

Stina Saarinen

# PUUPINTOJEN MYÖNTEISET VAIKUTUKSET SISÄTILOISSA

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Markku Karjalainen  
04/2020

# TIIVISTELMÄ

Stina Saarinen: ”Puupintojen myönteiset vaikutukset sisätiloissa”

”Positive effects of wood surfaces in indoor environment”

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Arkkitehtuuri, TkK

Huhtikuu 2020

---

Puurakentamisen edistämiseksi on asetettu monia tavoitteita Suomessa. Usein rakennusmateriaaleja verrattessa keskitytään materiaalien kustannuksiin ja teknisiin ominaisuuksiin, mutta on tärkeää ajatella asiaa myös ihmisten hyvinvoinnin näkökulmasta. Kiinnostus puuta kohtaan on kasvanut huomattavasti, ja lukuisat tutkimukset osoittavat, että puulla on monia hyviä ominaisuuksia. Tämän työn tavoitteena on selvittää puun myönteisiä vaikutuksia sisätiloissa.

Työ jakautuu kolmeen osaan. Alussa käsitellään puupintojen vaikutuksia sisätilojen olosuhteisiin. Sen jälkeen perehdytään puun myönteisiin vaikutuksiin ihmisen fysiologiaan ja psykologiaan. Lopussa tarkastellaan puun käyttöä hyvinvointirakentamisessa ja tutustutaan terveydenhuollon kohteisiin, joissa puuta on käytetty sen hyvinvointia edistävän ominaisuutensa vuoksi.

Tutkimus osoittaa, että puulla on useita myönteisiä vaikutuksia sisätilojen olosuhteisiin sekä ihmisiin. Puu parantaa sisäilman laatua, sillä se pystyy tasaamaan tilojen lämpötiloja ja kosteusvaihteluita. Puurakenne on hengittävä, mikä aikaansaa terveellisen sisäilman. Lisäksi puu on antibakteerinen materiaali, minkä vuoksi sitä voidaan hyödyntää hyvää hygieniaa vaativissa paikoissa. Puun avulla voidaan myös vaikuttaa tilojen akustiikkaan.

Sisätilojen miellyttävät olosuhteet vaikuttavat myönteisesti ihmisiin, mutta lisäksi puumaterin on todettu muun muassa vähentävän stressiä sitä katsottaessa tai koskettaessa. Stressin väheneminen on todettu esimerkiksi sydämen sykkeen ja verenpaineen alenemisena. Stressin vähenyessä riski moniin sairauksiin pienenee. Fysiologisten muutosten lisäksi puu saa ihmisissä aikaan miellyttäviä, luonnollisia ja rauhoittavia tunteita. Muilla materiaaleilla ei tutkitusti ole samantyyppisiä vaikutuksia. Lukuisten myönteisten vaikutustensa ansiosta puu sopii hyvin terveydenhuollon kohteisiin. Niissä materiaali voi toimia potilaiden parantumista edistävänä tekijänä, ja samalla työntekijöiden työolot paranevat. Puuta onkin käytetty paljon ulkomaisissa sairaala- ja hyvinvointiympäristöissä. Myös Suomessa on alettu kiinnittää asiaan huomiota enemmän.

Avainsanat: puu, puurakentaminen, hyvinvointi, stressi, hygroskooppisuus, akustiikka, antibakteerisuus, sairaala

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. PUUN FYSIKAALISET OMINAISUUDET SISÄTILOISSA .....	3
2.1 Puu kosteuden tasaajana .....	4
2.2 Puu lämmöntasaajana .....	5
2.3 Puun hengittävä rakenne .....	6
2.4 Antibakteerisuus .....	6
2.5 Akustiikka.....	7
3. PUUN FYSIOLOGISET JA PSYKOLOGISET VAIKUTUKSET .....	9
4. PUU HYVINVOINTIRAKENTAMISESSA .....	18
4.1 Puun käyttö ulkomaisissa terveydenhoidon kohteissa .....	20
4.2 Puu Suomen sairaalaympäristöissä .....	26
5. YHTEENVETO.....	28
LÄHTEET .....	29

# 1. JOHDANTO

Puu on yksi vanhimmista rakennusmateriaaleista. Uuden teknologian ja jatkuvan tuotekehityksen ansiosta se mahdollistaa silti modernit ratkaisut. Puun suosio rakentamisessa on vaihdellut ajan ja paikan myötä. Se on kestävää sekä uusiutuvaa, ja eri puulajeja on lukuisia. Puu, kuten muutkin materiaalit, jakaa mielipiteitä ihmisten keskuudessa niin teknisten ominaisuuksien, kuin ulkonäkönsä takia. Usein rakennusmateriaaleja verrattaessa ajatellaan materiaalin hintaa ja rakennusteknisiä ominaisuuksia. On kuitenkin tärkeää miettiä asiaa laajemmin, esimerkiksi ihmisen hyvinvoinnin kannalta.

Puurunko on ollut pientalorakentamisessa aina suosituin ratkaisu. Omakotirakentajatutkimuksen mukaan puu- ja hirsirunkoisten talojen osuus uudesta tuotannosta on jopa 90% (Valintaopas omakotirakentajalle 2019-2020, 2019 s. 36). Ilmastonmuutoksen myötä ajatus puurakentamisesta on kuitenkin laajentunut. Erityisesti kerrostalojen rakentaminen puusta on ollut keskustelunaiheena, sillä se tuo mahdollisuuksia rakennusteollisuuden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Uuteen hallitusohjelmaan (Pääministeri Marinin hallitusohjelma 2019) onkin kirjattu puurakentamista tukevia tavoitteita. Myös Suomen kuusi suurinta kaupunkia ovat sopineet puurakentamisen edistämisestä niin määrällisesti kuin laadullisestikin (Aloite 13. Puurakentamisella vahvistetaan kaupunkien kestävä kasvua 2017). Tampereen kaupunki on itse linjannut panostavansa puurakentamiseen osana kaupungin ilmastostrategiaa (Puurakentamisen edistämishjelma 2016-2020 2016, Kestävä Tampere 2030 -ohjelma 2018). Kaupunki tavoittelee Suomen johtavaa asemaa puurakentamisen ja siihen liittyvän tutkimuksen-, kehityksen- ja koulutuksen keskuksena.

Puu on monikäyttöinen materiaali. Se sopii runkorakenteisiin sekä julkisivuihin, joissa se toimii hiilen pitkäaikaisvarastona. Sisätiloissa puu sopii lattioihin, seiniin sekä kattoon. Sitä voidaan käyttää lautoina, levyinä, paneeleina, rimoina, vanerina sekä erilaisina verhouksina, niin käsiteltynä kuin sellaisenaankin. (Nousiainen et al. 2016 s. 81) Puu on paloteknisesti haastava, mutta uusi rakennusten paloturvallisuutta käsittelevä asetus mahdollistaa puun käytön jo vapaammin. Suuri osa P2 -paloluokan eli yli 2-kerroksisten puukerrostalojen rakenteista kuitenkin joudutaan rakennuksen sisällä palosuojaamaan esimerkiksi kipsilevyllä, joten varsinaista puupintaa jää suhteellisen vähän näkyviin. Nykyisellään palomääräykset sallivat lattiapintojen sekä ei-kantavien seinien jättämisen puupintaiseksi. Lisäksi 20 % puupinnasta saa olla näkyvillä myös kantavissa ja palo-

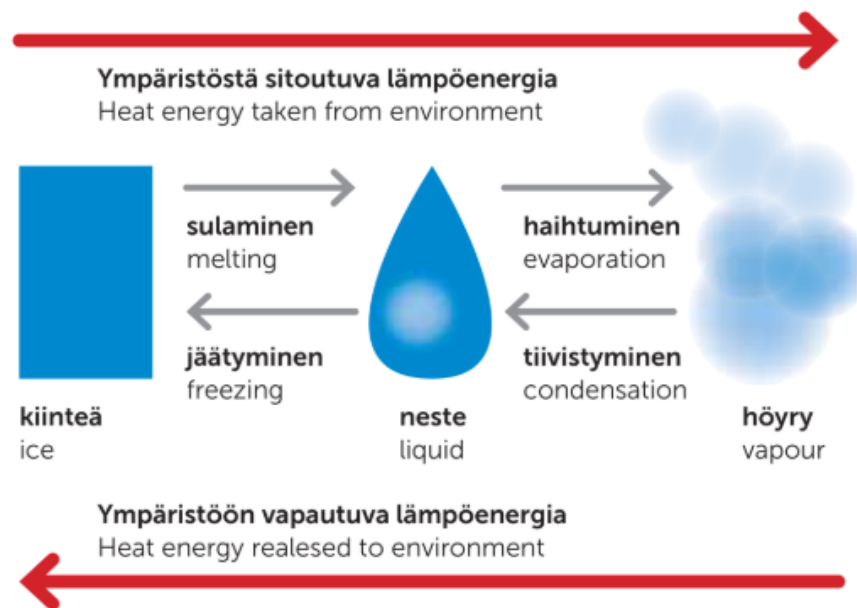
osastoivissa pinnoissa. Mikäli rakenteen palonkesto nostetaan R60:sta R90:een, sallitaan jo 80 % puupintaa. Matalammissa rakennuksissa puun käyttö on sallivampaa. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017)

Puutuotteet ovat käyttäjälle helppoja, sillä puu on kevyttä, yksinkertaista ja helppoa työstää sekä kiinnittää. Rakenteiden lisäksi puuta käytetään sisällä myös esimerkiksi kalusteissa, portaissa, ikkunoissa, ovissa sekä koristeissa. Usein puu valitaan sisätiloihin sen ulkonäön takia. Eri puulajit, niiden värit ja syyrakenteet sekä erilaiset puutuotteet tarjoavat tilan käyttäjälle kattavan valikoiman sisustamiseen. Sisätiloissa nähdään usein käytettävän muun muassa kuusta, mäntyä, koivua, tammea, haapaa sekä saarnia. (Puu sisätiloissa 2020) Kyselyn mukaan yhdeksästä erilaisesta puumateriaalista kokopuiset ja tummahkot vaihtoehdot, koivuliimalevy, vanha tammi, tammitukki sekä harmaa tammi, osoittautuivat mielekkäimmiksi (Wallenius 2014).

Esteettisten ja käytännöllisten näkökulmien lisäksi puulla on tutkitusti myönteisiä vaikutuksia sisäilmaan. Myös ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin liittyvät näkökulmat ovat kiinnostaneet tutkijoita yhä enemmän (Wood - Nature Inspired Design 2017). Tämän työn tavoitteena on selvittää, mitä myönteisiä vaikutuksia puumateriaalilla on sisätiloissa. Alussa tarkastellaan puupintojen fysikaalisia ominaisuuksia ja niiden vaikutuksia sisätilojen olosuhteisiin. Seuraavaksi tutkitaan puumateriaalin vaikutuksia ihmisen fysiologiaan ja psykologiaan. Lopussa käsitellään puun tutkimista ja käyttöä sairaalarakentamisessa niin ulkomailla kuin kotimaassakin.

## 2. PUUN FYSIKAALISET OMINAISUUDET SISÄTILOISSA

Puun vaikutukset sisäilmaan ovat herättäneet tutkijoiden mielenkiinnon, ja asiasta on alettu ottaa selvää. Puun on selvitetty parantavan sisäilman laatua (Cho et al. 2018). Sen on tutkittu muun muassa tasaavan lämpötiloja sekä kosteusvaihteluita sisätiloissa. Ominaisuudet johtuvat puun hygroskooppisuudesta ja piilevästä lämmöstä. Hygroskooppinen materiaali pyrkii tasapainotilaan ympäröivän ilman kosteuden kanssa. Päästäkseen tasapainoon se sitoo itseensä kosteutta tai luovuttaa sitä. Kosteuden sitoutuessa rakenteeseen taas syntyy piilevää lämpöä (kuva 1). (Puupintojen vaikutukset lämmöntasajana 2020)



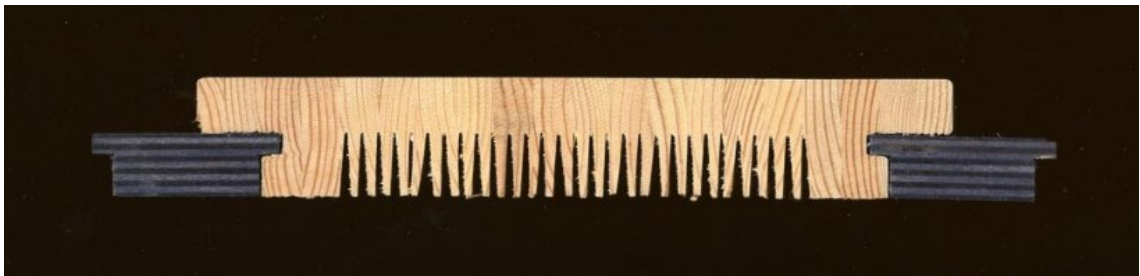
**Kuva 1** Veden faasimuutos vapauttaa tai sitoo lämpöä (Faasimuutoksesta vapautuva piilevä lämpö 2020).

Kosteus- ja lämpötekniisten ominaisuuksien lisäksi ollaan myös tietoisia puun positiivisista vaikutuksista tilojen akustiikkaan sekä pintojen antibakteerisuuteen (Karjalainen 2002 s. 266–304; Vainio-Kaila 2013). Lisäksi puurakenne on hengittävä. Ominaisuus tuottaa haasteita, mutta mahdollistaa esimerkiksi sisäilman hiilidioksidin vaihtumisen ulkoilman happeen. Puhdas ja miellyttävä sisäilma on tärkeää ihmisten hyvinvoinnille (Nousiainen et al. 2016 s. 94).

## 2.1 Puu kosteuden tasaajana

Ilma voi sitoa itseensä olosuhteisiin nähden tietyn määrän vettä. Tätä sitoutuneen veden enimmäismäärää kutsutaan kyllästyskosteudeksi, ja se kasvaa lämpötilan kasvaessa. Ilmassa olevan vesihöyryn määrän suhdetta kyseisen lämpötilan kyllästyskosteuteen kutsutaan suhteelliseksi kosteudeksi. (Pursiainen 2018) Puu on hygroskooppinen materiaali, joten se yrittää päästä tasapainotilaan ympäröivän ilmankosteuden kanssa. Hygroskooppisuutensa ansiosta se voi tasata suhteellisen kosteuden huipun vaihteluita sisätiloissa. Tätä kykyä kutsutaan kosteuspuskuroinniksi. Sisäilman suhteellisen kosteuden määrään vaikuttavat päivän eri vaiheet sekä vuodenaika. (Puu sisäilman kosteuden tasaajana 2020)

Kosteuspuskuroinnin teho riippuu puun pinta-alasta (kuva 2), puulajista, puupinnan syy-suunnasta sekä pintakäsittelystä (Puu sisäilman kosteuden tasaajana 2020). Lisäksi kevät- ja kesäpuun määrät, uuteaineet, kasvunopeus ja huokoskoko aiheuttavat eroja saman lajin sisälläkin. Tehokkain kosteuspuskurointikyky on poikkileikkauspinnalla sekä käsittelemättömällä puupinnalla. Tyypilliset sisätiloissa käytetyt pintakäsittelyt voivat vähentää puun kosteuspuskurointikapasiteettia yli 50 %. Tärkeää on valita höyryä läpäisevä pintakäsittely. (Vahtikari et al. 2016)

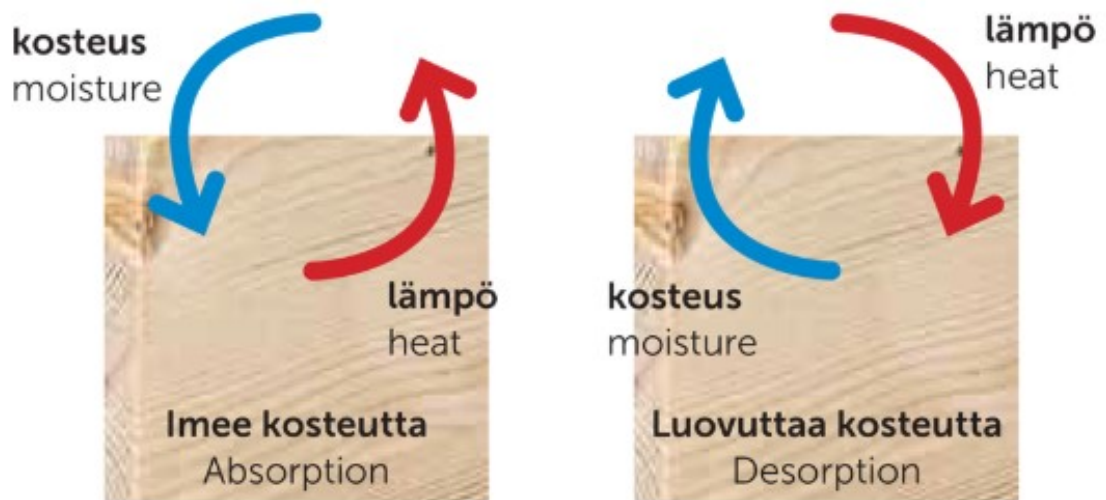


**Kuva 2** Kosteuspuskurointia voidaan parantaa päästämällä ilma sisäverhouksen käsittelemättömälle takapuolelle ja kasvattamalla verhouksen pinta-alaa urituksella (Puu sisäilman kosteuden tasaajana 2020).

Materiaalin hygroskooppisuus vähentää rakennuksen mekaanisen ilmanvaihdon tarvetta, joten energiaa säästyy (Kraniotis et al. 2016). Lisäksi se aikaansaa paremman mikroilmaston sisätiloissa, sillä ilma pysyy sopivassa kosteustasossa. Samalla esimerkiksi homeen muodostumisen riski pienenee. Puun ominaisuus tasata kosteutta on tärkeää myös ihmisten mukavuuden kannalta. Tämä on huomattu erityisesti työympäristöissä, joissa työntekijöiden tehokkuuden on havaittu vähenevän 12 % kun he kokevat sisäilman huonoksi (Bergs 2002 s. 9). Kosteuspuskurointi on ominaista huokoisille materiaaleille. Betonilla ja tiilellä kosteuspuskurointikyky on kolme kertaa heikompi. (Puu-pintojen vaikutukset lämmöntasaajana 2020)

## 2.2 Puu lämmöntasaajana

Tutkimusten mukaan puulla on sisätiloissa myös lämpöä tasaava ominaisuus. Ilmassa oleva kosteus sitoutuu puupintaan ja faasimuutos aikaansaa lämpöä (kuva 3). Ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi sopivan lämpötilan aikaansaamiseksi sisätiloissa. Lisäksi tarvitaan vähemmän koneellista ilmanvaihtoa ja energiaa. Samalla tavalla puun lämpötila laskee kosteuden haihtuessa siitä, joten tilanteen mukaan puupinta voi toimia tilan lämmittimenä tai jäädyttäjänä. (Puupintojen vaikutukset lämmöntasaajana 2020)



**Kuva 3** Kosteuden ja lämmön siirtyminen puussa (Faasimuutoksesta vapautuva piilevä lämpö 2020).

Kraniotis et al. (2016) ovat tutkimuksessaan keskittyneet kuusen kosteuspuskurointikapasiteettiin sekä siihen, kuinka sisäilman suhteellinen kosteus ja siihen liittyvä piilevä lämpö vaihtelevat puun vaikutuksesta. Kuusesta tehtyjen testikappaleiden pintalämpötilaa mitattiin muuttuvassa ilmakesteudessa ja kosteuden varastoitumista seurattiin samanaikaisesti mittaamalla solujen painoa. Vertailukohteena käytettiin altistumiselta suojattua, muovilla päällystettyä kappaletta. Suhteellisen kosteuden arvoa vaihdeltiin 20–90 %:iin. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että kosteudelle altistuneen kuusipinnan lämpötila nousi 2,1 °C, kun taas vertailukappaleelle kyseinen arvo oli 0,9 °C. Kappaleen paino nousi ja korreloi pinnan lämpötilan nousun kanssa. Tulos todistaa, että puun käyttö sisätiloissa voi toimia lämpötilaa säätelevänä tekijänä ja vaikuttaa näin suoraan energiansäästöön.

Samanlainen tulos saatiin, kun Nore et al. (2017) tutkivat kahdessa massiivipuuisessa testitalossa sisätilojen puupintoja, lämpötilaa sekä ilman suhteellista kosteutta. Toisen



talon pinnat oli peitetty ei-hygroskooppisella materiaalilla. Tulokset paljastivat suhteellisen kosteuden vaihtelevuuden vaikuttavan huomattavasti puupintojen lämpötiloihin. Kosteuden imeytyminen puuhun nosti pintojen lämpötilaa. Tämän takia huoneissa, joissa esiintyy kosteutta, puun ja hyvin säädellyn ilmastonin yhteisvaikutuksella on mahdollisuus epäsuoraan energiansäästöön. Huoneen lämmityslaitteen tehoa voitaisiin laskea 23 °C:sta 20 °C:seen, jolloin sisätilan lämpötilan pysyisi entisellään lämmentyneen puupinnan ansiosta. Hygroskooppisten materiaalien sekä hyvin säädellyn ilmanvaihdon yhteistyö voi vähentää lämmitykseen ja viilennykseen kuluva energiaa 5 % ja 30 % (Osanyintola & Simonson 2006).

### **2.3 Puun hengittävä rakenne**

Lämmön ja kosteuden tasaamisen lisäksi puu toimii hengittävänä rakenteena, mikä on hyväksi rakennukselle. Rakenteen hengittävyys tarkoittaa sitä, että ilman sisältämät kaasujen osapaineet pääsevät ulkovaipan läpi diffundoitumaan. Diffuusio tarkoittaa aineiden pyrkimystä tasoittaa pitoisuuserot, eli molekyylit siirtyvät väkevämmästä laimeampaan (Diffuusio 2006). Oikein rakennettu hengittävä rakenne on kuitenkin ilmatiivis, eli varsinaista ilmapirtausta sen läpi ei käy. Hengittävä rakenne on terveellinen, sillä sisäilmassa oleva hiilidioksidi voi diffundoitua sen läpi ulos ja happi ulkopuolelta sisään. Mikäli koko rakenne ei kuitenkaan ole hengittävä, jo pelkät hengittävät pintakerrokset auttavat ylläpitämään miellyttävää sisäilmaa. Öisin kosteutta imemällä ja päivisin sitä luovuttamalla hengittävät pinnat pitävät ilmankosteutta tasaisena. (Hengittävä rakenne 2020)

Hengittävässä rakenteessa on kuitenkin haasteita, sillä ilman mukana liikkuu myös vesihöyryä. Monikerroksisissa rakenteissa tästä tulee ongelma, sillä vesihöyry voi tiivistyä eri kerrosten pinnoille. Tällöin voi tapahtua kosteusvaurioita ja homekasvustoa. Mikäli homeita ilmaantuu, voivat homeitiöt kulkeutua sisälle talossa olevan alipaineen avulla. Jos lämmöneristeet kastuvat, niiden eristyskyky kärsii. Tuulensuojalevyissä kostumisen aiheuttamat muodonmuutokset näkyvät rakenteen tiiviydessä. (Hengittävä rakenne 2020)

### **2.4 Antibakteerisuus**

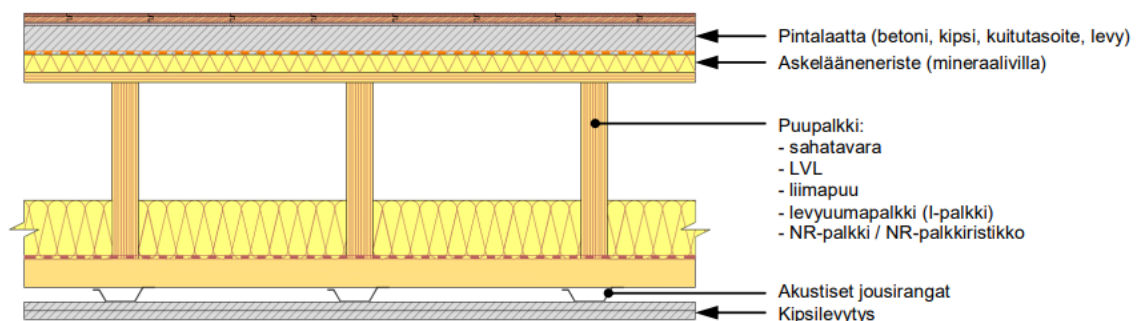
Puu ehkäisee antibakteerisena materiaalina mikrobien kasvua. Tämän ominaisuuden takia sitä on käytetty paljon esimerkiksi saunoissa ja leikkuulaudoissa. (Puu sisätiloissa 2020) Antibakteerisuutensa ansiosta puu olisi hyödynnettävissä esimerkiksi sairaala- ja päiväkotiympäristöissä, joissa on kiinnitettävä huomiota hyvään hygieniaan.

Vainio-Kailan et al. (2011; 2013) tutkimuksissa on perehdytty puun mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Tutkimuksissa vertailtiin bakteerien kasvua eri puupinnoilla sekä lasilla, joka on neutraali bakteerien kannalta. Vertailun kohteina olivat mänty sekä kuusi, joista tutkittiin pinta- ja sydänpuu. Tulokset osoittivat, että jokaisen puupinnan kohdalla bakteerit kuolivat nopeammin verrattuna lasipintaan. Eri puupintojen antibakteerisuudessa oli myös eroja, ja esimerkiksi mänty osoittautui kuusta paremmaksi. Ominaisuuden saivat aikaan puun uuteaineet sekä ligniini, mutta sen sijaan selluloosa taas edesauttoi bakteerien kasvua.

Vainio-Kaila et al. (2017) tutkivat myös puusta haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (Volatile Organic Compound, VOC) antibakteerisuutta. Tässäkin tapauksessa männyn sydänpuulla oli tehokkain vaikutus. VOC:it ovat aiheuttaneet keskustelua, sillä useista lähteistä tulevana ne voivat olla haitallisia. Vainio-Kailan et al. tutkimus kuitenkin osoittaa, että puun tapauksessa näin ei ole, vaan niitä voitaisiin jopa lisätä hyvinvoinnin kannalta.

## 2.5 Akustiikka

Ympäristöministeriön asetuksessa (796/2017) on esitetty uuden rakennuksen ääneneristävyysvaatimukset. Puu on kevyt materiaali, joten sen heikko ääneneristävyys tuo haasteita vaatimusten täyttämiseen ja miellyttävän äänimaailman aikaansaamiseen. Eriytyisesti puukerrostalojen välipohjat ovat ongelmallisia, sillä kevyiden rakenteiden haasteena ovat matalataajuiset äänet. Välipohjien ääneneristävyys on kuitenkin korjattavissa kerroksellisten rakenteiden avulla. Kelluva lattiarakenne, välipohjan alapuoliset akustiset jousirangat sekä välipohjan massan lisääminen esimerkiksi betonivalulla aikaansaavat toimivan rakenteen ja tarvittavan askeläänieristävyyden (kuva 4). Puukerrostaloasunnoissa sivuttaissuuntainen ilmaääneneristävyys on taas koettu todella hyväksi. (Karjalainen 2002 s. 269–271)



**Kuva 4** Rakenneleikkaus puurakenteisesta välipohjasta. Kelluva pintalaatta sekä välipohjan alapuoliset akustiset jousirangat mahdollistavat vaaditun ääneneristävyyden.

(Palkkivälipohjan äänitekniikka 2011 s. 3)

Puurakenne ei myöskään juuri vaimenna ääntä, jos rakenne on paksu, tiivis- ja sileäpintainen. Puun äänitekniisiä ominaisuuksia voidaan kuitenkin hyödyntää. Tiivis rakenne heijastaa ääntä, mitä voidaan käyttää esimerkiksi musiikkisaleissa suuntaamaan äänen heijastuksia (kuva 5). Puusta voidaan tehdä myös rimoituksia tai rei'itettyjä pintoja, jotka toimivat rako- tai reikäresonaattoreina tehokkaasti äänen vaimentimina. Resonaattorit vaimentavat ääniä värähdellessään. (Karjalainen 2002 s. 269) Korkeissa tiloissa puisia seinäpintoja voidaan jyrsiä ja muotoilla niin, että äänien haitallinen heijastuminen vähenee (Laukkanen 2018).



**Kuva 5** Kuhmossa sijaitsevan Tuupalan puukoulun salin äänimaailmaan vaikuttavat katon muotoilu sekä seinien akustiikkaelementit (Kuhmon Tuupalan Koulu 2020).

Tilojen akustiikkaan ja äänimaailmaan on hyvä kiinnittää huomiota. Melulla, eli ei toivottulla äänellä, on vaikutuksia ihmisen terveyteen. Kuuloliitto ry:n mukaan ”Melu on terveydelle haitallista, se heikentää kokonaishyvintia ja aiheuttaa epäviihtyisyyttä. Tutkimusten mukaan melu aiheuttaa lihasjännitystä, päänsärkyä, ärtyneisyyttä ja väsymystä sekä lisää tapaturmavaaraa. Jatkuva melu aiheuttaa stressiä ja unihäiriöitä.” Lisäksi melulla on sykettä ja verenpainetta nostava vaikutus. (Melun vaikutukset 2017)

### 3. PUUN FYSIOLOGISET JA PSYKOLOGISET VAIKUTUKSET

Ihmiset viettävät keskimäärin 88% ajastaan sisätiloissa, joten tilojen luonteet eivät voi olla merkityksettömiä. Puun fysikaaliset ominaisuudet osoittivat jo sen potentiaalisen sisätilojen materiaalina, mutta myönteisten vaikutusten on todettu ulottuvan myös ihmisten hyvinvointiin ja terveyteen. Myönteisiin vaikutuksiin ei kuitenkaan ole vielä tarkkaa tutkimuksilla osoitettua syytä, mutta useisiin asioihin on jo saatu varmistus. Vaikutuksia on tutkittu useissa maissa, joihin kuuluvat muun muassa Norja, Itävalta, Japani sekä Kanada. (Puupintojen terveysvaikutukset sisätiloissa - tutkimustuloksia 2020)

Puumateriaalin tuominen rakennettuun ympäristöön on todettu alentavan fysiologista sekä psykologista stressiä (Fell 2010; Wood - Nature Inspired Design 2017 s. 13; Joanneum Research 2020). Stressi syntyy haastavissa tilanteissa, joissa ihmisen voimavarat sopeutumiseen ovat tiukoilla (Stressi 2018). Stressi ei ole pelkästään huono asia, sillä se on keskeinen osa selviytymistä sekä hyvinvointia. Lisäksi se on yksilöllistä. Asia ei siis ole yksiselitteinen, joten sen tutkiminen on haastavaa. Olennaista on kuitenkin se, kuinka pitkään ihminen joutuu olemaan stressin alaisena. Stressi vaikuttaa ihmiseen fysiologisesti muun muassa kohonneeseen sykkeen ja verenpaineeseen muodossa. Palautuminen stressaavista tilanteista myös heikentyy. (Puttonen 2006) Ihmisen fysiologisia vastetta kontrolloi erityisesti sympaattinen hermosto. Sympaattisen hermoston aktivoituminen tapahtuu, kun ihmisen keho valmistautuu stressiin nostamalla verenpainetta sekä sydämen sykettä. Samalla ruoansulatus, palautuminen sekä immuunijärjestelmä hidastuvat. Mikäli ihminen altistuu pitkäaikaisesti stressille, voi siitä seurata vakavia terveysongelmia, joihin kuuluvat esimerkiksi sydän- ja verisuonisairaudet, liikalihavuus sekä 2-tyypin diabetes. (Puttonen 2006; Kyrou & Tsigos 2009)

Kehon fysiologisten reaktioiden lisäksi puu vaikuttaa ihmiseen psykologisesti myönteisesti. Ihmiset mieltävät puupinnat lämpimiksi, kodikkaiksi sekä rauhoittaviksi. Sekä puun näkeminen, että koskettaminen aiheuttavat myönteisiä ja luonnollisia tuntemuksia. Puusisustuksen on huomattu parantavan myös ihmisten sosiaalisuutta ja ympäristön havainnointia. (Fysiologiset ja psykologiset ominaisuudet 2020) Myönteiset vaikutukset kumpuavat ihmisen luontaisesta vetovoimasta ja rakkaudesta luontoa kohtaan (kuva 6). Tätä vetovoimaa kutsutaan biofiliksi. Amerikkalainen biologi Edward O Wilson teki termistä tunnetun 1980-luvulla, kun hän alkoi kiinnittää huomiota kaupungistumisen kasvuun ja siihen, miten ihmiset alkoivat tätä myöten irrottautua luonnonmukaisesta maailmasta. Biofiilisen suunnittelun keskiössä on terveyden ja hyvinvoinnin lisääminen rakennetussa

ympäristössä. Tämä toteutetaan lisäämällä rakennettuun ympäristöön suoria tai epäsuoria elementtejä luonnosta. Luonnon elementtien, kuten puun, tuominen kaupunkeihin ja rakennusten sisätiloihin on todettu vähentävän stressiä ja verenpainetta sekä edistävän tehokkuutta, luovuutta ja hyvinvointia. (Kellert 2012, xii; Biophilic design – Connecting with nature to improve health & wellbeing 2020) Biofiilisen suunnittelun elementtejä ovat puun lisäksi muun muassa luonnonvalo, näkymät luontoon, kasvit sekä vesiaiheet (Workplaces: Wellness+Wood=Productivity 2018 s. 2). Näiden suorien sekä epäsuorien elementtien lisäksi luontoa symboloivat kuvat voivat aikaansaada samoja mielekkäitä kokemuksia. (Kellert 2008, Nyruud et al. 2014 s. 126 mukaan).



**Kuva 6** Luonnon elementtien näkeminen saa aikaa myönteisiä tunteita (Mitä puita Suomen metsissä asustaakaan? 2020).

Puun aikaansaamien fysiologisten sekä psykologisten näkökulmien myönteistä yhteisvaikutusta on selvitetty useissa tutkimuksissa. Japanissa tehdyssä tutkimuksessa koehenkilöiden verenpainetta mitattiin heidän nähdessään vuorotellen puisen seinäpaneelin sekä valkoisen teräksisen paneelin. Tulokset osoittivat, että puun näkeminen aiheutti tunneperäisen sekä luonnollisen vaikutelman ihmisissä. Verenpaineen taso laski huomattavasti henkilöillä, jotka pitivät puupaneelista. Mikäli koehenkilö ei pitänyt puusta, verenpaineessa ei tapahtunut merkittävää nousua. Ärsyke valkoisesta teräspaneelista sai aikaan epäterveellisen ja masentuneisuuden tunnetta lisäävän reaktion. Lisäksi stressi- ja verenpaineen taso nousivat huomattavasti ihmisillä, jotka eivät pitäneet teräspaneelista. (Sakuragawa et al. 2005)

Sähkönjohtokyvyllä mitattuna on voitu todeta, että ihmisen stressitaso oli matalin puisia kalusteita sisältävässä työhuoneessa. Tutkimuksessa testattiin puun ja kasvien vaikutusta stressin määrään toimistoympäristössä. Koehenkilöiden stressiä mitattiin heidän tehdessä tehtäviä neljässä eri asioita sisältävässä huoneessa: puuta ja kasveja, puuta ja ei kasveja, ei puuta ja kasveja, sekä ei puuta eikä kasveja (kuva 7). Tulokset osoittivat,



että puusisustus alensi stressitasoja. Kasvien kohdalla samaa yhteyttä ei löydetty. Tutkimus osoittaa, että puun käyttö sisätiloissa vaikuttaa samalla tavalla stressiä alentavasti kuin luonto. Johtopäätös tästä on, että puuta voidaan käyttää stressiä lievittävänä tekijänä sisätiloissa osana biofiilistä suunnittelua esimerkiksi sairaaloissa ja kouluissa. (Fell 2010) Samanlainen tulos on saatu myös kouluympäristöä tutkiessa. Kokonaan puisessa luokkahuoneessa olleiden oppilaiden aamulla kohonnut stressi laantui nopeasti eikä noussut uudestaan. Tähän verraten tavallisessa luokkatilassa koehenkilöiden elimistön stressi jatkui koko päivän, ja oppilaat tunsivat väsymystä ja aikaansaamattomuutta. (Fysiologiset ja psykologiset ominaisuudet 2020)



**Kuva 7** Puusisusteinen testihuone alentaa stressitasoja. Kasvitkaan eivät aikaansaa samanlaista ilmiötä. (Fell 2010 s. 36)

Zhang et al. (2016) vertailivat myös puisten ja ei-puisten sisätilojen aikaansaamia psykologisia vaikutuksia koehenkilöissä, jotka tekivät 60 minuutin mittaisen kyselyn. Tulokset osoittivat, että puisissa ympäristöissä ihmisillä oli positiivisempia tunteita. Ympäristöt koettiin viihtyisiksi ja uupumuksen tunne osoittautui huomattavasti matalammaksi puisissa ympäristöissä. Koehenkilöt pitivät puisten huoneiden miellyttävästä väristä, hajusta sekä valosta. Samankaltaisiin tuloksiin pääsivät Demattè et al. (2018). Heidän tutkimusympäristöinänsä toimivat kaksi huonetta, puinen ja kipsinen, joissa mitattiin



epämiellyttävän, mutta silti luonnollisen tunteen, eikä verenpaine tällöinkään noussut. Huoneenlämpöisen alumiinin ja kylmän akryylin kohdalla tuntemukset olivat epäluonnollisia ja epämiellyttäviä. Lisäksi havaittiin huomattava verenpaineen nousu. Näissä tapauksissa oli siis havaittavissa selvä yhteys omakohtaisen arvioinnin ja fysiologisten vasteen välillä. Materiaalin koskettamisen merkityksellisyyttä ei tule unohtaa suunnittelussa, sillä tuntoaisti on vanhin ja tärkein aistimme (Ackermann 1990, Nousiainen et al. 2016 s. 34 mukaan). Materiaalin tuntu vaikuttaa tilan kokemiseen, ja helpottaa orientoitumisessa sekä kolmiulotteisessa hahmottamisessa (Nousiainen et al. 2016 s. 34).

Puun käyttöä ei pidä sekoittaa puujäljitelmiä käyttöön, nimittäin puun aikaansaamia myönteisiä vaikutuksia ei jäljitelmillä saada aikaan. Esimerkiksi laminaatti voi näyttää huomattavan yhtäläiseltä puuhun verrattuna. Jiménez et al. (2015) olivat kiinnostuneita nimenomaan siitä, saisivatko kaksi saman näköistä materiaalia, puu ja puun näköinen laminaatti, aikaan samanlaisia vaikutuksia ihmisissä. Koehenkilöt arvioivat muun muassa laatua, tunnelmaa sekä ostohalua kuvista, joissa puuta tai laminaattia oli käytetty samalla tavalla sisätiloissa. Tulokset osoittivat, että puu arvioitiin selkeästi terveellisemmäksi, lämpimämmäksi, ja mukavammaksi kuin laminaatti. Vastanneet suosittelisivat ja ostaisivat mieluummin puutuotteita sekä sallisivat niille enemmän virheitä kuin laminaattituotteille. Ihmiset myös kokevat vähemmän stressiä puisessa huoneessa kuin puujäljitelmillä sisustetussa huoneessa (kuva 9) (Kelz et al. 2020).



**Kuva 9** Testihenkilöt kokivat olevansa vähemmän stressaantuneita mäntysisusteisessa huoneessa (vas.). Sydämen sykettä mittaamalla tämä todettiin myös fysiologisesti.

(Kelz et al. 2020)

Samantyyppinen tulos saatiin tutkimuksessa, jossa etsittiin männyn vaikutuksia stressiin ja palautumiseen. Koehenkilöitä rasitettiin psyykkisesti sekä fyysisesti huoneissa, jotka olivat mäntykalusteilla tai puujäljitelmillä sisustettuja. Mäntysisusteisissa huoneissa koehenkilöiden palautuminen oli huomattavasti parempaa, ja sydämen syketaaso oli matalampi rasituksen ja sitä seuraavan levon aikana. Toisessa tutkimuksessa saatiin selville, että sängyn materiaalilla on vaikutusta unen laatuun. Koehenkilöiden unta mitattiin ensin



männystä tehdyssä sängyssä, jonka jälkeen sama toistettiin heidän nukkuessaan omassa sängyssään tai puujäljitelmäsängyssä. Tulokset osoittivat, että männystä tehdyssä sängyssä henkilöiden unen laatu oli huomattavasti parempi, kuin muissa vaihtoehdoissa. Koehenkilöt myös kokivat olonsa rentoutuneemmaksi ja olivat jopa sosiaalisempia puisessa sängyssä nukutun yön jälkeen. (Joanneum Research 2020)

Puun jäljitelmät voivat kuitenkin tuottaa visuaalisesti miellyttäviä kokemuksia. Ne voivat näyttää hyvältä, mutta eivät kuitenkaan tunnu, kuulosta tai tuoksu oikealta. Aito materiaali saa aina aikaan myönteisemmän vaikutuksen tilakokemukseemme. (Day 2014, Nousiainen et al. 2016 s. 78 mukaan) Aidon, rakenteellisen materiaalin pinta voi myös luoda valon kanssa mielenkiintoisen visuaalisen kokemuksen. Materiaali, joka näyttää, tuntuu ja kuulostaa miellyttävältä, saa aikaan myönteisen moniaistillisen kokemuksen ja on siksi terveellinen. (Nousiainen et al. 2016 s. 79) Lisäksi aidon materiaalin ikääntyminen kertoo ajasta sekä historiasta ja patina lisää materiaalin rikkautta (kuva 10). Keino-tekaisesta materiaalista on vaikea aistia aikaa. (Pallasmaa 2012, s. 34)



**Kuva 10** Ikääntyvä puu kertoo ajasta (Brown Wooden Surface 2016).

Suomessakin on kiinnostuttu puun vaikutuksista. Luonnonvarakeskus Luke on aloittanut poikkitieteellisen Finnish SuperWood -hankkeen, jonka tarkoituksena on selvittää fysiologisin sekä psykologisin mittarein puumateriaalin elvyttävää vaikutusta ihmiseen. Lisäksi tutkitaan puumateriaalin ja silmien terveyden yhteyttä päätetyöskentelyyn kohdistuvan stressin aikana. (Finnish superwood 2016) Hankkeen erikoistutkija Riina Muilu-Mäkelän mukaan ”Hyvinvoinnin mitattavuus perustuu ihmisen kokemukseen, joka välittyy fysiologiaan. Fysiologista reagoitua materiaaleihin ja tiloihin voidaan mitata esimerkiksi hermoston toiminnan muutoksina”. Muilu-Mäkelä kertoo kokemusten mittaamisen olevan haastavaa, sillä useat tekijät vaikuttavat siihen. (Laukkanen & Viljakainen 2018)

Finnish SuperWood -hankkeen lisäksi Kuhmon kaupunki sekä Oulun yliopiston Mittaus-tekniikan yksikkö aloittivat vuonna 2019 tutkimushankkeen Tuupalan koulussa. Tuupalan alakoulu on ensimmäinen Suomessa massiivipuulementtitekniikalla rakennettu koulu (kuva 11). Puukoulu valmistui vuonna 2018, ja siellä toimivat Tuupalan päiväkoti sekä alakoulun luokat. Koulu rakennettiin sääsuojassa CLT-elementti- ja liimapuutekniikalla, ja rakentaessa pidettiin huolta Terve talo -kriteerien täyttymisestä. (Tuupalan alakoulu 2020) Terve Talo -kriteerit kirjataan toteutusohjeeseen, jonka avulla huolehditaan rakennuksen toimivuudesta, terveellisyydestä sekä vaadittujen sisäolosuhteiden täyttymisestä kaikissa rakennusvaiheissa (Terve Talo -kriteerit 2008).



**Kuva 11** Massiivipuulementeistä rakennetun Tuupalan koulun sisätiloissa on paljon puuta näkyvissä (Tuupala elementary -and preschool 2020).

Hankkeessa tutkitaan puurakentamisen terveysvaikutuksia koulun oppilaisiin. Vertailukohteena käytetään saman arkkitehdin suunnittelemaa betonirunkoista Vaasan yhteiskoulua. Tutkimuksen tavoitteena on hankkia lisää tietoa puurakentamisesta ja puun käyttömuotojen lisäämisestä. Tutkijoita kiinnostaa rakennuksen sisäilman laatu, fyysiset ominaisuudet, sekä oppilaiden stressi ja sen lähteet. Sisäilman laatua seurataan ilmanäytteillä, fyysisiä ominaisuuksia mitataan sensoreilla, ja näiden lisäksi otetaan pyyhkäisyäytteitä pinnoilta. Oppilaiden stressitasoa mitataan sylkinäytteen kortisolipitoisuutta tarkkailemalla sekä älysormusten avulla. (Puurakentamisen terveysvaikutukset 2020) Tutkimukseen pyritään saamaan 50-70 oppilasta molemmista vertailtavista kouluista, jolloin koehenkilöitä olisi enemmän kuin aikaisemmissa puurakentamista koskevissa tutkimuksissa. (Puurakentamisen terveysvaikutukset - tutkimushanke 2020)

Samankaltainen kouluympäristöön sijoittuva tutkimus on suoritettu Itävallassa. Puusisustein luokkahuone näytti alentavan oppilaiden stressitasoa verrattuna tavalliseen luokkahuoneeseen. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan pystytty liittämään puun käyttöä oppilaiden keskittymiskyvyn paranemiseen. (Kelz et al. 2011) Luonnon elementtien lisääminen kouluympäristöön on tärkeää lapsille. Kouluissa oppilaat usein erotetaan luonnosta, sillä oppiminen tapahtuu tyypillisesti sisällä kirjojen tai tietokoneen äärellä. Lapsuudessa yhteys luontoon kuitenkin tukee tunteellista ja tiedollista kasvua sekä luo kestävän ja arvostavan suhteen sitä kohtaan. Luonto vaikuttaa myönteisesti myös sosiaaliin suhteisiin. Siksi olisi hyvä, että oppimisympäristöissä kiinnitettäisiin asiaan huomiota. (Kellert 2005, Nousiainen et al. 2016 s. 21–22 mukaan)

Puumateriaalin käyttö rakentamisessa ja sisustuksessa on siis oleellinen biofiilisen suunnittelun keino (kuva 12). Kuten tutkimukset osoittavat, puu näyttää aikaansaavan kaikissa jollain tavalla myönteisen tai neutraalin reaktion, mitä ei tapahdu toisten materiaalien kohdalla. Vaikutusten voimakkuus vaihtelee sen mukaan, pitääkö puusta vai ei (Sakuragawa et al. 2005). Tämä on merkki ihmisissä piilevästä vetovoimasta luontoa kohtaan (Kellert 2012, xii). Vaikka luonnon rakkaus on meissä kaikissa, vaikuttaa todennäköiseltä, että puu voisi saada aikaan voimakkaampia myönteisiä vaikutuksia esimerkiksi työnsä tai harrastuneisuutensa puolesta luontoon liittyviä asioita tutkineelle ihmiselle (Demattè et al. 2018). Tällöin he osaavat mahdollisesti kiinnittää rakennettuun ympäristöön tuotuihin luonnonelementteihin paremmin huomiota. Lisäksi henkilön asuinpaikalla, iällä, sukupuolella voisi luulla olevan vaikutusta kokemusten voimakkuuteen.



**Kuva 12** Puuta voidaan käyttää monipuolisesti rakenteissa ja sisustuksessa (Belgian holiday house by GAFPA takes its cues from Japanese architecture 2016).

Luonnon elementteihin liittyvä myönteinen vaikutus ihmisissä aikaansaa tehokkuutta ja rahassa mitattavaa arvoa. Biofiilisen suunnittelun ansiosta toimistoissa on voitu parantaa työntekijöiden tehokkuutta 8 % sekä hyvinvoinnin tasoa 13 %. Oppimisympäristöissä taas on saavutettu parempia oppimis- ja koetuloksia, parempaa keskittymistä sekä matalampia vaikutuksia ADHD:en. Terveystieteiden tiloissa leikkausten jälkeinen palautuminen on nopeutunut 8,5 % ja kipulääkitystä on pystytty vähentämään jopa 22 %. Kasvillisuus ja hyvän maiseman läheisyys ovat mahdollistaneet vuokratilojen korkeammat keskimääräiset hinnat, sillä myös asiakkaat ovat osoittaneet maksavansa 8–12 % enemmän hyödykkeistä sekä palveluista. Lisäksi on osoitettu, että luontoa lähellä olevilla alueilla on havaittu 7–8 % vähemmän rikollisuutta, mikä voi näkyä 4–5 % kiinteistöjen hinnan nousussa. Uudemmat tutkimukset osoittavat samoja vaikutuksia vain pelkällä puumateriaalin käyttämisellä. (Workplaces: Wellness+Wood=Productivity 2018 s. 2)

## 4. PUU HYVINVOINTIRAKENTAMISESSA

Sairaalat ovat todella stressaavia paikkoja potilaille, heidän perheilleen sekä henkilökunnalle (Joseph 2020). Perinteinen sairaalaympäristö on rakentunut toiminnallisuuden ympärille. Tämä painotus on muokannut tiloista toiminnallisesti tehokkaita, mutta psykologisesti raskaita. Psykologisesti epämiellyttävä ympäristö voi heikentää potilaiden hyvinvointia ja palautumista. Sairautensa tai vaivansa lisäksi heikko suunnittelu voi johtaa potilaiden stressiin, ahdistukseen, houretilaan, korkeaan verenpaineeseen sekä lisääntyneeseen kipulääkkeiden käyttöön. Lisäksi työntekijöiden kokema stressi voi vaikuttaa huonolla tavalla hoitoon ja siten myös potilaisiin. (Ulrich 1991) Stressiä voivat aiheuttaa esimerkiksi melu, monimutkainen pohjaratkaisu, yksityisyyden puute, ikkunoiden ja luonnonvalon vähäisyys, sekä huono ilmanlaatu. Tutkimustuloksiin perustuvalla suunnittelulla voitaisiin parantaa sairaalaolosuhteita. Voimaannuttava ympäristö on perusteltu myös taloudellisesti. Mahdollisesti kalliimmat rakennuskustannukset saadaan hyvitettyä säästöillä, jotka aiheutuvat esimerkiksi vähentyvistä lääketieteellisistä virheistä ja sairaalainfektiotapauksista, potilaiden nopeammasta parantumisesta sekä työntekijöiden tyytyväisyydestä. (Joseph 2020)

Puun myönteisten terveysvaikutusten ansiosta sitä on luontevaa hyödyntää sairaala- ja hyvinvointiympäristöissä, joissa vaikutukset voivat edesauttaa potilaiden tervehtymistä ja palautumista (Augustin & Fell 2015 s. 21). Samoin voidaan tehdä sairaalan työntekijöiden työkokemuksista stressittömämpiä. Luonnollisten materiaalien käyttö osana biofiilistä suunnittelua esimerkiksi sairaalan osastoilla voi olla todella merkittävää, sillä usein huonekasveja ja rauhoittavia näkymiä ikkunoista on rajallisesti. (Nyrud et al. 2014) Lisäksi puun antibakteerisuus voisi antaa mahdollisuuksia hygieenisemmän toimiympäristön aikaansaamiseksi. Puun uuteaineet toimivat tutkimuksessa jopa sairaalabakteereita MRSA:ta ja VRE:tä vastaan (Vainio-Kaila 2015). Erityisesti Norja, Kanada, Japani, Itävalta sekä Tanska ovat tutkineet puun käyttöä terveystalokentämissä (Laukkanen 2015).

Norjalaisessa tutkimuksessa (Nyrud et al. 2014) perehdyttiin luonnon elementtien, kuten puun, käyttöön sairaalaympäristössä. Sairaalan henkilökunnasta koostuvalta testiryhmältä kysyttiin mielipidettä kymmeneen eri tavalla sisustettuun hoitohuoneeseen. Huoneissa oli käytetty vaihdellen materiaaleina valkoista maalia, linoleumia, terästä, mäntyä ja tammea. Testiryhmä arvioi huoneiden sopivuutta hoitohuoneiksi ja haluaan työskennellä niissä. Tulokset osoittivat, että keskimäärän puuta sisältävä huone 6 oli mielekkäin (kuva 13).





**Kuva 13** Huone, jonka lattia sekä yksi seinä olivat puisia, osoittautui mielekkäimmäksi hoituhuoneeksi norjalaisessa tutkimuksessa (Nyrud et al. 2014 s. 129).

Tavallinen hoituhuone ilman puuta sekä kokonaan puusta tehty huone olivat epämiellyttävimmiksi koettuja. On siis hyvä huomata, että tavalliseen huoneeseen olisi hyvä tehdä muutoksia ihmisten viihtyvyyden kannalta. Lisäksi huomioitavaa on, että puusisustuksesta pidetään, mutta puun määrällä on väliä (Kuva 14). Norjan hygieniasäädösten mukaisesti puupinnat on lakattava sairaaloissa. Puupintojen käsittely, kuten lakkaaminen, voi johtaa siihen, että puuta ei pidetä enää yhtä luonnollisena. (Nyrud et al. 2014)



**Kuva 14** Huoneissa olevan puun määrällä on merkitystä mielipiteisiin. Vaihtoehdot, joissa ei ollut ollenkaan puuta tai jotka olivat kokonaan puisia, olivat vähiten pidetyt. (Nyrud et al. 2014 s. 128)

Ohta et al. (2007) suorittivat sairaalassa tutkimuksen, jossa seurattiin erilaisissa eristys-huoneessa olevien henkilöiden stressitasoa. Toinen huone oli sisustettu puupaneloinnilla ja japanilaisella paperilla, kun taas verrokkihuoneessa oli perinteiset betoniseinät. Tulosten mukaan puisessa huoneessa olleiden henkilöiden stressitaso laski enemmän

verrattuna perinteiseen huoneeseen. Koe suoritettiin kylmään vuodenaikaan, ja uudelleen sisustettu huone paransi sen lämpöolosuhteita ja samalla auttoi ylläpitämään mukavaksi koettua kehon lämpötilaa.

Japanilaisessa vanhainkodissa otettiin selvää puutuotteiden vaikutusta vanhusten käyttäytymiseen. Vertailukohteina oli viisi tilannetta: ei puutuotteita, muoviset pöydät ja tuolit, puiset pöydät ja tuolit, puiset ruokailuvälineet, sekä jatkuva puutuotteiden käyttö. Vanhusten terveydentilaa ja normaaleja aktiviteetteja arvioitiin viiden viikon ajan. Tulokset osoittivat, että tasainen puutuotteiden käyttö paransi vanhusten sosiaalista vuorovaikutusta, aktiivisuutta sekä itsensä ilmaisua. Tämän ansiosta puun käyttö voisi parhaassa tapauksessa ehkäistä vanhusten psyykkisen sekä fyysisen kunnon heikkenemistä, kuten aiemmin on saatu selville. (Anme et al. 2016)

Sairaaloissa täytyy kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota pintojen hygieniaan, siivottaavuuteen ja kestävyYTEEN, joten puun käyttöön liittyy rajoituksia (Nousiainen et al. 2016 s. 82). Usein lähimmäksi luonnollista materiaalia päästään laminaatilla ja puujäljitelmillä. Tutkimus taas osoittaa, että puujäljitelmillä ei ole samoja ominaisuuksia stressitasojen alentamisessa kuin puulla (Kelz et al. 2020). Puun terveysvaikutusten ansiosta sitä kuitenkin olisi tärkeää käyttää myös vaativissa olosuhteissa. Vaihtoehtona olisi esimerkiksi käyttää puuta katoissa tai seinien yläosissa, joita ei kosketeta. Näihin paikkoihin sijoitettuna sängyissä makaava potilas näkisi pinnan ja altistuisi puun myönteisille vaikutuksille muuten, paitsi koskettamalla. (Nousiainen et al. 2016 s. 83) Puumateriaalin ohella sairaalaympäristöissä voidaan lisätä ihmisten hyvinvointia esimerkiksi yhden hengen potilashuoneilla, jolloin potilaiden yksityisyys paranee. Lisäksi on tärkeää kiinnittää huomiota hyviin akustisiin olosuhteisiin sekä varmistaa, että lähellä on ikkunoita ja luonnonvaloa. (Joseph 2020) Monet tutkimukset osoittavat, että hyvinvointiin painottuva suunnittelu tuottaa myös säästöjä terveydenhuollon kustannuksissa (Ulrich 1991).

#### **4.1 Puun käyttö ulkomaisissa terveydenhoidon kohteissa**

Puun terveysvaikutukset on huomioitu monessa maassa ja sen käyttöä on lisätty lukuisissa terveyden- ja hyvinvoinninkohteissa. Biofiilinen suunnittelu on monella suunnittelu-toimistolla keskeisessä osassa heidän projektejaan. Seuraavaksi on esitelty ulkomaisia hyvinvointirakentamisen kohteita, joissa puumateriaali on ollut keskeisessä osassa.

Tanskalainen arkkitehtitoimisto EFFEKT suunnitteli kotimaahansa Livsrum -nimisen syöpäneuvontakeskuksen. Keskus muodostuu seitsemästä pienestä rakennuksesta, jotka sijoittuvat Naestvedin sairaalan yhteyteen. Potilaat, lääkärit, sekä omaiset voivat esimerkiksi järjestää tapaamisia tässä kodinomaisessa keskuksessa. Lisäksi rakennus tarjoaa

mahdollisuuksia moniin aktiviteetteihin. Suunnittelu tehtiin erityisen huolellisesti ja rakennuksista haluttiin kauttaaltaan rauhallisia, harmonisia, turvallisia sekä hoivaavia. Perinteistä laitospaistista sairaala-arkkitehtuuria haluttiin välttää (Kuva 15). (Livsrum – Cancer Counselling Center / EFFEKT 2014)



**Kuva 15** Livsrum -syöpäkeskuksessa haluttiin välttää sairaaloille ominaista laitospaistista tunnelmaa. Lopputulos on lämmin ja kotoisa. (Livsrum – Cancer Counselling Center / EFFEKT 2014)

Rakennusten keskeisessä osassa ovat rauhalliset sisäpihat, näkymät ulos sekä puumateriaali. Puu valittiin päämateriaaliksi sen terveysvaikutusten sekä uusiutuvuuden takia. Lisäksi suunnittelijat olivat tietoisia puun myönteisistä vaikutuksista sisätilojen olosuhteisiin, kuten sisäilman laatuun ja akustiikkaan. Muun muassa lattiassa, ikkunan pielissä sekä huonekaluissa käytetty bambu on lämmin, viehättävä sekä miellyttävä koskettaa. Käsittelemättömänä puu ikäännyttyä kauniisti, mikä saa aikaan kodin tuntuja. Bambun lisäksi projektissa on käytetty tammea, kuusta sekä lehtikuusta. Sairaalan potilaat ja lääkärit viettävät mielellään aikaa keskuksessa. (Bredhe 2014)

Norjan Trondheimin St. Olav Hospitalin naisten ja lasten klinikan katolle on sijoitettu Suunniva Huus Norbøn ja Maren Storihle Ødegårdin suunnittelema FRIrom -paviljonki. FRIrom on pieni, yhdeksän neliömetrin kokoinen puinen rakennus, johon sairaalan potilaat voivat tulla rauhoittumaan hiljaisuuteen (kuva 16). (Nousiainen et al. 2016 s. 90-91) Arkkitehdit tutkivat suunnitteluprosessin aikana ihmiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten luonnonmateriaaleja, valoa ja taivasta. He halusivat luoda ympäristön ja paikan mietiskelylle,



joten idea paviljonkiin tuli nuotion ympärillä istumisesta. Paviljonki on sisäänpäin kiertyvän spiraalin muotoinen, ja sisätila on pyöreä. Muodossa on huomioitu tarkkaan ihmisen tarkkailuun ja oman tilan hallintaan vaikuttavia tekijöitä, jotta siellä pystytään rentoutumaan. Katossa on suuri pyöreä ikkuna, josta näkee taivaan ja jonka mukaan tilan tunnelma muuttuu päivän mittaan. (Nordbø 2014, Nousiainen et al. 2016 s. 90 mukaan)



**Kuva 16** Kokopuinen FRIrom saa sairaalan asukkaat rauhoittumaan (FRIrom – a room for emotion 2013).

FRIrom on rakennettu norjalaisesta männystä, joka muistuttaa metsästä ja luonnosta. Puuseinän vuosirenkaat luovat vaihtelevan kuvion, josta löytyy aina uudenlaisia kohtia. Puu on hiottu pehmeäksi ja se tuoksuu luonnolliselta. Tilan käyttäjät ovat kertoneet, että luonto on merkittävä rauhan ja palautumisen lähde. Sisätilassa voi olla täydessä hiljaisuudessa, soittaa lintujen laulua ja veden ääntä tai omaa musiikkia. (Nordbø 2014, Nousiainen et al. 2016 s. 91 mukaan)

Amerikkalainen arkkitehtitoimisto Duda|Paine Architects on suunnitellut Floridaan monipuolisesti terveyteen ja holistiseen ennaltaehkäisyyn keskittyneen Center for Health + Wellbeing -keskuksen. Keskuksen arkkitehtuuri on saanut inspiraationsa luonnon parantavasta voimasta. Puuta on käytetty huomattavissa määrin sisätiloissa (kuva 17). (Center for Health + Wellbeing, Duda|Paine 2020) Toimisto on suunnitellut myös Duke University Student Wellness Centerin, joka sitoo yhteen opiskelijoiden terveyden, ravitsemuksen, neuvonnan ja psykologiset palvelut. Rakennuksessa on käytetty kauttaaltaan puuta. Atriumia koristaa liimapuiset pilarit ja palkit sekä vanhoista keloista tehdyt penkit. Puun lisäksi rakennukseen liittyy puutarha, joka tukee luonnonläheisyyttä. (Timber Tonic: How Wood and Natural Materials Can Transform Healthcare Facility Design 2019)



**Kuva 17** Center for Health + Wellbeing -keskuksen sisätiloissa on käytetty paljon puuta (Center for Health + Wellbeing 2020).

Dandenong Mental Health Centre Melbournessa Australiassa on suunniteltu myös kauttaaltaan puusta. Suunnittelijat Bates Smart sekä The Irwin Allsop Group halusivat luoda luonnollisella puumateriaalilla asuinrakennuksen ja esikaupunkimaisen tunnelman rakennukseen. Uusi ja vanha puumateriaali tarjoavat lämpöä, tekstuuria, kuviointia, käsin kosketeltavuutta sekä vähentävät laitospimaista tunnelmaa. Keskeisenä osana rakennuksessa on myös sen sisäpihat (kuva 18). (Wood – Nature Inspired Design 2017 s. 24)





**Kuva 18** Dandenong Mental Health Centressä puu ja sisäpihat ovat keskeisessä osassa (Dandenong Hospital Mental Health Facility Stage 1 2020).

Kanadalainen Surrey Memorial Hospital koki muutoksen remonttinsa aikana, ja uudisosan aulatilaa hallitsevat puun runkoja muistuttavat liimalaminoidut puupylväät (kuva 19). Idean toteuttamiseen vaikuttivat uudet tutkimustulokset, joiden mukaan puu toimii rauhoittavana sekä viihtyisänä elementtinä. (Timber Tonic: How Wood and Natural Materials Can Transform Healthcare Facility Design 2019)



**Kuva 19** Surrey Memorial Hospitalin aulatilaa kannattelevat puun runkoja muistuttavat pylväät (Timber Tonic: How Wood and Natural Materials Can Transform Healthcare Facility Design 2019).

Puuta voidaan käyttää myös tuomaan ympäristöömme luonnossa esiintyviä kuvioita ja muotoja. Tätä kutsutaan biomorfismiksi. NykYTEknologialla ja erilaisilla puutuotteilla on mahdollista luoda monimutkaisempia ja haastavampia muotoja rakenteille. Kantavat rakenteet, kuten pilarit, voivat nykyään esittää esimerkiksi luonnollisesti kaareutuvia puunrunkoja. (Wood – Nature Inspired Design 2017 s. 10) Ominaisuutta on hyödynnetty muun muassa Kanadalaisen sairaalan syöpäosastolla The Credit Valley Hospitalissa. Sairaalan atriumia kannattelee puun runkoja muistuttavat pilarit (kuva 20).



**Kuva 20** Arkkitehti halusi luoda puuta käyttäen sairaalan tilan, joka näyttää olevan elossa (Peel Regional Cancer Centre Credit Valley Hospital 2020).

Farroy Partnership Architects -toimiston vanhempi jäsen Tye Farrow kertoo saaneensa idean atriumtilaan vierailtuaan 30 syöpäsairaalassa Amerikassa ja Euroopassa. Syöpäpotilaat kertoivat Farroylle toivovansa vähemmän hotellinkaltaisia sairaaloita ja enemmän syitä tuntea toivoa. Farroy toteutti potilaiden toiveen luomalla tilan, joka näyttää kasvavan ja olevan elossa. Syöpäkeskuksen asiakkaat pitävät tilaa mieltä nostattavana ja luonnollisena. (Ward 2014)



## 4.2 Puu Suomen sairaalaympäristöissä

Kainuuseen vuonna 2020 valmistuva sairaala on ensimmäinen kotimainen hanke, jossa puun käyttöä on pyritty lisäämään sen myönteisten vaikutustensa takia (kuva 21). Vaikka sairaalan runko onkin betoninen, puuta on käytetty julkisivussa, sisä rakenteissa ja sisustuksessa. Rakennukseen tulee metsä ja luontoaiheista taidetta. (Kainuun uusi sairaala 2018 s. 3) Suunnittelun alussa sairaala teki yhteistyötä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kanssa. Ammattikorkeakoulun oppilaat selvittivät opinnäytetöissään puun roolia sairaalaympäristöissä. Hankkeen projektipäällikkö Terho Pekkalan mukaan suunnittelussa tutustuttiin maailmalla tehtyjen tutkimusten tuloksiin ja tavoitteena oli terveyttä edistävä hoitoympäristö. (Laukkanen 2015)



**Kuva 21** Kainuun uuden sairaalan sisätiloissa nähdään puuta (Kainuun uusi sairaala 2018 s. 5 & 7).

Puuta ei kuitenkaan voida käyttää joka paikassa. Ylen artikkelissa (Laakkonen 2018) Kainuun sairaalaprojektin johtoryhmän puheenjohtaja Jukka Juvonen kommentoi käsittelemättömien puupintojen käyttöä ”– ei ole kokemuksia siitä, miten puumateriaalit käyttäytyvät, kun ne joutuvat sairaalassa erilaisille viruksille ja bakteereille alttiiksi ja niitä toistuvasti pestään”. Puun antibakteerisuutta tutkinut Vainio-Kaila (2013; 2015; 2017) on samaa mieltä ja kehottaa asian tutkimiseen sekä käytännön ongelmien ratkomiseen. Juvonen pitää hidasteena puuttuvia käyttökokemuksia, korkeampia kustannuksia sekä muuntojoustavuuden kysymystä. Molemmat ovat kuitenkin sitä mieltä, että potentiaalia asiassa on. Tarvitaan vain rohkeutta sekä tuotekehystä.

Eräs jo toteutettu puuta suosiva kotimainen hanke on vuonna 2007 Pukkilaan valmistunut hyvinvointikeskus Onni. Keskuksen suunnitteli arkkitehtitoimisto L&M Sievänen Oy ja se rakennettiin Onni Nurmen testamenttivarjoilla. Monipuolinen terveyden edistämiskeskus tarjoaa palveluita ikäihmisille. Valo, värit ja materiaalit lisäävät keskuksen kodin

tuntua ja vähentävät laitospainetta. Puuta ja lämpimiä värejä on käytetty paljon pinnoilla (kuva 22). (Hyvinvointikeskus Onni 2008) Puurakenteiseen taloon on jätetty näkyviin puu- ja liimapuurakenteita. Katoissa on esillä vaneria sekä lautaa ja seinissä on koiuvuilupintaisia puukipsilevyjä ja puurimoituksia. Osa lattioista on lämpökäsiteltyä massiivikoivua. (Hyvinvointikeskus Onni 2020)



**Kuva 22** Hyvinvointikeskus Onnissa on käytetty monipuolisesti puuta (Vanhusten palvelutalot ja muu terveydenhuolto 2020).

Puun käyttöön on kuitenkin jo kiinnostuttu laajemminkin kotimaisessa sairaalarakentamisessa. Esimerkiksi Helsingin uuden lastensairaalan sisätiloissa pyrittiin käyttämään puupintoja kalusteissa, seinä- ja lattiapinnoissa (Laukkanen 2015). Lopullinen teema sisätiloissa on Tove Janssonin Muumeihin perustuva tarinallisuus, jossa on vahva yhteys luontoon (Uusi Lastensairaala – Lapsen oikeudet vahvasti mukana suunnittelussa 2018). Loppuvuodesta 2020 valmistuvan Keski-Suomen sairaanhoitopiirin Sairaala Novan visuaalisena teemana on myös luonto. Teema edustaa alueen kansallispuistoja. Värimaailma on otettu metsästä, vedestä, kaarnasta ja auringonnoususta. (Keski-Suomen Sairaala Novan visuaalisessa ilmeessä kohtaavat ihminen ja luonto 2019) Teemaan liittyen puumateriaali tulee olemaan esillä varsinkin sairaalan yleisissä tiloissa (Uusi Keski-Suomen keskussairaala tarjoaa yksityishuoneet-myös läheinen voi yöpyä samassa potilas-huoneessa 2019).

## 5. YHTEENVETO

Ihmiset viettävät suurimman osan ajastaan sisätiloissa. Puu aikaansaa miellyttävät sisäolosuhteet muun muassa kosteutta ja lämpöä säätelemällä. Tätä ominaisuutta hyödyntäen voitaisiin säästää myös energiaa. Puurakenteet ovat hengittäviä, mikä mahdollistaa puhtaan sisäilman. Puun antibakteerisuutta voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa vaaditaan hyvää hygieniaa. Lisäksi sen avulla voidaan vaikuttaa tilojen akustisiin ominaisuuksiin. Puu vaikuttaa myös myönteisesti ihmisiin niin psykologisesti kuin fysiologisesti. Se saa aikaan miellyttäviä, luonnollisia ja rauhoittavia tuntemuksia, ja samaan aikaan syke- ja verenpaine- ja verensokeritasot laskevat. Tämä stressin väheneminen voi vaikuttaa huomattavasti ihmisten terveyteen muun muassa parantamalla unen laatua ja kuormituksesta palautumista. Muilla materiaaleilla ei tutkimusten mukaan ole samanlaisia vaikutuksia. Parantavan vaikutuksensa ansiosta puu sopii hyvin sairaala- ja hyvinvointiympäristöihin.

Rakentamisessa keskitytään yleensä teknisiin ja taloudellisiin tekijöihin. Puun myönteisiä ominaisuuksia ei pidä sivuuttaa rakennusten suunnittelussa. Puun vaikutuksia on tutkittu paljon ulkomailla, ja Suomessakin on kiinnostuttu asiasta enemmän. Hyvinvoinnin mittaaminen on haastavaa, mutta pelkästään ihmisten kokemuksilla ja mielipiteilläkin on merkitystä. Puun on todettu jo parantavan esimerkiksi ihmisten tehokkuutta työpaikoilla, mikä aikaansaa myös rahassa mitattavaa arvoa. Tarvitaan kuitenkin lisää poikkitieteellistä tutkimusta ja referenssi-kohteita.

Puurakentamista pyritään edistämään monin tavoin Suomessa. Puisten pientalojen suosion perusteella voi päätellä, että myös puiset kerrostalot sekä julkiset rakennukset ovat ihmisten mieleen. Varsinkin Suomessa, jossa metsät ovat tärkein luonnonvaramme sekä oleellinen osa maisemaamme, puumateriaali tuntuu luonnolliselta valinnalta. Luonnollinen ja kauniisti ikääntyvä puupinta luo ainutlaatuisen tunnelman. Luultavasti monet eivät ole tietoisia puun aikaansaamista myönteisistä vaikutuksista, mutta usein puu koetaan silti miellyttäväksi materiaaliksi. Tutkimusten tuloksia vaikutuksista tulisi jakaa enemmän ihmisten tietoisuuteen. Näin puurakentamisen edistämiseen saataisiin arvokkaita perusteluja.

# LÄHTEET

Aloite 13. Puurakentamisella vahvistetaan kaupunkien kestäväää kasvua (2017) Kuuden suurimman kaupungin kaupunginjohtajien ilmastoverkosto. Oulun kaupunki. Saatavissa (viitattu 5.3.2020): <https://www.ouka.fi/documents/173447/260934/ilmastoaloite-puura-kentamisen-edistaminen.pdf/885d7e27-c44f-430b-873a-2b9976e914d6>

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 Chages in Older Persons Caused by Using Wood Products in Assisted Living. *Public Health Research* 2:4 s.106–109.

Augustin, S. & Fell, D. (2015) Wood as a Restorative Material in Healthcare Environments. *FPIInnovations*.

Belgian holiday house by GAFPA takes its cues from Japanese architecture (2016) Dezeen.com. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://www.dezeen.com/2016/04/04/weekend-house-wachtebeke-belgian-holiday-home-gafpa-inspired-by-japanese-architecture-raw-wood-interior/amp/>

Bergs, J. (2002) The Effect of Healthy Workplaces on the Well-being and Productivity of Office Workers. *International Plants for People Symposium* 6/2012.

Biophilic design - Connecting with nature to improve health & wellbeing. Oliver Heath Design. Saatavissa (viitattu 10.3.2020): <https://www.oliverheath.com/biophilic-design-connecting-nature-improve-health-well/>

Bredhe, E. (2014) Healing architecture. *SwedishWood.com*. *Wood Magazine* 3/2014. Saatavissa (viitattu 14.4.2020): [https://www.swedishwood.com/publications/wood-magazine/2014-3/healing\\_architecture/](https://www.swedishwood.com/publications/wood-magazine/2014-3/healing_architecture/)

Brown Wooden Surface (2016) pexels.com. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://www.pexels.com/photo/board-color-dried-exterior-230515/>

Center for health + wellbeing. Duda|Paine Architects. Saatavissa (viitattu 2.4.2020): [http://www.dudapaine.com/portfolio\\_page/center-for-health-wellbeing/](http://www.dudapaine.com/portfolio_page/center-for-health-wellbeing/)

Cho, H. M., Lee, J., Wi, S. & Kim, S. (2018) Field study on indoor air quality of wood remodeled welfare facilities for physiological benefits. *Journal of Cleaner Production* 233 (2019), s. 197–208.

Dandenong Hospital Mental Health Facility Stage 1. *BatesSmart.com*. Saatavissa (viitattu 2.4.2020): <https://www.batesmart.com/bates-smart/projects/sectors/health/dandenong-hospital-stage-3-redevelopment-mental-health-facilities-part-1/>

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. *European Journal of Wood and Wood Products* 76 s.1093–1100.

Diffuusio (2006) Solunetti.fi. Saatavissa (viitattu 24.3.2020): <http://www.solunetti.fi/fi-solubiologia/diffuusio/2/>



- Faasimuutoksesta vapautuva piilevä lämpö. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 17.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puupintojen-vaikutukset-lammontasaa-jana>
- Fell, D. R. (2010) Wood in the human environment: Restorative properties of the wood in the built indoor environment. University of British Columbia.
- Finnish Superwood (2016) Luke.fi. Saatavissa (viitattu 29.3.2020): <https://www.luke.fi/projektit/superwood/>
- FRIrom – a room for emotion (2013) Architecturenorway.no. Saatavissa (viitattu 10.4.2020): <https://www.architecturenorway.no/projects/working/frirom-2013/>
- Fysiologiset ja psykologiset ominaisuudet. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 29.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/fysiologiset-ja-psykologiset-ominaisuudet>
- Hengittävä rakenne. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 20.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/hengitt%C3%A4v%C3%A4-rakenne>
- Herrington Recovery Center (2015) Architectmagazine.com. Saatavissa (viitattu 11.4.2020): <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/herrington-recovery-center>
- Hyvinvointikeskus Onni (2008) Pukkilan kunta. Saatavissa (viitattu 7.4.2020): <https://pukkila.fi/wp-content/uploads/onni-esite.pdf>
- Hyvinvointikeskus Onni. Woodarchitecture.fi. Saatavissa (viitattu 7.4.2020): <https://www.woodarchitecture.fi/fi/projects/hyvinvointikeskus-onni>
- Jiménez, P., Dunkl, A., Eibel, K., Denk, E., Grote, V., Kelz, C. & Moser, M. (2015) Evaluating Psychological Aspect of Wood and Laminate Products in Indoor Settings and Pictures. Forest Products Journal 65, 5/6 s. 263–271.
- Joanneum Research, Institute of Non-Invasive Diagnosis. (viitattu 29.3.2020) Positive health effects of Stone Pine furniture.
- Joseph, A. Hospitals That Heal, Hospital design for the 21st century. Asian Hospital & Healthcare Management.com. Saatavissa (viitattu 8.4.2020): <https://www.asian-hhm.com/healthcare-management/hospitals-heal>
- Kainuun uusi sairaala (2018) Kainuun sote-kuntayhtymän ja Kainua-allianssin tiedotuslehti 1/2018. Saatavissa (viitattu 8.4.2020): [www.kainua-allianssi.fi](http://www.kainua-allianssi.fi)
- Karjalainen, M. (2002) Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa, Oulun yliopisto.
- Kellert, S. R. (2012) Birthright: People and Nature in the Modern World. New Haven: Yale University Press.
- Kelz, C., Grote, V. & Moser, M. (2011) Interior wood use in classrooms reduces pupils' stress levels. 9th Biennial Conference on Environmental Psychology.
- Kelz, C., Moser, M., Lackner, H. & Avian, A. (viitattu 14.4.2020) Solid fir furniture reduces strain during and after concertation periods. Human Research, Institute of Health Technology and Prevention Research. Poster.

- Keski-Suomen Sairaala Novan visuaalisessa ilmeessä kohtaavat ihminen ja luonto. (2019) ksshp.fi. Saatavissa (viitattu 10.4.2020): [https://www.ksshp.fi/fi-FI/Sairaanhoidopiiri/Uusi\\_sairaala\\_projekti/KeskiSuomen\\_Sairaala\\_Novan\\_visuaalisessa\(59491\)](https://www.ksshp.fi/fi-FI/Sairaanhoidopiiri/Uusi_sairaala_projekti/KeskiSuomen_Sairaala_Novan_visuaalisessa(59491))
- Kestävä Tampere 2030 -ohjelma. (2018) Tampereen kaupunki. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://www.tampere.fi/smart-tampere/kestava-tampere-2030-ohjelma.html>
- Kraniotis D., Nore, K., Brückner C. & Nyrud, A. Q. (2016). Thermography measurements and latent heat documentation of Norwegian spruce (*Picea abies*) exposed to dynamic indoor climate. *J Wood Sci* 62 s. 203–209.
- Kuhmon Tuupalan koulu. Lepoproduct.fi. Saatavissa (viitattu 21.4.2020): <https://www.lepoproduct.fi/galleria/l-702liv-3/>
- Kyrou, I. & Tsigos, C. (2009) Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. *Current Opinion in Pharmacology* 9, s. 787–793.
- Laakkonen, J. (2018) Puu tappaa bakteereita, mutta miksi sitä ei hyödynnetä sairaaloissa tai päiväkodeissa? – ”Jonkun pitää olla ensimmäinen, mutta kuka uskaltaa”. yle.fi. Saatavissa (viitattu 27.3.2020): <https://yle.fi/uutiset/3-10353590>
- Laukkanen, M. (2015) Puun myönteiset terveysvaikutukset huomattu sairaalarakentamisessa. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 10.4.2020): <https://www.puuinfo.fi/tiedote/puunmy%C3%B6nteiset-terveysvaikutukset-huomattu-sairaalarakentamisessa>
- Laukkanen, M. (2018) Akustiikalla suuri merkitys hyvinvointiin. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 1.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/tiedote/akustiikalla-suuri-merkitys-hyvinvointiin>
- Laukkanen, M. & Viljakainen, M. (2018) Puun hyvinvointivaikutukset ovat kuuma tutkimusaihe Euroopassa. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 5.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/tiedote/puun-hyvinvointivaikutukset-ovat-kuuma-tutkimusaihe-euroopassa>
- Livsrums – Cancer Counselling Center / EFFEKT (2014) Archdaily.com. Saatavissa (viitattu 11.3.2020): <https://www.archdaily.com/464296/livsrums-cancer-counseling-center-effekt>
- Melun vaikutukset (2017) Kuuloliitto ry. Kuulolla työssä- viestintäkampanja.
- Mitä puita Suomen metsissä asustaakaan? Storaensometsa.fi. Saatavissa (viitattu 9.4.2020): <https://www.storaensometsa.fi/mita-puita-suomen-metsissa-asustaakaan/>
- Nore, K., Nyrud A. Q., Kraniotis, D., Skulberg K. R., Englund, F. & Aurlen, T. (2017) Moisture buffering, energy potential, and volatile organic compound emissions of wood exposed to indoor environments. *Science and Technology for the Built Environments* 23:3 s. 512–521.
- Nousiainen, M., Lindroos, H. & Heino, P. (2016) Restorative Environment Design. Kymenlaakson University of Applied Sciences.
- Nyrud, A. Q., Bringslimark, T. & Bysheim, K. (2014) Benefits from wood interior in a hospital room: a preference study. *Architectural Science Review* 57: 2 s. 125–131.
- Ohta, H., Maruyama, M., Tanabe, Y., Hara, T., Nishino, Y., Tsujino, Y., Morita, E., Kobayashi, S. & Shido, O. (2007) Effects of redecoration of a hospital isolation room with natural materials on stress levels of denizens in cold season. *Int J Biometeorol* 52 (2008) s. 331–340.

Osanyintola, O. F. & Simonson, C. J. (2006) Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: Experimental facilities and energy impact. *Energy and Buildings* 38 s.1270–82.

Palkkivälipohjan äänitekniikka (2011) Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 19.4.2020): <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/palkkivalipohjan-aanitekniikka/palkkivalipohjan-aanitekniikka.pdf>

Pallasmaa, J. (2012) *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. 3. painos, 2014. Chicester: Wiley.

Peel Regional Cancer Centre Credit Valley Hospital. ArchitypeReview.com. Saatavissa (viitattu 2.4.2020): <http://architypereview.com/project/peel-regional-cancer-centre-credit-valley-hospital/>

Pursiainen, T. (2018) Suhteellinen ilmankosteus. Kosteusmittaus.fi. Saatavissa (viitattu 27.3.2020): <http://kosteus-mittaus.fi/suhteellinen-ilmankosteus/>

Puttonen, S. (2006) Stressin fysiologiset vaikutukset. Saatavissa (viitattu 15.4.2020): [https://www.ebm-guidelines.com/dtk/ltk/avaa?p\\_artikkeli=tll00352](https://www.ebm-guidelines.com/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=tll00352)

Puu sisäilman kosteuden tasaajana. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 17.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana>

Puu sisätiloissa. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 2.4.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa>

Puupintojen terveysvaikutukset sisätiloissa - tutkimustuloksia. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 28.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/tutkimustuloksia>

Puupintojen vaikutukset lämmöntasaajana. Puuinfo.fi. Saatavissa (viitattu 17.3.2020): <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puupintojen-vaikutukset-lammontasaajana>

Puurakentamisen edistämishjelma 2016-2020 (2016) Tampereen kaupunki. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://www.tampere.fi/smart-tampere/kestava-tampere-2030-ohjelma/puurakentamisenohjelma.html>

Puurakentamisen terveysvaikutukset. Oulun yliopisto, Mittaustekniikka. Saatavissa (viitattu 21.4.2020): <https://www oulu.fi/mittaustekniikka/node/196306>

Puurakentamisen terveysvaikutukset – tutkimushanke (2020) Kuhmo.fi. Saatavissa (viitattu 10.3.2020): <https://www.kuhmo.fi/kaupunki-ja-paatoksenteko/puurakentamisen-terveystutkimushanke/>

Pääministeri Marinin hallitusohjelma 2019 (2019) Valtioneuvosto. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma>

Sakuragawa, S., Kaneko, T. & Miyazaki Y. (2008). Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation. *J Wood Sci*, 54 s. 107–113.

Sakuragawa, S., Miyazaki, Y., Kaneko, T. & Makita, T. (2005). Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses. *J Wood Sci* 51 s. 136–140.

Terve Talo -kriteerit (2008) Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa (viitattu 10.4.2020): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Terve-Talo-kriteerit>

Stressi (2018) Duodecim terveyskirjasto. Saatavissa (viitattu 11.3.2020): [https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00976](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00976)

Timber Tonic: How Wood and Natural Materials Can Transform Healthcare Facility Design (2019) Think Wood.com. Saatavissa (viitattu 15.3.2020): [https://www.think-wood.com/news/timber-tonic-how-wood-and-natural-materials-can-transform-healthcare-facility-design#\\_ftn1](https://www.think-wood.com/news/timber-tonic-how-wood-and-natural-materials-can-transform-healthcare-facility-design#_ftn1)

Tuupala elementary -and preschool. alt Architects. Saatavissa (viitattu 9.4.2020): <http://www.alt-architects.com/0039-tuupala.html>

Tuupalan alakoulu (2020) Kuhmo.fi. Saatavissa (viitattu 9.4.2020): <https://www.kuhmo.fi/varhaiskasvatus-ja-koulutus/perusopetus/koulut/kontion-koulu/>

Ulrich, R. S. (1991) Effects of interior design on wellness: Theory and recent scientific research. *Journal of Healthcare Interior Design* 3 s. 97–109.

Uusi Keski-Suomen keskussairaala tarjoaa yksityishuoneet – myös läheinen voi yöpyä samassa potilashuoneessa (2019) yle.fi. Saatavissa (viitattu 17.3.2020): <https://yle.fi/uutiset/3-10931849>

Uusi Lastensairaala - Lapsen oikeudet vahvasti mukana suunnittelussa (2018) Projekti-uutiset.fi. Saatavissa (viitattu 17.3.2020): <https://www.projektuutiset.fi/uusi-lastensairaala-2/>

Vahtikari, K., Noponen, T. & Hughes, M. (2016) The effect of wood anatomy and coatings on the moisture buffering performance of wooden surfaces. WCTE 2016 World Conference Timber Engineering.

Vainio-Kaila, T., Hänninen, T., Kyyhkynen, A., Ohlmeyer, M., Siitonen, A. & Rautkari, L. (2017) 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.

Vainio-Kaila, T., Kyyhkynen, A., Rautkari, 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 s. 7763-7771.

Vainio-Kaila, T., Kyyhkynen, A., Viitaniemi, P. & Siitonen, A. (2011) Pine heartwood and glass surfaces: easy method to test the fate of bacterial contamination. *European Journal of Wood and Wood Products* 69 s. 391-395.

Vainio-Kaila, T., Rautkari, L., Nordström, K., Närhi, M., Natri, O. & Kairi, M. (2013) Effect of extractives and thermal modification on antibacterial properties of Scots pine and Norway spruce. *International Wood Products Journal* 4 s. 248–252.

Valintaopas Omakotitalorakentajalle 2019–2020 (2019) Rakennustutkimus RTS Oy, suomirakentaa.fi. Saatavissa (viitattu 22.3.2020): [https://www.expressmag-net.eu/pub/108/Valintaopas\\_Omakotirakentajalle\\_2019-2020/#p=36](https://www.expressmag-net.eu/pub/108/Valintaopas_Omakotirakentajalle_2019-2020/#p=36)

Vanhusten palvelutalot ja muu terveydenhuolto. Ark-sievanen.fi. Saatavissa (viitattu 7.4.2020): <http://www.ark-sievanen.fi/vanhusten-palvelutalot-ja-muu-terveydenhuolto.html#>

Wallenius, M. (2014) Haptic Research Island. Tampereen yliopisto.

- Ward, L. (2014) A Tree-Filled Atrium to Inspire Patients, ArchitectMagazine.com. Saatavissa (viitattu 16.3.2020): [https://www.architectmagazine.com/technology/detail/a-tree-filled-atrium-to-inspire-patients\\_o](https://www.architectmagazine.com/technology/detail/a-tree-filled-atrium-to-inspire-patients_o)
- Wood – Nature Inspired Design (2017) Planet Ark. makeitwood.org. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://makeitwood.org/documents/doc-1501-wood---nature-inspired-design-report-final.pdf>
- Workplaces: Wellness+Wood=Productivity (2018) Pollinate. makeitwood.org. Saatavissa (viitattu 20.4.2020): <https://makeitwood.org/documents/doc-1624-pollinate-health-report---february-2018.pdf>
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (2017). L 848/2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (2017). L 796/2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>
- Zhang, X., Lian, Z. & Ding, Q. (2016) Investigation variance in human psychological responses to wooden indoor environments. Building and Environment 109 s. 58–67.