluokassa. Verrokkiluokassa stressitaso pysyy korkeamana koko päivän ajan. Stressiä alentavia vaikutuksia on tutkittu mm. verenpainetta, sormen sähköjohtokykyä, sydänsähkökäyrää ja aivosähkökäyrää mittaamalla. (Muilu-Mäkelä ym. 2014.)

Norjan saha- ja puuteollisuuden tutkimuskeskus on teettänyt tutkimuksen, jossa selvitettiin millainen huone on käyttäjien mukaan harmonisin. Tutkimuksessa selvisi, että harmonisimmaksi huonetyypiksi todettiin huone, jonka neljästä seinästä yksi on ikkunallinen ja yksi kokonainen seinäpinta oli puupaneloitu. Tutkimuksen pohjalta suositellaan puun käyttöä lisättäväksi erityisesti sellaisissa tiloissa, joissa ihmiset oleskelevat pitkiä aikoja. Näitä ovat esimerkiksi sairaalat ja terveysasemat, odotushuoneet, työhuoneet, koulut sekä päiväkodit. (Puuinfo 2015)

### **Suomessa tehty kouluvertailu**

Kajaanin yliopistokeskuksessa toteutettiin tutkimus, jossa verrattiin Kuhmossa sijaitsevaa puurakenteista Tuupalan koulua betonirakenteiseen samaa kokoluokkaa olevaan Vaalan

kouluun. Monipuolisessa tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää laajasti puukoulun fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia sekä tutkia, miten nämä ja muut tekijät, kuten koulumatkan pituus ja kouluviikon sisältö, vaikuttavat koululaisten kokemaan stressiin.

Fysikaalisia ominaisuuksia mitattiin rakennukseen tuotavilla sensoreilla, joilla voitiin seurata jatkuvatoimisesti mm. lämpötilaa ja ilmankosteutta sekä pienhiukkasten ja hiilidioksidin pitoisuuksia. Koulun tiloista kerättävistä ilmanäytteistä määritettiin haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja sisäilman mikrobiininen laatu. Lisäksi kerättiin pyyhkäisyäytteitä pintojen mikrobimäärien selvittämiseksi.

Koululaisten stressiä mitattiin sylkinäytteiden ja älysormuksen avulla. Sylkinäytteistä määritettiin stressihormoni kortisolin vaihtelua. Kortisoli on yleisimmin käytetty stressin bioanalyttinen merkkiaine. Pienemmällä koululaismäärällä suoritettiin myös älysormusseuranta koulupäivien aikana. Älysormus mittaa ihon sähkönjohtavuutta, minkä avulla voidaan arvioida tutkittavan stressiä. Sen käyttö antaa mahdollisuuden koko koulupäivän kattavaan seurantaan, mutta ei kerro stressitasojen muutoksista yhtä tarkasti kuin kortisolimääritys. (Jokinen ym.2021)

Loppuvuodesta 2021 valmistuneen tutkimuksen mukaan puinen koulurakennus on erinomainen opiskeluympäristö. Tulosten perusteella puukoulu on melutasoltaan alhainen, ilmankosteuden vaihtelu on verrokkikoulua vähäisempää ja koululaisten stressaantuneisuus on vähäisempää. Ero stressaantuneisuudessa oli ajoittain tilastollisesti merkittävää. Tutkimustulokset eivät tietenkään osoita, että kaikki puukoulut olisivat yhtä hyviä tai etteikö samanlaisia tuloksia voitaisi saavuttaa myös muunlaisissa kouluissa. Puinen rakennus tuskin on ainoa selittävä tekijä kaikille tuloksille, mutta se varmasti on yksi tärkeä tekijä hyvässä kouluympäristössä. (Jokinen ym. 2021)

### **Kansainvälistä tutkimusta**

Yli vuoden kestäneessä itävaltalaisessa tutkimuksessa selvitettiin eri tavoin sisustettujen luokkahuoneiden fysiologisia ja psykologisia vaikutuksia oppilaisiin. Tutkimuksessa vertailtiin kahta luokkahuonetta, jotka oli verhoiltu puulla ja kahta tavallista luokkahuonetta, joissa ei ollut puuverhoilua. Mittausten mukaan molemmissa luokkahuoneissa oppilaiden syke nousi aamulla, mutta puulla verhoillussa luokkahuoneessa oppilaiden stressipiikki laantui pian kouluun saapumisen jälkeen eikä palannut uudelleen toisin kuin tavallisessa luokkahuoneessa. Sykkeen laskulla ei ollut vaikutusta suoritustasoon, mutta selkeitä eroja todettiin terveystilanteissa. Puulla verhoillussa luokkahuoneessa todettiin merkittäviä etuja; oppilaiden sydämen syke oli 8600 lyöntiä alhaisempi päivän aikana kuin tavallisessa luokkahuoneessa. Puulla verhoillussa luokkahuoneessa myös sydämen sykevälillä kasvoi ja koulun aiheuttaman stressin tuntemus

pieneni. Tutkimuksen mukaan puuverhoilulla oli hyödyllisiä terveysvaikutuksia oppilaisiin, kuten sydämen sääntelyyn ja toipumiseen. (Grote ym. 2009)

Huonekalujen vaikutusta koehenkilöiden stressitasoon ja stressin tuntemusta on tutkittu massiivikuusihuonekaluilla ja puujäljitelmäisillä huonekaluilla sisustetuissa huoneissa. Koehenkilöt suorittivat sekä keskittymistä vaativia tehtäviä että lepäsivät huoneissa. Tulosten mukaan koehenkilöiden sydämen syke oli alhaisempi ja he kokivat olevansa vähemmän stressaantuneita kuusisisusteisessa huoneessa. Erityisesti lepoaikojen jälkeen syke oli alhaisempi puuhuoneessa kuin jäljitelmähuoneessa. Johtopäätöksenä kuusihuonekaluilla sisusteisissa huoneissa tehokkuus lisääntyy stressin alentumisen ja paremman toipumisen ansiosta. (Kelz ym. 2007)

Myös puisten huonekalujen ja huonekasvien vaikutuksia stressin alenemiseen on tutkittu toimistohuoneissa. Stressitasoa mitattiin ihon sähkönjohtavuudella samanaikaisesti kuin koehenkilöt suorittivat tehtäviä. Mittauksia tehtiin neljällä eri tavalla sisustetuissa huoneissa: ei puuta/ei kasveja, puuta/ei kasveja, ei puuta/kasveja, puuta/kasveja. Käytetyt puuhuonekalut olivat koivuviilutettuja. Tutkimustulosten perusteella koehenkilöiden stressitaso oli alhaisempi huoneessa, jossa oli puusisustus. Huonekasveilla ei ollut vaikutusta stressiin. Tutkimus tarjoaa todisteita siitä, että puulla on samanlaisia stressiä alentavia vaikutuksia kuin luonnolla. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että puuta voitaisiin käyttää sisätiloissa alentamaan stressiä osana biofiilistä suunnittelua sairaaloissa, toimistoissa, kouluissa ja muissa rakennetuissa ympäristöissä. (Fell 2010)

## 3.2 Sairaalat ja vanhainkodit

Tutkimustulosten perusteella puuta on alettu suosia useassa maassa sairaalarakentamisessa sen terveysvaikutusten ansiosta. Japanissa on saatu hyviä kokemuksia puurakenteiden käytöstä neuroklinikoissa. Norjassa Akershusin yliopistollisessa sairaalassa on näyttävästi esillä puuta. Tanskalaisessa saattokodissa puun käyttö luo kunnioittavan ja elämysrikkaan tunnelman. Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa on yhteensä kahdeksan terveydenhoidon rakennusta, jotka on suunniteltu siten, että puuta olisi mahdollisimman paljon läsnä ja näkyvillä.

Puun terveysvaikutuksia on alettu ottaa sairaalarakentamisessa huomioon myös Suomessa. Sairaaloissa ympäristöllä on merkittävä vaikutus potilaiden toipumiseen ja puulla on havaittu olevan restoratiivisia eli eheyttäviä ominaisuuksia. Kainuun uusi sairaala sekä suunnitteluvaiheessa oleva Laakson sairaala ovat restoratiivisen eli eheyttävän rakentamisen



kohteita, joissa puun terveysvaikutuksia hyödynnetään. Puun on todettu vaikuttavan positiivisesti esimerkiksi sisäilman laatuun, viihtyvyyteen, akustiikkaan ja kosteustasapainoon. (Puuinfo 2015.)

Puutuotteiden käytön vaikutuksia vanhusten käyttöön on tutkittu vanhusten hoitokodissa Japanissa. Koehenkilöt olivat vanhustalon asukkaita, joiden käytöstä ja sen muuttumista tarkkailtiin viiden viikon ajan. Vanhusten terveydentilaa ja päivittäisiä aktiviteetteja tarkkailtiin viidessä kohdassa; 1. ei käytä mitään tuotteita (perustaso), 2. muovituolien ja -pöytien käyttö, 3. puutuolien ja -pöytien käyttö, 4. puisten ruokailuvälineiden käyttö, 5. jatkuvasti puisten tuotteiden käyttö. Tulokset osoittavat, että puutuotteiden säännöllinen käyttö lisäsi vanhusten sosiaalista kanssakäymistä, emotionaalisia suhteita ja itsensä ilmaisua. Heistä tuli puheliaampia ja halukkaampia sitoutumaan toisiinsa. Ympäristö, jossa oli puutuotteita lisäsi vanhusten keskinäistä vuorovaikutusta ja harmonisia suhteita. Nämä löydökset voivat olla merkittäviä vanhusten hyvinvoinnin kannalta, sillä aikaisemmat tutkimukset ovat yhdistäneet sosiaalisen vuorovaikutuksen ja muutokset itsensä ilmaisussa dementiariskin pienentymiseen ja terveyden heikentymiseen. Siten puutuotteet voivat mahdollisesti ehkäistä vanhusten henkistä ja fyysistä heikentymistä. (Anme ym. 2012)



*Puisilla huonekaluilla on todettu olevan vaikutusta sosiaalisen vuorovaikutuksen määrään. Kuva [www.pexels.com](http://www.pexels.com) kuvapankki, Engin Akyurt.*

Toisessa, Itävallassa tehdyssä tutkimuksessa koehenkilöitä rasiettiin fyysisesti ja psyykkisesti aidoilla mäntypaneeleilla ja -huonekaluilla sekä puujäljitelmillä sisustetuissa huoneissa. Lisäksi tutkittiin sängyn runkomateriaalin vaikutusta unenlaatuun. Tulosten mukaan aidolla puulla sisustetussa huoneessa sydämensyke rasiituksen aikana oli alhaisempi kuin jäljitelmähuoneessa. Puurunkoisessa sängyssä unenlaatu oli parempi kuin jäljitelmävuoteessa. Sydämen syke oli alempi puusängyssä, sykkeen lasku vastasi sydämen noin tunnin työtä/päivä. Puurunkoisessa vuoteessa nukkuessaan koehenkilöt tunsivat olonsa virkeämmiksi, rentoutuneiksi, terveemmiksi ja ekstroverteimmiksi kuin aikaisemmin. (Joanneum Reseach 2009)

Norjassa selvitettiin luonnon elementtien esim. puun ja luontoon suuntautuvien ikkunanäkymien terveysvaikutuksia sairaalan potilaisiin. Tutkimuksen osana selvitettiin mieltymyksiä puusisustukseen potilashuoneissa kyselyllä sairaalahenkilökunnalle. Vastanneille näytettiin kuvia potilashuoneista, joissa oli eri määrä puuta seinillä ja lattiassa. Indikaattorina olivat eri toiminnot, kuten nukkuminen, lepääminen, voimistelu, opiskelu/työskentely, rentoutuminen. Rentoutuminen ja toiminta nousivat kahdeksi erottavaksi tekijäksi. Suosituin oli huone, jossa oli puulattia ja puupanelointi seinällä. Toiseksi pidetyin oli tavallinen huone, jossa ei ollut ollenkaan puuta. Vähiten pidetty oli huone, jossa kaikki pinnat oli verhoiltu puulla. Kyselyn tulosten perusteella voitiin todeta, että puun määrällä on vaikutusta potilashuoneen mieluisuuteen.

Vaikuttaisi siltä, että jo pienellä puun käytön lisäämisellä on vaikutusta ympäristöön. Eräässä vanhusten asuntolassa ryhdyttiin käyttämään puisia materiaaleja, esimerkiksi 10 ruokalassa otettiin käyttöön puutarjottimet. Tämä lisäsi henkilökunnan arvioiden mukaan vanhusten keskinäistä vuorovaikutusta ja ympäristön huomiointia. (Puuinfo 2018; Nyruud ym. 2010; Bringslimark & Nyruud 2010)

## 4. Puun ominaisuuksia ja uusia käyttökohteita

### 4.1 Akustiikka ja melutaso

Puusta ja puutuotteissa voidaan helposti tehdä ääntä heijastavia tasopintoja esimerkiksi puhetiloihin tai musiikkitiloihin, ääntä sirottavia pintoja esimerkiksi musiikki- tai äänitystiloihin sekä ääntä absorboivia reikälevyjä. Puu on helppo yhdistää muihin akustiikkaratkaisuihin.

Puusta on jo pitkän aikaa tehty soittimia sen akustisten ominaisuuksien vuoksi. Eri puulajit ja jopa puun eri osat ovat akustisilta ominaisuuksiltaan erilaisia. Soitinrakentamisessa halutaan

voimistaa ääntä, johon esimerkiksi kitaran kaikukoppa perustuu. Levymäiset pinnat, materiaalista riippumatta, heijastavat ääntä ympäriinsä, jonka vuoksi ääni voimistuu kaikukopassa.

Talonrakennusmateriaalina käytettäessä puun akustisista ominaisuuksista tärkeimpiä ovat absorptio- ja ääneneristysominaisuudet. Absorptiolla tarkoitetaan sitä, että osa pinnalle saapuvasta äänestä ei heijastu takaisin. Ääni siis ikään kuin imeytyy materiaaliin tai sen läpi. Puulla itsessään absorptiokyky on heikko. Rakentamisessa ja sisustuksessa onkin akustiikkaa tarkasteltava aina puumateriaalin ja jonkin huokoisen materiaalin yhteisvaikutuksen perusteella. (Sivula 2020).

Puun ja useiden puupohjaisten levyjen koinssidenssin rajataajuus on hankalalla alueella, joten puuta ei levymäisenä juuri voida käyttää ääntä eristävänä rakenteina. Puun tiheys pienehkö, ja rakenteiden massa levymäisenä ei riitä massalain perusteella ääntä eristäväksi rakenteeksi. Seurauksena on, että puurakenteiden pitää olla kaksin- tai kolminkertaisia rakenteita ja sivutiesiirtymät on hallittava rakenteiden katkaisuin. (Palomäki 2021)

## 4.2 Kosmetiikka ja lääkekäyttö

Puulle ollaan kehittämässä uusia käyttökohteita myös elintarviketeollisuudessa sekä kosmetiikka- ja lääketeollisuudessa. Kuusikumiksi kutsuttua hemiselluloosaa saadaan selluloosan tuotannon sivuvirroista. Puusta neljäsosa on hemiselluloosaa. Sen uskotaan tulevaisuudessa tekevän läpimurron stabilisaattorina elintarviketeollisuudessa. Nykyään käytössä olevia stabilisaattoreita elintarvike- ja kosmetiikkateollisuudessa ovat esimerkiksi arabikumi, guarkumi ja johanneksenleipäpuu. Nämä lisäaineet voitaisiin kuitenkin korvata kotimaisella hemiselluloosalla eli kuusikumilla, jota on viime vuosina tutkittu ahkerasti Suomessa. Hemiselluloosalla voidaan korvata sekä kasviperäisiä että synteettisiä raaka-aineita niin elintarvikkeissa ja kosmetiikassa kuin lääkkeissäkin. Raaka-aineen mahdollisuuksia kehitetään myös muun muassa aurinkokennoissa ja biopohjaisissa pakkauskalvoissa. (Bhattarai 2020; Forest.fi 2021)

Bhattarai (2020) on tutkinut väitöskirjassaan kuusen hemiselluloosaa eli galaktoglukomannaaneja ja sitä, kuinka eri tavalla eristetyt kuusikuminäytteet käyttäytyvät. Hän havaitsi, että kuusikumin liukoisuuteen ja sen toiminnallisuuteen emulsioissa vaikutti suuresti se, kuinka hemiselluloosa oli uutettu puumassasta. Esimerkiksi muokatusta kuumavesiuutosta saatava puhdas kuusikumi liukeni veteen parhaiten, mutta muilla eristystavoilla saadut kuusikuminäytteet vakauttivat emulsioita paremmin.

## 5. Johtopäätöksiä ja suosituksia

### *Puun haihtuvat yhdisteet*

Puusta haihtuvilla yhdisteillä voi voimakkaina pitoisuuksina esiintyessä olla sekä positiivisia että negatiivisia terveysvaikutuksia. Puun tuoksua pidetään miellyttävänä, mutta siihen voi liittyä myös ärsytysoireita, sillä puusta haihtuvat terpeenit voivat myös ärsyttää. Puusta haihtuvien terveydelle haitallisten yhdisteiden pitoisuudet ovat normaaleissa käyttöolosuhteissa kuitenkin niin vähäisiä, ettei suomalaisen puun sisäkäytön rajoittamiselle ole perusteita. Poikkeuksen tekevät tilat, joissa sisäilman laadulle asetetaan erityisvaatimuksia esim. yliherkkyyshoiteet. Niissäkin päästöjä on helppo hallita esimerkiksi puulajivalinnalla.

Vasta-asennetusta puutuotteesta haihtuvien yhdisteiden kokonaispitoisuuden perusteella ei tule tehdä päätelmiä sisäilman laadusta, koska suurin osa yhdisteistä on harmittomia ja päästöt laskevat nopeasti asennuksen jälkeen. Useita ilman suhteellisen kosteuden vuodenaikaisyyklejä läpi käyneen kierrätyspuun on todettu olevan selvästi vähäpäästöisempää kuin ensimmäistä vuotta käytössä oleva puu. Tietoa voi hyödyntää esimerkiksi allergiakotien tai muiden sisäilman laadun kannalta kriittisten kohteiden sisustus- tai kalustemateriaalien valinnassa.

### *Psykofyysiset vaikutukset*

Puumateriaalien vaikutusta ihmiseen ei ole yksiselitteisesti pystytty todentamaan fysiologisilla mittauksilla. Psykologisissa testeissä sen sijaan on saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Puusisustuksen on todettu vaikuttavan myönteisesti tilastollisesti merkitsevästi koehenkilöiden tunto-, kuulo- ja hajuaistiin perustuvaan arvioon. Tunnetilaa kuvaavissa testeissä puulla sisustetussa huoneessa on todettu enemmän positiivisia tunteita verrattuna maalattuun. Tutkimuksissa on myös todettu, että puumateriaali koetaan yhdessä muun sisustusmateriaalin kanssa miellyttävämmäksi kuin pelkästään puulla sisustettu tai kokonaan muulla materiaalilla sisustettu. Selkeitä tuloksia siinä, kuinka suuri puusisustuksen osuus pitäisi olla, ei ole. Tutkimuksessa, jossa verrattiin eri määriä puuta sisältäviä huoneita, ei havaittu eroja eri huoneiden välillä. Norjalaisessa tutkimuksessa, jossa selvitettiin, millainen huone on käyttäjien mukaan harmonisin, todettiin, että huone, jonka neljästä seinästä yksi on ikkunallinen ja yksi kokonainen seinäpinta oli puupaneloitu, on harmonisin. Tutkimuksen perusteella suositellaan, että yksi seinä huoneesta voisi olla puuta.

Japanilaisessa vanhusten hoitokodissa tehdyt tutkimukset osoittavat, että puutuotteiden säännöllinen käyttö lisäsi vanhusten sosiaalista kanssakäymistä, emotionaalisia suhteita ja itsensä ilmaisua. Huoneissa ei ollut puisia seiniä vaan tutkimuksessa verrattiin puisia huonekaluja

ja tarve-esineitä muista materiaaleista valmistettuihin. Ympäristö, jossa oli puutuotteita, lisäsi vanhusten keskinäistä vuorovaikutusta ja harmonisia suhteita. Vaikuttaisi siltä, että jo pienellä puun käytön lisäämisellä on vaikutusta. Nämä löydökset voivat olla merkittäviä vanhusten hyvinvoinnin kannalta. Tutkimuksen mukaan puutuotteet voivat mahdollisesti ehkäistä vanhusten henkistä ja fyysistä heikentymistä.

Suomessa toimisto-olosuhteissa tehdyn tutkimuksen tulokset osoittavat, että puumateriaali vaikuttaa ihmiseen myönteisesti. Puumateriaalilla voidaan luoda tilaan tunnelma, jolla on vaikutusta ihmisen tuntemuksiin. Työtilojen materiaalivalinnoilla voi olla vaikutusta jopa työstä suoriutumiseen. Suomalaisen puu- ja betonikoulun vertailututkimuksen mukaan puinen koulurakennus on erinomainen opiskeluympäristö. Tulosten perusteella puukoulu on melutasoltaan alhainen, ilmankosteuden vaihtelu on verrokkikoulua vähäisempää ja koululaisten stressaantuneisuus on vähäisempää. Ero stressaantuneisuudessa oli ajoittain tilastollisesti merkittävää.

#### *Puun antibakteerisuus*

Puulla on voimakkaasti antibakteerisia ominaisuuksia, mikä johtuu pääosin puun sisältämistä uuteaineista. Antibakteerisen ominaisuuden ansiosta puulla on merkittävä alentava vaikutus bakteerien ja homeiden huoneilmaan tuottamien haitallisten yhdisteiden kehitykseen. Puun sisältämät öljyt, puun haihtuvat yhdisteet sekä ligniini vaikuttavat antibakteerisiin ominaisuuksiin. Puun antibakteerisuuden on todettu johtuvan monista eri yhdisteistä ja tehoavan useisiin eri bakteereihin. Nämä tulokset tarjoavat hyvän lähtökohdan puun hygieenisten ominaisuuksien hyödyntämiseen ja käytön kehittämiseen.

Pinnoitteilla pyritään suojaamaan puun pintaa muun muassa kulumiselta, likaantumiselta ja UV-säteilyltä. Pinnoite parantaa pinnan sileyttä, jolloin se on helpompi puhdistaa. Jotkut puun kanssa käytettävät pinnoitteet ovat tutkimustulosten mukaan kuitenkin ongelmallisia, koska ne saattavat heikentää antibakteerisia ominaisuuksia. Tutkimuksissa on todettu, että pinnoittamaton puu tuhoaa bakteereja selvästi enemmän kuin lasi tai vahalla tai lakalla pinnoitettu puu. Siten pinnoitteet heikentävät puupinnan antibakteerisuutta merkittävästi. Pinnoitteet muodostavat kalvon, joka eristää pinnalla olevat bakteerit sekä uuteaineista että ligniinistä, jonka on myös todettu olevan antibakteerinen.

Sairaaloissa ja ikääntyneiden asumisyksiköissä on kuitenkin monenlaisia pintoja. Pintoja pestään hyvin eri tavoin, ja puu voisi olla hyvä valinta sellaisille pinnoille, joita kosketaan ja pestään harvoin. Yksi ratkaisu on myös löytää puulle sellainen pinnoite, joka vähentää lian tarttumista mutta säilyttää antibakteerisuuden.



*Erityisesti vanhan puun muodot ovat kuvauksellisia. Kuva [www.pexels.com](http://www.pexels.com) kuvapankki, Leonid Danilov.*

## Kirjallisuus

Anme T., Watanabe T., Tokutake K., Tomisaki E., Mochizuki H., Tanaka E., Wu B., Shinohara R., Sugisawa Y., Tada C., Matsui T. & Asada S. (2012). Behavior Changes in Older Persons Caused by Using Wood Products in Assisted Living. *Public Health Research*, 2(4): 106-109. DOI: 10.5923/j.phr.20120204.07

Bhattarai M. (2020). Associative behavior of spruce galactoglucomannans in aqueous solutions and emulsions (dissertation). University of Helsinki, Department of Food and Nutrition. 107 + 65 p.

Bhatta, S.R., Tiippana, K., Vahtikari, K. Hughes. M. & Kytä, M. (2017). Sensory and Emotional Perception of Wooden Surfaces through Fingertip Touch. *Frontiers in Psychology*. Volume 8, Article 367.

Bhatta, S.R., Tiippana, K. Vahtikari, K. Kiviluoma, P. Hughes, M. & Kytä. M. (2019). Quantifying the sensation of temperature: A new method for evaluating the thermal behaviour of building materials. *Energy & Buildings* 195 (2019) 26-32.

Bringslimark, T. & Nyrud, A.Q. (2010). Patient rooms with different degrees of wood: a preference study conducted among hospital staff. WCTE 2010 World Conference on Timber Engineering, Italy 2010.

Demattè, M.L., Zucco, G.M., Roncato, S., Gatto, P., Paulon, E., Cavalli, R. & Zanetti, M. (2018). New insights into the psychological dimension of wood–human interaction. *Eur J Wood Prod* 76:1093–1100.

Fechter, J.O., Englund, F. & Lundin, A. (2006). Association between temperature, relative humidity and concentration of volatile organic compounds from wooden furniture in a model room. *Wood Material Science and Engineering* 1(2): 69–75.

Fell, D. (2010). Wood in the human environment: restorative properties of wood in the built indoor environment. Vancouver: The University of British Columbia.

Forest.fi (2020). Myös koronavirus vieroo puupintoja – sairaalahygieniaa voisi parantaa käyttämällä puuta. Verkkojulkaisu: <https://forest.fi/fi/artikkeli/myos-koronavirus-vieroo-puupintoja-sairalahygieniaa-voisi-parantaa-kayttamalla-puuta/#44b69d9a> haettu 8.3.2022

Forest.fi (2021). Puuta käytetään yhä useammin ruokaan ja kosmetiikkaan – hemiselluloosalla on tutkijan mukaan valtavat mahdollisuudet. Verkkojulkaisu: <https://forest.fi/fi/artikkeli/puuta-kaytetaan-yha-useammin-ruokaan-ja-kosmetiikkaa-hemiselluloosalla-on-tutkijan-mukaan-valtavat-mahdollisuudet/#44b69d9a> haettu 8.3.2022

Grote V., Avian A., Frühwirth M., Hillebrand C., Köhldorfer, P., Messerschmidt, D., Resch, V., Schaumberger, K., Zieringer, C., Mayrhofer, M. & Moser, M. (2009) Health effects of solid wood trim in the main school building in the Enns Valley. Research report, Human Research Institute, Joanneum Research mbH

Harju, A.M, Venäläinen, M., Anttonen, S., Viitanen, H., Kainulainen, P., Saranpää, P. & Vapaavuori, E. (2003). Chemical factors affecting the brown-rot decay resistance of Scots pine heartwood. *Trees* 17: 263–268.

Harju, A., Möttönen, V., Heräjärvi, H., Hyttinen, M., Lampela, J., Pasanen, P. & Sivula, A. (2021). Massiivipuun päästöt sisäilmaan: Kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 47 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-170-7>

Ikei, H., Song, C. & Miyazaki, Y. (2017) Physiological effects of touching wood. *Int J Env Res Publ Health* 14:773.

Joanneum Research (2009). Positive health effects of Stone Pine furniture. Joanneum Research, Institute of Non-Invasive Diagnosis. Stone Pine – Positive health effects of Stone Pine furniture. Saatavissa: <http://www.tomasoethof.com/en/pbf04009ind-pine.pdf> haettu 12.4.2022

Jokinen, E., Sutinen, V., & Kilpeläinen, P. & Virtanen, V. (2021). Puurakentamisen terveysvaikutukset – tutkimuksella tietoperusteista tukea puurakentamiselle ja puun käyttö käyttömuotojen lisäämiselle. *Acta Universitatis Ouluensis F, Scripta Academica* 18. Oulun yliopisto.

Jääskeläinen, A.-S. & Sundqvist, H. (2007). Puun rakenne ja kemia. Hakapaino Oy, Helsinki. 142 s. ISBN 978-951-672-351-1.

Kelz C., Lackne, H., Avian A. & Moser M. (2007) Solid Fir furniture Reduces strain falling on and after concentration periods. In: 7th biennial conference on environmental psychology, Sept 9th–12th 2007, Bayreuth

Lampela, J. (2020). Puun haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja kierrätyspuun potentiaali vähäpäästöisenä sisustusmateriaalina. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Metsätieteiden osasto. Metsätieteen kandidaatintutkielma. 32 s.

Leinonen, A., Harju, A.M., Venäläinen, M., Saranpää, P. & Laakso, T. (2008). FT-NIR spectroscopy in predicting the decay resistance related characteristics of solid Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) heartwood. *Holzforschung* 62: 284–288.

Luonnonvarakeskus (2021). Wood for Good (W4G) -hankkeen loppuraportti. Kasvua ja kehitystä puusta - Puurakentamisen käyttäjälähtöiset ratkaisut ohjelma.



- Milling, A., Kehr, R., Wulf, A. & Smalla, K. (2005). Survival of bacteria on wood and plastic particles: dependence on wood species and environmental conditions. *Holzforschung* 59: 72–81. <https://doi.org/10.1515/HF.2005.012>
- Muilu-Mäkelä, R., Haavisto, M. & Uusitalo, J. (2014). Puumateriaalien terveysvaikutukset sisäkäytössä – Kirjallisuuskatsaus. *Metlan työraportteja* 320.
- Muilu-Mäkelä R., Kilpeläinen, P., Kitunen V., Harju A., Venäläinen, M. & Sarjala, T (2021). Indoor storage time affects the quality and quantity of volatile monoterpenes emitted from softwood timber. *Holzforschung* 75 (10). [doi.org/10.1515/hf-2020-0262](https://doi.org/10.1515/hf-2020-0262)
- Nyrud A. & Bringlimark T. (2010) Is interior wood use psychologically beneficial? A review of psychological responses toward wood. *Wood Fiber Sci* 42(2):202–218
- Nyrud A, Bysheim K. & Bringslimark T. (2010) Health benefits from wood interior in a hospital room. In: SWST (ed) Proceedings of the international convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe—Timber committee. Geneva, Switzerland, 11–14 October 2010. Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe, Paper WS-56
- Palomäki, V. (toim.). (2021). Hyvät käytännöt -raportti. Kiertotalous – uusia mahdollisuuksia puurakennusteollisuudelle -hankkeen raportti. Tampereen yliopisto.
- Puuinfo (2021). Puupintojen terveysvaikutukset sisätiloissa – tutkimustuloksia. Saatavissa: Puupintojen terveysvaikutukset sisätiloissa - tutkimustuloksia - Puuinfo haettu 21.3.2022
- Puuinfo (2022). Tutkimus Tuupalan puukoulusta: Melua on vähän ja oppilaiden stressitasot ovat alhaiset. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/2022/02/13/tutkimus-tuupalan-puukoulusta-melua-on-vahan-ja-oppilaiden-stressitasot-ovat-alhaiset/> haettu 8.3.2022
- Puutuoteteollisuus (2020). Puun terveys- ja hyvinvointivaikutuksia koskevia tutkimuksia. Saatavissa: Puun terveys- ja hyvinvointivaikutuksia koskevia tutkimuksia - Puutuoteteollisuuden edunvalvoja ja yhteinen ääni | Puutuoteteollisuus haettu 21.3.2022
- Rakentaja (2020). Tuore tutkimus puun ominaisuuksista rohkaisee puun käyttöön vaativissakin kohteissa. Saatavissa: <https://rakentaja.pro/artikkelit/tuore-tutkimus-puun-ominaisuuksista-rohkaisee-puun-k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6n-vaativissakin-kohteissa/> haettu 29.3.2022
- Sakuragawa, S., Miyazaki, Y., Kaneko, T. & Makita, T. (2005). Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses. *Journal of Wood Science* 51:136-140.
- Sakuragawa, S., Kaneko, T. & Miyazaki, Y. (2008). Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation. *Journal of Wood Science* 54:107-113.

Sivula, A. (2020). Sisäilman kosteusolosuhteiden vaikutus puumateriaalin emissioihin. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Ympäristötiede. Pro gradu - tutkielma. 119 s.

TEK (2018). Mänty on sairaalabakteerin kauhu. Verkojulkaisu:  
<http://digilehti.tek.fi/mag/012018/tie-tohtoriksi-manty-on-sairaalabakteerin-kauhu>. Haettu 8.3.2022

Tsunetsugu, Y., Miyazaki, Y. & Sato, H. (2007). Physiological effects in humans induced by the visual stimulation of room interiors with different wood quantities, *Journal of Wood Science* 53:11–16.

Vainio-Kaila, T., Kyyhkynen, A. L Rautkari, A.L. & Siitonen, A. (2015) Antibacterial effects of extracts of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* against *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, and *Streptococcus pneumoniae*. *BioResources*, 10(4): 7763-7771.

Vainio-Kaila, T. (2017). Antibacterial properties of Scots pine and Norway spruce. Aalto University. School of Chemical Engineering. Saatavissa:  
<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/28650/isbn9789526076201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vainio-Kaila, T., Hänninen, T., Kyyhkynen, A., Ohlmeyer, M., Siitonen, A. & Rautkari, L. (2017a). Effect of volatile organic compounds from *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus pneumoniae* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Holzforschung* 71(11): 905–912. Saatavissa: <https://doi.org/10.1515/hf-2017-0007>

Vainio-Kaila, T., Zhang, X., Hänninen, T., Kyyhkynen, A., Johansson, L.-S., Willför, S., Österberg, M., Siitonen, A. & Rautkari, L. (2017b). Antibacterial effects of wood structural components and extractives from *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* O157:H7. *BioResources* 12(4): 7601–7614.

Zhang X., Lian, L. & Ding, Q. (2016) Investigation variance in human psychological responses to wooden indoor environments. *Build Env* 109:58-67. Saatavissa:  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.014>

Zhang X, Lian Z & Wu Y. (2017) Human physiological responses to wooden indoor environment. *Physiol Behav* 174:27-34.