

---

This is an electronic reprint of the original article.  
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Peltokorpi, Antti; Salonen, Heidi; Seppänen, Olli; Lillrank, Paul; Kyrö, Riikka; Lavikka, Rita; Alapieti, Tuomas; Malmström, Tomi; Silander, Katariina; Särkilahti, Anna; Ven, Robert; Siro, Kristian; Narko, Juhani; Luoma-Halkola, Lauri; Aalto, Leena; Lahtinen, Marjaana; Sirola, Pia; Ruohomäki, Virpi; Reijula, Kari

## Healing and modular healthcare facilities (HeMoHes)

Published: 24/05/2018

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

*Published under the following license:*  
CC BY

*Please cite the original version:*  
Peltokorpi, A., Salonen, H., Seppänen, O., Lillrank, P., Kyrö, R., Lavikka, R., Alapieti, T., Malmström, T., Silander, K., Särkilahti, A., Ven, R., Siro, K., Narko, J., Luoma-Halkola, L., Aalto, L., Lahtinen, M., Sirola, P., Ruohomäki, V., & Reijula, K. (2018). *Healing and modular healthcare facilities (HeMoHes)*. Aalto University. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018060825578>

---

This material is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.



# HeMoHes

– Parantavat ja modulaariset  
terveydenhuollon tilat

HEMOHES -HANKKEEN LOPPURAPORTTI  
HEALING AND MODULAR HEALTHCARE FACILITIES  
3/2016-5/2018

Tutkimuksen toteuttajat  
Aalto-yliopisto  
Työterveyslaitos  
Helsingin yliopisto

Taitto: Eija Vehviläinen  
Painopaikka: Picaset Oy, Helsinki

# Sisällys

<b>4</b>	<b>1. JOHDANTO JA TULOSTEN TIIVISTELMÄ</b>
4	Parantavat ja modulaariset terveydenhuollon tilat
<b>6</b>	<b>2. KÄSITTEET, VAIKUTUKSET JA HAASTEET</b>
6	Modulaariset terveydenhuollon tilat – keskeisiä käsitteitä
7	Modulaarisuuden hyödyt ja haasteet rakentamisessa
<b>10</b>	<b>3. PROSESSIEN KUVAUS</b>
10	Moduuleja hyödyntävä rakennushankkeen prosessi
10	Moduulirakennuksia hyödyntävä rakennushankkeen prosessi
13	Tilamoduuleja hyödyntävä rakennushankkeen prosessi
13	Modulaarisia rakennusosia ja teknisiä järjestelmiä hyödyntävä rakennushankkeen prosessi
<b>17</b>	<b>4. OSATUTKIMUSTEN RAPORTIT</b>
18	Modulaarisuuden monet mahdollisuudet tilainvestoinneissa
20	Muutosten hallinta sairaalahankkeissa
22	Modulaarisen avaimet käteen -leikkaussalin hyödyt sairaalarakentamisessa – tilaajan näkökulma
24	Rajapinnoista yhdyspintoihin: Kohti modulaarista palvelutuotantoa avohoidossa
26	Tilamoduulit osana julkishallinnon joustavaa kiinteistökannan hallintaa
28	Käyttäjäkokemukset tilamoduuleista
30	Osallistuvan suunnittelun mahdollisuudet modulaarisessa rakentamisessa
32	Sairaalas suunnittelu arkkitehdin silmin
34	Sisätilan puumateriaalit terveydenhuollon tiloissa
36	Tulevaisuuteen varautuminen eli ´future-proofing´ sairaaloiden muutoshankkeissa

## 1.

# Johdanto ja tulosten tiivistelmä

## Parantavat ja modulaariset terveydenhuollon tilat

### Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Terveyspalveluiden tarjonta muuttuu ammattilais- ja tuottajälhtöisestä kohti yksilöä tukevan ja parantavan ympäristön luomista lähelle asiakasta. Samalla monimutkaisia hoitoja keskitetään entistä suurempiin sairaalakeskuksiin. Hoitoympäristöjen ja tilojen suunnittelussa ja rakentamisessa ei ole riittävästi huomioitu joustoa näiden palveluita keskittävien ja hajauttavien tekijöiden välillä. Keskeinen ongelma on vanhan-aikaiset ja joustamattomat tilaratkaisut. Investoinnit ovat monimutkaisia, kalliita, aikaa vieviä ja paikallisilla voimilla suunniteltuja ja rakennettuja vaikka terveydenhuolto pohjimmiltaan on samanlaista globaalista.

Projektin lähtökohtana oli selvittää moduuliratkaisujen mahdollisuuksia terveydenhuollon palveluiden paikka-riippumattomampaan ja joustavampaan tuottamiseen. Modulaarisuuden avulla tilainvestoinnit voidaan osittaa kokonaisuuksiin, joiden suunnittelusta ja toteutuksesta vastaa niihin erikoistuneet kansainväliset toimijat ja toimijaverkostot. Esimerkkejä modulaarisista ratkaisuista ovat standarditoiminnallinen potilashuone- ja leikkaussalimoduuli tarvittavalla teknologialla ja standardimittainen siirrettävä vuodeosaston rakennusmoduuli.



*Tutkimuksen mukaan modulaarisuudella voidaan tähdätä moniin eri tavoitteisiin, kuten tilojen muuntojoustavuuteen ja päivitettävyyteen.*

### Projektissa pyrittiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Missä sosiaali- ja terveydenhuollon palveluissa modulaarisuus olisi ratkaisu tilainvestoinneissa?
- Millaiset prosessit ja toimijat tarvitaan modulaaristen ratkaisujen hyödyntämiseen?
- Miten tilan käytettävyyttä voisi edistää modulaaristen ratkaisujen suunnittelussa?

Tutkimus toteutettiin pääosin suomalaisten ja ulkomaisten tapaustutkimusten ja asiantuntijahaastatteluiden keinoin.

### Yhteenveto keskeisistä tuloksista

Hankkeessa tunnistettiin useita eri malleja modulaarisuuden hyödyntämiseksi sosiaali- ja terveydenhuollon tilainvestoinneissa. Keskeistä on ensin tunnistaa ja määrittää hankkeen ja tilojen keskeiset tavoitteet, joihin innovatiivisilla suunnittelu- ja toteutusratkaisuilla pyritään. Tämän jälkeen voidaan päättää valittua tavoitetta edistävä modulaarisuutta hyödyntävä ratkaisutyyppi ja sitä tukevat menetelmät ja prosessit (Taulukko 1). Tutkimuksen mukaan modulaarisuudella voidaan tähdätä moniin eri tavoitteisiin, kuten tilojen muuntojoustavuuteen ja päivitettävyyteen, nopeaan aikatauluun, hyvään käytettävyyteen tai korkeaan rakentamisen laatuun. Näistä tavoitteista mm. sairaalahankkeissa keskeinen muuntojoustavuus ja nopea aikataulu jakautuvat edelleen tarkempaan tavoitteisiin, joihin tulee soveltaa erityyppisiä modulaarisia ratkaisuja.

Modulaariset ratkaisut voidaan puolestaan jaotella sen mukaan kohdistuvatko ne tilasuunnitteluun, rakentamisen prosessiin vai näihin molempiin ja koskevatko ne kokonaista rakennusta vai sen tiettyä tilaa, rakennusosaa tai teknistä järjestelmää. Yleisenä huomiona tutkimuksesta on, että ns. kuumassa sairaalas-

sa soveltuvimmat ratkaisut kohdistuvat useimmiten modulaarisiin rakennusosiin, tekniikkaosiin ja toistuviin tiloihin, kun taas kevyempien palveluiden osalta myös moduulirakennukset voivat olla ratkaisu haasteisiin. Kaiken kaikkiaan modulaariset ratkaisut soveltuvat hyvin kaikenlaisiin sosiaali- ja terveydenhuollon tiloihin aina hoiva-asumisesta keskussairaaloihin mukaan lukien niiden erikoistilat ja tekniset järjestelmät. Modulaarisuus soveltuu myös sairaaloiden korjausrakentamiseen, ennen kaikkea tarjoten menetelmiä parantaa tilojen ja teknisten järjestelmien myöhempää muuntojoustavuutta ja päivitettävyyttä.

Laaja ja monipuolinen käyttäjäkunta on sekä haaste että mahdollisuus moduuliratkaisuille: toimittajien tulisi kehittää toistettavia moduuliratkaisuja yhdessä käyttäjien kanssa, mutta toisaalta mahdollistaa hankekohtaisesti käyttäjien osallistaminen ratkaisun muokkaamiseksi ja sovittamiseksi paikallisiin tarpeisiin. Tilojen käytettävyyttä ja toiminnallisuutta ovat yhteydessä niiden koettuun viihtyisyyteen. Ylivertainen käytettävyyttä ja toiminnallisuutta ovat lisäksi tekijöitä, jotka tämän tutkimuksen mukaan mahdollistavat moduuliratkaisutoimittajien nousemisen perinteisen hintakilpailun yläpuolelle ja tätä kautta myös liiketoiminnan kansainvälistämisen. ■

Taulukko 1. Modulaariset ratkaisut sosiaali- ja terveydenhuollon tiloissa

Tavoitellut vaikutukset	Ratkaisutyypit	Menetelmät ja prosessit	Esimerkkejä terveydenhuollon tiloista
Tilojen käytön aikainen muuntojoustavuus	Modulaarinen tilaverkko  Muunneltavat väliseinä- yms. tilaratkaisut	Modulaarinen arkkitehtisuunnittelu  Avoin rakentaminen  Vakioitujen huonekorttien laatiminen yhdessä käyttäjien kanssa	Vuodeosastoihin ja poliklinikoihin soveltuvat vakioidut tilaverkot  Potilashuone Tutkimushuone Leikkaussali
Tilojen määrän säädeltävyys tarpeen mukaan	Siirrettävät moduulirakennukset	Pysyvien toimittajien vakioratkaisujen hyödyntäminen  Rakennusten ja tilojen sijoittelussa varautuminen laajennukseen	Väistötilat kampuksella  Tutkimustilat  Toimistotilat  Hoiva-asuminen
Nopea koko hankkeen aikataulu	Esivalmistelut moduulirakennukset ja rakennusviipaleet	Toimittajien vakioratkaisujen ja valmiiden moduulien hyödyntäminen  Esivalmistuksen mahdollistava suunnitelmien modularisointi  Riittävän aikainen käyttäjien osallistaminen	Äkilliseen kysyntään vastaaminen esim. organisaatiomuutoksen tai muuttoliikkeen johdosta
Tilan käytettävyyden maksimointi	Tilamoduulien hyödyntäminen suunnittelussa ja rakentamisessa	Tilakohtaiset suunnittelu- ja toteutusaliprojektit  Avaimet käteen –tilahankinnat erikoistuneelta toimittajalta  Käyttäjien osallistaminen ja huonekorttien laatiminen	Potilashuonemoduulit  Potilashuoneseinämoduulit  Leikkaussalimoduulit ja avaimet käteen –toimitukset  Tutkimushuonemoduulit
Tilojen ja niitä tukevan tekniikan päivittämisen helppous	Muunneltavat moduulitilat ja tekniikkamoduulit  Tekniikkakerros  Tilakohtaiset talotekniikkajärjestelmät	Avaimet käteen –tilahankinnat huolto- ja päivitysoptiolla  Päivitystarpeiden kartoitus ja varautuminen mitoituksessa, laitehankinnoissa ja asennuksessa	Muunneltavat leikkaussalimoduulit  Muunneltavat potilashuonepäädyt  Osasto- ja huonekohtaiset talotekniikkajärjestelmät
Rakentamisen korkea laatu	Esivalmistetut tilamoduulit	Moduulitoimittajien ja heidän osaamisen ja vakioratkaisujen hyödyntäminen	Esivalmistetut kylpyhuoneet
Työmaan nopea aikataulu	Esivalmistetut rakenneosat, elementit ja tekniikkaosat	Esivalmistuksen huomiointi suunnitteluprosessin aikataulussa	Esiasennetut talotekniikkamoduulit (mm. kuilut, käytäväelementit, huonepäätteet, konehuoneet)
Asennustyön tuottavuus		Esivalmistuksen, logistiikan ja asennuksen suunnittelu	Valmiit sisustuselementit (esim. puupinnat)

## 2. Käsitteet, vaikutukset ja haasteet

### Modulaariset terveydenhuollon tilat – keskeisiä käsitteitä

#### Modulaarisuus

Modulaarisuudella tarkoitetaan monimutkaisen tuotteen, systeemin, prosessin tai organisaation yksinkertaistamista koostamalla se määritellyistä alijärjestelmistä (tuoteosat, komponentit ja moduulit), joiden väliset rajapinnat ovat mahdollisimman löyhiä ja standardoituja. Modulaarisuus mahdollistaa tuotteen osittamisen paremmin hallittaviin komponentteihin (esim. tuoteosa), jotka voidaan suunnitella ja tuottaa toisistaan riippumattomasti ja kytkeä lopputuotteeksi etukäteen määriteltyjen rajapintojen avulla.

Moduuli voi olla sisäisesti monimutkainen ja integroida monia toimintoja ja komponentteja, mutta moduulien väliset yhteydet sen sijaan ovat yksinkertaistettuja. Modulaarinen lopputuote voidaan suunnitella asiakkaan erityistarpeiden mukaiseksi yhdistämällä ainutlaatuisella tavalla erilaisia määrättyjä toimintoja tuottavia komponentteja. Samalla kuitenkin vakioitua komponenttia tai moduulia voidaan tuottaa suuria määriä erilaisiin asiakkaan lopputuotteisiin mahdollistaen tuotannon skaalaedut.

Rakentamisessa modulaarisuudella tarkoitetaan tyypillisesti tuotteen tai tilan modulaarisuutta, vaikka voidaan tarkastella myös rakentamisen prosessin tai organisaation modulaarisuutta. Organisaation modulaarisuus on yleensä

heijastumaa tuotteen modulaarisuudesta eli löyhä ja modulaarinen tuote mahdollistaa löyhän ja hajautuneen organisaation.

#### Modulaaristen ratkaisujen luokittelut rakentamisessa

Talonrakentamisessa modulaarisia ratkaisuja on tyypillisesti luokiteltu yksittäisten moduulien koon ja eri rakennusosien kattavuuden perusteella. Ratkaisut jaotellaan useimmiten modulaarisiin rakennuksiin, modulaariseen tilaverkkoon, tilamoduuleihin, vakioituihin rakennusosiin ja modulaarisiin teknisiin järjestelmiin.

#### Moduulirakennukset

Perustusten päälle asennettavista kantavista ja toisiinsa yhdistettävistä tilaelementeistä koostuva rakennus. Tilaelementit pitävät sisällään kaikki keskeiset rakennusosat. Tilaelementit voivat muodostaa yhden tiettyä toimintoa palvelevan tilan tai elementti voi olla standardimitoitettu viipale kokonaisesta rakennuksesta.

#### Modulaarinen verkko

Modulaarisella verkolla (grid layout) tarkoitetaan vakioituiden ja modulaarisen tilamitoituksen hyödyntämistä rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Toistuvilla ja kertautuvilla mitoituksilla pyritään samanaikaisesti tilojen suunnittelun

vakioimiseen ja joustavuuteen. Rakennuksen runkoon sovitettu modulaarinen verkko mahdollistaa avoimen rakentamisen mukaisen myöhäisen päätöksenteon koskien tilaan sijoitettavien toimintojen ja tekniikoiden sijoittelua ja määrää. Modulaariseen verkkoon voidaan yhdistää esivalmistettuja tilamoduuleja ja rakennus- tai tekniikkaosia tai sitä voidaan käyttää puhtaasti suunnittelumenetelmänä, jolloin rakentaminen tapahtuu perinteisesti.

#### Tilamoduulit

Yksittäisen tilan tai huoneen muodostavat moduulit jotka voidaan kytkeä rakennuksen runkoon. Kullakin tilaelementillä on tyypillisesti määritelty käyttötarkoitus (esim. potilashuone, kylpyhuone, leikkaussali). Tilamoduuli voi olla kokonaan esiasennettu tai se voi koostua asennussarjasta komponentteja (esim. seinärakennusosia) jotka asennettuna kohteessa muodostavat valmiin tilan.

#### Modulaariset rakennusosat

Tilaa muodostamattomat mitoitukseltaan ja suunnitteluratkaisuiltaan vakioituidut ja esivalmistettavat rakennusosat, jotka voidaan kytkeä toisiinsa tai rakennuksen runkoon. Esimerkiksi ulkoseinäelementit tai väliseinäelementit, jotka jakavat tilaa ja jotka voivat pitää sisällään tilan käyttötarkoitukseen liittyvää ominaisuuksia (esim. sairaaloissa

seinään integroitu sänky potilashuoneen seinäelementissä). Moduulirakennuksiin ja tilamoduuleihin verrattuna tehdastuotanto ja logistiikka ovat yleensä yksinkertaisempia toteuttaa, mutta ratkaisu vaatii enemmän viimeistelytyötä työmaalla.

#### Modulaariset tekniset järjestelmät

Tiloihin suorituskykyä tuottavat talotekniikan järjestelmien moduulit, kuten konehuoneet, ilmastointihuoneet, putkikanavat, käytäväelementit ja huoneiden kattopalkit, joiden vakiointi ja esiasennus on viety pitkälle ja jotka voidaan asentaa nopeasti rakennukseen standardoiduilla liitoksilla.

#### Esivalmistus ja esiasennus

Esivalmistuksella ja –asennuksella tarkoitetaan rakennuspaikan ulkopuolella tapahtuvaa tuoteosan valmistusta tai siihen kuuluvien komponenttien alikokoonpanoa. Esivalmistuksen avulla päästään paikkariippumattomampaan tuotantoon ja parempiin tuotanto-olosuhteisiin jotka mahdollistavat tehokkaamman, nopeamman ja laadukkaamman tuotannon. Esivalmistus voi koskea projektikohtaisia tai projektista toiseen hyödynnettäviä tuoteosia ja se voidaan toteuttaa projektikohtaisissa tiloissa (esim. lähellä rakennuspaikkaa) tai pysyvissä tuotantolaitoksissa. Tuotteen kokoonpanoperusteinen modulaarisuus tyypillisesti edesauttaa esivalmistusta, koska se mahdollistaa esivalmistetun tuoteosan asennuksen vaatiman tuoteosien rajapintojen ja asennustyön standardisoinnin.

#### Massaräätälöinti

Massaräätälöinnillä tarkoitetaan massatuotannon ja yksilöllisen lopputuotteen etujen samanaikaista saavuttamista. Modulaarisuus on massaräätälöinnin mahdollistaja. Toimintoihin perustuva modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa sen, että asiakkaalle voidaan räätälöidä yksilöllinen lopputuote yhdistämällä tuotteeseen tiettyjä haluttuja toimintoja ja tuottavia vakioituja komponentteja. Komponenttien vakiointi puolestaan mahdollistaa tuotannon skaalautumisen ja kustannustehokkuuden. Massa-

tuotannon etujen saaminen edellyttää, että tuoterakennetta ja moduuleja ei suunnitella joka hankkeessa erikseen vaan hyödynnetään vakioituja ratkaisuja ja tuoterakenteita hankkeesta toiseen.

#### Platform-rakentaminen

Platformilla tarkoitetaan mm. autoteollisuudessa määriteltyä settiä vakioiduista suunnitelmista ja komponenteista, joita käytetään useissa erilaisissa automalleissa ja tuotemerkeissä. Rakentamisessa sillä tarkoitetaan yleensä jonkun yrityksen sisäisesti kehittämää sarjaa vakioituja suunnitteluratkaisuja, joita yritys käyttää kaikissa projekteissaan (esim. asuntorakentaminen). Vakioidun platformin päälle voidaan suunnitella ja liittää toimintopohjaisia moduuleja kunkin hankkeen tarpeen mukaan. Sairaalarakentamisessa platform voi käsittää esim. vakioidun perustus- ja runkoratkaisun, johon asiakkaan tarvitsemat tilamoduulit kytketään. Platformin kehittäminen on usein pitkäjänteistä ja vaatii koke- musta useista projekteista.



*Modulaarinen lopputuote voidaan suunnitella asiakkaan erityistarpeiden mukaiseksi.*

## Modulaarisuuden hyödyt ja haasteet rakentamisessa

Modulaarisuudella voidaan saavuttaa hyötyjä eri kohdissa rakennuksen elinkaarta, alkaen suunnittelusta, jatkuen rakentamisvaiheeseen ja aina ylläpitoon ja käyttöön saakka. On tärkeää kuitenkin huomata, että hyödyt eivät synny automaattisesti vaan modulaarisuuden hyödyntäminen tulee aina suunnitella pitäen mielessä mitä tavoitetta varten sitä käytetään.

### Suunnittelun aikaiset hyödyt ja haasteet

Toimintopohjainen modulaarisuus helpottaa rakennuksen ja sen suunnitteluratkaisujen markkinointia ja myyntiä, koska asiakas ja käyttäjä on yleensä enemmän kiinnostunut rakennuksen mahdollistamista toiminnoista kuin teknisistä ratkaisuista. Samalla projektikohtainen suunnittelutyön tarve vähenee, kun voidaan käyttää aikaisemmin hyö-

dynnettyjä hyväksi todettuja moduulien suunnitteluratkaisuja. Toimintopohjainen modulaarisuus siis nopeuttaa suunnittelua ja lopputuote vastaa paremmin asiakkaan odotuksia.

Modulaarisuus vähentää suunnittelutyötä myös siten, että sen avulla rakentamisen aikaisten suunnitelmamuu- tosten vaikutuksia pystytään paremmin rajaamaan. Moduuleihin kohdistuvat muutokset voidaan tyypillisesti ratkaista moduulin sisällä ilman että sillä on vaikutuksia muihin rakennusosiin ja niiden suunnitelmiin.

Jos modulaarisuutta käytetään kokoonpanolähtöisesti eli pyritään lisäämään sen avulla esivalmistusta, voi suunnittelutyön tarve jopa lisääntyä perinteiseen rakentamiseen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että komponenttien rajapinnat pitää suunnitella tarkemmin, jotta asennustyö sujuu jouhevasti. Perinteisessä rakentamisessa suunnitelmat



voivat olla epätarkempia, jos luotetaan siihen, että työmaalla osataan improvisoida ja ratkaista yksityiskohtiin liittyviä ongelmia. Lisääntyvää suunnittelutyötä voidaan toisaalta jakaa laajemmalle tiimille esim. antamalla vastuita moduulitoimittajalle. Toimijoiden välinen yhteistyö on avainasemassa suunnitelmiin ja aikataulujen yhteensovittamisessa.

#### Suunnitteluun liittyy myös seuraavia haasteita:

- Suunnittelijat voivat kokea modulaariset tuotteet kilpailijana joka vähentää heidän työtään.
- Jos tilaajan puolelta suunnitelmat on viety jo pitkälle, vakio-moduulien käyttö ei ole mahdollista ja vaihtoehdoksi jää projekti-kohtaisten moduulien suunnittelu ja toteuttaminen, joka on aikaa vievää suunnitella ja kalliimpaa toteuttaa.
- Aikaisempia tuotteita joudutaan usein modifioimaan projektin tarpeisiin. Tällöin menetetään osa modulaarisuuden hyödyistä ja suunnitteluratkaisujen muokkaus voi vaatia erillistä suunnitteluprojektia johon osallistuu pääura-koitsijan ja moduulien tuottajan asiantuntijoita.
- Moduulien ja kiinteän tuoteosan rajapinnat vaativat usein projekti-kohtaista suunnittelua.
- Tilaaja tai pääura-koitsija odottaa moduulien tuottajalta tuotteen ja tuotannon läpinäkyvyyttä, mutta tuottaja voi haluta suojata tuotantomenetelmäänsä.
- Tiloista ja moduuleista riippuen tilaajan puolelta suunnitteluun voi osallistua paljon eri käyttäjiä, joista osa haluaa tuotteeseen henkilökohtaisia tai muuten kustomoituja ominaisuuksia (mm. leikkaussalit kirurgeille), joita on vaikea toteuttaa modulaarisesti tai joihin ei löydy vakioitua ratkaisua.
- Moduulien rajapinnat keskenään ja kiinteään osaan ovat yleensä toimittajakohdaisia. Tästä syystä toimittaja joudutaan valitsemaan usein jo aikaisessa vaiheessa, jotta rajapinnasta saadaan toimiva ja suunnittelulle ja tuotannolle on riittävästi aikaa. Tämä vaatii aikaisinta päätöksentekoa tilaajan ja käyttäjien osalta ja vähentää mahdollisuutta myöhäisemmälle moduulitoimittajan hankinnalle.

#### Rakentamisen aikaiset hyödyt ja haasteet

Rakentamisen aikaiset hyödyt liittyvät keskeisesti nopeutuneeseen rakennus-



*Moduuleja hyödyntävät työmaat ovat siistimpiä, materiaalihukka vähenee ja varastoitavien tuotteiden tarve on vähäisempi.*

aikaan ja parempaan laatuun. Modulaarisuuden avulla voidaan lisätä esivalmistusta, joka vähentää tuotannon laatuvirheitä ja parantaa työn tehokkuutta sekä rutiini- että ammattiosaamista vaativissa tehtävissä. Hyödyt korostuvat etenkin ahtaissa rakennuskohteissa sekä toisaalta alueilla, joilla osaavaa tai edullista työvoimaa ei ole saatavilla. Esivalmistus nopeuttaa rakennusvaihetta vähentämällä kriittisellä polulla olevien tehtävien määrää ja kestoja. Se myös helpottaa rakentamisen johtamista, kun asennustyö voidaan vakioida. Eri työtehtävien ja toimittajien välinen koordinoitavuus vähenee ja työmaalla tarvitaan samanaikaisesti vähemmän tekijöitä. Moduuleja hyödyntävät työmaat ovat siistimpiä, materiaalihukka vähenee ja varastoitavien tuotteiden tarve on vähäisempi. Tuotanto synnyttää vähemmän jätettä.

Vaikka moduulien hyödyntäminen vähentää varastointia ja yksinkertaistaa materiaali- ja logistiikkavirtoja, se toisaalta tekee asennuksesta enemmän logistiikkasta riippuvaista. Tämä tarkoittaa, että tuotetoimitukset tulee suunnitella huolellisesti. Kuormauksiin ja asennusjärjestyksiin tulee kiinnittää enemmän huomiota. Toisaalta mikäli moduulit ovat pitkälle vakioituja, voidaan moduulin käyttökohde määritellä joustavasti vasta työmaalla, jolloin asennussuunnitelman muutos ei aiheuta logistiikkaan ongelmia, kun tuotteet ovat vaihtokelpoisia. Moduulien hyödyntäminen aikaistaa suunnitelmatarpeita ja hankintoja, mikä lisää työvoiman tarvetta suunnitteluvaiheessa. Toisaalta, mikäli eri toimittajien moduulit ovat rajapinnoiltaan ja suorituskyvyltään vastaavia, hankkeen lopussa asennettavien tuoteosien hankintaa voidaan modulaarisessa rakentamisessa usein viivästyttää. Tämä voi palvella sekä tilaajaa että rakentajaa.

#### Rakentamisen aikaisia haasteita ovat lisäksi:

- Moduulien kuljetuslogistiikka ja asennus työmaalla vaatii usein projekti-kohtaista räätälöintiä mikä nostaa kustannuksia.
- Asennustyö voi vaatia sekä tilaajan että tuottajan laadunvarmistusta jolloin samoja asioita tehdään tuplasti ja tarvitaan tilaajan puolelta myös osaamista.
- Moduulien mittatoleranssit ovat perinteistä rakentamista tiukempia. Tämä aiheuttaa erityisvaatimuksia rajapintojen toteutukselle myös muiden kuin modulaaristen tuotteiden osalta.
- Moduulirakentamisessa voi syntyä tuplarakenteita esim. seinäratkaisujen osalta mikä laskee tilatehokkuutta ja nostaa kustannuksia.
- Moduulirakentamisessa syntyvä toistuvista moduuleista. Asennustyö vaatii usein projekti-kohtaista oppimista jolloin tehokkuuden vaikuttaa merkittävästi toistuvien moduulien määrä per projekti.
- Tilamoduulien siirtäminen asennuskohteeseen vaatii yksityiskohtaista suunnittelua, jossa rajapinnan valmiuden lisäksi joudutaan ottamaan huomioon moduulien kuljetusreitit ja -teknologiat.

#### Rakennuksen käytön aikaiset hyödyt ja haasteet

Modulaarisuuden merkittävä käyttämättä oleva hyödyntämispotentiaali liittyy sen mahdollistamaan hyötyyn rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Kun tuoteosien rakenne heijastaa rakennuksen toimintoja ja käyttötarkoitusta ja tuoteosien väliset rajapinnat ovat yksinkertaisia, voidaan tarpeen muuttuessa tuoteosa helpommin poistaa tai korvata uudella. Tämä voi koskea esim. talotekniikkamoduulia tai kokonaista rakennusviipaletta. Tämä parantaa rakennuksen suorituskykyä ja käytettävyyttä. Haasteena on, että moduulien poisto ja uudelleen asennus



tulee suunnitella jo rakennusvaiheessa. Käytön aikaista hyötyä lisää se, että modulaarinen tuoterakenne läpäisee eri tuotetasot. Esimerkiksi modulaarisen leikkaussalin osalta tämä tarkoittaa sitä, että sen sisältämät komponentit, kuten seinät, ilmanvaihtolaitteet ja varusteet on myös suunniteltu ja toteutettu modulaarisuutta hyödyntäen.

Haasteena voi olla, että moduulit ovat itsessään usein integroidumpia kuin paikalla tehdyt tuotteet mm. kuljetusten vaatiman kestävyysnäkökulmasta. Tällöin moduulien sisäiset muutostyöt

voivat olla todellisuudessa vaikeita toteuttaa. Muunneltavuus ja päivitettävyyden voi vaatia myös ylimääräisiä tilavaroja lisättäville komponenteille tai komponenttien vaihtamiselle, mikä lisää kustannuksia rakennusvaiheessa. Moduulien rajapinnat eivät ole usein myöskään esteettisesti laadukkaita, jolloin tilamoduulien lisäksi joudutaan käyttämään muita modulaarisia tuotteita kuten pintaelementtejä. Näillä saadaan tuotteelle yksilöllinen ilme, mutta samalla voidaan heikentää moduulin käytön aikaista muokattavuutta. ■

”

*Haasteena on, että moduulien poisto ja uudelleen asennus tulee suunnitella jo rakennusvaiheessa.*

#### Lähteet

Peltokorpi, A; Olivieri, H; Granja, AD; Seppänen, O. 2018. *Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments. Construction Management and Economics. Vol. 36, Iss. 1, p. 32-48.*

Ulrich, K. 1995. *The role of product architecture in the manufacturing firm. Research policy, 24 (3), 419-440.*

Jonsson, H. and Rudberg, M., 2014. *Classification of production systems for industrialized building: a production strategy perspective. Construction management and economics, 32 (1-2), 53-69.*

Gosling, J., et al., 2016. *Defining and categorizing modules in building projects: an international perspective. Journal of construction engineering and management, 04016062, 1-11.*

Gibb, A.G.F. and Isack, F., 2003. *Re-engineering through preassembly: client expectations and drivers. Building research & information, 31 (2), 146-160.*

# 3.

## Prosessien kuvaus

### Moduuleja hyödyntävä rakennushankkeen prosessi

#### Lähtökohdat

Modulaarisuuden ja moduulituotteiden hyödyntäminen rakennushankkeessa tulee huomioida hankkeen rakennuttamisen, suunnittelun ja rakentamisen prosesseissa. Perinteinen RT-kortin kuvaama talonrakennushankkeen kulku käsittää hankkeen eri vaiheina tarveselvityksen, hankesuunnittelun, ehdotussuunnittelun, yleissuunnittelun, toteutussuunnittelun, rakentamisen, käyttöönoton ja takuajan. Modulaarisuuden hyödyntäminen ei välttämättä muuta vaiheiden koostumusta ja järjestystä, mutta se vaikuttaa keskeisesti vaiheiden sisältöihin ja vastuisiin. Koska modulaarisuutta voidaan hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin, tulee myös moduuleja hyödyntävää prosessia tarkastella erikseen kullekin keskeiselle tyyppiratkaisulle.

Tässä raportissa esitellään modulaarisuutta hyödyntävä prosessi neljälle eri tyyppiratkaisulle:

1. moduulirakennukset
2. tilamoduulit
3. modulaariset rakennusosat ja tekniset järjestelmät
4. modulaarinen verkko

Näistä kolme ensimmäistä sisältää moduulituotteiden hyödyntämistä, kun taas modulaarinen verkko vaikuttaa ennen kaikkea suunnitteluvaiheeseen.

#### Yleinen prosessi

Modulaarisuutta hyödyntävä yleinen uudisrakennushankkeen prosessi on esitetty Kuvassa 1. Keskeistä on tunnistaa hankkeen tarpeet ja niihin soveltuvat modulaariset ratkaisut riittävän aikaisessa vaiheessa. Esimerkiksi erittäin kii-reellisissä tai väliaikaisissa tilatarpeissa moduulirakennukset voivat olla ratkaisu, mutta tämän ratkaisun hyödyntämismahdollisuus tulee huomioida jo tarveselvitysvaiheessa. Toisaalta, laatua ja nopeaa rakentamisen aikataulua palvelevien modulaaristen rakennusosien ja teknisten järjestelmien (kuten esivalmistetun talotekniikan) hyödyntäminen voidaan päättää vielä ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa, jolloin hankkeen alku voi noudattaa perinteisempää hankekehitys- ja suunnitteluprosessia. Modulaarisen verkon hyödyntäminen palvelee tilojen ja tekniikan muuntojoustotarpeita ja tilamoduulit puolestaan toistuvia tiloja, joiden laatuvaatimuksia on vaikea täyttää perinteisellä ositetulla suunnittelulla ja rakentamisella. On huomioitavaa, että samassa hankkeessa voidaan yhdistää useita eri modulaarisia ratkaisuja: esimerkiksi modulaarisen verkon käyttö alkuvaiheen suunnittelussa voidaan yhdistää tilamoduulien tai modulaaristen rakennusosien ja teknisten järjestelmien hyödyntämiseen myöhemässä prosessissa.

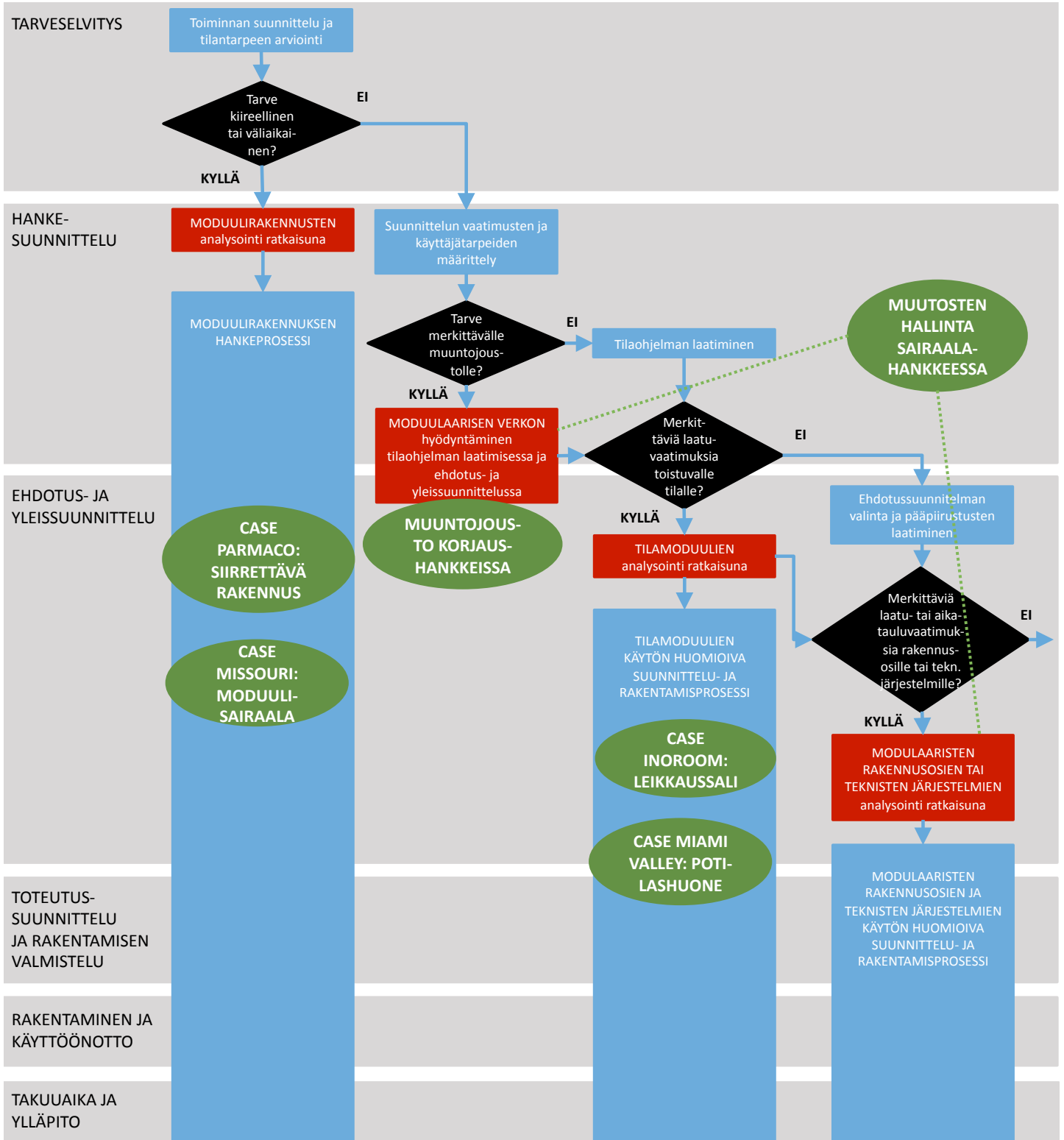
### Moduulirakennuksia hyödyntävä rakennushankkeen prosessi

Tilamoduulirakennus koostuu valmiista tilamoduuleista, jotka on esivalmistettu ja toimitettu sellaisenaan työmaalle, missä ne on yhdistetty. Tilamoduulien

pinnat ja kalusteet ovat asennettu valmiiksi tehtaalla, lukuun ottamatta tilamoduulien saumojä. Tilamoduulien suurin etu on tilojen hankinnan nopeus. Tilamoduulien suunnittelua ja käyttöä koskevat samat määräykset ja lait kuin perinteistä rakentamista. Haasteena on erityisesti tilojen dimensioiden rajoiteisuus muihin tilamalleihin nähden. Tiloja on kuitenkin mahdollista muuttaa joustavasti; tiloja voidaan pienentää, kasvattaa tai osa moduuleista voidaan vaihtaa. Vuokrausmallilla vuokralaisella ei ole myöskään riskiä tiloista, eli käytökelvottomia tiloja ei pääse syntyään. Vuokrausmallin ansiosta (esimerkiksi Parmaco) tuottaja kantaa tilojen omistamisen riskit tilaajien puolesta. Tämä tarkoittaa sitä, että takuu-aika kattaa rakennuksen koko olemassaoloajan asiakkaan näkökulmasta.

Moduulirakennuksia hyödyntävä rakennushankkeen prosessi on kuvattu Taulukossa 2. Tehokkaan ja nopean prosessin kannalta on tärkeää, että moduulitoimittaja valitaan mahdollisimman ajoissa, jotta moduulituotannon edut saadaan hyödynnettyä maksimaalisesti. Tällöin myös yhteinen näkemys toistettavien tilojen määrästä, tuotannon rajoitteista sekä hankintatapa ja toteutusaikataulu saadaan selvitettyä tilaajan kanssa. Tilaajan tulisikin jo tarveselvitysvaiheessa tunnistaa mahdollisuus hyödyntää moduulirakennuksia, jotta käyttäjätarpeet saadaan riittävän ajoissa mukaan tilasuunnitteluun. Parhaiten liikkeelle päästään tilaajan laatiman tilaohjelmaluonnoksen, alustavan aikataulun ja käyttäjätarpeiden määrittämisen avulla. Lisäkustannuksia syntyy, jos tilaaja esittää muutoksia liian myöhään, eli kun tilamoduulit ovat jo tuotannossa tai

Kuva 1. Modulaarisuutta hyödyntävä rakennushankkeen prosessi. Vihreät pallot kuvaavat hankkeen osatutkimusten sijoittumista prosessiin.



Taulukko 2. Moduulirakennuksia hyödyntävä rakennushankkeen prosessi.

Ti= tilaaja; To=toimittaja

- Tilaaजारpeiden määrittäminen (Ti)**
- Toiminnan ja tilatarpeiden määrittely: mitä tilaa tarvitaan?
  - Suunnitteluratkaisun laajuus, mitoitus, elinkaarikustannukset
  - Markkinoiden kartoitus
  - Toteutustapana perinteinen vai modulaarinen toteutus?
  - Sopivien tilojen hankintatapa: rakentaminen, osto, vuokraus?

→ Hankepäätös ja –menettely  
→ Kilpailutus

- Hankevalmistelut (Ti+To)**
- Suunnittelun vaatimusten määrittely; käyttäjätarpeet

→ Rakentamispäätös  
→ Päätös moduulien toimittajasta  
→ Sopimus

- Ehdotus- ja yleissuunnittelu**
- Vaihtoehtoiset suunnittelu-ratkaisut
  - Valitaan ehdotussuunnitelma
  - Pääpiirustusten laatiminen (asema, pohja, leikkaus, julkisivu)

→ Rakennuslupahakemus Ti/To

- Toteutussuunnittelu**
- Toteutustapaa palveleva suunnittelu
  - Hankintoja palveleva suunnittelu

→ Vahvistetaan suunnitelmat  
→ Vahvistetaan aikataulu

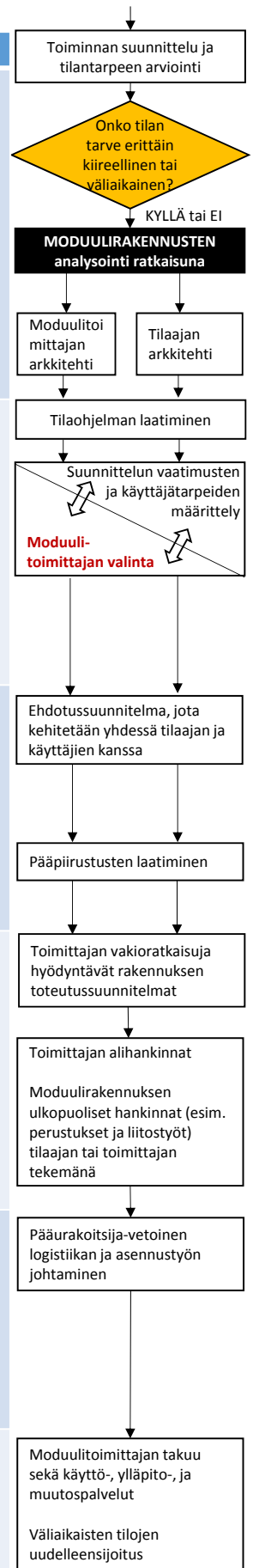
- Rakentaminen ja käyttöönotto**
- Logistiikka, toiminnanohjaus: aikataulu, laatu
  - Luovutus
  - Viranomaistarkastukset

→ Vastaanottopäätös

- Takuu-aika ja ylläpito**
- Korjaukset ja ylläpito
  - Päivitykset, käyttömuutokset
  - Vastuut sopimuksen mukaan

→ Takuutarkastus  
→ Hankkeen päättäminen  
→ Jatkotoimenpiteet

Osupuolet	Tehtävät ja menetelmät	Muistilista
Tilaaaja/Käyttäjän edustaja Kiinteistön omistaja/Maksaja Arkkitehti Rakennusvalvonta Toimittaja asiantuntijaroolissa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilaaajan selvittävät käyttäjätarpeet toteutusratkaisua varten (Ti) →tila- ja toimintatarpeiden määrittäminen →tilojen yhteyskaaviot →tilohjelmaluonnos →yhteys toimittajaan (mitä rajoitteita?)</li> <li><i>Osallistavat työpajat käyttäjätarpeiden määrittämiseksi (Ti)</i></li> <li><i>Referenssikohteisiin tutustuminen (Ti+To)</i></li> <li>• Alustava budjetti ja aikataulu (Ti)</li> <li>• Hankintavan määrittäminen (Ti)</li> <li>• Toistettavuuden, muunneltavuuden ja esivalmistuksen mahdollisuuksien kartoitus (Ti+To)</li> <li>• Kilpailutukseen olosuhteiden elinkaarivaihtumukset, elinkaaren määrittäminen ja muunneltavuus (+ 3D-mallitila)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko valmiudet eri käyttäjäryhmien tarpeiden määrittämiseen?</li> <li>✓ Onko käyty läpi kaikki mahdolliset vaihtoehdot</li> <li>Onko tontti toteutuskelpoinen?</li> <li>✓ Onko mukana ne tahot, joilla sekä rakennusteknisiä että toiminnan ja talouden osaamista?</li> <li>→ Yhteys mahd. toimittajaan</li> <li>→ Sote-lait</li> <li>→ "Tilaaajan opas" (To)</li> <li>→ Mittamaailman konseptointi (To)</li> </ul>
Tilaaaja/Käyttäjät Toimittaja Arkkitehti Kaavoittaja/Rakennusvalvonta Ylläpito (Ti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toistettavien tilojen tunnistaminen</li> <li>• Tilojen laatuvaatimusten täsmennys</li> <li><i>Osallistavat työpajat käyttäjätarpeiden tarkentamiseksi (Ti)</i></li> <li><i>Viestintäsuunnitelma ja roolit (Ti)</i></li> <li>• Riskikartoitus</li> <li>• Markkinoilla olevien tuotteiden, toimittajien ja suunnittelijoiden arviointi riskien vähentämiseksi</li> <li>• Tilamoduulin ja perinteisen toteutustavan vertailu + rajoitteiden tarkennus</li> <li>• Budjetti ja aikataulu (pelisäännöt!)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko moduuli-toteutuksessa enemmän riskejä vai hyötyjä?</li> <li>✓ Onko moduulista saatava hyöty mitattavissa ja riittävän merkittävä?</li> <li>✓ Onko varauduttu tulevaisuuden tilatarpeisiin (muunneltavuus)?</li> <li>✓ Onko roolitukset ja vastuut määritetty?</li> <li>✓ Onko muutosten aikataulun takaraja sovittu?</li> </ul>
Tilaaaja/Käyttäjät Toimittaja Arkkitehti/Pääsuunnittelija Eriytysuunnittelijat Viranomaiset Ylläpito (To)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moduulin suunnittelu käyttäjätarpeet huomioiden osaksi yleissuunnitelmaa</li> <li>• Aikatakaraja käyttäjämuutoksille/kustannusvaikutukset</li> <li>• Toimittajan vakioratkaisuja hyödyntävät tilan toteutussuunnitelmat m. aikataulu</li> <li>• Budjetin tarkastus</li> <li><i>Osallistavat työpajat käyttäjätarpeiden tarkentamiseksi (Ti+To)</i></li> <li><i>Viestintä hankkeen etenemisestä (Ti+To)</i></li> <li><i>Suunnittelu- ja projektikokoukset</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Palveleeko hankinta- ja toteutustapa vaatimuksia?</li> <li>✓ Onko suunnitelma hyväksyttävissä tilaaajan, käyttäjän ja toimittajan kannalta?</li> <li>✓ Voidaanko valmistus- ja asennusaika sovitaa hankkeen aikatauluun?</li> </ul>
Toimittaja/Pääuraakoitsija (To) Talotekniikka-uraakoitsijat (To) Tilaaaja Arkkitehti/Pääsuunnittelija Eriytysuunnittelijat Viranomaiset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilamoduulin ja muiden suunnitelmien luomien yhteensovittaminen</li> <li><i>Osallistavat työpajat käyttäjätarpeiden tarkentamiseksi (Ti+To)</i></li> <li><i>Suunnittelu- ja projektikokoukset</i></li> <li><i>Viestintä hankkeen etenemisestä (Ti+To)</i></li> <li>• Tilamoduulin asennuksen aikataulun yhteensovittaminen muuhun rakentamisen aikatauluun</li> <li>• Materiaalitoimitusten ja logistiikan suunnittelu ja sopiminen</li> <li>• Budjetti ja aikataulu</li> <li>• Mahdollisten erityisvaatimusten huomioiminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko urakka-rajapinnat selvät?</li> <li>✓ Onko rajapinnan toleranssit ja kiinnitykset sopivat?</li> <li>✓ Onko asennusjärjestys ja aikataulu järkevä?</li> <li>✓ Onko haalausreitit ja tuotteiden varastointi selvät?</li> <li>✓ Säältä suojaus!</li> <li>✓ Vastuiden määrittäminen!</li> </ul>
Toimittaja Arkkitehti Uraakoitsijat Valvoja Viranomaiset Tilaaaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rakentamisen tuotannonohjaus</li> <li>• Mallimoduulien tarkistus työmaalla</li> <li>• Toleranssit; sovitus työmaalla</li> <li>• Muutosten hallinta</li> <li>• Tarkastukset ja testaukset tehtaalla ja työmaalla</li> <li>• Luovutus, käyttökoulutus</li> <li>• Huoltokirja, huoltovihko</li> <li><i>Suunnittelu- ja projektikokoukset</i></li> <li><i>Viestintä hankkeen etenemisestä (Ti+To)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Toimiiko kommunikointi tilaaajan ja toimittajan välillä?</li> <li>✓ Toimiiko kommunikointi toimittajan ja aluraakoitsijoiden välillä?</li> <li>✓ Onko toimittajalla ja tilaajalla riittävä osaaminen rakennusvaiheesta?</li> <li>✓ Tarvitaanko rakennuttajakonsulttia?</li> </ul>
Toimittaja Käyttäjä Tilaaaja Ylläpito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Takuukorjaukset</li> <li>• Sovitut ylläpito- ja muutostyöt</li> <li>• Sovitut päivitys- ja muutostyöt</li> <li><i>Käyttäjäkokemusten kerääminen (Ti+To)</i></li> <li><i>Kohteen kunnan seuranta vuokra-aikana (To)</i></li> <li><i>Palautteen kerääminen hankkeen onnistumisesta (To)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko huolto- ja ylläpito-vastuut määritelty selkeästi?</li> <li>✓ Onko kerätty palautetta tilan käyttäjiltä?</li> <li>✓ Miten palautetta hyödynnetään?</li> <li>✓ Uudelleen vuokraus?</li> <li>✓ Vastuut ja takuut!</li> </ul>





*Jotta rakentamisprosessi  
sujuu parhaalla  
mahdollisella tavalla,  
on hankkeen aikaiseen  
viestintään kiinnitettävä  
huomiota.*

tehty valmiiksi. Tilaaja voi halutessaan tuottaa omat arkkitehti-, LVI- ja sähkösuunnitelmat aivan kuten perinteisessä rakentamisessa. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä kustannustehokasta, sillä tilamoduulit täytyy tuotantovaiheessa suunnitella joka tapauksessa uudestaan niiden moduuliluonteen takia. Siksi tilaajan arkkitehdilla tulee olla valmiiksi kokemusta modulaarisesta suunnittelusta ja rakentamisesta.

Rakennushanke etenee tilamoduuleja käyttämällä nopeammin kuin paikan päällä rakentaen. Rakennusluvan saamisen jälkeen lupakuvat täydennetään muilla suunnitelmilla, jonka jälkeen rakentaminen voi alkaa. Tilamoduulit valmistuvat tehtaassa samaan aikaan kun työmaalla tehdään perustukset ja liittymät valmiiksi. Itse tilamoduulien asennus paikoilleen sujuu nopeasti.

Toteutusvaiheessa on tärkeää rauhoittaa rakennusalue, suunnitella materiaali-toimitukset, varastointi, sääsuojaukset ja logistiikka sekä sovittaa tilamoduulien asennus muun rakentamisen aikatauluun. Suunnittelu- ja työmaakokouksissa tarkistetaan urakkarajapinnat sekä osapuolien vastuut. Rakentamis- ja käyttöönotto vaiheeseen kuuluvat erilaiset viranomaistarkastukset sekä käyttöönottokoulutus. Rakennuksen luovutuksen yhteydessä sovitaan jatkotoimenpiteistä, minkä jälkeen tuottajalle jää sovittujen ylläpitopalvelujen toteutustyöt, jos kyseessä on vuokrausmalli. Tilojen loppukäyttäjälle ei ole välttämättä aina selvää, mitkä asiat kuuluvat huoltoyhtiölle ja mitkä vuokranantajalle, joten näistä asioista sopiminen on tärkeää.

Jotta rakentamisprosessi sujuu parhaalla mahdollisella tavalla, on hankkeen aikaiseen viestintään kiinnitettävä huomiota. Samoin heti rakennuksen luovutuksen jälkeinen palaute hankkeen toteutuksen onnistumisesta sekä

myöhemmin käyttäjiltä kerätty palaute ovat tärkeitä tekijöitä hankeprosessin onnistumisen kannalta.

### Tilamoduuleja hyödyntävä rakennushankkeen prosessi

Tilamoduuleja ovat mm. esivalmistetut ja yhdeltä toimittajalta hankitut leikkaussalit ilmanvaihto- ja muine ohjauslaitteineen, potilashuonemoduulit ja kylpyhuonemoduulit. Oleellista on, että tila hankitaan moduulina, kun tila on toistuva, sen suunnitteluratkaisu on haastava ja se edellyttää erityisen hyvää laatua, esimerkiksi hygieenisuuden suhteen. Tilamoduuli voidaan toteuttaa projektiorganisaation omin voimin (kuten esivalmistettu integroitu potilashuoneseinä ja kylpyhuone Miami Valleyn sairaalassa) tai avaimet käteen hankintana pysyvältä tilatoimittajalta (kuten Inoroom leikkaussalit OP:n Oulun sairaalassa). Oleellista on, että tilakohtainen suunnittelu ja rakentaminen on paketoitu aliprojektiksi, joka sisältää kaiken tarvittavan osaamisen.

Tilamoduuleja hyödyntävä prosessi on kuvattu tarkemmin Taulukossa 3. Prosessissa on keskeistä tunnistaa koko hankkeen kannalta strategiset tilat, kartoittaa näiden riskit perinteisellä toteutustavalla ja arvioida onko moduulina tuotettu tila ratkaisu tunnistettuihin riskeihin. Tilamoduulien suunnittelussa haasteita asettaa usein toimittajan tarjooman sovittaminen käyttäjien erityistarpeisiin. Erityisesti sairaalarakentamisessa voi olla vaikeaa löytää suunnitteluratkaisu, joka on tilaajan ja toimittajan kannalta kustannustehokas mutta samalla täyttää vaativat ja erilaiset käyttäjien reunaehdot. Lähtökohtana tulisi olla kuitenkin kokeneen moduulitoimittajan vakioratkaisut ja niiden vaihtoehdot.

Tilamoduulien suunnittelun tulee olla hankkeessa riittävän etupainotteista, jotta esivalmistukselle ja esiasennukselle jää riittävästi aikaa. Myös asennusjärjestys vaikuttaa aikatauluun. Avaimet käteen toimituksessa, jossa tila rakennetaan esivalmistetuista komponenteista, voi asennus tapahtua melko myöhäisessä vaiheessa, jolloin tuotannolle ja suunnittelulle on paremmin aikaa. Samalla voi jäädä kuitenkin tehdasasennuksen kustannushyödyt saamatta. Tutkittujen tilamoduulien toimitusten perusteella erityistä huomiota on kiinnitettävä urakkarajoihin, haalausreitteihin, toleransseihin ja kiinnitystapaan.

### Modulaarisia rakennusosia ja teknisiä järjestelmiä hyödyntävä rakennushankkeen prosessi

Modulaariset rakennusosat ovat esivalmistettuja yksittäisiä osia, jotka eivät itsessään muodosta tiloja, mutta niistä voidaan muodostaa sellaisia. Tällaisia rakennusosia ovat esimerkiksi rakennuksen rungot ja seinäelementit, kuten muunneltavat potilashuonepäädty. Teknisiä järjestelmiä taas edustavat esimerkiksi osasto- ja huonekohtaiset talotekniikkajärjestelmät tai esiasennetut talotekniikkajärjestelmät, kuten kuitut, käytäväelementit, huonepäätteet ja konehuoneet, mutta myös pienemmät järjestelmät, kuten pesuallaspaketit tai jakotukkikaivot. Näitä esivalmisteita hyödynnetäänkin useimmiten tiloissa, jotka toistuvat samanlaisina, kuten potilashuoneet, käytävät ja kylpyhuoneet.

Modulaarisia rakennusosia ja teknisiä järjestelmiä hyödyntävä rakennushankkeen –prosessi on kuvattu tarkemmin Taulukossa 4. (teksti jatkuu sivulla 16).

Taulukko 3. Tilamoduuleja hyödyntävä rakennushankkeen prosessi.

### 1. Tarveselvitys

- Toiminnan suunnittelu; tilantarve: mitä tilaa/kokonaisuutta tarvitaan?
- Sopivin tilojen hankintatapa

### 2. Hankesuunnittelu

- Suunnittelun vaatimusten määrittely; käyttäjätarpeet
- Tilaohjelman laatiminen: laajuus, mitoitus, budjetti

#### → Kilpailutus

### 3. Ehdotus- ja yleissuunnittelu

- Vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut, valitaan ehdotussuunnitelma
- Tekniset yleisratkaisut
- Pääpiirustusten laatiminen (asema, pohja, leikkaus, julkisivu)

### 4. Toteutussuunnittelu ja rakentamisen valmistelu

- Toteutustapaa palveleva suunnittelu
- Hankintoja palveleva suunnittelu
- Tilan kokonaistoimituksessa suunnittelun luovutus

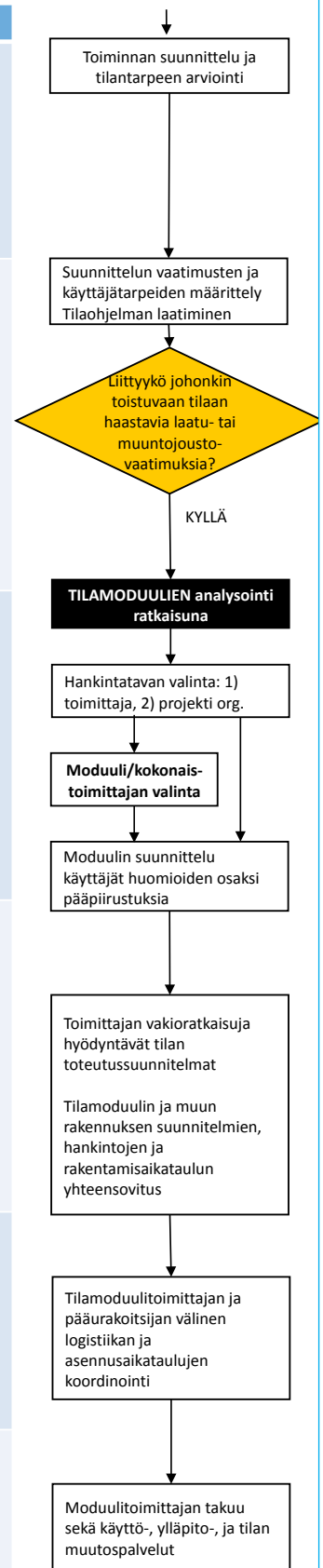
### 5. Rakentaminen ja käyttöönotto

- Logistiikka, toiminnanohjaus: aikataulu, laatu
- Luovutus

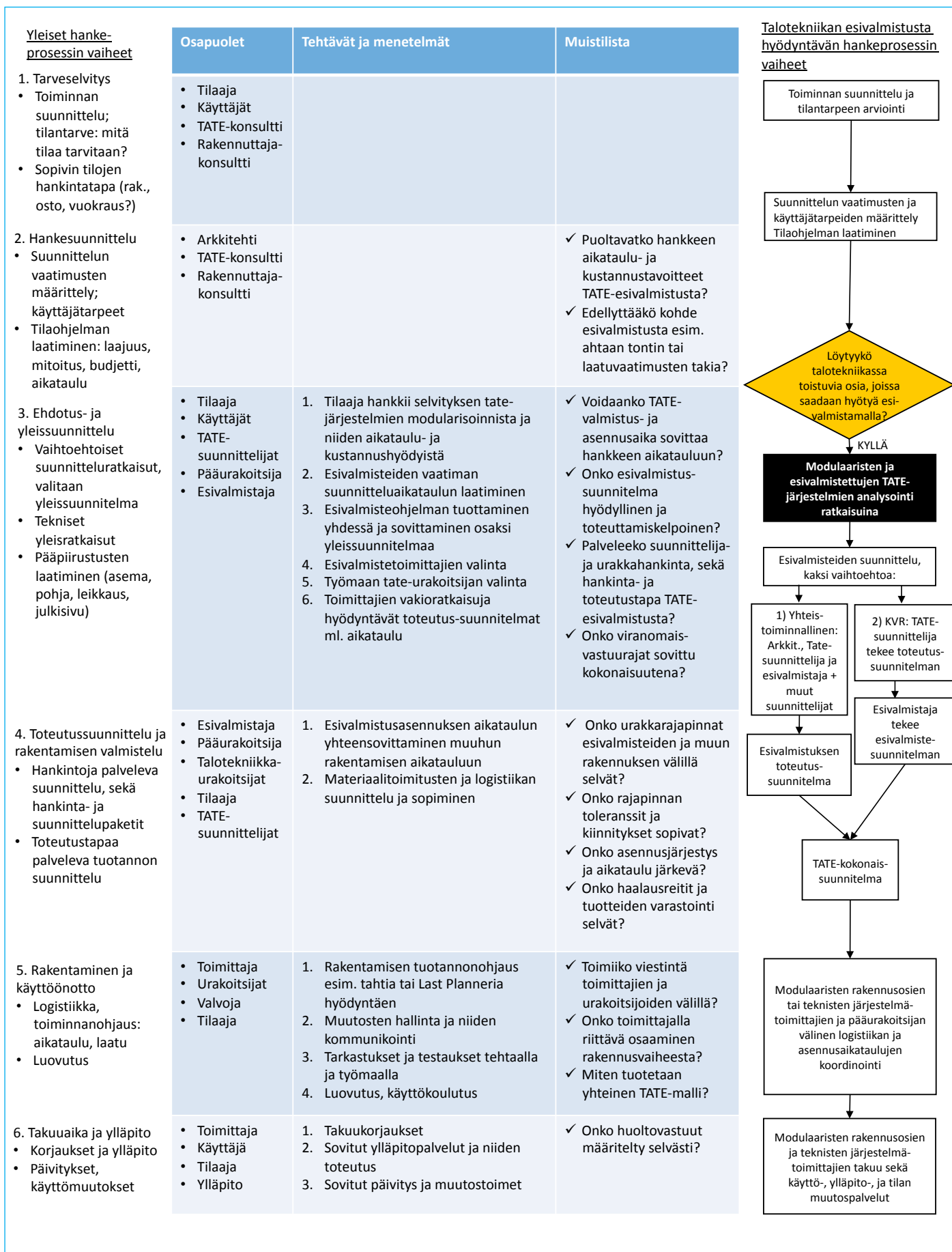
### 6. Takuu-aika ja ylläpito

- Korjaukset ja ylläpito
- Päivitykset, käyttömuutokset

Osapuolet	Tehtävät ja menetelmät	Muistilista
	Ei tilamoduulien tai kokonaistoimituksen kannalta keskeisiä menetelmiä ja vaiheita	
Tilaaaja/ Projektiryhmä/ Käyttäjät  Ylläpito  Arkkitehti  (Toimittaja asiantuntija roolissa)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Toistuvien tilojen tunnistaminen</li> <li>2. Tilojen laatuvaatimusten täsmentäminen kilpailutusta varten</li> <li>3. Perinteisen suunnittelu- ja rakentamistavan riskien kartoitus tilan osalta</li> <li>4. Markkinoilla olevien tuotteiden, toimittajien ja suunnittelijoiden arviointi riskien vähentämiseksi</li> <li>5. Tilan kokonaistoimituksen ja perinteisen toteutustavan vertailu</li> <li>6. Päätös tilan kokonaistoimituksen hyödyntämisestä</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko tunnistettu hankinnan laajuus?</li> <li>✓ Onko moduulitoteutuksessa enemmän riskejä vai hyötyjä?</li> <li>✓ Onko moduulista/kokonaistoimituksesta saatava hyöty mitattavissa ja riittävän merkittävä?</li> <li>✓ Takuut osana kilpailutusta kokonaistoimituksessa</li> </ul>
Käyttäjät Toimittaja Tilaaaja Arkkitehti Erytysuunnittelijat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hankinta- ja toteutustavan valinta markkinoilla tavoitteiden ja tarjoaman pohjalta: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Toimittaja- vai projekti-organisaatiovetoinen?</li> <li>b) Esivalmistettu tila vai tilakomponentit?</li> </ol> </li> <li>2. Moduulin/kokonaistoimituksen suunnittelu käyttäjät yhteen sovittaen osaksi yleissuunnitelmaa</li> <li>3. Toimittajan vakioratkaisuja hyödyntävät tilan toteutussuunnitelmat ml. aikataulu</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Palveleeko hankinta- ja toteutustapa vaatimuksia?</li> <li>✓ Onko suunnitelma hyväksyttävissä tilaajan, käyttäjän ja toimittajan kannalta?</li> <li>✓ Voidaanko valmistus- ja asennusaika sovittaa hankkeen aikatauluun?</li> </ul>
Toimittaja Pääurakoitsija Talotekniikkaurakoitsijat Tilaaaja Erytysuunnittelijat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tilamoduulin ja muiden suunnitelmien lopullinen yhteensovittaminen</li> <li>2. Suunnittelun rajapinnoista sopiminen</li> <li>3. Tilamoduulin asennuksen aikataulun yhteensovittaminen muuhun rakentamiseen aikatauluun</li> <li>4. Materiaalitoimitusten ja logistiikan suunnittelu ja sopiminen</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko urakka-rajapinnat moduulin ja muun rakennuksen välillä selvät?</li> <li>✓ Onko rajapinnan toleranssit/kiinnitykset/tekniikan liittymät sopivat?</li> <li>✓ Onko asennusjärjestys ja aikataulu järkevää?</li> <li>✓ Onko haalausreitit ja tuotteiden varastointi selvät?</li> </ul>
Toimittaja Urakoitsijat Valvoja Tilaaaja	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rakentamisen tuotannonohjaus esim. viikkotason Last Planneria hyödyntäen</li> <li>2. Muutosten hallinta ja niistä kommunikointi</li> <li>3. Tarkastukset ja testaukset tehtaalla ja työmaalla</li> <li>4. Luovutus, käyttökoulutus</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Toimiiko kommunikointi tilaajan ja toimittajan välillä?</li> <li>✓ Toimiiko kommunikointi toimittajan ja aliuurakoitsijoiden välillä?</li> <li>✓ Onko toimittajalla riittävä osaaminen rakennusvaiheesta?</li> </ul>
Toimittaja Käyttäjät Tilaaaja Ylläpito	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Takuukorjaukset</li> <li>2. Sovitut ylläpitopalvelut ja niiden toteutus</li> <li>3. Sovitut päivitykset ja muutostoimet</li> <li>4. Palautteen kerääminen</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Onko huoltovastuut määritelty selvästi?</li> <li>✓ Onko palautetta kerätty?</li> </ul>



Taulukko 4. Modulaarisia rakennusosia ja teknisiä järjestelmiä hyödyntävä rakennushankkeen -prosessi





Hankesuunnitteluvaiheessa olisi tilaajan ja arkkitehdin hyvä yhdessä pohtia löytyykö arkkitehtisuunnitelmasta tiloja, jotka toistuvat samanlaisina, kuten potilashuoneet, käytävät ja konehuoneet. Käytännössä modulaarisista rakennusosista ja teknisistä järjestelmistä pitää päättää ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa. Tilaajan onkin hyvä pyytää suunnitteluasiantuntijoilta selvitys modulaaristen rakennusosien ja teknisten järjestelmien esivalmistuspotentiaalista heti yleissuunnitteluvaiheessa (luonnossuunnittelu). Lisäksi olisi tärkeää, että suunnittelijoiden lisäksi selvitystyöhön osallistuisi esivalmistuksen edustajia ja pääurakoitsija. Tutkimuksessa tunnistettuja esivalmistajien tuottajia ovat mm. Silotek, Caverion, Hilti, Moduls, Parma, Rudus, Metos, Lapwall, Are, Itula, Danfoss, Würth, Koja, Recair, SIHY, Uponor, Nereus, Vilpe ja Sewatek.

Modulaaristen rakennusosien ja teknisten järjestelmien esivalmistesuunnittelussa voidaan nähdä kaksi erilaista tapaa. Ensimmäinen tapa soveltuu parhaiten yhteistoiminnalliseen urakkamuotoon ja siinä talotekniikka (tate)-suunnittelija ja esivalmistaja yhdessä muiden suunnittelijoiden kanssa valmistavat suoraan esivalmistuskelpoisen toteutussuunnitelman. Toinen tapa soveltuu kokonaisvastuu-urakkaan ja siinä tate-suunnittelija tekee ensin toteutussuunnitelman, jonka hän lähettää esivalmistajalle, joka puolestaan tekee esivalmistussuunnitelman. Lopuksi vielä tate-suunnittelija muokkaa omaa tate-suunnitelmaansa esivalmistussuunnitelman pohjalta. Tärkeää on molemmissa tapauksissa tuottaa niin kutsuttu talotekniikan kokonaissuunnitelma.

Rakentamisen valmisteluvaiheessa on tärkeää sovittaa esivalmistajat muihin rakentamisosien rajapintoihin, logistiikkaan ja aikatauluihin. Prosessin loppuosa myötäilee pitkälti samaa kaavaa kuin tilamoduulien vastaavat vaiheet rakentamisesta, käyttöön-ottoon, takuu-aikaan ja ylläpitoon. Kaikissa näissä vaiheissa korostuu ennakointi, jotta voidaan varmistaa esivalmistuksen hyödyt, jotka yleensä muodostuvat lyhentyneestä rakentamisaikataulusta, pienemmistä logistiikkakuluista, parantuneesta rakentamisen turvallisuudesta ja paremmasta laadusta. ■



# 4.

## Osatutkimusten raportit

Modulaarisuuden monet mahdollisuudet tilainvestoinneissa

Muutosten hallinta sairaalahankkeissa

Modulaarisen avaimet käteen -leikkaussalin hyödyt sairaalarakentamisessa – tilaajan näkökulma

Rajapinnoista yhdyspintoihin:  
Kohti modulaarista palvelutuotantoa avohoidossa

Tilamoduulit osana julkishallinnon joustavaa kiinteistökannan hallintaa

Käyttäjäkokemuksia tilamoduuleista

Osallistuvan suunnittelun mahdollisuudet modulaarisessa rakentamisessa

Sairaalasunnittelu arkkitehdin silmin

Sisätilan puumateriaalit terveydenhuollon tiloissa

Tulevaisuuteen varautuminen  
eli "future-proofing" sairaaloiden muutoshankkeissa

# Modulaarisuuden monet mahdollisuudet tilainvestoinneissa

## Tausta ja tavoitteet

Modulaarisen rakentamisen on perinteisesti katsottu rajoittuvan aikataulu- ja kustannushyötyjen saavuttamiseen rakennusten monimuotoisuuden ja esteettisyyden kustannuksella. Tässä osatutkimuksessa selvitettiin globaalisti erilaisia strategioita hyödyntää modulaarista tuoterakennetta tilainvestoinneissa. Modulaarisuuden teoria sanoo, että modulaarisella tuoterakenteella voidaan mahdollistaa myös tuotteiden monimuotoisuus, innovatiivisuus ja käytön aikainen joustavuus.

Tutkimuksessa tunnistettiin mihin eri tavoitteisiin modulaarisuutta on tilainvestoinneissa hyödynnetty, miten erilaiset tavoitteet näkyvät tavassa organisoida suunnittelun ja rakentamisen vastuita hanketasolla, ja millaiseen osaamiseen modulaarisuuden hyödyntäminen eri strategioissa perustuu. Tutkimus toteutettiin monitapaustutkimuksena tarkastelemalla yhdeksää erilaista modulaarista ratkaisua Suomessa, USA:ssa ja Brasiliassa.



Esimerkki Miami Valley -projektissa innovoidusta ja esivalmistetusta potilashuoneesta, jolla tavoiteltiin pohjaratkaisua, joka mahdollistaa sekä esteettömän näkymän ulos että potilaan seurannan ovelta.

Kuvalähde: [www.nbbj.com](http://www.nbbj.com)

## Tulokset

Tutkittujen tapausten perusteella modularisaatiolla voidaan tilainvestoinneissa tavoitella ainakin viittä erilaista hyötyä, jotka asettavat erilaisia vaatimuksia organisaatiolle, tuotantoratkaisulle ja osaamiselle (Kuva 2):

### 1. Innovatiivinen suunnitteluratkaisu:

Eriyttämällä tietty tila tai osajärjestelmä omaksi "suunnittelumoduuliksi" voidaan suunnittelijoiden, käyttäjien ja rakentajien yhteistyöllä innovoida ratkaisu, jossa yhdistyy tilan pitkälle kehitetty käytettävyyden ja rakennettavuus. Esivalmistus voi olla osa ratkaisua.

### 2. Korkea rakentamisen laatu:

Laadun kannalta kriittinen tila tai koko rakennus rakennetaan hyödyntäen vakioituissa tehdasmaisissa tiloissa toteutettua tuotantoprosessia. Moduuli muodostaa tyypillisesti tilan (esim. puhdistilat) ja kattaa myös pintarakenteet.

### 3. Rakentamisen kustannustehokkuus:

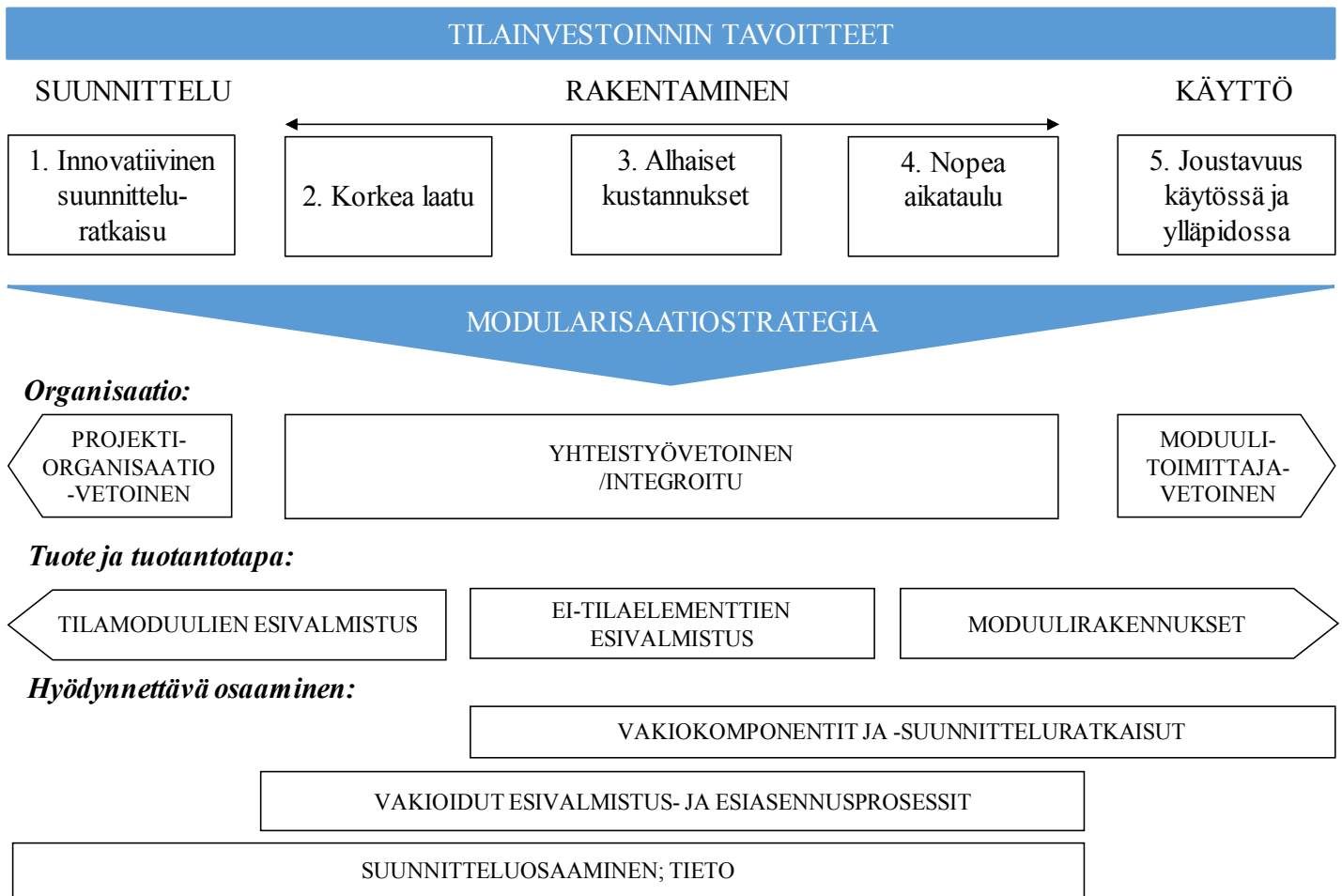
Rajapinnoiltaan ja rakenteiltaan vakioitujen moduulien tehdasvalmistus mahdollistaa alhaisemmat rakentamiskustannukset skaalaedun avulla. Moduulit ovat tyypillisesti tilaa muodostamattomia elementtejä, joiden tuotantoa voidaan automatisoida ja joiden logistiikkakustannukset ovat alhaisemmat kuin tilamoduuleissa.

### 4. Nopea rakentamisen aikataulu:

Nopea rakentamisen aikataulu mahdollistetaan mm. kokonaan modulaarisilla rakennuksilla, joissa rakennusosaviipaleet on pitkälle esivalmistettu tehtaassa.

### 5. Joustavuus käytössä ja ylläpidossa:

Tilan muunneltavuus ja jopa siirrettävyys rakennuksen elinkaaren aikana voidaan toteuttaa moduulituottaja-vetoisessa strategiassa, jossa hyödynnetään vakioituja ja toisiinsa löyhästi yhdistettäviä rakennusosia.



Kuva 2. Tilainvestointien erilaisiin tavoitteisiin soveltuvat modularisaatiostrategiat.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimus osoittaa, että modulaarisuutta voidaan hyödyntää tilainvestoinneissa useaan erilaiseen käyttötarkoitukseen. Tunnistettuja strategioita voidaan hyödyntää myös sosiaali- ja terveyspalveluiden tilojen investoinneissa määrittämällä ensin investoinnin tai sen sisältämien eri tilojen keskeiset tavoitteet. Tutkimuksen pohjalta väitämme, että suunnittelijat tähtäävät modulaarisella ratkaisulla useimmiten innovatiivisuuteen ja joustavuuteen, kun taas rakentajat näkevät sen ennen kaikkea menetelmänä

parantaa rakentamisen suorituskykyä. Näistä erilaisista tavoitteista aiheutuu käsitteiden vääринymmärryksiä ja kommunikointivaikeuksia.

Erilaiset modularisaatiostrategiat luovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä suunnittelijoille, konsulteille, rakennusyriyksille että moduulitoimittajille. Esimerkiksi innovatiiviseen suunnitteluratkaisuun tähtäävä modularisaatio tarvitsee tietointensiivisiä palvelu- ja suunnitteluyrityksiä. Joustavat ja muunneltavat rakennukset puolestaan mahdollistavat lainaamiseen perustuvat liiketoimintamallit, jotka tuovat tuottajalle pitkäaikaista kassavirtaa. ■



*Tutkimus osoittaa, että modulaarisuutta voidaan hyödyntää useaan erilaiseen käyttötarkoitukseen.*

### Tutkimuksen julkaisuja

Peltokorpi, A; Olivieri, H; Granja, AD; Seppänen, O. (2017): *Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments, Construction Management and Economics*. Vol. 36, Iss. 1, p. 32-48.  
Available online: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2017.1353119>

# Muutosten hallinta sairaalahankkeissa

## Tausta ja tavoitteet

Sairaalaprosjekteissa on huomattu tapahtuvan enemmän muutoksia kuin muissa rakennusprojektityypeissä, jopa myöhäisissä projektin vaiheissa. Muutokset suunnitelmiin tai vaatimuksiin heikentävät usein projektin tehokkuutta, joten niitä koitetaan välttää mahdollisuuksien mukaan. Muutosten tiedetään olevan merkittävä syy projektien aikataulun ja kustannusten ylityksiin, koska ne aiheuttavat häiriöitä projektin työjärjestykseen ja ovat yksi pääsystä työvaiheiden uudelleentyöstämiselle.

### Osatutkimuksessa haettiin vastauksia kolmeen muutokseen liittyvään kysymykseen:

- Miksi muutoksia tarvitaan sairaalarakennusprojekteissa?
- Mitä vaikutuksia muutoksilla on eri sidosryhmille?
- Miten muutoksia voisi hallita paremmin projektin aikana?

Tutkimus toteutettiin monitapaustutkimuksena teemahaastattelujen avulla viidestä viimeaikaisesta sairaalarakennusprojektista Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Projekteista analysoitiin toteutuneita rakentamisen aikaisia muutoksia ja niiden vaikutuksia.

## Tulokset

Tulokset osoittivat, että sairaalalaitteiden hankinta sekä laaja käyttäjien osallistaminen suunnittelussa olivat merkittävimpiä muutoksen lähteitä sairaalarakentamisessa. Näitä muutoksen syitä ei ole riittävästi huomioitu rakennushankkeiden yleis-pätevissä muutosluokitteluisa.

Muutosten juurisyyt liittyivät usein projektin monimutkaisuuteen, joka voi johtua projektien teknisestä monimutkaisuudesta, epävarmuudesta liittyen teknologioihin ja valintoihin ja sosiopoliittisesta monimutkaisuudesta joka liittyy käyttäjien ja muiden sidosryhmien moninaisuuteen.

Tutkimus osoitti, että muutokset kumpuavat erilaisista hankkeen sisäisistä ja ulkoisista lähteistä ja ne vaikuttavat dynaamisesti koko projektin toimijajoukossa (Kuva 3). Sairaalan potilasvolyymeihin liittyvät muutokset kanavoituvat projektiin useimmiten tilaajan päätöksen teon kautta, kun taas ulkoiseen ympäristöön liittyvät olosuhteet vaikuttavat suuremmin itse rakentamiseen. Laitteiden ja järjestelmien vaikutus puolestaan kanavoituu rakentamiseen useimmiten käyttäjien ja suunnittelijoiden välityksellä (Kuva 4).

### Tutkimuksen mukaan rakentamisen aikaisia muutoksia voidaan hallita kolmella eri strategialla:

**Vankka tuote –strategiassa** sairaalan tilat ja tekniset järjestelmät suunnitellaan alkuvaiheessa siten, että myöhemmin ilmenevät muutos- ja muokkaustarpeet voidaan toteuttaa niissä ilman purkutöitä ja uudelleenrakentamista. Tämä toteutetaan mm. standardoiduilla ja muokattavilla tilajaoilla sekä tilavarauksilla, jotka kohdistetaan teknisiin järjestelmiin ja niiden laajennuksiin.

**Vähittäiset päätökset –strategiassa** panostetaan huolelliseen rakentamisen prosessia mukailevaan suunnitelmiin ja toteutukseen liittyvän päätöksenteon aikataulutukseen ja vaiheistamiseen. Oleellista on, että kaikki tietävät mihin päätöksiin liittyy vielä epävarmuutta ja minkä jälkeen muutos ei ole enää mahdollinen. Vankka tuote –strategiaan verrattuna tämä vaatii parempaa tehtävien riippuvuuksien hallintaa ja kommunikointia.

**Joustavuuden maksimointi –strategiassa** hyödynnetään modulaarista tuoterakennetta, jolla tähdätään samanaikaisesti vankkaan ja muunneltavaan tuotteeseen että vähäisempään päätöksiin ja suunnitteluratkaisujen väliseen riippuvuuteen. Vaatimuksena kuitenkin on, että markkinoilla on olemassa sairaalan osakomponentteja, joissa on vakioitu rajapinta muihin tuoteosiin ja näin ollen toimittajat ja heidän tuotteet ovat projektin kannalta vaihtokelpoisia.

Kolmen strategian tunnistamisen lisäksi havaittiin, että yhteistoiminnallisilla ja integroiduilla hankemuodoilla voidaan kaikissa strategioissa paremmin hallita toimijoiden välisiä muutoksia ja muutosten riskivaikutuksia.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

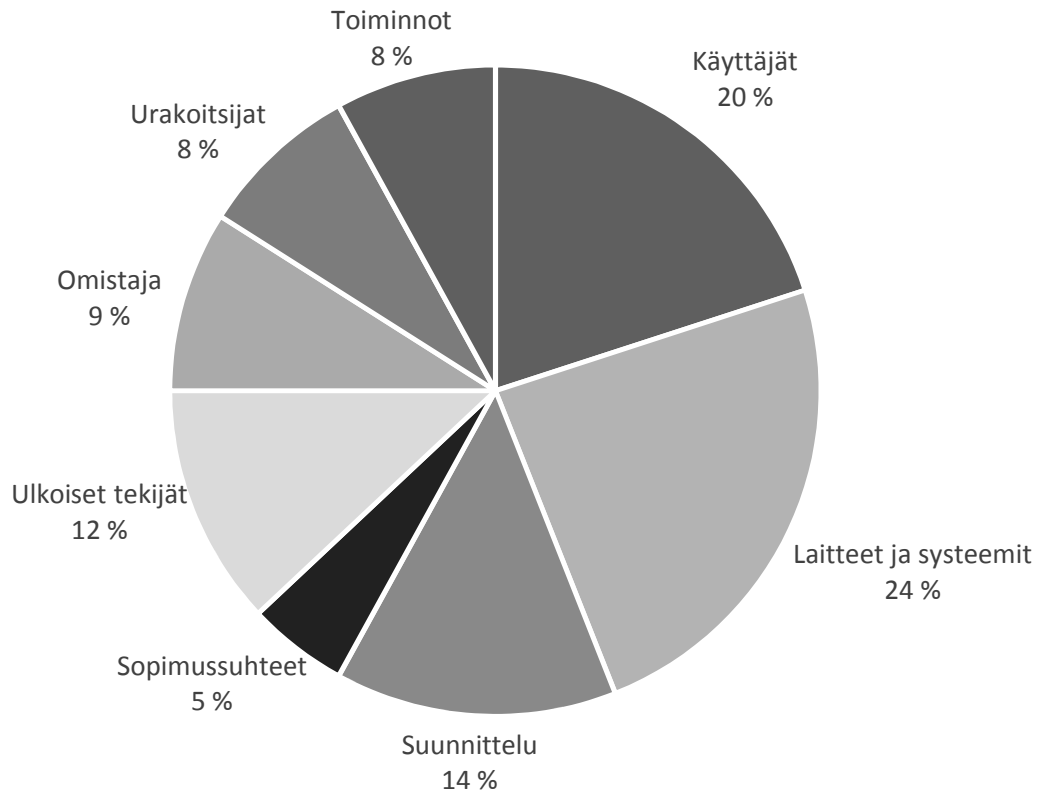
Tutkimus on ensimmäinen, jossa kattavasti luokitellaan sairaalahankkeisiin liittyvät rakentamisen aikaiset muutokset, niiden syyt ja tunnistetaan strategiat muutoksiin varautumiseksi ja niiden hallitsemiseksi (Tarkempi tutkimus: Särkilähti, 2017).

Tutkimus murtaa myytin jonka mukaan muutoksia tulisi mieluiten välttää koska niitä ei voida tehokkaasti hallita. Tulokset korostavat, että rakennuttajan tulee tunnistaa etukäteen mahdollisiin muutoksiin johtavat tekijät, valita muutosten hallitsemiseksi parhaiten soveltuva strategia ja varmistaa hankkeen alkuvaiheessa, että kaikki osapuolet ovat tietoisia strategiasta ja toimivat sen ohjaamana hankkeen parhaaksi. ■

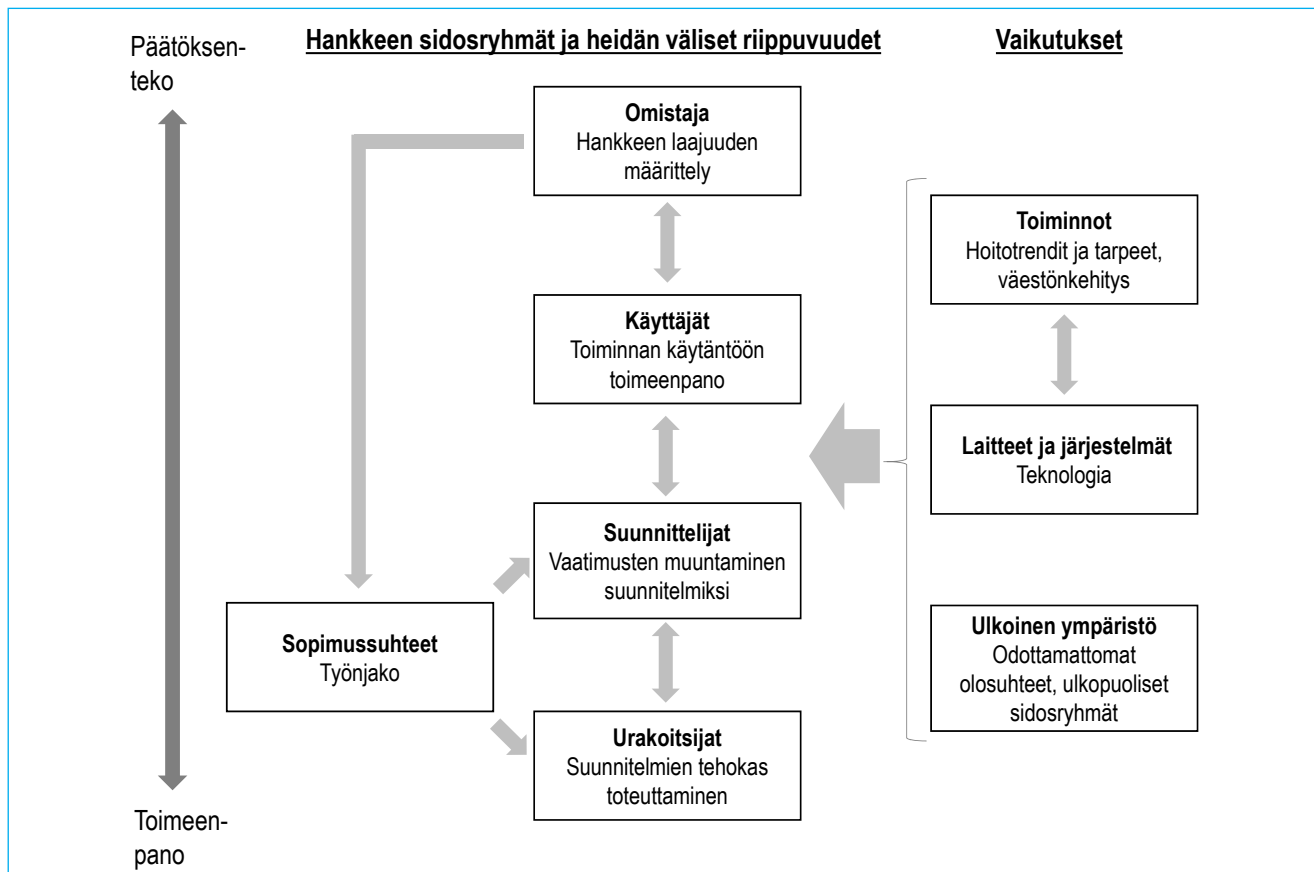
### Tutkimuksen julkaisuja

Särkilähti, A. (2017). *Change management during hospital construction projects – a multiple case study*, Master's Thesis, Department of Industrial Engineering and Management, Aalto University School of Science.

Lavikka, R., Kyrö, R., Peltokorpi, A. & Särkilähti, A. *Revealing Change Dynamics in Hospital Construction Projects*, Engineering, Construction and Architectural Management (in review process).



Kuva 3. Sairaalarakennushankkeissa tehtävien muutosten syyt.



Kuva 4. Muutokset vaikuttavat dynaamisesti koko projektin toimijajoukossa.

# Modulaarisen avaimet käteen -leikkaussalin hyödyt sairaalarakentamisessa – tilaajan näkökulma

## Tausta ja tavoitteet

Suomessa leikkaussaleja on perinteisesti rakennettu muun sairaalaurakoinnin osana, tyyppillisesti jaettuna erilaisiin osurakoihin kuten väliseiniin, sähkö- ja LVI-urakoihin. Viime vuosina leikkaussalimarkkinoille on tullut modulaaristen leikkaussalien kokonaistoimittajia. Aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että modulaariset leikkaussalit vähentävät sairaalainfektioiden lukumäärää ja lisäävät salien käytön tehokkuutta verrattuna perinteisiin saleihin. Lisäksi nämä salit on koettu viihtyisiksi ja työtä tehostaviksi tiloiksi hyvän sisäilman, kontrolloidun valaistuksen ja hyvän pohjasuunnittelun ansiosta.

Modulaariset leikkaussalit on valmistettu puhdastilaelementeistä, jotka on esivalmistettu tehtaassa ja asennetaan rakennuskohteessa. Modulaarisia leikkaussaleja toimitetaan avaimet käteen -periaatteella, jolloin koko leikkaussalitila sen suunnittelusta rakentamiseen toimitetaan yhdeltä toimittajalta. Lisäksi toimittaja vastaa tilan täydestä käyttöönottovalmiudesta. Tällöin toimittaja vastaa muun muassa laitteiden asen-



*Tilaajan kokema hyöty on erityisesti ollut tuotteen laatu eli modulaarisen salin ilmanvaihto ja hygieniataso.*

nuksista, toimivuudesta, testauksista ja ilmanvaihtomittauksista.

Osatutkimuksen tavoitteena oli selvittää mitkä ovat tilaajan näkökulmasta modulaarisen leikkaussalin 'avaimet käteen' -toimituksen hyötyjä ja haasteita. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena, jossa tutkittavana tapauksena toimi Inoroom 'modulaarinen avaimet käteen' -leikkaussali, jonka OP-ryhmän omistama Pohjola Terveys hankki Oulun kohteeseensa.

Inoroom-leikkaussali koostuu ilmatiiviistä puhdastilasta, ilmanvaihtojärjestelmästä sekä ilmanvaihto- ja valaistusohjausjärjestelmästä. Tutkimuksessa haastateltiin leikkaussalin toimittajia, tilaajia, suunnittelijoita ja käyttäjiä.

## Tulokset

Tilaajan hankintapäätökseen vaikutti erityisesti leikkaussalien laatu. Tilaajan kokema hyöty on erityisesti ollut tuotteen laatu eli modulaarisen salin ilmanvaihto ja hygieniataso. Lisäksi saleja on voitu käyttää monipuolisesti erilaisiin leikkauksiin muuntojoustavan ilmanvaihdon hallinnan avulla. Tilaaja koki tärkeäksi myös erilaiset lisäpalvelut, kuten käyttökoulutuksen ja huollon.

Tilaaja kokee olleensa valmis maksamaan laadusta enemmän, vaikka kustannusvertailu perinteisiin saleihin on hankalaa. Salien sovituisissa toimituskustannuksissa on pysytty. Lisäksi tilaaja odottaa jatkossa säästöjä muuntojoustavuuden ja energiatehokkuuden osilta.

Salien käytettävyyks, viihtyvyys ja tek-

niikka ovat pääasiassa toimineet hyvin käyttäjille. Pieniä huoltoja on tarvittu ilmanvaihdon toimintaan. Akustiikan kanssa ei ole ollut ongelmia. Salien ovien aukaisunopeutta on parannettu käyttäjien pyynnöstä.

Salin hankinta oli helppoa ja luovutuksen ja käyttöönoton päivämäärä onnistui sovitusti. Toimituksen vastuita ja urakkarajojen rajapintoja tulisi kuitenkin selkeyttää. Lisäksi tulisi parantaa kommunikaatiota erityisesti salitoimittajan ja pääurakoitsijan talotekniikka-urakoitsijan välillä. Tällöin tilaaja välttyy vastuiden selvittelystä urakan aikana tai sen jälkeen. Pitkällä tähtäimellä toimittajan tulisi nopeuttaa toimitusta, esimerkiksi tehostamalla asennusvaihetta. Selkeästi nopeampi toimitus vaatisi esituotantoasteen lisäämistä, kuten kokonaisia moduulitiloja. Toisaalta modulaariset elementit sopeutuvat paremmin kohteisiin, joissa ympäröivä runko on jo valmiina. Lisäksi elementtejä voidaan pitää muuntojoustavampina kuin kokonaisia modulaarisia tiloja, jos tiloja muutetaan esimerkiksi 20 vuoden aikajänteellä.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Tulosten perusteella modulaariset leikkaussalit parantavat leikkaussalien laatua, erityisesti hygienian osalta. Modulaariset leikkaussalit voidaan luokitella puhdastiloiksi, jotka parantavat rakentamisen hygieniää jo rakentamisvaiheessa esituotannon ansiosta. Modulaariset

leikkaussalit mahdollistavat erilaiset leikkaukset samassa salissa, mikä tehostaa tilojen käyttöä. Rakennusteknisesti saleja voidaan sijoitella ja räätälöidä kohdekohtaisesti.

Leikkaussalien hankinta helpottuu, kun tilaaja hankkii kokonaisuuden yhdeltä toimittajalta lisäpalveluineen, useamman toimittajan sijaan. Toisaalta avaimet käteen -hankinnan kilpailutus on hankalaa perinteisellä hintapainotteisella tarjouskilpailulla, sillä avaimet käteen -toimituksessa asiakkaan arvoa luodaan muilla tavoin kuin pelkällä hankintahinnalla. Leikkaussalien viihtyvyys ja käytettävyys on koettu pääosin hyväksi, mutta tilaajalla on suuri vastuu käytettävyyden ja viihtyvyyden luomisessa, koska tilaajalla on mahdollisuus hankkia kalusteita ja varusteita itse.

Avaimet käteen -toimitus lisää sekä modulaaristen leikkaussalien tuotteistusta että tuotekehitystä, kun eri komponenttien toimittajat tekevät tiiviimpää yhteistyötä parantaakseen komponentteja ja niiden integrointia. Toimitus tulisi alistaa pääurakoitsijan alaiseksi, sillä toimituksessa piilee riskejä rajapintojen liittyessä ulkoisiin rakenteisiin ja tekniikkaan. Rajapintojen vuoksi toimituksessa tulee myös kiinnittää huomiota rakentamisen projektinjohtoon ja projektin eri osapuolten kommunikointiin.

Lisätietoja tutkimuksesta tarjoaa Robert Venin diplomityö (2017). ■

#### Tutkimuksen julkaisuja

Ven, R. (2017), *Modulaarisen avaimet käteen -leikkaussalin hyödyt sairaalarakentamisessa*, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos, diplomityö, Espoo, Finland.





# Rajapinnoista yhdyspintoihin: Kohti modulaarista palvelutuotantoa avohoidossa



*Tutkimuksen mukaan päiväsairaaloiminnan modularisointi on tukenut siirtymistä osastohoitopainotteisesta hoidosta kohti avopainotteista hoitoa.*

## Tausta ja tavoitteet

HeMoHes-hankkeen osatutkimuksessa tutkittiin modulaaristen terveystalouden suunnittelua ja toteutusta, modulaarisuuden vaikutuksia palvelutuotantoon sekä selvitettiin potilaiden näkemyksiä liittyen modulaarisesti toimivaan päiväsairaalaan.

Tutkimuksessa tutkittiin Helsingin Yliopistollisen Keskussairaalan (HYKS) Meilahden kampuksen Kolmiosairaalan päiväsairaala ja koko hematologian erikoisalain toimintaa sekä Syöpätautiin klinikan integroitua Syöpätautiin päiväsairaala (Kuva 5). Hematologian (veritautien) potilaat hoidetaan Kolmiosairaalan päiväsairaala, joka on modularisoitu ja tuottaa päiväsairaala palveluita yli 20 erikoisalalle. Päiväsairaala potilaat käyvät saamassa päiväsairaala hoitoja kuten sytostaattia ja muita suonensisäisiä tiputushoitoja. Potilailla ei ole omahoitajaa päiväsairaala, vaan yleisenä periaatteena on, että kaikki Kolmiosairaalan päiväsairaalan noin 20 hoitajaa voivat hoitaa ketä tahansa potilasta. Päiväsairaala hoitaa noin 16 000 käyntiä vuosittain, joista noin puolet on hematologian potilaita.

Syöpäklinikan päiväsairaala on taas tarkoitettu pelkästään syöpätautiin potilaille. Päiväsairaala hoitaa vuosittain noin 20 000 käyntiä vuosittain. Päiväsairaala hoitoa saaville syöpätautiin potilaille nimetään omahoitaja koko päiväsairaala hoitajakson ajaksi. Pääsääntö on, että omahoitaja hoitaa potilasta koko päiväsairaala jakson ajan

ja potilas voi olla hoitajaansa yhteydessä hoitojen välillä. Vain mikäli omahoitaja on estynyt esimerkiksi loman tai sairautensa vuoksi hoitamasta potilasta, toinen hoitaja hoitaa potilasta.

Tutkimuksessa selvitettiin, miten hematologian palvelukäyttö on muuttunut ennen Kolmiosairaalan perustamista vuonna 2010 ja Kolmiosairaalan perustamisen jälkeen monimenetelmätutkimuksena. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kyselylomakkeen avulla potilaiden preferenssejä päiväsairaala hoidon järjestämiseen omahoitajan näkökulmasta.

Tutkimuksessa käytettiin tietolähteenä henkilökunnan ja potilaiden haastatteluita, potilaskyselyä sairaalan palvelukäyttötietoja, hoito-ohjeita sekä protokollia, hoitojen varauksiin liittyviä aikatauluohjeita sekä sairaaloiden tutustumiskäyntejä.

## Tulokset

Tutkimuksen mukaan päiväsairaala toiminnan modularisointi on tukenut siirtymistä osastohoitopainotteisesta hoidosta kohti avopainotteista hoitoa. Tämä on mahdollistunut standardoitujen yhdyspintojen ja hoitojen sekä selkeiden aikataulusuhteiden ja potilaskriteerien avulla. Modularisointi ei kuitenkaan ole tuonut pelkästään positiivisia muutoksia. Päiväsairaalan hoitojen modularisointi on vähentänyt hoitojen räätälöintimahdollisuuksia sekä tehnyt potilaiden ja hoitohenkilökunnan kommunikatiosta vähemmän joustavaa.

Sekä syöpätautiin että hematologian

potilaat ovat olleet tyytyväisiä päiväsairaala hoitoonsa, vaikka potilaiden päiväsairaala hoito on järjestetty ryhmällä eri tavoin. Syöpätautiin potilaat toivovat useammin omahoitajaa päiväsairaala hoitoihinsa verrattuna hematologian potilaisiin.

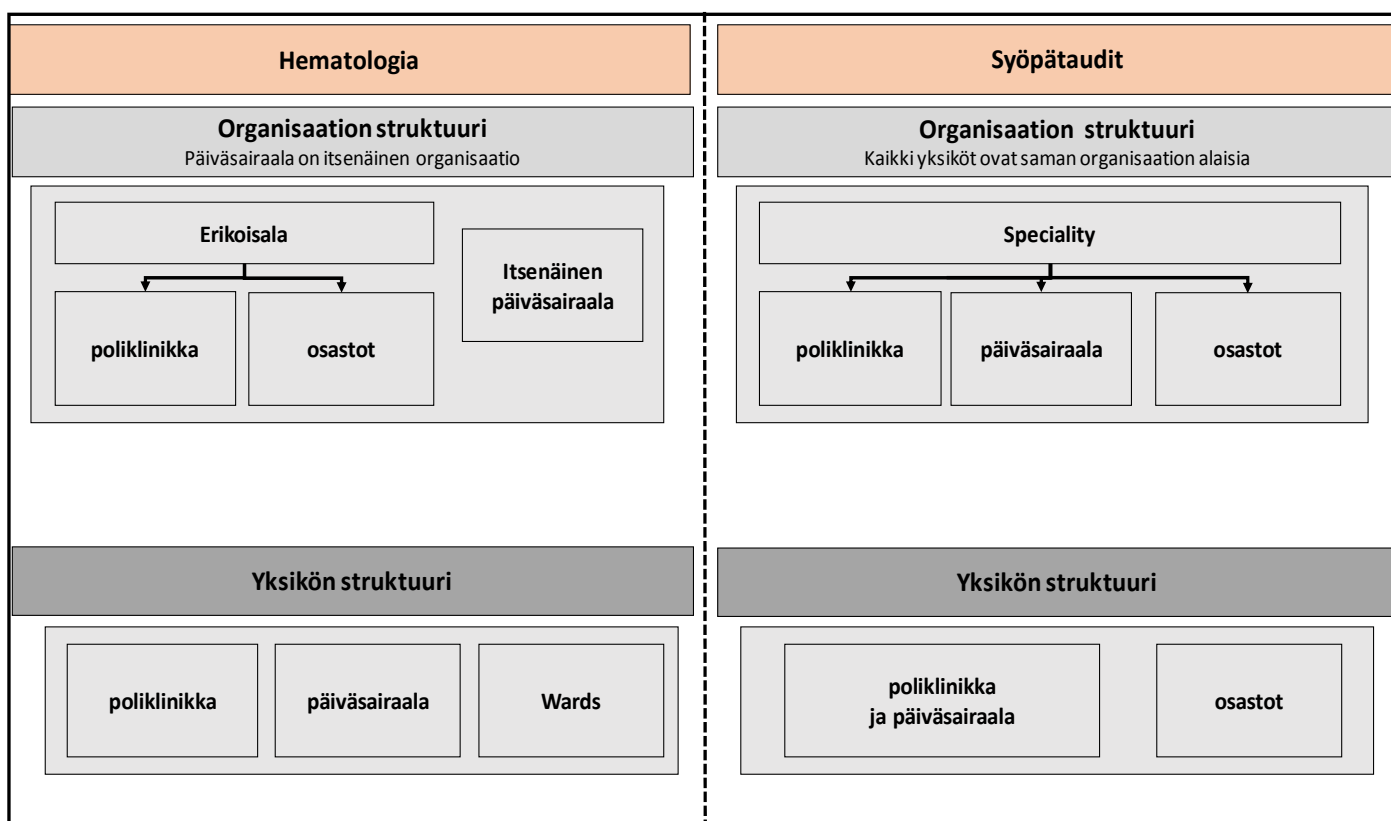
## Johtopäätökset

Tutkimus osoittaa, että modularisaatiota voidaan hyödyntää myös terveydenhuollon palvelutuotannossa. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan, jotta voidaan lisätä ymmärrystä siitä millaisissa tilanteissa ja palveluissa modularisaatio tukee terveydenhuollon palvelutuotantoa eniten. Tarvitaan myös lisää tietoa potilaiden näkemyksistä modulaarisesta palvelutuotantoon. ■

### Tutkimuksen julkaisuja

Silander, K., Torkki, P., Peltokorpi, A., Lepäntalo, A., Tarkkanen, M., Bono, P., Klintrup, K. and Kaila, M. (2018). *Modularising outpatient care delivery: a mixed methods case study at a Finnish university hospital. Health Services Management Research. DOI: 10.1177/0951484817752629*

Silander, K., Torkki, P., Lillrank, P., Peltokorpi, A., Brax, S.A., Kaila, M. (2017). *Modularizing specialized hospital services: constraining characteristics, enabling activities, and outcomes. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 37 Issue: 6, pp.791-818, https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2015-0365*



Kuva 5. Hematologian ja syöpätautien järjestäytyminen

# Tilamoduulit osana julkishallinnon joustavaa kiinteistökannan hallintaa

## Tausta ja tavoitteet

Sosiaali- ja terveydenhuollon järjestäminen Suomessa on siirtymässä kunnilta maakunnille, mikä aiheuttaa sekä kunnissa että maakunnissa tilatarpeiden muutoksia. Lisäksi uusia terveydenhuollon tiloja tarvitaan, koska vanhat tilat eivät enää vastaa nykyisten toimintojen vaatimuksiin tai tilat ovat liian huonokuntoisia. Myös uudet teknologiset ratkaisut asettavat tiloille aivan uudenlaisia vaatimuksia esimerkiksi kerroskorkeuteen. Monet sairaalat ja terveysasemat ovat peruskorjauksissa ja monissa on sisäilmaongelmia. Tämä on kasvattanut sairaala- ja korjausrakentamista sekä halua etsiä uusia joustavampia tapoja vastata haastaviin ja vaihteleviin tilatarpeisiin.

Osatutkimuksessa selvitettiin kirjallisuuden ja tuottajien, tilaajien ja käyttäjien haastatteluiden avulla siirreltävien tilaratkaisujen soveltumista sosiaali- ja

terveydenhuollon tiloiksi. Päähuomio oli yhtäältä ratkaisujen hyvissä ominaisuuksissa ja toisaalta mahdollisissa rajoittajissa.

## Tulokset

Tilaajan näkökulmasta tilamoduulit mahdollistavat joustavan tilastrategian (Kuva 6). Tilamoduulien taloudellinen poisto-aika on 20 vuotta, mutta ne tehdään kestävästi huomattavasti pidempään. Siirtokelpoiset tilamoduulit mahdollistavat muuntojoustavuuden lisäämisen tilamoduuleja vaihtamalla, vähentämällä tai niitä lisäämällä, mikäli tarvetta muutoksille esiintyy. Tilojen vuokrausmalli antaa mahdollisuuden luopua kokonaan tarpeettomiksi käyvästä tiloista. Vuokrausmallin ansiosta tuottaja voi kantaa tilojen omistamisen riskit tilaajien puolesta, eli takuu-aika voi kattaa rakennuksen koko olemassaolo-

ajan. Kuntien näkökulmasta rakennuksen vuokraaminen on riskittömämpi vaihtoehto kuin huonokuntoisen rakennuksen korjaaminen tai uuden rakentaminen. Tilaajalle ei vuokrausmallilla jää käyttökeltvotonta rakennusta omistukseen. Kunnan taseessa ei myöskään näy vuokrattu rakennus, eikä se lisää kunnan talouteen uuden rakennuksen velkaa.

Teknisten järjestelmien vaatimusten osalta tilamoduulit eivät tuottajahaastattelujen mukaan eroa lainkaan kiinteistä rakennuksista. Energiätehokkuus tilamoduuleissa on myös yleisesti hyvä. Suurin heikkous tilamoduulien käytössä on dimensioiden rajoittuneisuus, mikä estää suurten, korkeiden ja avoimien tilojen rakentamisen. Tilamoduulit soveltuvatkin haastatteluiden perusteella parhaiten pienille terveys- tai hyvinvointiasemille. Näissä tiloissa tilamoduulien dimensioiden rajoittuneisuus ei haittaa. Lisäksi moduulit on helppo sijoittaa



Kuva 6. Esimerkki tilamoduuliratkaisusta.



pienellekin tontille olemassa olevan rakennuskannan keskelle.

Tilamoduuleja ei ole järkevää muokata täysin yksittäisten käyttäjien toiveiden mukaan, varsinkin jos käyttäjät vaihtuvat usein tai tila tarvitaan käyttöön hyvin nopealla aikataululla. Käyttäjät voivat nähdä haasteeksi sen, etteivät he aina voi muokata tiloja toivomallaan tavalla. Toinen haaste moduulien käytössä on, että vuokrausmallissa käyttäjän voi olla hankala hahmottaa, kenen vastuulla ovat takuu- ja korjausasiat. Vuokrausmallin tuottajan on tärkeää tiedottaa käyttäjiä sopivista asiakaspalvelukanavista erilaisissa tapauksissa. Lisäksi on tärkeää selvittää jo aivan alkuvaiheen keskusteluissa tilaajan ja tuottajan välillä, mikä olisi henkilöstön työskentelyyn sopivin moduulimalli. Tarjouspyyntövaihe onkin asiakkaan kannalta hankkeen tärkein vaihe, sillä siinä vaiheessa asiakas pääsee vaikuttamaan lopulliseen tuotteeseen tilavaatimusmäärittelyllä.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Tilamoduulit toimivat hyvänä ratkaisuna väistötilatoiminnassa, mutta ne voisivat korvata myös osan kiinteästä rakennuskannasta. Tilamoduulit sopivat erityisen hyvin täydennysrakentamiseen, koska rakennustöistä aiheutuva häiriö on lyhytaikainen verrattuna perinteiseen rakentamiseen ja tilat saadaan käyttöön nopeasti. Tilamoduulien vuokrausmalli voi tuoda tilaajalle säästöjä, kun riski siirtyy moduulintuottajalle eikä käyttökeltvottomia rakennuksia näy kirjanpidossa. Elinkaarikulujen kokonaisvaltainen laskeminen on vielä vähäistä ja sen kehittäminen vaatisi niin tilaajalta kuin tuottajalta uudenlaista ajattelua ja osaamista. ■



*Tilaajan näkökulmasta tilamoduulit mahdollistavat joustavan tilastrategian.*

### Tutkimuksen julkaisuja

Siro, K. (2017). *Tilamoduulien hyödyntäminen sosiaali- ja terveydenhuollon tiloissa*. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu.

# Käyttäjäkokeuksia tilamoduuleista

## Tausta ja tavoitteet

Suomessa meneillään oleva sosiaali- ja terveydenhuoltosektorin murros luo paineita tarjota uusia ratkaisumalleja akuuttiin tilatarpeeseen erityisesti sisäilmaongelmaisten terveydenhuollon rakennusten kohdalla. Laitosmaisista ympäristöistä siirrytään asiakaslähtöisiin ja parantaviin ympäristöihin. Oman haasteensa muuttuviin tilatarpeisiin tuovat lisäksi kasvavat asiakasmäärät, vaatimukset rakentamisen nopeudelle ja tehokkuudelle sekä toimintojen nopeatahtinen uudistuminen. Modulaariset rakennukset voivat olla yksi ratkaisumalli tähän haasteeseen, sillä niiden etuna on rakennusprosessin nopeus.

Osatutkimuksessa selvitettiin käyttäjähaastatteluiden avulla siirreltävien moduulikohteiden soveltuvuutta sosiaali- ja terveydenhuollon työhön. Tutkimuksen kohteena oli neljä sosiaali- ja terveydenhuollon moduulirakenteista kohdetta, jotka toimivat väistötiloina joko sisäilmaongelmien tai tilan puutteen vuoksi. Päähuomio oli tilankäyttäjien työn sujumista edistävissä tai haittaavissa käytettävyyss- ja viihtyisyystekijöissä.

## Tulokset

Moduulikohteiden arvioitiin toimivan pääosin hyvin siinä käyttötarkoituksessa, johon ne oli suunniteltu. Haastattelujen mukaan tilat soveltuivat toimisto- ja toimenpide/vastaanottoiloiksi, kuvantamispalveluihin sekä vanhusten palveluasumiseen. Toimisto- ja potilaiden vastaanottohuoneet sekä vanhusten palveluasumiskohteen asukashuoneet olivat haastattelujen näkökulmasta sopivan kokoiset ja soveltuivat työhön. Tut-

kimus- ja vastaanottohuoneissa oli tilaa myös omaisille, mitä pidettiin toimivana ratkaisuna. Toimistotilojen osalta huone-toimistot olivat toimivampi ratkaisu kuin avotilat, joissa keskittyminen oli heikompaa. Useat erilliset sisäänkäynnit ja odotustilat olivat tärkeä käytettävyystekijä tartuntariskien vähentämisen ja tilojen rauhoittamisen vuoksi.

Vaikka tilat arvioitiin pääosin toimiviksi, koettiin ne kuitenkin väliaikaisratkaisuuksi. Tutkituista kohteista erityisesti vanhinta kaksikerroksista terveydenhuollon rakennusta pidettiin parakkimaisena. Yksikerroksiset kohteet arvioitiin tilojen esteettömyysnäkökulmasta toimivimmiksi. Viihtyisyyteen ei tilojen väliaikaisuudesta johtuen oltu kiinnitetty erityisemmin huomiota ja osassa kohteista sisustukseen (värit, taidete) toivottiin lisäpanostusta. Tärkeintä työn sujumisen kannalta kuitenkin oli, että tilat tukivat siellä tehtävää toimintaa, minkä koettiin lisäävän myös niiden viihtyisyyttä. Muunneltavuutta pidettiin tärkeänä käytettävyystekijänä terveydenhuollon tiloissa, koska toiminnot muuttuvat jatkuvasti. Haastateltavien näkökulmasta muunneltavuus toteutui lähinnä kalusteiden avulla tai kalusteita siirtelemällä, purkamalla tai rakentamalla seiniä tai ottamalla vähäisellä käytöllä olevia tiloja uuteen käyttöön. Toisaalta moni koki, että muunneltavuutta oli vaikea arvioida, eikä heillä ollut tietoa tilojen muunneltavuusmahdollisuuksista.

Keskeisiä käytettävyyttä ja viihtyisyyttä lisääviä ominaisuuksia olivat hyvä sisäilman laatu, runsas päivänvalon määrä ja näkymät ulos. Tutkituissa tiloissa oli hyvä sisäilma, tilat olivat siistit ja pinnat ja tekstiilit olivat helposti puhdistettavia. Puhdistettavuus oli erityisen



*Keskeisiä käytettävyyttä ja viihtyisyyttä lisääviä ominaisuuksia olivat hyvä sisäilman laatu, runsas päivänvalon määrä sekä näkymät ulos.*

tärkeää tartuntariskien ehkäisemiseksi. Tilat olivat kokonaisuudessaan valoisat, ikkunoita ja päivänvaloa oli riittävästi ja yleisvalaistukseen oltiin tyytyväisiä.

Käytettävyyttä ja viihtyisyyttä heikentävät tekijät liittyivät yksittäisten tilojen ahtauteen, vähäisiin varasto-, ja säilytystiloihin, äänieristykseen sekä lämpötilan hallintaan. Kapeat käytävät hankaloittivat potilassänkyjen kuljettamista ja esteetöntä liikkumista. Kaksikerroksisessa kohteessa porraskäytävä oli liian ahdas paareilla kuljettamiseen. Myös kohteen wc-tilat olivat ahtaat. Satelliittimoduulin sijainti erillään päärakennuksesta sai aikaan pitkän kapean käytävän ja pitkät etäisyydet potilasaulasta. Etäisyydet heikensivät hoitajien ja lääkäreiden välistä kommunikaatiota sekä turvallisuudentunnetta tilanteissa, joissa henkilökunta työskenteli yksin etäällä muusta henkilökunnasta (esim. ensiaputilanteet tai uhkaava potilas). Kaikissa kohteissa varasto- ja säilytystilaa olisi tarvittu enemmän. Varastotilojen puute johti siihen, että varastoitavia tavaroita säilytettiin käytävillä tai toimistotiloissa. Tilaratkaisuissa ei oltu huomioitu myöskään sähkölaitteiden suurta määrää terveydenhuollossa. Pistorasioita ei ollut riittävästi, mikä johti siihen, että johtoja kulki latioilla vaikeuttaen tilojen siivottavuutta ja heikentäen turvallisuutta. Osassa kohteista äänet ja



askeleet kuuluivat vastaanottohuoneiden ja toimistotilojen välillä ja liian pienet tilat (taukotila, avotoimistotilat) koettiin ajoittain meluisiksi ja rauhattomiksi. Lämpötilanvaihtelut aiheuttivat ongelmia. Tiloissa oli kesällä liian kuuma ja talvella liian kylmä.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Oletuksena on, että modulaaristen rakennusten käyttö tulee lisääntymään etenkin sisäilmaongelmaisten sote-rakennusten kohdalla, kun tarvitaan no-

pealla aikataululla terveitä ja toiminnallisia rakennuksia.

Tulokset osoittivat, että vaikka modulaaristen rakennusten käyttöön edelleen liittyy mielikuva väliaikaisista parakkirakennuksista, olivat ne pääosin toimivia ja terveydenhuoltoon sekä vanhusten asumiseen soveltuvia. Sisäilma arvioitiin erityisen hyväksi, mikä on myönteistä ajatellen modulaaristen rakennusten käyttömahdollisuuksia sisäilmaongelmaisten sosiaali- ja terveydenhuollon tilojen korvaajana.

Jotta moduulipohjaiset rakennukset pystyisivät kilpailemaan perinteisen rakentamisen kanssa ja voitaisiin luopua

termistä ”parakkirakentaminen”, tulisi työn sujumista edistäviin toiminnallisuus- ja viihtyvyystekijöihin kiinnittää huomiota. Sosiaali- ja terveystalalla erityisesti tilakokoon, varasto- ja säilytystilojen riittävyyteen, turvallisuuteen, materiaalivalintoihin sekä esteettömyyteen tulisi kiinnittää huomiota. Lisäksi äänieristykseen ja lämpötilan hallintaan sekä tilojen yleisilmeeseen tulisi panostaa. Käyttäjää pitäisi osallistaa moduulipohjaisten rakennusten suunnitteluun aktiivisemmin, jolloin rakennukset tukisivat kokonaisvaltaisesti asiakaslähtöisiä, henkilöstön hyvinvointia tukevia työprosesseja. ■

---

### Tutkimuksen julkaisuja

Aalto, L., Sirola, P., Kalliomäki-Levanto, T., Lahtinen, M., Ruohomäki, V., Salonen, H. and Reijula K. (2018). *User-centric work environments in modular healthcare facilities. (submitted).*

Aalto, L., Sirola, P., & Lahtinen, M. (2018). *Moduulipohjaisten sosiaali- ja terveydenhuollon rakennusten käytettävyys – case tutkimus. Sisäilmastoseminaari 2018. SIY-raportti.*

Kyrö, R., Jylhä, T. & Peltokorpi, A. (2017). *Does modularity trump usability? Assessing modular facility solutions for the public sector. Research papers for EuroFM' s 16 th research symposium, EFMC 2017, 25-28 April 2017, Madrid.*

Siro, K. (2017). *Tilamoduulien hyödyntäminen sosiaali- ja terveydenhuollon tiloissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu.*

# Osallistuvan suunnittelun mahdollisuudet modulaarisessa rakentamisessa

## Tausta ja tavoitteet

Nopeasti toimitettavissa olevat esivalmistetut tilamoduulit voivat olla joustava ratkaisu sosiaali- ja terveydenhuollon organisaatioiden muuttuviin tilatarpeisiin tai rakennusten sisäilmaongelmien aiheuttamaan väistölitarpeeseen. Toimivien tilojen suunnittelu edellyttää käyttäjätarpeiden huomioimista. Onnistuneen tilasuunnittelun lähtökohtina ovat organisaation strategiset tavoitteet, työprosessien ja eri käyttäjäryhmien työn vaatimusten huolellinen analyysi sekä näkemys siitä, miten toiminta muuttuu tulevaisuudessa. Suunnitteluprosessin tulee puolestaan olla sellainen, että käyttäjien tarpeet ja tavoitteet tulevat tunnistetuiksi ja huomioon otetuiksi. Tämä edellyttää tiivistä yhteistyötä tilan käyttäjien, suunnittelijoiden ja tuottajan kesken sekä toimivia osallistuvan suunnittelun foorumeita. Nämä edellytykset asettavat haasteita tilamoduulien tuotantoprosessille.

Tässä osatutkimuksessa tarkasteltiin käyttäjälähtöisen osallistuvan suunnit-



*Toimivien tilojen suunnittelu edellyttää käyttäjätarpeiden huomioimista.*

telun mahdollisuuksia ja toteutusta nopeatempoisessa modulaarisessa rakentamisessa. Tutkimuksen kohteena oli kolmessa eri sosiaali- ja terveydenhuollon organisaatiossa toteutetut modulaariset rakennukset. Tilamoduulien tuottajan ja tilojen käyttäjien kokemuksia osallistavasta suunnittelusta selvitettiin haastattelututkimuksen avulla.

## Tulokset

### Tavoitteena nopea ratkaisu asiakkaan tarpeeseen

Modulaaristen rakennusten tuottajan tavoitteena oli mahdollisimman pitkälle vakioitu tuote, mutta käytännössä moduulit kustomoitiin aina kun tilaajan aikataulu sen salli. Suuri osa tuottajan asiakkaista haki nopeaa ratkaisua, jolla voitiin korvata sisäilmaongelmainen vanha rakennus. Rakennusta räätälöitäessä asiakkaan tarpeisiin keskustelu- ja suunnittelukumppanina oli useimmiten tilaajan edustaja, loppukäyttäjät osallistuivat harvemmin suunnittelukokouksiin. Keskustelu tilaajan kanssa käytiin useimmiten sähköisesti, kasvokkaiset tapaamiset pyrittiin pitämään minimissä. Tämä johtui useimmiten aikapaineesta.

### Kiirettä ja kompromisseja

Tutkituissa kohteissa modulaarinen tilaratkaisu asetti jossain määrin reuna-ehdoja suunnittelulle ja toteutukselle. Joskus tilan käyttäjien kokemus oli, ettei suunnittelu edennyt käyttäjakeskeisesti

tarpeista käsin vaan tilan ehdoilla. Jouduttiin tekemään kompromisseja käytettävyyden suhteen. Tilojen loppukäyttäjät osallistuivat suunnitteluun vaihtelevasti tutkituissa kohteissa. Osasyynä tähän oli kiireinen aikataulu, joka vaikeutti osallistavan suunnittelun organisoimista. Osallistavan suunnittelun foorumeina eri kohteissa olivat työpaikkakokoukset (Kuva 7), kahvitaumat ja sähköpostiviestintä. Käytetyt osallistavan suunnittelun menetelmät olivat rajallisia. Uusia tiloja havainnollistettiin tilan käyttäjille lähinnä pohjapiirrosten avulla. Osa tilan käyttäjistä koki, että heitä olisi pitänyt kuulla enemmän. Esimiehen näkökulmasta sähköisen viestinnän lisäksi olisi tarvittu myös vuorovaikutteista näkemysten vaihtamista ja yhteistä suunnittelua tuottajan edustajien kanssa.

### Hyvä sisäilman laatu mutta kehittämistarpeita käytettävyydessä

Valmiisiin tiloihin oltiin kokonaisuutena tyytyväisiä, mutta myös käytettävyyteen liittyviä puutteita tuotiin esille. Tyytyväisiä oltiin erityisesti hyvään sisäilmaan ja siisteyteen. Sen sijaan joidenkin tilojen ahtaus sekä vähäiset varasto-, säilytys- ja tukitilat hankaloittivat toimintaa. Myös akustiikan ja lämpöolosuhteiden hallinnan kehittämistarpeita tuotiin esille.

## Johtopäätökset

Käyttäjälähtöisyyden ja loppukäyttäjien osallistavan toimintatavan yhdistäminen nopeatempoiseen modulaariseen



Kuva 7. Käyttäjien osallistaminen työpajan avulla.

rakentamiseen, jossa pyritään mahdollisimman pitkälle vakioituun tuotteeseen, on haasteellista. Tavoitteisiin sisälty ristiriita, joka vaatii tasapainon löytämistä prosessissa.

Tutkituissa kohteissa monet esille tulleet tilojen käytettävyyteen liittyvät ongelmat olisi voitu välttää paremmin toteutetulla osallistavan suunnittelun prosessilla. Monet perinteisessä rakentamisessa käytetyt osallistavan suunnittelun menetelmät sopivat kuitenkin huonosti esivalmistettuun tuotantoon. Tarvitaankin ketterien, havainnollisten ja konkreettisten menetelmien ja toimintatapojen, esimerkiksi tutkittuun tietoon

perustuvien tarkastus- ja arviointilistojen, kehittämistä. Myös tilan käyttäjien tutustumiskäynnit referenssikohteisiin tai tuottajan demotilaan voivat olla oivalluksia tuottavia, varsinkin jos niihin yhdistetään ohjattu käytettävyyden arviointi.

Viime vuosien aikana tutkimus on tuottanut yhä enenevässä määrin tietoa hyvinvointia ja tuottavuutta edistävän työympäristön ominaisuuksista. Tämän tiedon samoin kuin systemaattisesti kerätyn käyttäjäpalautteen hyödyntäminen modulaaristen sosiaali- ja terveydenhuollon tilojen tuotekehityksessä on ensiarvoisen tärkeää. ■

#### Tutkimuksen julkaisu

Lahtinen, M., Sirola, P., Peltokorpi, A., Kyrö, R., Aalto, L., Salonen, H., Ruohomäki, V. ja Reijula, K. (2018). Possibilities of user-centric and participatory design in modular health care facilities (submitted)



# Sairaalasuunnittelu arkkitehdin silmin

## Tausta ja tavoitteet

Osatutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa arkkitehtisuunnittelijan näkemyksiä tämän hetken sairaalasuunnittelun haasteista sekä tulevaisuuden sairaalasuunnittelun tärkeimmistä painopistealueista. Tutkimuksessa haastateltiin neljää kokenutta suomalaista sairaalasuunnittelijaa. Haastatteluaineiston pohjalta koottiin yhteen merkittävimpiä nykyaikaisen sairaalan suunnitteluun liittyviä tavoitteita, haasteita ja mahdollisuuksia.

## Tulokset

Sairaala on hyvin kompleksinen toimintaympäristö, mikä tekee suunnittelutehtävästä haastavan. Haastattelujen perusteella on kuitenkin nähtävissä yhteisiä suunnittelun kulmakiviä, jotka suuntaavat tämän hetkistä sairaalasuunnittelua. Koska sairaalassa on paljon erilaisia tiloja, pyrkivät suunnittelijat mahdollisimman selkeään suunnitteluratkaisuun, joka auttaa kaikkia tilan käyttäjiä liikkumaan ja suunnistamaan tiloissa. Henkilökunnan tilojen suunnittelussa keskeisenä on pyrkimys lyhyisiin välimatkoihin, hyvään työergonomiaan ja muuntojoustavuuteen.

Energiatehokkuus, tilatehokkuus sekä hoitoprosessien joustavuus ja nopeus nousivat haastattelujen perusteella keskeisiksi tavoitteiksi tilasuunnittelussa. Mallintamalla ja simuloimalla pyritään testaamaan jo suunnitteluvaiheessa erilaisia tulevaisuuden skenaarioita; esimerkiksi mitä seuraa, jos joku toiminto muuttuu tai lakkaa kokonaan. Koska kuntoutus nähdään tärkeänä osana toimimista, on suunnitteluratkaisuihin tuotu mukaan mm. kuntoutuskäytävät/kuntoutuskadut yleisinä oleskelutiloina.

Suurimpina haasteina suunnittelijat

näköivät sairaalaorganisaatioiden vanhojen toimintamallien painolastin, tilaajan osaamisen puutteet sekä päätöksenteon kankeuden. Uusia toimintamalleja varten pitäisi olla mietittynä muutosohjelma, jota johdetaan hallitusti. Muutosohjelman läpivientiin tulee varata riittävästi henkilöitä, jotka valmistavat henkilöstöä muutokseen.

Haasteena nähtiin myös rakentamisen aikaisen prosessin hallinta suhteessa käyttäjän muutoksiin tai toiveisiin. Hankkeen alussa tulisi tarkkaan määrittellä yhteiset tavoitteet ja pitää niistä kiinni koko hankkeen ajan. Suunnittelijan tukena tulisi olla eri käyttäjäryhmistä koostuva ydintiimi, jolla on kyky ajatella ja suunnitella tiloja ja toimintoja tulevaisuutta varten.

Rakentamispäätökset pitäisi osata tehdä niin, että huomioidaan toimintakustannukset ja ymmärretään suunnitteluvaiheen kustannusten vaikutus lopputulokseen, koska suunnitteluratkaisulla vaikutetaan jo käytönaikaisiin kustannuksiin.

## Modulaarisuus ja muuntojousto suunnittelussa

Modulaarinen ajattelu ja standarditilojen hyödyntäminen ovat itsestäänselvyys sairaalasuunnittelussa tällä hetkellä. Se näkyy muun muassa moduulipohjaisena mitoituksena, mikä helpottaa tilojen uudelleen sijoittelua moduuliverkoston sisällä. Osastojen tilaratkaisut ovat usein toistettavia, mikä auttaa henkilökuntaa tiloissa toimimisessa. Myös mahdollinen laajentaminen tontilla on otettava jo suunnitteluvaiheessa huomioon.

Muuntojoustavuuden tarve syntyy erityisesti siitä, että hoitomenetelmät ja lääketiede kehittyvät nopeammin kuin



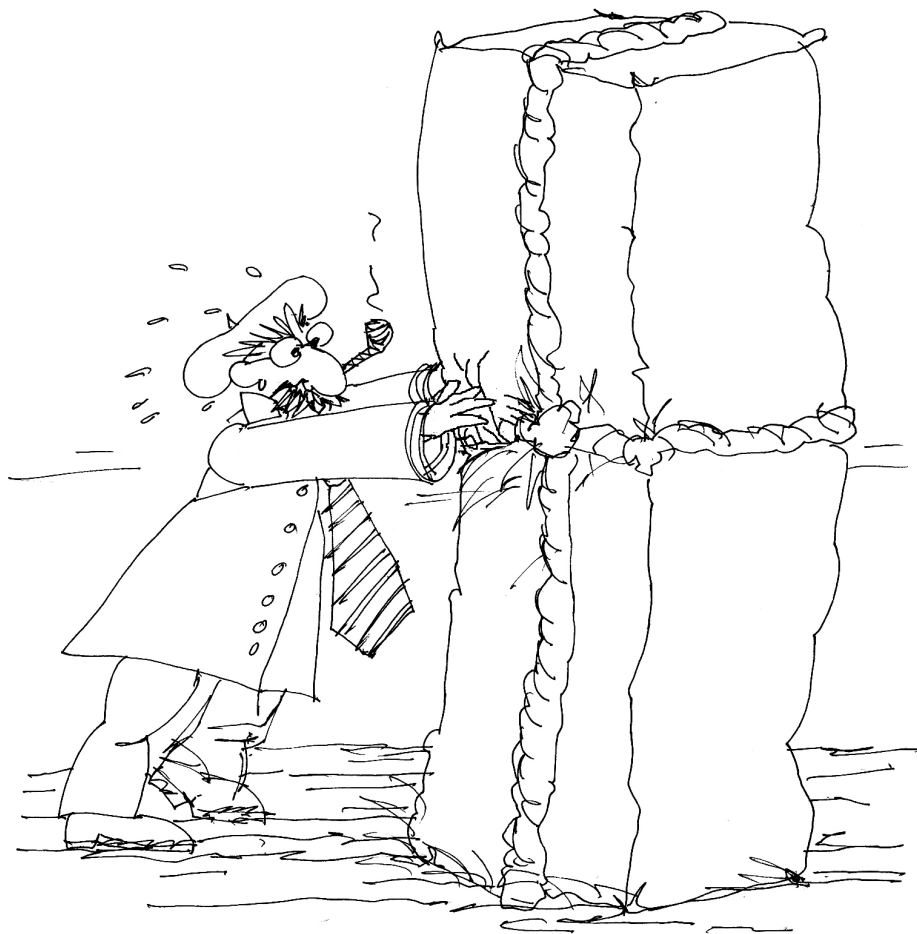
*Sairaala on hyvin kompleksinen toimintaympäristö, mikä tekee suunnittelutehtävästä haastavan.*

mikä on rakentamisen aikajänne. Tilojen tulisi mahdollistaa toimintojen muutokset. Muuntojoustavuus voidaan huomioida suunnittelussa mm. niin, että kaikissa väliseinissä ei ole asennuksia, jolloin seinä voidaan poistaa tarpeen mukaan. Välipohjarakenne voidaan suunnitella niin, että osa välipohjalaatoista voidaan myöhemmin poistaa porrasta tai isoa kuilua varten. Käyttöjoustavien tilojen avulla voidaan mahdollistaa kokonaan uusi käyttötarkoitus tiloille (leikkaussali toimenpidehuoneeksi; avotoimisto kopitointimistoksi tai vastaanottohuoneeksi; vuodeosasto esim. hoivakodiksi).

## Käyttäjien osallistaminen

Käyttäjiä osallistamalla saadaan suunnittelun kannalta tärkeää tietoa erityisesti mahdollisista toiminnan pullonkauloista. Samalla myös haastetaan toimijaa pohtimaan omia prosessejaan ja toimintatapojaan. Suunnittelijat pitivät tärkeänä, että suunnittelijan ja käyttäjän välissä toimii joku taho tai henkilö, joka siirtää tietoa ja toisaalta suodattaa sitä. Käyttäjien osallistamista pidettiin tärkeänä, mutta aikataulusyistä siihen ei aina ollut riittävästi aikaa. Toivottiin, että samat käyttäjien edustajat olisivat mukana koko suunnittelun ajan. Käyttäjäpalautetta pidettiin tärkeänä ja siihen kaivattiin aikaa ja yksinkertaista työkalua.

Osallistamisen tapoja ovat työpajat,



Suunnittelu ja rakentaminen edellyttävät yhteisten tavoitteiden määrittelyä.

virtuaalimallit eli 3D-suunnittelu, Big Room -työskentely, mallitilat ja mallihuoneet sekä referenssikohteisiin tutustuminen. Tilan käyttäjien työn analyysiä pidettiin hyvin tärkeänä, jotta erilaiset työtehtävien vaatimukset voitaisiin selvittää suunnittelun lähtökohdaksi. Arkkitehtisuunnittelun tehtävluetteloon tämä ei kuulu, vaan se tulisi toteuttaa ulkopuolisten asiantuntijoiden toimesta. Tähän tarpeeseen eräs suunnitteluryhmä oli tosin kehittänyt oman lautapelin.

### Suunnittelijan tavoitteita viihtyisyyden huomioimisessa

Viihtyisyystekijöistä haastateltavat pitivät tärkeimpinä päivänvaloa, näkymiä/pääsyä ulos luontoon, selkeää suunnitteluratkaisua, hyvää akustiikkaa, sisustuksen materiaalivalintoja mm. puuta sekä taidetta tiloissa.

### Yhteenveto ja johtopäätökset

Haastattelujen mukaan modernin sairaalan suunnittelussa arkkitehti pyrkii mahdollisimman selkeään suunnitteluratkaisuun, jossa on huomioitu muuntojousto, energiatehokkuus, tilatehokkuus, uudet toimintamallit sekä hoitoprosessien joustavuus. Potilaan toipumista ja henkilöstön hyvinvointia voidaan edistää viihtyisillä ja valoisilla tiloilla. Myös kuntoutusta tukevat tilat ja mahdollisuus päästä luontoon edistävät potilaan toipumista. Rakennuskustannusten lisäksi tulisi aina ottaa huomioon myös tulevan toiminnan aiheuttamat kustannukset, joita suunnitteluratkaisulla voidaan ohjata.

Suurimpina haasteina oman työnsä kannalta arkkitehdit pitivät vanhojen toimintamallien painolastia, tilaajan osaamisen puutteita sekä päätöksenteon

kankeutta. Arkkitehdit toivovat tilaajan puolelta parempaa suunnitteluprosessin hallintaa ja yhteisten tavoitteiden määrittelyä. Uuden sairaalaan suunnittelun ajalle tulisi laatia erillinen muutosohjelma, jotta henkilöstö pystytään valmistamaan uusiin toimintamalleihin ja työtapoihin.

Käytännön sairaalasuunnittelua tekevien arkkitehtien mukaan käyttäjien kuuleminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta pystytään suunnittelemaan toimivia tiloja niin potilaita kuin henkilökuntaakin varten. Käyttäjien kuulemiseen tarvittaisiin kuitenkin sopivia työkaluja ja aikaa. Tämän lisäksi työn ja työtehtävien analyysiä varten tulisi hankkeessa olla ulkopuolinen asiantuntija, jolla olisi paras osaaminen ja kyky koota tiedot työtehtävien vaatimuksista suunnittelun avuksi. ■

# Sisätilan puumateriaalit terveydenhuollon tiloissa

## Tausta ja tavoitteet

Sisäympäristö vaikuttaa rakennuksien käyttäjiin monin tavoin ja huonolaa-tuisella sisäympäristöllä on todettu olevan negatiivisia vaikutuksia terveyteen, viihtyisyyteen, työtehokkuuteen sekä fyysiseen ja psyykkiseen hyvinvointiin. Sen sijaan sisäympäristön oikeanlaisella suunnittelulla voidaan edistää terveydenhuollon tilojen käyttäjryhmien terveyttä ja hyvinvointia.

Viimeisten vuosikymmenien aikana tutkimustieto rakennetun ympäristön vaikutuksista ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin on lisääntynyt ja luonnollisten elementtien, kuten luonnonvalon, luontonäkymien tai sisäkasvien, on katsottu lisäävän viihtyisyyttä sekä edistävän paranemisprosessia terveydenhuoltoympäristöissä. Luonnollisuutensa johdosta puulla on havaittu olevan samankaltaisia hyvinvointia edistäviä vaikutuksia muiden luonnollisten elementtien kanssa. Lisäksi puumateriaalien ominaisuudet vaikuttavat myös esimerkiksi sisäilman laatuun ja tilojen akustiikkaan. Uusiutuvana ja ekologisenä materiaalina puun käyttöä on pyritty lisäämään pienrakentamisen lisäksi myös suuremman mittakaavan rakentamisessa, ja erityisesti julkisessa rakentamisessa puun käytön lisääminen on ollut esillä viime vuosina.

Osatutkimuksessa selvitettiin kirjallisuuskatsauksella sisätiloissa (erityisesti terveydenhuollon tiloissa) käytettävien puumateriaalien kokonaisvaltaisia vaikutuksia rakennuksien sisäympäristöön ja käyttäjiin. Tutkimuksen mukaan tärkeimpiä koettuun ja mitattuun sisäympäristön laatuun vaikuttavia tekijöitä olivat puun positiiviset terveysvaikutukset, hygroskooppisuus, sisäilmaan haihtuvat yhdisteet, antibakteerisuus sekä akustiset ominaisuudet.

## Tulokset

Luonnollisena rakennusmateriaalina puuta voidaan hyödyntää yhteyden luomisessa rakennetun ympäristön ja luonnon välille, ja sisätilan puumateriaaleilla on havaittu olevan samankaltaisia positiivisia terveysvaikutuksia muiden luonnollisten elementtien kanssa. Tutkimuksissa puumateriaalien on havaittu esimerkiksi vähentävän stressiä sekä laskevan sykettä ja verenpainetta muihin materiaaleihin verrattuna. Positiiviset vaikutukset ovat selkeimmin tulleet esille henkilöillä, jotka ovat ilmoittaneet pitävänsä puusta. Toisaalta negatiivisia vaikutuksia ei ole havaittu aiheutuvan ihmisille, jotka ovat ilmoittaneet, etteivät pidä puusta. Yleisesti ihmiset kuitenkin suhtautuvat puun käyttöön rakentamisessa myönteisesti ja sitä pidetään materiaalina, joka aiheuttaa tunteita lämmöstä, mukavuudesta ja rentoutumisesta sekä muistuttaa luonnosta.

Hygroskooppisena materiaalina puulla on kyky vastaanottaa ja luovuttaa kosteutta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden muuttuessa. Näin ollen huoneilmaa rajaavilla puupinnoilla on mahdollista tasata sisäilman suhteellisen kosteuden vaihteluita, ja siten pitää sisäilman kosteuspitoisuus ihmisille miellyttävällä tasolla. Tässä yhteydessä tapahtuva veden olomuodon muuttuminen myös sitoo ja vapauttaa lämpöenergiaa. Tutkimusten mukaan tätä latenttilämpöä on mahdollista hyödyntää rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystarpeisiin ja sitä kautta vähentää rakennuksen energiankulutusta.

Puumateriaaleista sisäilmaan haihtuvien yhdisteiden on havaittu vaikuttavan ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen, joten yhdisteiden vaikutusten selvittäminen on tärkeää hyvälaatuisen sisäympäristön saavuttamiseksi. Kovapuulajeja



*Sisäympäristön oikeanlaisella suunnittelulla voidaan edistää terveydenhuollon tilojen käyttäjryhmien terveyttä ja hyvinvointia.*

lukuun ottamatta käsittelemättömistä puusta valmistetut laudat ja hirret rinastetaan materiaalien päästöluokituksessa parhaan M1-luokan materiaaleihin. Puut sisältävät useita orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä, joiden pitoisuudet ja koostumukset vaihtelevat puulajien ja saman lajin yksilöiden välillä sekä puun eri osissa. Suurin osa puun sisältämistä yhdisteistä haihtuu kuivumisen yhteydessä, mutta etenkin käytön alkuvaiheessa emissiot voivat olla huomattavia. Yleisimpiä kovapuulajeista haihtuvia yhdisteitä ovat karbonyyliyhdisteet, alkoholit sekä aldehydeistä erityisesti heksanaali ja pentanaali. Havupuiden emissioissa havaittavista yhdisteistä yleisimpiä ovat aldehydit ja terpeenit. Sisäilmasta yleisesti havaitut terpeenit ovat etupäässä vastuussa puille ominaisista tuoksuista, mutta niiden terveysvaikutukset ovat osoittautuneet jokseenkin ristiriitaisiksi. Korkeilla pitoisuuksilla terpeeneiden on todettu aiheuttavan mm. iho-, silmä- ja limakalvoärsytystä. Tutkimuksissa huoneilmasta mitatut pitoisuudet ovat kuitenkin pysyneet raja-arvojen alapuolella. Terpeenit myös reagoivat helposti otsonin tai muiden sisäilman hapettimien kanssa muodostaen herkemmin ärsyttäviä yhdisteitä, kuten formaldehydiä. Toisaalta joissakin tutkimuksissa terpeeneille altistumisessa on



havaittu myös positiivisia vaikutuksia. Niiden on huomattu mm. edesauttavan ihmisten fysiologista rentoutumista sekä lisäävän immuunipuolustuksen ns. luonnollisten tappajasolujen aktiivisuutta.

Yleisesti puuta on pidetty epähygienisenä ja hankalasti puhdistettavana materiaalina. Kuitenkin joillakin puulajeilla, kuten männällä ja tammella, on havaittu antibakteerisia eli bakteereita tappavia tai niiden lisääntymistä estäviä ominaisuuksia, ja tutkimuksissa puu on osoittautunut esimerkiksi muovia hygieenisemmäksi materiaaliksi. Puun antibakteerisuus voidaan jakaa toimintatavan mukaan aktiivisiin ja passiivisiin vaikutuksiin. Passiiviseksi vaikutukseksi luokitellaan puun hygroskooppisuus ja siitä johtuva materiaalin kuivuminen, sillä vesi on bakteereille elintärkeää ja ne kuolevat kuivuessaan. Aktiiviseksi vaikutukseksi luokitellaan puiden sisältämät ainesosat, jotka suoraan vai-

kuttavat bakteereiden kasvuun. Puun antibakteerisuuteen vaikuttavat useat tekijät, ja esimerkiksi männyn sydänpuun antibakteerisuus on havaittu selkeämäksi pintapuuhun verrattuna. Lisäksi antibakteerisuuteen on vaikutusta myös bakteerilajeilla sekä ympäristön lämpötilalla ja kosteudella.

Melu on yleinen ongelma terveydenhuoltoympäristöissä, mistä aiheutuvat oireet voivat hidastaa toipumista. Tasaisen ääniympäristön on havaittu aiheuttavan vähiten stressiä potilaille ja nopeasti muuttuvat melutasot koetaan eniten stressiä aiheuttavina. Melun haittavaikutuksiin kuuluvat myös uniongelmat potilailla sekä työuupumus hoitohenkilöstöllä. Keveyden ja kovan pinnan johdosta puu ei ole hyvä äänenvaimennin ja kiinteää pintaa vasten kiinnitettynä se heijastaa lähes kaiken äänen. Tästä johtuen puun akustisia ominaisuuksia hyödynnetään esimerkiksi konserttisaleissa.

Puun äänenvaimennusominaisuuksia voidaan kuitenkin parantaa sen pintaa eri tavoin urittamalla tai rei'ittämällä sekä taustamateriaalia vaihtamalla.

## Johtopäätökset

Puumateriaalit vaikuttavat sisäympäristöön monin tavoin ja pääsääntöisesti vaikutukset käyttäjille ovat positiivisia sekä terveydenhuollon tiloja ajatellen hyödyllisiä. Aihealueen tutkimus erityisesti terveysvaikutuksien osalta on vielä verrattain uutta ja määrää vähäistä, joten havaintojen vahvistamiseksi ja niiden tehokkaaseen hyödyntämiseen käytännössä tarvitaan jatkotutkimuksia.

Puun käytölle terveydenhuollon tiloissa esiintyy joitakin haasteita, kuten paloturvallisuus sekä erityistilojen vaatimukset. Näihin voidaan kuitenkin vaikuttaa käyttämällä harkintaa puumateriaalien sijoittelussa. ■

---

### Tutkimuksen julkaisuja

Alapieti, T., Peltokorpi, A. & Salonen, H. *Relationship between wood materials and indoor environment quality in healthcare facilities: a review (In progress)*

Alapieti T., Vornanen-Winqvist C., Mikkola R., Aalto L., Peltokorpi A. & Salonen H. (2017). *The effect of wooden building materials on measured and perceived indoor environment quality: a review. Healthy Buildings 2017 European Conference. Paper ID 0164. ISBN 978-83-7947-232-1*

Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S. et al. (2013). *Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: a review. Intelligent Buildings International, Vol. 5:1*

# Tulevaisuuteen varautuminen eli 'future-proofing' sairaaloiden muutoshankkeissa

## Tausta ja tavoitteet

Sairaalarakentamisen kenttä on jatkuva- ja yhä kiihtyvässä muutoksessa muun muassa hoitokäytäntöjen kehittymisen, digitalisaation ja väestörakenteen muutoksen vuoksi. Pitkien rakennushankkeiden vuoksi huonoimmassa tapauksessa uusi sairaalarakennus on vanhentunut jo valmistuessaan.

Osatutkimuksessa etsittiin modulaarisuuteen perustuvaa ratkaisua sairaalahankkeiden muutostarpeisiin. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi haastateltiin 28 ammattilaista sairaalarakentamisen alalta Suomessa ja Ruotsissa. Haastattelutemat keskittyivät sairaalakannan nykytilaan, toteutuneisiin muutoshankkeisiin, muuntojoustoon ja hankkeiden laatuun.

## Tulokset

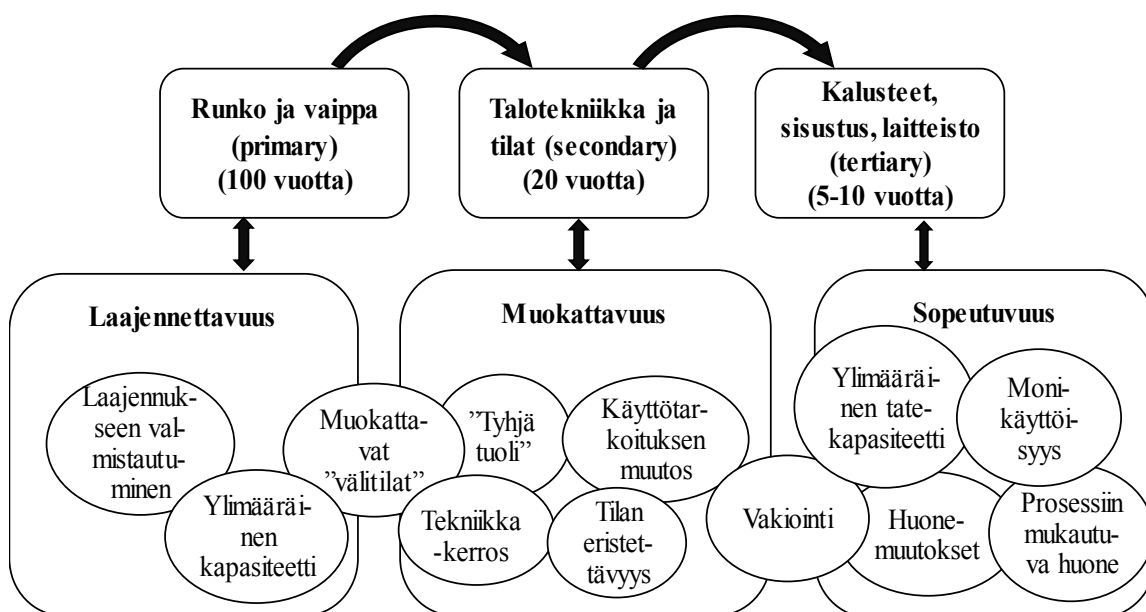
Emme voi ennustaa tulevaa, mutta voimme varautua siihen lisäämällä rakennusten muuntautumiskykyä. Toiminnan tehokkuutta voidaan ylläpitää erilaisilla muuntojoustostrategioilla. Tutkimustulosten perusteella muuntojouston toteuttamisessa olisi järkevää jaotella strategiat avoimen rakentamisen kolmen järjestelmän mukaisesti: 1) rungon ja vaipan käsittävä ensimmäinen järjestelmä, 2) talotekniikan ja tilajaon käsittävä toinen järjestelmä, ja 3) kaluston, sisustuksen ja laitteiston käsittävä kolmas järjestelmä. Järjestelmillä on erilaiset elinkaaret, mikä tulisi ottaa muuntojouston suunnittelussa huomioon.

Kuvassa 8 on esitetty viitekehys muuntojoustavuuden mahdollistavista



*Emme voi ennustaa tulevaa, mutta voimme varautua siihen lisäämällä rakennusten muuntautumiskykyä.*

strategioista ja menetelmistä. Muuntojoustosta tutut kolme tasoa eli laajennettavuus, muokattavuus ja sopeutuvuus erilaisine strategioineen liittyvät avoimen rakentamisen järjestelmiin mutkattomasti. Viitekehysten mukaisesti olisi ensin selvitettävä miten pitkälle tulevaisuuteen varautumista voidaan tehdä kalustusta, sisustusta ja laitteistoa muokkaamalla. Tämä on kaikista me-



Kuva 8. Viitekehys tulevaisuuteen varautumiseksi sairaaloiden muutoshankkeissa.

netelmistä kustannustehokkain. Vasta jos nämä menetelmät eivät riitä vastaamaan muutostarpeeseen, on siirryttävä seuraavan rakentamisen järjestelmän muuntamiseen.

## Vaikutukset nykykäytäntöön

Tutkimus purkaa osaltaan myyttiä, jonka mukaan muuntojouston toteuttaminen on liian kallista koska kaikkeen ei kuitenkaan voida varautua tai varaudutaan väärin. Tutkimus erittelee muuntojouston eri strategioita ja menetelmiä, joita suunnittelijat ja käyttäjät voivat sovittaa oman rakennuksensa tarpeisiin.

Tutkimuksen perusteella erityisesti toisen järjestelmän riittävällä muuntojoustolla olisi myönteisiä vaikutuksia sairaalarakentamiseen. Vaikutukset sairaaloiden käyttäjille olisivat merkittävät, koska ehdotettu malli vähentäisi käyttökatoja, evakointeja, ja muita häiriöitä sairaalatoiminnalle. Vaikutukset tilaajille näkyisivät alkuinvestoinnin kasvuna, mutta todennäköisesti säästöinä pitkällä aikavälillä. Suunnittelijatahoilta malli vaatisi uudenlaisia taitoja ja palveluiden kehittämistä, mutta toisi samalla liiketoimintamahdollisuuksia.

## Tulevaisuudennäkymät

Elinkaariajattelun tulisi lisääntyä erityisesti sairaalarakentamisessa, jossa rakentamisen aikaiset kustannukset ovat vain murto-osa toiminnan kustannuksista ja esimerkiksi jatkuvien uudistustöiden kustannus menetettynä aikana on merkittävä. Jatkotutkimus voisi keskittyä tämän kustannuksen mitallistamiseen ja vertaamiseen muuntojouston lisäämisen kustannuksiin. Muuntojouston vyöhykeajattelu, jossa vain tietyt osat sairaalasta rakennetaan joustaviksi, vaatisi uudenlaisen luokittelu- ja suunnitelmatyökalun kehittämisen. Suunnitelma pitäisi parhaimmillaan sisältää tiedon töiden ajoittamisesta, eli missä avoimen rakentamisen systeemissä muutos tapahtuu.

---

### Tutkimuksen julkaisuja

Luoma-Halkola, L. (2017). *Modular Service Concepts for Hospital Retrofits*. Diplomityö. Aalto-yliopisto.



# Tutkimuksen toteuttajat

## Aalto-yliopisto

Professori Antti Peltokorpi  
Professori Heidi Salonen  
Professori Olli Seppänen  
Professori Paul Lillrank  
Tutkijatohtori Riikka Kyrö  
Tutkijatohtori Rita Lavikka  
Tohtorikoulutettava Tuomas Alapieti  
Tohtorikoulutettava Tomi Malmström  
Tohtorikoulutettava Katariina Silander  
Tutkimusassistentti Anna Särkilahti  
Tutkimusassistentti Robert Ven  
Tutkimusassistentti Kristian Siro  
Tutkimusassistentti Juhani Narko  
Tutkimusassistentti Lauri Luoma-Halkola



**Aalto-yliopisto**

## Työterveyslaitos

Vanhempi asiantuntija Leena Aalto  
Johtava asiantuntija Marjaana Lahtinen  
Erityisasiantuntija Pia Sirola  
Vanhempi tutkija Virpi Ruohomäki



**Työterveyslaitos**

## Helsingin yliopisto

Professori Kari Reijula



**HELSINGIN YLIOPISTO**

## Hanketta rahoittaneet organisaatiot



**SKANSKA**

**JKMM**

*Halton*



**RAMBOLL**



**BUSINESS  
FINLAND**

## Muut yhteistyötahot

**AW<sup>2</sup>**





