



.....
VESI-INSTITUUTIN JULKAISUJA 3
.....

RATKAISUJA SISÄYMPÄRISTÖJEN HYGIENIAN HALLINTAAN

HANKKEEN LOPPURAPORTTI

Merja Ahonen, Aki Halme, Jarkko Heinonen, Jenni Inkinen,
Marko Kukka, Tanja Lepistö, Riika Mäkinen & Tiina Mäkitalo-Keinonen

Ratkaisuja sisäympäristöjen hygienian hallintaan

Hankkeen loppuraportti

Merja Ahonen, Aki Halme, Jarkko Heinonen, Jenni Inkinen,
Marko Kukka, Tanja Lepistö, Riika Mäkinen & Tiina Mäkitalo-Keinonen

Satakunnan ammattikorkeakoulu

2015

Pori

Tekijät:

Merja Ahonen, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Vesi-Instituutti WANDER
Aki Halme, Tampereen teknillinen yliopisto, Elektroniikan ja tietoliikennetekniikan laitos
Jarkko Heinonen, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Energia ja rakentaminen
Jenni Inkinen, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Vesi-Instituutti WANDER
Marko Kukka Satakunnan ammattikorkeakoulu, Energia ja rakentaminen
Tanja Lepistö, Turun yliopiston kauppakorkeakoulu, Porin yksikkö
Riika Mäkinen, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Vesi-Instituutti WANDER
Tiina Mäkitalo-Keinonen, Turun yliopiston kauppakorkeakoulu, Porin yksikkö

Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK)

Sarja B, Raportit 11/2015

ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-174-7 (verkkojulkaisu)

© Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:

Satakunnan ammattikorkeakoulu

PL 520, 28601 Pori

www.samk.fi

Graafinen suunnittelu ja taitto: SAMK Viestintä

Tiivistelmä

Ratkaisuja sisäympäristöjen hygienian hallintaan. Hankkeen loppuraportti.

Maailmanlaajuiset muutokset – ikääntyminen, ilmastonmuutos, kansainvälistyminen, kaupungistuminen – vaikuttavat rakennetun ympäristön tulevaisuuteen. Ihmisten liikkuvuuden lisääntyttä infektioiden ehkäisy ja hallinta ovat merkittävä hyvinvointi- ja kustannustekijä. HYGTECH-hankekokonaisuudessa on kehitetty Living Lab - tutkimustuloksiin perustuva HYGTECH-konseptia, joka yhdistää kaikki sisäympäristöhygieniaan vaikuttavat tekijät – ilma, vesi, pinnat – yhdeksi kokonaisuudeksi, jolla huolehditaan sisäympäristöhygienian tasosta kiinteistön elinkaaren eri vaiheissa.

Hygieniakonseptin rakentamisen tueksi HYGTECH2-projektissa jatkettiin HYGTECH-projektissa aloitettuja tutkimuksia pilottikiinteistöissä keskittyen pintojen sekä ilmanvaihto- ja vesijärjestelmien mikrobiologiaan. Raportissa esitetään suosituksia kunkin osa-alueen hygienian parantamiseen. Lisäksi projektissa luotiin pohja HYGTECH-tuotteiden hyväksyntämenettelylle sekä ehdotus sisäympäristöjen hygienialuokittelusta. Tulevaisuudessa tätä luokittelua voidaan käyttää tilasuunnittelun tukena.

Toimialarajat ylittävän konseptin kehittämisen tavoitteena on ollut rakentaa kokonaisuus, jonka tuottama asiakasarvo perustuu tuotteiden, palveluiden ja osaamisten yhdistelmään ja jonka luomaa asiakasarvoa mikään yksittäinen toimija ei pysty yksin saavuttamaan. Hygieniakonseptia on kehitetty koko projektiverkoston – korkeakoulut ja yritykset – yhteistyönä. Lisäksi projektin kuusi Living Lab -kiinteistöä ovat olleet merkittävä kumppani koko projektin ajan. Kohteissa tehty tutkimus tarjoaa tärkeää tietoa sekä tuotteiden teknisistä ominaisuuksista että tuotteiden käytettävyydestä oikeassa arkielämän ympäristössä.

HYGTECH on tuote- ja palvelukokonaisuus, jolla huolehditaan kiinteistön sisäympäristöjen hygieenisyydestä kiinteistön elinkaaren eri vaiheissa. HYGTECH-konsepti koostuu kolmesta moduulista: Talotekniset ratkaisut, Pinnat ja kalusteet sekä Palvelut. Ratkaisun laajuus määritellään yhdessä asiakkaan kanssa ja se vaihtelee asiakastarpeisiin pohjautuen.

HYGTECH2:n toteuttajina olivat Satakunnan ammattikorkeakoulun Energia ja rakentaminen -osaamisalue, Vesi-Instituutti WANDER; Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan ja tietoliikennetekniikan laitoksen Kankaanpään tutkimusyksikkö ja Turun yliopiston Kauppakorkeakoulun Porin yksikkö. Projektia rahoitti Tekes EAKR-rahoituksella 8/2013 – 10/2014.

Asiasanat: sisäympäristön hygienia, liiketoimintakonsepti, Living Lab, innovaatioverkostot, hygienialuokittelu

Abstract

Solutions to Manage Hygiene in Indoor Environment. Project's closing report.

The worldwide changes – ageing, climate change, internationalization, urbanization – will affect the future of built environment. As movement of people has increased, prevention and management of spread of infectious diseases are important. Based on the Living Lab research results in HYGTECH2 project, a HYGTECH concept which combines different technologies related to all indoor elements (air, water, surfaces) was developed in order to create a comprehensive solution to increase the level of indoor hygiene during the whole life-cycle of the building.

To support the concept development, the Living Lab research work that was started in HYGTECH project continued in HYGTECH2 project concentrating especially on microbiology of ventilation systems, surfaces and water systems. In this report, recommendations to improve the hygiene in each of the above mentioned section are presented. In addition, the basis for acceptance procedure of HYGTECH products was developed in this project. Also the proposal for classification of hygienic indoor environments (H1-H3) was developed, in which hygiene promoting practices and solutions are integrated with central elements of the already existing Classification of Indoor Environment. In the future, this hygienic classification can be used to support the space planning in buildings.

The aim of this developed multi-sector indoor hygiene concept was to build up a comprehensive solution, which customer value is based on the combination of products, services and knowledge. No single actor can achieve this customer value alone. The indoor hygiene concept has been developed in collaboration with the whole project network. The research performed in the Living Lab real estates has provided valuable information both on products' technical properties as well as on their usability in real life environments.

HYGTECH is a solution to increase the level of indoor hygiene during the whole life-cycle of the building. HYGTECH concept is comprised of three modules: Building Services Solutions, Surfaces and Furniture and Services. The extent of the concept is defined together with the customer and it varies based on customer needs.

The research institutes participating in HYGTECH2 project were Satakunta University of Applied Sciences (SAMK), WANDER Nordic Water and Materials Institute; University of Turku, Turku School of Economics, Pori unit; and Tampere University of Technology, Electronics and Communications Engineering, Rauma unit. The project was financially supported by the National Technology Agency of Finland (Tekes) during 8/2013 – 10/2014.

Sisältö

1	Johdanto	10
2	Living Lab -tutkimukset	12
2.1	Sisäilmasto	12
2.1.1	Lämpötila, kosteus ja CO ₂	14
2.1.2	Tiiviys, painesuhteet ja ilmapirrat	17
2.1.3	Ilmanvaihtojärjestelmän osakomponenttien mikrobiologiaa	18
2.1.4	Sisäilman mikrobiologiaa	22
2.1.5	Suosituksia sisäilman hygienian parantamiseen	24
2.2	Kosketuspinnat	26
2.2.1	Kosketuspintojen tutkimukset	26
2.2.2	Suosituksia pintojen hygienian parantamiseen	30
2.3	Vesijärjestelmät	32
2.3.1	Vesijärjestelmien tutkimukset	32
2.3.2	Suosituksia vesijärjestelmien hygienian parantamiseen	34
2.4	Käyttäjät	36
2.5	Hygieniiaa parantavat teknologiset ratkaisut	36
2.6	Tuotehyväksyntä	42
2.7	Sisäympäristöjen hygienialuokittelu	43
3	Liiketoimintakonseptin rakentaminen hygienialalla	46
3.1	Konseptointi	46
3.2	Konseptin kehittämisprosessi ja käytetyt menetelmät	47
3.2.1	Tuote, palvelu, ratkaisu vai uusi liiketoiminta-alue – mitä ollaan kehittämässä?	47
3.2.2	Workshop-työskentely	51
3.2.3	Delfoi-tutkimus	53
3.3	Hygienialiiiketoiminnan tarkastelu ekosysteemi- ja tulevaisuusnäkökulmista	55
3.3.1	Hygieniateknologian projektiverkosto ja ekosysteemi	56
3.3.2	Hygieeniset sisäympäristöt julkisessa rakentamisessa – lähitulevaisuuden näkymiä	58
3.4	Vertailuanalyysi Cleantech-brändi	71

>>

4	Sisäympäristöjen hygienialliiketoimintakonsepti	75
4.1.	HYGTECH-konseptikuvaus ja Living Lab -käyttötapaukset	75
4.1.1.	Markkinat ja kohderyhmät	81
4.2	Hygienialliiketoiminta nyt ja 2020 - vaihtoehtoisia polkuja	83
4.2.1	"HYGTECH-ratkaisuliiketoiminta"	87
4.2.2	"HYGTECH-sateenvarjobrändi"	89
5	Jatkotutkimukset	91
	Lähdeluettelo	92
	Hankkeen julkaisuluettelo	96
	Hanke lehdistössä	99
	Liitteet	100

1 Johdanto

Länsimaissa ihmiset viettävät pääosan elämästään sisätiloissa. Rakennetussa ympäristössä asutaan, liikutaan, tehdään työtä ja vietetään vapaa-aikaa. Maailmanlaajuiset muutokset – ikääntyminen, ilmastonmuutos, kansainvälistyminen, kaupungistuminen – vaikuttavat rakennetun ympäristön tulevaisuuteen. Ihmisten liikkuvuuden lisääntyttä infektioiden ehkäisy ja hallinta ovat merkittävä hyvinvointi- ja kustannustekijä.

Sisäympäristöjen hyvä hygienia koostuu useasta eri tekijästä. Hygieenisten ja terveellisten sisätilojen perusedellytyksiä ovat puhdas käyttövesijärjestelmä (verkosto ja hanat), sisäilma (ilmanvaihto, rakenteet) ja pinnat (tasot, kaiteet jne.). Erilaisilla rakennuksilla ja käyttäjäryhmillä on omat hygieniatarpeensa ja -haasteensa. Hygieniaratkaisut ja antimikrobiset tuotteet tuovat eniten lisäarvoa tiloissa, joissa on paljon ihmisiä, sekä käyttäjille, joiden vastustuskyky on heikentynyt (vanhukset, sairaat) tai ei ole vielä kehittynyt (lapset).

Ratkaisuja sisäympäristöjen hygienian hallintaan – HYGTECH2 -projekti on jatkoa Satakunnan ammattikorkeakoulun 2/2012–7/2013 toteuttamalle Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH -projektille (Ahonen ym. 2013). HYGTECH- ja HYGTECH2-projektit sisältävän hankekokonaisuuden tavoitteena oli luoda tieteellisiin tutkimustuloksiin perustuva HYGTECH-konsepti, joka yhdistää sisäympäristöjen hygieniaa parantavat tuotteet, mittaustekniikan ja palvelut ratkaisuliiketoiminnaksi. HYGTECH2-projektissa liiketoimintakonseptin rakentamista tukevia tutkimuksia jatkettiin pilottikiinteistöissä sekä luotiin pohja Hygtech-tuotteiden hyväksyntämenettelylle.

Toimialarajat ylittävän konseptin kehittämisen tavoitteena on ollut rakentaa kokonaisuus, jonka tuottama asiakasarvo perustuu tuotteiden, palveluiden ja osaamisten yhdistelmään ja jonka luomaa asiakasarvoa mikään yksittäinen toimija ei pysty yksin saavuttamaan. Tulevaisuuden tuotekonseptien avulla kehitetään yrityksen pidemmän aikavälin toimintaa. Niiden avulla voidaan esimerkiksi etsiä vastauksia kysymykseen missä liiketoiminnassa olemme mukana vuonna 2020. Kyky tutkia, suunnitella ja kehittää uusia liiketoiminta-alueita on yrityksille tärkeää pitkän aikavälin kilpailukykyyn varmistamiseksi.

Hygieniakonseptia on kehitetty koko projektiverkoston – korkeakoulut ja yritykset – yhteistyönä. Lisäksi projektin kuusi Living Lab -kiinteistöä ovat olleet merkittävä kumppani koko projektin ajan. Kohteissa tehty tutkimus tarjoaa tärkeää tietoa sekä tuotteiden tekni-

sistä ominaisuuksista että tuotteiden käytettävyydestä oikeassa arkielämän käyttöympäristössä.

Projektin aikana valmistui yhdeksän opinnäytetyötä ja aineistoa kerättiin yhteen käynnissä olevaan väitöskirjatutkimukseen. Projektin tuloksia on julkaistu tähän mennessä kuudessa tutkimusartikkelissa, joista kaksi on julkaistu vertaisarvioituissa tieteellisissä kausijulkaisuissa ja neljä seminaari-/konferenssijulkaisussa, sekä kahdeksassa ammattijulkaisussa.

HYGTECH2-projektin toteuttajina olivat Satakunnan ammattikorkeakoulun Energia ja rakentaminen -osaamisalue, Vesi-Instituutti WANDER; Tampereen teknillisen yliopiston Elektromiikan ja tietoliikennetekniikan laitoksen Kankaanpään tutkimusyksikkö ja Turun yliopiston Kauppakorkeakoulun Porin yksikkö. Projektissa olivat mukana seuraavat organisaatiot: Abloy Oy, Aurubis Finland Oy, Bauer Watertechnology Oy, Boliden Harjavalta Oy, Clothing+ Oy, Cupori Oy, Fläkt Woods Oy, Lassila & Tikanoja Oyj, Meckelborg (Klinger Finland Oy), Oras Oy, Scandinavian Copper Development Association ja XerChem Oy. Projektia rahoitti Tekes EAKR-rahoituksella 8/2013 – 10/2014.

2 Living Lab -tutkimukset

Tutkimusta tehtiin käytössä olevissa pilottikiinteistöissä, jotka on kuvattu taulukossa 1. Pilotikiinteistöt valittiin siten, että ne edustivat käyttötavoiltaan ja hygieniavaatimuksiltaan erilaisia tiloja. Toimistokiinteistön, vanhusten vuokrakerrostalon ja päiväkodin suunnitteluvaiheissa tutkijaryhmä oli aktiivisesti mukana, jotta hygieniata edistävät tuotteet ja ratkaisut saatiin luontevasti mukaan kokonaisuuteen. Koulu, sairaalan osasto ja omakotitalo edustivat jo käytössä olevaa vanhempaa rakennuskantaa.

Teknologiatalo Sytyttimessä tutkimukset keskittyivät veteen ja pintahygieneiaan. Vanhusten vuokrakerrostalossa 10 asuntoon asennettiin HYGTECH-tuotteita ja 10 toimi verrokkeina; lisäksi tuotteita tutkittiin yleisissä käytävä- ja pesutiloissa. Pilottipäiväkodin viidestä ryhmästä kahteen asennettiin HYGTECH-tuotteita (ryhmät 2 ja 3) ja loput kolme (ryhmät 1, 4 ja 5) toimivat vertailuryhminä. Sairaalassa neljään potilaswc-tilaan asennettiin HYGTECH-tuotteita ja neljä toimi verrokkeina. Koulupilotissa keskityttiin ilmanvaihtojärjestelmien tutkimiseen. Omakotitaloon ei asennettu uusia tuotteita, vaan tutkittiin olemassa olevaa tilannetta.

Tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä on kuvattu HYGTECH-projektin loppuraportissa (Ahonen ym. 2013). Tässä kuvataan tarkemmin ainoastaan ne menetelmät, joita ei tuossa raportissa ole kuvattu.

Taulukko 1. Pilottikohteet.

	Pilottikiinteistö					
	Toimisto	Vanhusten vuokrakerrostalo	Päiväkoti	Koulu	Sairaalan osasto	Omakotitalo
Sijainti	Rauma	Pori	Kankaanpää	Pori	Pori	Eurajoki
Valmistumisvuosi	4/2011	8/2012	9/2012	2001	1982	1958
Tekniset tiedot	kaukolämpö/patterit, keskitetty ilmanvaihto, koneellinen jäähdytys	kaukolämpö/patterit, huoneistokohmainen ilmanvaihto, ei jäähdytystä	kaukolämpö/lattialämmitys, tarpeenmukainen ilmanvaihto, koneellinen jäähdytys	kaukolämpö/patterit, keskitetty ilmanvaihto, koneellinen jäähdytys	kaukolämpö/patterit, keskitetty ilmanvaihto, ei jäähdytystä	öljylämmitys/patterit, painovoimainen ilmanvaihto, ei jäähdytystä
Mitä tutkittu?						
Ilma	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Pinnat	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Vesi ja biofilmi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Käyttäjäkokemukset	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä

2.1 Sisäilmasto

Toimistossa, vanhusten vuokrakerrostalossa sekä päiväkodissa käytettiin langattomia mittalaitteita sisäympäristön jatkuvaan olosuhteiden seurantaan. Langattomat mittalaitteet seurasivat kohteiden eri tilojen lämpötiloja sekä suhteellista kosteutta. Näiden lisäksi päiväkodissa seurattiin sisäilman CO₂-pitoisuuksia ja tarkasteltiin tämän perusteella tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toimintaa. Vanhusten vuokrakerrostalossa toteutettiin kesällä 2014 (kesä–elokuu) seuranta huoneistojen lämpötiloista sekä niihin liittyvistä ikkuna- ja parveke- tuuletuksista.

HYGTECH-projektin aikana tutkittiin rakennusten tiiveyttä tiiveysmittauksilla toimistossa sekä päiväkodissa. Näissä kohteissa myös mitattiin ilmanvaihtojärjestelmän tulo- ja poistoilmanvirtoja ja verrattiin niitä suunnitteluarvoihin. Molemmissa kohteissa mitattiin myös tilojen välisiä painesuhteita, millä pyrittiin selvittämään ilman liikettä ryhmien eri tilojen välillä.

Ilmanvaihtojärjestelmien pinnoitettujen osakomponenttien hygieniaa tutkittiin päiväkodissa ja koulussa. Päätelaitteita ja ilmanvaihtokoneen suodattimia tutkittiin päiväkodissa, jossa alkuperäiset päätelaitteet korvattiin joko likaa hylkivällä tai antimikrobisella pinnoitteella pinnoitetuilla päätelaitteilla. Koulupilotin tietokonealuokassa tutkittiin kahta eri tavoin pinnoitettua jäähdytyspalkkia, joista toinen oli tavanomainen ja toisessa oli antimikrobinen pinnoite. Sisäilman mikrobiologiaa tutkittiin kaikissa pilottikiinteistöissä koulua lukuun ottamatta. Projektissa toteutetut sisäilmaston tutkimukset on koottu taulukkoon 2.

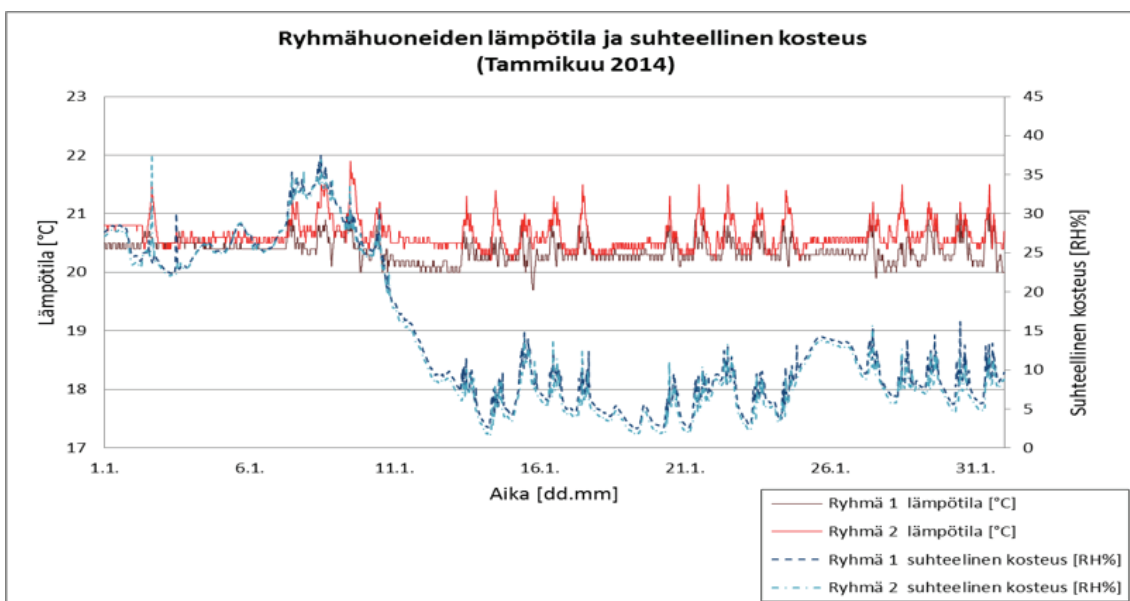
Taulukko 2. Sisäilmaston tutkimukset.

Ilma	Pilottikiinteistö					
	Toimisto	Vanhusten vuokrakerrostalo	Päiväkoti	Koulu	Sairaalan osasto	Omakotitalo
Sisäilmaston lämpötilat ja ilman laatu	lämpötila, kosteus, mikrobiologinen laatu, tulo- ja poistoilmavirrat	lämpötila, kosteus, mikrobiologinen laatu	lämpötila, kosteus, CO ₂ , mikrobiologinen laatu, tulo- ja poistoilmavirrat		mikrobiologinen laatu	mikrobiologinen laatu
Rakenteiden tiiveys	tilojen välisten painesuhteiden mittaus		tiiveysmittaus, tilojen välisten painesuhteiden mittaus			
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus			ilmanvaihtokoneen pinnat, antimikrobiset päätelaitteet	antimikrobinen jäähdytyspalkki		

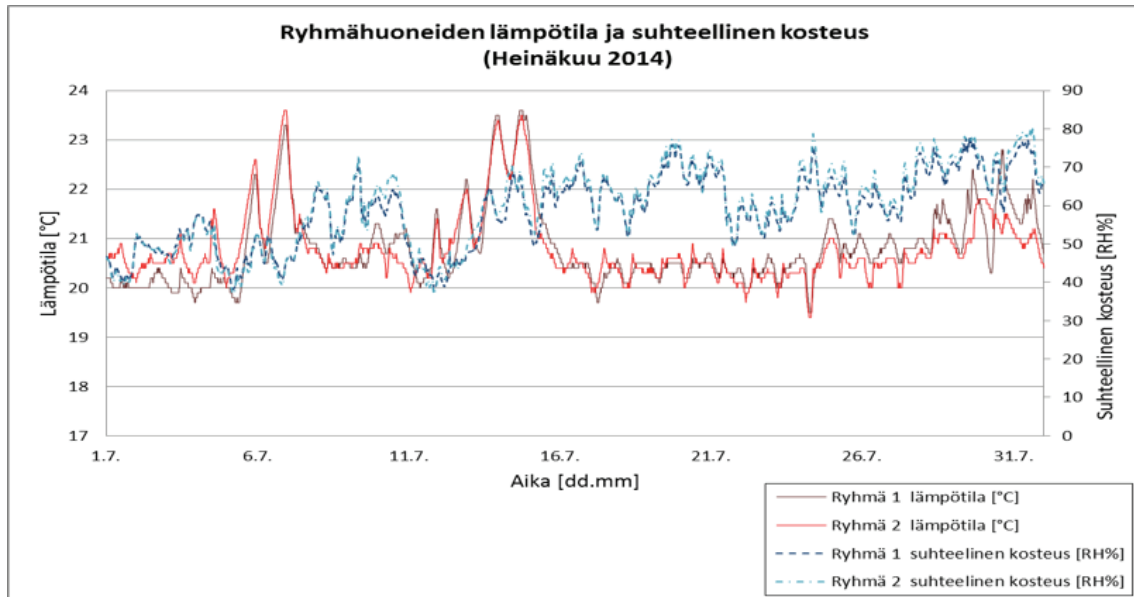
2.1.1 Lämpötila, kosteus ja CO₂

Sisäilman lämpötilaa, kosteutta ja CO₂-pitoisuutta (päiväkoti) seurattiin langattomilla mittalaitteilla pilottikohteissa. Laitteet keräsivät dataa jatkuvatoimisesti (pois lukien laitteiston päivitys ja käyttökatkot). Laitteiden asetettu mittausväli oli kymmenen minuuttia, joka on riittävä seurattaessa sisäilmassa tapahtuvia pidemmän aikavälin muutoksia ja mahdollisia poikkeamia. Lyhytkestoiset poikkeamat sisäilman lämpö- ja kosteusolosuhteissa eivät ole viihtyvyyden tai terveyden kannalta merkittäviä.

Päiväkodissa on tarpeenmukainen ilmanvaihto ja jokaista ryhmää palvelee oma ilmanvaihtokone. Lämmitys on toteutettu lattialämmityksenä ja lämmitysmuotona on kaukolämpö. Tiloissa on myös jäähdytys. Kuvista 1 ja 2 voidaan havaita, että järjestelmä pitää tilan lämpöolosuhteet tasaisina etenkin lämmityskaudella. Kesäaikana auringonpaisteen tuottaman lämpökuorman seurauksena huonelämpötilojen vaihtelu on tiloissa hieman suurempaa, mutta lämpötila on korkeimmillaankin 24 °C. Hallittujen sisäilmaolosuhteiden ansioista tiloihin ei tarvitse järjestää esimerkiksi ikkunoiden tai ovien kautta ylimääräistä tuuletusta, joka voisi edesauttaa erilaisten epäpuhtauksien leviämistä tiloissa sekä tilojen välillä. Sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee luonnollisesti ulkoilman kosteuden mukaan. Etenkin talven pakkasjaksojen aikaan suhteellinen kosteus laskee tiloissa matalaksi, koska niissä ei ole ilmankostutusta eikä kosteutta siirtävää LTO-laitetta. Keskitettyjen koneellisten kostutusjärjestelmien käyttöä ei yleensä suositella, koska järjestelmät saattavat likaantua ja niihin voi ilmaantua mikrobikasvustoa. Keskustelujen perusteella päiväkodin henkilökunta ei kokenut alhaisen ilmankosteuden aiheuttavan havaittavia oireita.

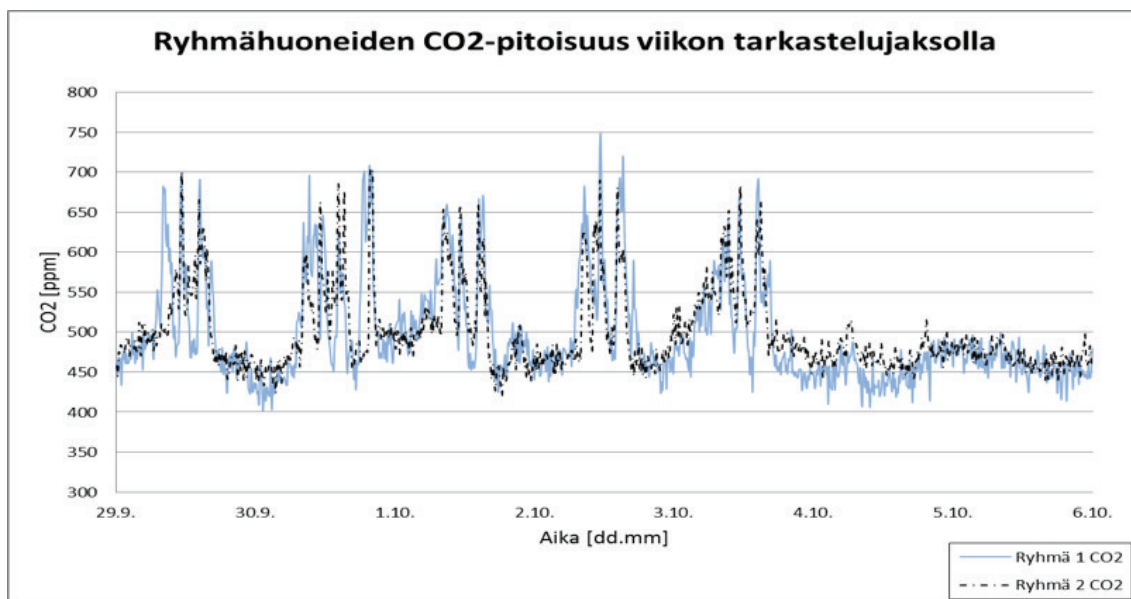


Kuva 1. Päiväkodin ryhmähuoneiden sisäilmaolosuhteet tammikuussa 2014



Kuva 2. Päiväkodin ryhmähuoneiden sisäilmaolosuhteet heinäkuussa 2014

Päiväkodin ryhmien ilmanvaihto on toteutettu muuttuvailmavirtajärjestelmällä. Tällöin ha-
luttujen tilojen ilmanvaihto toimii tarpeen mukaisesti. Ryhmä- ja lepo huoneissa on CO₂-
anturit, joiden arvojen perusteella automatiikka säättää näiden tilojen ilmanvaihdon tehoa
tilojen kuormituksen mukaan. Asetuksen alarajana on 500 ppm CO₂-pitoisuus, jolloin tilojen
ilmanvaihto toimii minimiteholla. Asetusarvoksi on asetettu 700 ppm, jota lähestyttäessä
automatiikka avaa moottoripeltejä ja jolloin tilan ilmanvaihdon teho kasvaa. Tilojen ylärajaksi
on CO₂:lle asetettu 900 ppm, jota ei saa ylittää. Langatonta Wirepas-mittausjärjestelmää
laajennettiin CO₂-mittalaitteilla, joilla tutkittiin järjestelmän toimintaa ryhmä- ja lepo huoneis-
sa. Kuvasta 3 voidaan havaita, että järjestelmä toimi suunnitellusti eikä yli 900 ppm kuormia
päässyt ryhmä- ja lepo huoneissa syntymään tarkastelujakson aikana normaalilla käytöllä.

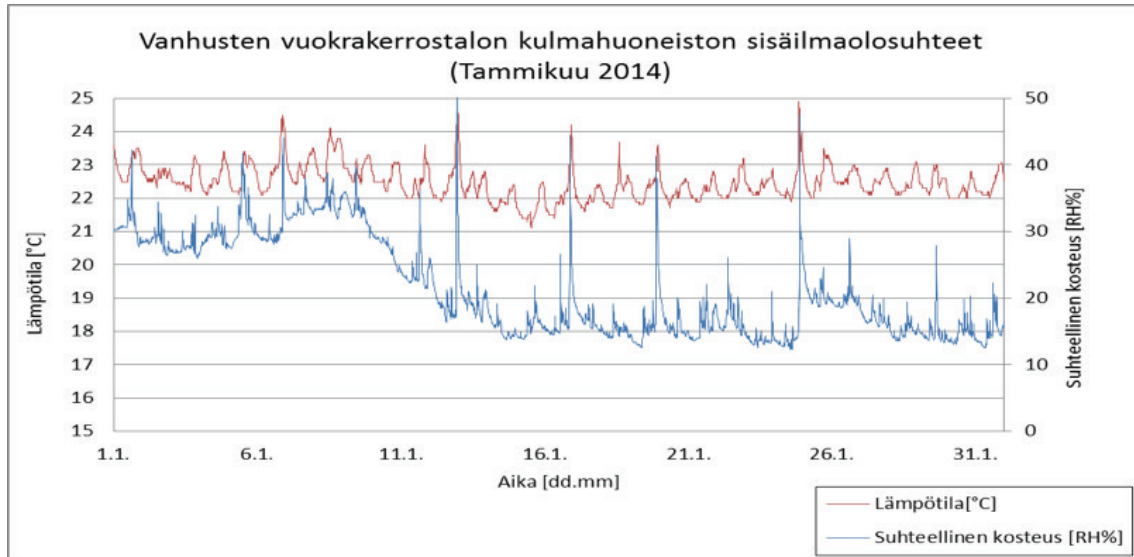


Kuva 3. Päiväkodin ryhmähuoneiden CO₂-pitoisuus viikon tarkastelujaksolla

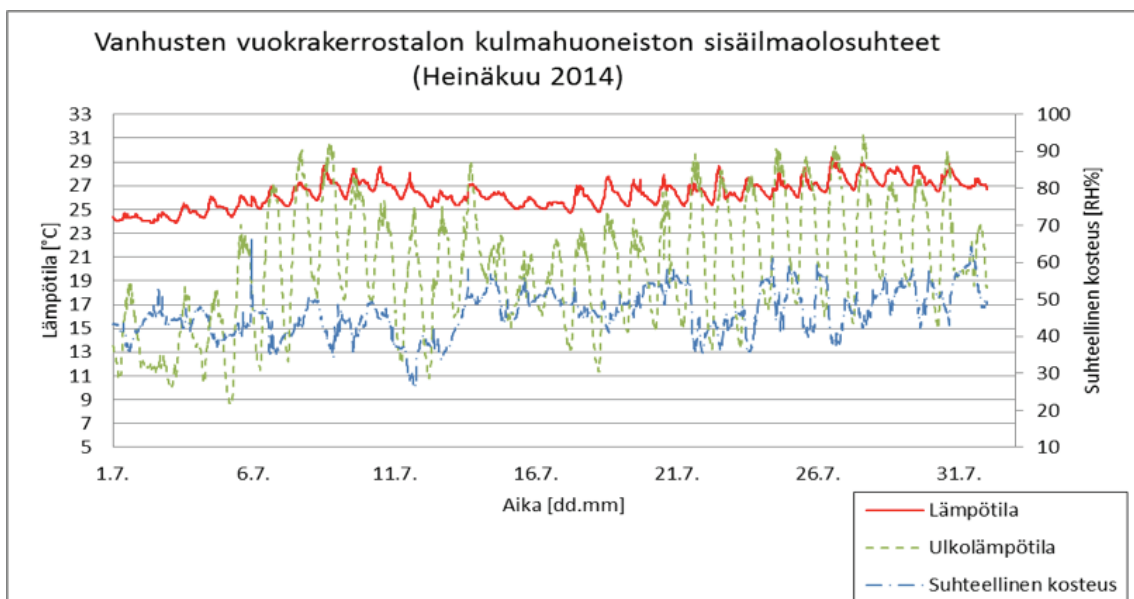
Vanhusten vuokrakerrostalossa on asuntokohtainen ilmanvaihto, jonka tehoa asukas voi itse säätää liesituulettimen tasoilla 1–4. Lämmitysmuotona on kaukolämpö ja lämmitys on toteutettu vesikiertoisilla pattereilla. Tiloissa ei ole jäähdytystä ja mahdollisen järjestelmien säädön tekevät asukkaat. Vuokrakerrostalossa seurattiin kolmannen kerroksen neljän vierkkäisen asunnon sisäilmaolosuhteita heinäkuusta 2013 elokuun 2014 loppuun. Kuvasta 4 havaitaan, että lämmityskaudella kulmahuoneiston lämpötila on keskimäärin 22–23 °C. Yleisesti kaikkien asuntojen lämpötilat olivat keskimäärin 21–24 °C. Kiinteistön asuntojen lämpötila on asetettu 23 °C:een, joten näiden tulosten perusteella järjestelmä toimii suunnitellusti, kun otetaan huomioon asukkaiden mahdollisuus säätää lämpötilaa. Rakennuksen kaikki asukkaat ovat yli 80-vuotiaita. Vaikka lämpötilat ovat normaalilla tasolla, saattaa osa asukkaista tuntea lämpötilan liian kylmäksi, koska senioreiden ja nuorempien fysiologia eroaa toisistaan. Päiväkodin tapaan sisäilman suhteellinen kosteus laskee talvella matalaksi.

Kohteessa seurattiin myös kolmannen kerroksen asuntojen kesäaikaisia lämpöolosuhteita (kesäkuu–elokuu 2014) sekä asuntojen tuuletusta. Aiemmin tutkittujen asuntojen lisäksi seurantaan otettiin samassa kerroksessa sijaitsevat neljä muuta asuntoa. Kuvan 5 mittaus tulokset ovat kulmahuoneistosta, johon kohdistuu kesäaikaan suuri lämpökuormitus. Mittaustuloksista voidaan havaita, että lämpötila kohoaa asunnossa hellejaksojen aikana hyvin korkeaksi, jopa lähelle 30 °C. Jäähdytyksen puuttuminen johtaa siihen, että asukkaat tuulettavat asuntojaan ikkunoiden ja parvekkeen kautta. Asuntojen tuuletusta seurattiin asukkaiden täyttämien tuuletuspäiväkirjojen avulla. Niistä havaittiin, että asuntoja tuuletetaan lähes

ympäri vuorokauden. Kesäpäivän kuumimpina hetkinä tuulettaminen nostaa asuntojen lämpötilaa entisestään ja tuuletus saattaa mahdollistaa myös erilaisten epäpuhtauksien siirtymisen ulkoilman ja asunnon välillä.



Kuva 4. Vanhusten vuokrakerrostalon sisäilmaolosuhteet tammikuussa 2014



Kuva 5. Vanhusten vuokrakerrostalon sisäilmaolosuhteet heinäkuussa 2014

2.1.2 Tiiviys, painesuhteet ja ilmavirrat

HYGTECH2-projektin aikana tutkittiin päiväkodin vaipan tiiveyttä sekä tulo- ja poistoilmavirtoja, joissa havaittiin vaipan tiiveyden olevan tyydyttävällä tasolla sekä ylityksiä ja alitukia

ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirroissa suunnitelmiin nähden. Näiden lisäksi tutkittiin silmämääräisesti sisärakenteiden tiivyyttä sekä mitattiin painesuhteita mikromanometrillä eri tilojen välillä ja pyrittiin selvittämään ilman liikettä tilojen sekä ryhmien välillä ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon vaikutusta tilojen painesuhteisiin.

Sisärakenteet aukkoineen vaikuttivat hyvin tiivistetyiltä. Ovien ja ikkunoiden tiivistenauhat olivat uusia ja hyvässä kunnossa ja putkien läpiviennit oli tiivistetty tiivistemassalla. Tiivistämättömiä kohtia tai läpivientejä ei havaittu.

Painesuhteiden mittaukset suoritettiin pitkä- ja lyhytkestoisina mittauksina. Pitkäkestoisissa mittauksissa syys-lokakuun 2014 vaihteessa mittausjakso oli noin viikko kymmenen minuutin mittausvälillä. Lyhyissä mittauksissa tilojen paine-eroja mitattiin 2,5 tunnin ajan kymmenen sekunnin mittausvälillä.

Ryhmä- ja lepohuoneiden väliset mittaukset suoritettiin ryhmässä 2, ja ilman liikettä ryhmien välillä mitattiin tilojen välisissä eteisissä.

Mittauksetulosten perusteella havaittiin, että ilmaa virtaa ryhmä- ja lepohuoneen välillä molempiin suuntiin riippuen tilojen kuormituksesta. Paine-ero ei ollut suuri, mikä pienentää huoneesta toiseen liikkuvan ilman määrää. Päiväkodissa ilman liikkuminen päiväkotiryhmän sisällä ei välttämättä ole niin merkittävää mikrobien leviämisen kannalta, koska ryhmän sisällä sekä ryhmien välillä ihmiset ovat paljon tekemisissä keskenään.

Tutkimuksissa on havaittu, että oven avaaminen lisää sairaalan eristystiloissa merkittävästi ilman, ja samalla mikrobien, kulkeutumista tilasta toiseen. Myös ihmisten kulun on havaittu lisäävän ilman kulkeutumista tilasta toiseen. Toisaalta liukuoven on havaittu vähentävän tilasta karkaavan ilman määrää. (Kalliomäki ym. 2015)

Paine-erojen minimoinnilla voidaan vähentää ilmapölyisten taudinaiheuttajien leviämistä tilojen ja ryhmien välillä. Toisaalta paine-eroilla voidaan estää epäpuhtauksien leviämistä toisiin tiloihin, mihin perustuvat esimerkiksi sairaalan eristystilat.

2.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmän osakomponenttien mikrobiologiaa

Päätelaitteiden pinnoitteet

Päiväkodissa tutkittiin ilmanvaihtojärjestelmien tulo- ja poistupuolen päätelaitteita sekä ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistupuolen suodattimia. Päätelaitteiden osalta tutkimus kes-

kittyi päiväkodin ryhmien 1 (verrokki) ja 2 (HYGTECH) tiloihin: ryhmähuone, eteinen, WC, lepo huone, keittiö/leikkitala. Päätelaitteissa oli kolmea erilaista pinnoitetta: normaali, likaa hylkivä sekä antimikrobinen. Normaalilla pinnoitteella (ns. referenssipinnoite) oleva päätelaitte on perinteinen ilmanvaihdon päätelaitte, jolla ei ole erityisominaisuuksia. Likaa hylkivän pinnoitteen tarkoituksena on pitää päätelaitte puhtaana pölystä ja siistimmän näköisenä. Antimikrobisen pinnoitteen tarkoitus on tappaa mahdolliset haitalliset mikrobit laitteen pinnalta ja estää näin niiden leviäminen huoneilmaan. Laitteilla korvattiin tilojen alkuperäiset päätelaitteet ja niiden toimintaa verrattiin mahdollisuuksien mukaan joko ryhmän sisällä tai ryhmien välillä.

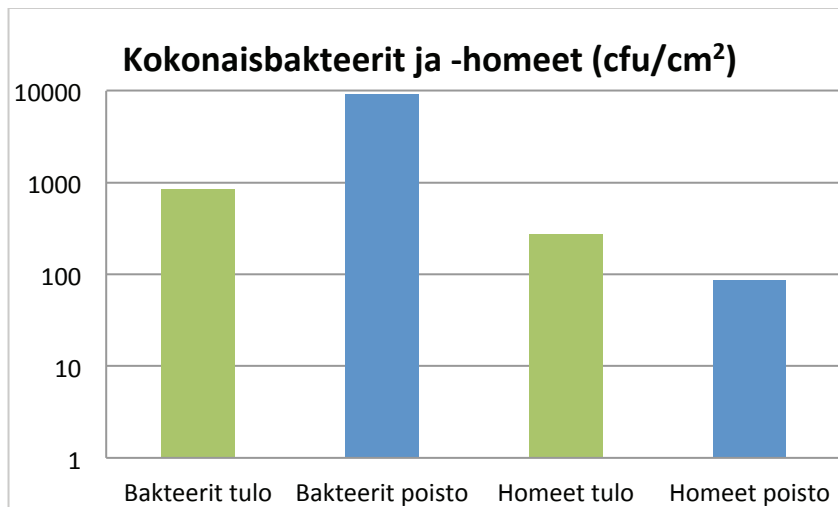
Näytteet ilmastointilaitteiston pinnoilta otettiin samalla tavalla kuin projektin kosketuspintojen näytteet. Päiväkodin noin 1,5 vuotta käytössä olleen ilmanvaihtojärjestelmän hygienian kannalta kriittisimmät pisteet määritettiin ottamalla pintanäytteitä eri puolilta ilmanvaihtojärjestelmää (taulukko 3, rivit 1-4). Vasta vähän aikaa käytössä olleessa ilmastointilaitteistossa sekä home- että bakteeripitoisuudet olivat hyvin alhaiset. Kriittisenä pisteenä voidaan pitää tuloilmapuhaltimen siipipyörää, johon oli kertynyt paksu, tasainen likakerros.

Päätelaitteiden pintojen bakteeripitoisuuksissa ei havaittu eroa 3 kuukautta ja 9 kuukautta käytössä olleiden laitteiden välillä. Homeita havaittiin pinnoilla vain satunnaisesti, mutta kauemmin käytössä olleilla pinnoilla homelöydösten määrä lisääntyi hieman. Homelöydöksiä havaittiin eteisessä ja märkäeteisen siirto- ja tuloilmassa sekä lepo huoneen poistoilman päätelaitteessa. Pinnoitteella ei havaittu olevan vaikutusta homelöydöksen esiintyvyyteen tai lukumäärään näin alhaisilla homepitoisuuksilla. Kaikki homepitoisuudet päiväkodin ilmastointilaitteiston pinnoilla jäivät alle asumisterveysohjeen kuivien vauriottomien pintojen määrittelystä sieni-itiöpitoisuudesta 10 pmy/cm^2 (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003). Ohjetta ei tulisi soveltaa ilmanvaihtokanavien tulkintaan, mutta tulokset antavat viitteitä alhaisista homepitoisuuksista tutkituissa kohteissa.

Eniten kokonaisbakteereja havaittiin eteisen tuloilmasäleikössä sekä eteisen ja märkäeteisen siirtoilman päätelaitteissa. Poisto- ja tuloilman päätelaitteiden bakteerimäärät olivat keskimäärin alhaisimpia. Eri tilojen välillä ei havaittu merkittäviä eroja bakteeripitoisuuksissa poistopäätelaitteessa (WC, varasto, tekninen tila, ryhmähuone, lepo huone) tai tulopäätelaitteessa (ryhmähuone, lepo huone, varasto, tekninen tila). Silmämääräisesti arvioiden referenssipinnoitteella oli havaittavissa enemmän pölyä verrattuna likaa hylkivään tai antimikrobiseen pinnoitteeseen. Päiväkodin ilmastointilaitteiston puhtaudesta johtuen pinnoitteilla ei vielä ensimmäisen vuoden käytön aikana saavutettu merkittäviä hygieniäetuja, mutta pidempään käytössä ollessaan pinnoitteiden merkitys ja pölyn kerääntymistä estävät vaikutukset todennäköisesti voimistuvat.

Suodattimet

Suodattimien osalta tutkittiin verrokki- ja HYGTECH-ryhmän ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilman suodattimia, jotka olivat olleet käytössä heinäkuun 2014 lopusta lokakuun 2014 alkuun. Tulopuolen suodattimet olivat luokkaa F7 ja poistopuolen F5. Tutkimus suoritettiin leikkaamalla suodatinpussin eri kohdista näytepalasia, jotka lähetettiin analysoitavaksi. Kokonaisbakteeri- ja homepitoisuudet (cfu/cm²) määritettiin suodatinyksikön kolmesta erillisestä pussista. Silmämääräisesti oli havaittavissa pölyn epätasainen jakautuminen suodatinlaitteiston eri osiin, erityisesti tuloilmasuodattimissa. Tulo- ja poistopuolen suodattimissa ei havaittu suuria eroja verrokki- ja HYGTECH-ryhmän välillä. Bakteerien määrä oli suurempi kuin homeiden määrä niin tulo- kuin poistopuolellakin (kuva 6). Poistosuodattimissa bakteereja havaittiin jopa kymmenkertainen määrä verrattuna tulosuodattimiin, sisätilan bakteerit ovat yleensä peräisin ihmisistä. Homeita havaittiin tuloilman suodattimissa hiukan enemmän kuin poistopuolen suodattimissa. Sisätilan homeet ovat yleisesti peräisin ulkoilmasta. Ulkoilman homeiden kulkeutumista sisätiloihin voidaan vähentää tehokkaalla suodatuslaitteistolla (kaksinkertainen suodatus suositeltavaa) sekä suodatinlaitteiston säännöllisellä huollolla (mm. suodatinpussien vaihto).



Kuva 6. Suodatinlaitteiston tulo- ja poistopuolien keskimääräiset kokonaisbakteeri- ja homepitoisuudet.

Jäähdytyspalkkien pinnoitteet






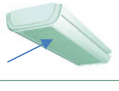
Koulupilotin tiloissa tutkittiin eri tavoin pinnoitettuja jäähdytyspalkkeja. Kaksi palkkia asennettiin samantyyppisten alkuperäisten palkkien tilalle vierekkäin suureen IT-luokkaan, jonka käyttöaste on korkea. Toinen asennetuista palkkeista oli tavallinen jäähdytyspalkki ja toisen jäähdytyspalkin patteri oli pinnoitettu antimikrobisella pinnoitteella. Jäähdytyspalkkeja tutkittiin ottamalla näytteitä noin 7 kuukautta käytössä olleiden palkkien ja patterien eri kohdista.

Ilmastointilaitteiden tutkittava pinta-ala valittiin siten, että ilma kulkee kyseisen pinnan kautta ja voi näin vaikuttaa sisäilman laatuun mikäli pinnalta irtoaa pölyä, mikrobeja tai muuta likaa ohivirtaavaan ilmaan.

Jäähdytyspalkin puhallusrakojen havaittiin sisältävän enemmän bakteereja kuin jäähdytyspatterin lamellien tai alaritilöiden (taulukko 3). Homeita havaittiin hyvin pieniä määriä <1 pmy/cm² vaihtelevasti eri puolilla jäähdytyspalkkeja. Kaikki homepitoisuudet koulun ilmastointilaitteiston pinnoilla jäivät alle asumisterveysohjeen kuivien vauriottomien pintojen määrittelystä sieni-itiöpitoisuudesta 10 pmy/cm² (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003). Ohjetta ei tulisi soveltaa ilmanvaihtokanavien tulkintaan, mutta tulokset antavat viitteitä alhaisista homepitoisuuksista tutkituissa kohteissa.

Jäähdytyspalkin osista eniten bakteereja havaittiin puhallusraossa. Antimikrobisella pinnoitteella ja verrokkipinnoitteella ei havaittu eroja jäähdytyspatterin lamelleissa näin alhaisilla bakteri- ja homepitoisuuksilla. Jatkossa pinnoitteiden tehoa tulisi tutkia kauan käytössä olleiden ilmastointilaitteiden jäähdytyspatterien lamelleissa tai tutkia pinnoitteita jäähdytyspalkin puhallusraossa. Näissä havaittiin korkeimmat bakteeripitoisuudet tutkituista jäähdytyspalkkeista.

Taulukko 3. Home- ja bakteeripitoisuuksia päiväkodin ja koulun ilmastointilaitteistoissa.

Näytepaikka (näytteiden lukumäärä)	Homeiden kokonaismäärä* (pmy/cm ²)	Bakteerien kokonaismäärä (pmy/cm ²)	Muuta huomioitavaa	Kuva
Päiväkoti, koko ilmastointilaitteisto				
lämmön talteenotto, lamellit, poisto (1)	<1	2		
lämmön talteenotto, lamellit, tulo (1)	<1	<1		
tuloilmapuhaltimen siipipyörä (1)	5,3	1	eniten näkyvää likaa	
tuloilmakanaviston seinä (1)	<1	<1	hieman pölyä	
poistoilmaventtiili tavallinen / WC, varasto, tekninen tila, ryhmä- ja lepohuone (16)	<1	0 - 6	hieman pölyä	
poistoilmaventtiili, antimikrobinen (8)	<1	0 - 2	hieman vähemmän pölyä vs. tavallinen	
poistoilmaventtiili, likaa hylkivä (16)	<1	0 - 4	hieman vähemmän pölyä vs. tavallinen	
siirtoilma venttiili tavallinen /eteinen ja märkäeteinen (8)	<1	1 - 50		
siirtoilma venttiili, antimikrobinen (4)	<1	2 - 7		
siirtoilma venttiili, likaa hylkivä (4)	<1	0 - 4		
tuloilma tavallinen/eteinen (2)	<1	7 - 8	näkyvää pölyä	
tuloilma, likaa hylkivä (2)	<1	6 - 8		
tuloilma tavallinen / ryhmä- ja lepohuone, varasto ja tekninen tila (12)	<1	0 - 6		
tuloilma, antimikrobinen (4)	<1	0 - 2		
tuloilma, likaa hylkivä (8)	<1	0 - 5		
Koulu, jäähdytyspalkin osat, luokahuone				
tulokanava, vanha palkki tavallinen(6)	<1	8 - >50	paksu, tasainen pölykerros	
tulokanava, uusi palkki tavallinen (6)	<1	12 - 50		
lamellit, vanha tavallinen (8)	<1	2 - 30	höttömäinen pölykerros	
lamellit, uusi tavallinen (4)	<1	<1		
lamellit, uusi antimikrobinen (4)	<1	<1		
alaritilä, vanha tavallinen (4)	<1	0 - 3		
alaritilä, uusi tavallinen (6)	<1	0 - 1		
*homesieni-itiöpitoisuuden määrittämisraja 2 pmy/cm ² pinnalla voidaan todeta esiintyvän sienikasvustoa kun sieni-itiöpitoisuus >1000 pmy/cm ² (Asumisterveysohje, 2003)				

2.1.4 Sisäilman mikrobiologiaa

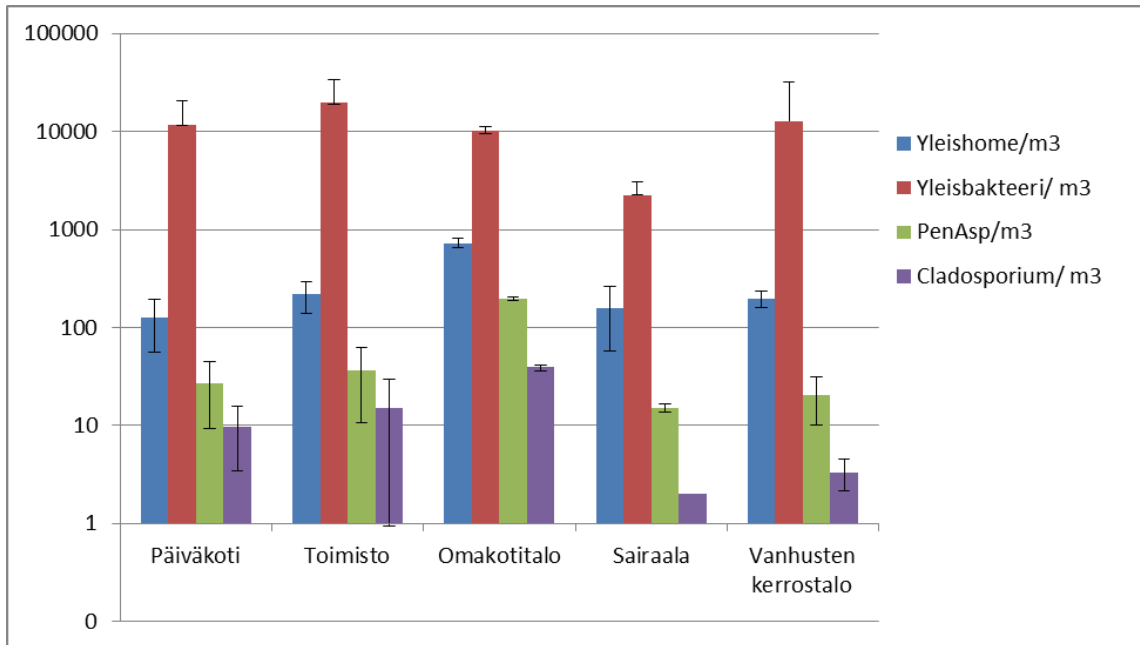
Pilottikohteiden sisäilman mikrobimäärä tutkittiin soveltaen uutta molekyylibiologiaan perustuvaa kvantitatiivista PCR-menetelmää (qPCR). Lisäksi tutkittiin erityyppisten kiinteistöjen mikrobitasojen eroja sekä pilottikohteiden sisällä kiinteistön eri osien (esim. WC-tilat, yleiset tilat, käytävät) sisäilman mikrobipitoisuuksien eroja. Sisäilmamittauksia pilottikohteista tehtiin talvella 2012–2013 (päiväkoti, toimisto, omakotitalo) ja 2013–2014 (päiväkoti, vanhusten kerrostalo, sairaala). Sisäilmamittaukset tehtiin talvella, jolloin ulkoilmasta ei kulkeudu

sisäilmaan mikrobeja (lähinnä homeita). Ilmanäytteiden otto on kuvattu HYGTECH-projektin loppuraportissa (Ahonen ym. 2013).

Kokonaisbakteeripitoisuudet olivat 1 400–42 000 geenikopiota/m³ (kuva 7). WC-tiloissa havaittiin useimmiten hieman korkeampia bakteeripitoisuuksia kuin muissa tiloissa. Sisäilman kokonaisbakteeripitoisuuksissa ei havaittu suuria eroja pilottikohteiden välillä.

Kokonaishomepitoisuudet olivat 44–780 geenikopiota/m³ ja sisäilman yleisimpien *Aspergillus*- ja *Penicillium*-homeiden pitoisuudet 7–299 geenikopiota/m³. Suurimmat kokonaishome- ja *Aspergillus*/*Penicillium*-homeiden pitoisuudet havaittiin painovoimaisen ilmanvaihdon omaavassa omakotitalossa. Kaikissa pilottikohteissa havaittiin *Penicillium*- ja *Aspergillus*-homeiden määrän olevan pääosin suurempi kuin ulkoilmasta peräisin olevan *Cladosporidium*-homeen. Kosteusvauriota mahdollisesti indikoivaa *Mykobacterium*-bakteeria havaittiin omakotitalon olohuoneesta ja keittiöstä, kolmasosasta päiväkodin näytteistä (WC- ja keittiö/leikkitalasta) ja vanhusten kerrostalon yhdestä asunnosta. Kosteusvauriota indikoivaa *Streptomyces*-bakteeria havaittiin pieniä määriä omakotitalon olohuoneesta ja keittiöstä sekä yhdestä näytteestä toimistokiinteistön käytävältä.

Asumisterveysohjeen (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003) mukaisilla menetelmillä ja niiden rinnalla qPCR-menetelmällä on koottu aineistoa, jonka perusteella voidaan tulevaisuudessa tehdä vertailua qPCR:n ja perinteisen viljelymenetelmän antamien tulosten välillä. Ohjearvot ilmanäytteiden qPCR-tulosten tulkinnalle ovat vielä työn alla (Kukkonen 2013). Molekyylibiologisilla menetelmillä saadut tulokset kiinteistöjen sisäilman mikrobitasoista ovat tarkempia kuin perinteisillä viljelymenetelmillä saadut tulokset. qPCR-tulosten hyödyntäminen sisäilman tason määrittelyssä eri pilottikohteissa on hyödyllistä taustatietoa myöhemmille tutkimuksille, koska usein näytteitä otetaan kosteusvaurioepäilyistä kiinteistöistä. Tällöin erilais- ten kiinteistöjen sisäilman mikrobitasojen tunteminen on tärkeää.



Kuva 7. Sisäilman mikrobipitoisuudet qPCR-menetelmällä geenikopiota/m³ pilottikohteista.

2.1.5 Suosituksia sisäilman hygienian parantamiseen

Hankkeessa keskityttiin sisäilman yleisen mikrobiologisen laadun lisäksi tutkimaan ilmastointilaitteiston kriittisiä pisteitä sekä antimikrobisia ja/tai likaa hylkiviä pinnoitteita osana ilmastointilaitteistoa. Sisäilman mikrobiologiaan vaikuttavat kuitenkin monet tekijät, joten sisäilmaan vaikuttavien tekijöiden laajamittainen tunteminen on tärkeää. Sisäilman mikrobiologiseen laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä suosituksia hygienian parantamiseen on listattu taulukkoon 4. Kosteusvauriokohteet aiheuttavat usein ongelmia ja muodostavat laajuudessaan oman tutkimuskokonaisuuden. Tässä hankkeessa tutkimus keskittyi taloihin, joissa kosteusvaurioepäilyjä ei ollut eli ns. terveisiin kiinteistöihin.

Taulukko 4. Sisäilman hygieniaan vaikuttavia tekijöitä ja suosituksia hygienian parantamiseen.

Ilman hygieniaan vaikuttava tekijä	Projektissa tutkittu	Tekijän vaikutus	Suosittelut ratkaisu	Kustannukset, hyödyt ja mahdolliset häität
Tila				
Tiiviys	Kyllä	suuri, mahdollinen epäpuhtauksien kulkeutumisreitti ulko- ja sisäilman välillä sekä rakennuksen eri tilojen välillä	kiinnitetään huomiota tiiviyteen rakennus/saneerausvaiheessa	kustannustehokas
Kulkureitit	Ei	vaikuttaa ilman liikkeseen tilojen välillä ja epäpuhtauksien siirtymiseen	minimoidaan ilman liike tilojen välillä tilojen suunnittelulla	kustannustehokkuus tilakohtaista
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Kosteuden hallinta	Ei	suuri, merkittävä tekijä mikrobikasvulle	suositellaan kiinnitettävän huomiota	kustannustehokas
Ilmavirrat	Kyllä	suuri, vaikuttaa epäpuhtauksien leviämiseen tilojen välillä	huolehditaan, että tulo- ja poistoilmavirrat ovat riittävät ja että ne ovat tasapainossa	kustannustehokas
Materiaali				
Kupari	Ei	vähentää kokonaismikrobien määrää	suositellaan käytettäväksi erityistilanteissa	koko ilmastointilaitteiston varustus ei kustannustehokasta
Antimikrobinen pinnoite	Kyllä	vaatii lisätutkimusta, alustavasti vähemmän pölyä pinnalla	vaatii lisäselvitystä likaisissa/kauan käytössä olleissa kohteissa	kustannustehokkuus riippuu käytetystä pinnoitteesta
Likaa hylkivä pinnoite	Kyllä	vaatii lisätutkimusta, alustavasti vähemmän pölyä pinnalla	vaatii lisäselvitystä likaisissa/kauan käytössä olleissa kohteissa	kustannustehokas
Tuote				
Päätelaitteet	Kyllä	keräävät likaa	likaa hylkivä/antimikrobinen pinnoite mahdollisesti järkevä	kustannustehokas
Tuloilmasuodatin	Toissijaisesti	kerää likaa, toimii mikrobien kasvualueena	kaksinkertainen suodatus tuloilmalle	kustannustehokas
Siipipyörä	Kyllä	kerää likaa	antimikrobinen ratkaisu mahdollisesti järkevä	kustannustehokas
Lämmönvaihdin	Kyllä	kerää likaa	antimikrobinen ratkaisu mahdollisesti järkevä	kustannustehokkuus riippuu vallitusta ratkaisusta
Pinnan muoto	Toissijaisesti	likaa ja biofilmiä keräävät ratkaisut	tasaiset pinnat, vähän kulmia	kustannustehokas
Ihmisen käytös				
Ihmiskuormitus kohteessa	Ei	suuri, tarttuvat taudit		
Ilmanvaihtojärjestelmän säätö	Ei	suuri, vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan	järjestelmän säätö vain ammattilaisen toimesta	
Palvelut				
Kanaviston siivous	Ei	suuri, likaiset kanavat heikentävät tilojen ilman laatua ja saattavat toimia mikrobien kasvualueena	seurataan kanavien likaantumista ja huolehditaan säännöllisestä puhdistuksesta	kustannustehokkuus riippuu siivouksen tiheydestä
Säännöllinen siivous, pölyttömyys koko huoneistossa	Toissijaisesti	suuri, tarttuvat taudit	toimivat siivouskäytännöt	kustannustehokkuus riippuu siivouksen tiheydestä ja laajuudesta
Suodattimien vaihto	Toissijaisesti	suuri, suodattimille paljon mikrobeja	säännöllinen vaihto, käyttötarkoitukseen sopiva suodatin	kustannustehokas
Ilmavirtojen säätö	Ei	suuri, vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan	huolehditaan, että ilmavirrat ovat suunnitelmien mukaiset	kustannustehokas

Rakennusten tiiveyteen tulee kiinnittää huomiota, jotta voidaan varmistaa, että epäpuhtauksia ei pääse kulkeutumaan vuotokohtien kautta rakennuksen sisäilmaan. Rakennusten tiiveyden lisäksi tulee varmistaa, että tulo- ja poistoilmavirrat ovat suunnitelmien mukaiset, jotta ilmanvaihto toimii suunnitellusti. Pilottikohteissa havaittiin sekä liian suuria että liian pieniä ilmavirtoja useammassa tilassa. Epätasapainossa oleva ilmanvaihto saattaa aiheuttaa epäpuhtauksien kulkeutumista eri tilojen välillä sekä ilmavuotoja sisältä ulos ja ulkoa sisälle, ja vaikuttaa näin ollen suoraan sisäilman laatuun.

Projektin kesto oli liian lyhyt likaa hylkivän ja antimikrobisen pinnoitteen tehon osoittamiseen ilmastointilaitteistossa. Vähäisempi pölyn kertyminen näille pinnoille antaa kuitenkin viitteitä niiden tehokkuudesta mikrobiologista likaantumista vastaan. Pinnoitteiden teho tulee varmentaa tutkimalla niitä pitkään käytössä olleiden ilmastointilaitteiden lamelleissa tai tulo-kanavassa, joissa havaittiin korkeimmat bakteeripitoisuudet, käyttäen pidempää seuranta-aikaa.

Tuloilmapuhaltimen siipipyörä osoittautui ilmastointilaitteiston hygienian kannalta kriittiseksi pisteeksi, jonka korvaaminen antimikrobisella materiaalilla tai pinnoitteella voisi tuoda yhden kustannustehokkaan ratkaisun hygienian parantamiseen. Ulkoilman homeiden kulkeutumisesta sisätiloihin voidaan vähentää tehokkaalla suodatuslaitteistolla (kaksinkertainen suodatus suositeltavaa) sekä suodatinlaitteiston säännöllisellä huollolla (mm. suodatinpussien vaihto).

2.2 Kosketuspinnat

2.2.1 Kosketuspintojen tutkimukset

Kosketuspintojen kautta monet mikrobit voivat siirtyä ihmisestä toiseen aiheuttaen sairauksia, ja pintojen mikrobikuormaa vähentämällä voidaan vähentää myös sairastumisriskiä. Pintojen mikrobimääriin vaikuttavat monet tekijät kuten siivousaineet ja -käytännöt, kosketusten määrä ja laatu pinnalla, pinnan ravinteiden määrä (likaisuus), pintamateriaali ja ympäröivä sisäilmasto.

Antimikrobisten materiaalien (kupari, messinki, hopeaa sisältävä pinnoite) toimivuutta kiinteistöjen pinnoissa tutkittiin toimiston, päiväkodin, sairaalan ja vanhusten kerrostalon kosketuspinoilla. Lisäksi tutkittiin kosketusvapaan ja puolielektronisen hanan vaikutusta pintahygieniaan. Pilottikohteisiin asennettiin antimikrobisista materiaaleista valmistettuja tuotteita: ovenpainikkeita, valokatkaisijoita, wc-istuimen huuhtelupainikkeita, lattiakaivon kansia, kaiteita, kaapinovia ja ulko-oven vetimiä (Taulukko 5). Verrokkeina käytettiin vastaa-

via tavanomaisia tuotteita; kromattu, maalattu tai muovista valmistettu pinta sekä vipuhana. Toimistossa tutkittiin wc-tilojen ja yleisten tilojen hygieniaa. Vanhusten vuokrakerrostalossa 10 asuntoon asennettiin HYGTECH-tuotteita ja 10 toimi verrokkeina; lisäksi tuotteita tutkittiin yleisissä käytävä- ja pesutiloissa. Pilottipäiväkodin viidestä ryhmästä kahteen asennettiin HYGTECH-tuotteita ja loput kolme toimivat vertailuryhminä. Sairaalassa neljään potilaswc-tilaan asennettiin HYGTECH-tuotteita ja neljä toimi verrokkeina. Omakotitaloon ei asennettu uusia tuotteita, vaan tutkittiin olemassa olevaa tilannetta.

Pintanäytteitä materiaalin antimikrobisuuden tutkimiseen analysoitiin noin 400 ja hanojen pintanäytteitä noin 80 kappaletta. Näytteet otettiin siten, että edellisestä siivouksesta oli kulunut mahdollisimman pitkä aika. Toimistossa tutkittaville pinnoille tapahtuneet kosketukset kirjattiin lomakkeisiin, lisäksi kosketusten määrää eri pinnoille vakioitiin ohjatun kosketusohjelman avulla. Siivouskäytäntöjen ja kosketusten määrää seurattiin vanhusten kerrostalossa tekemällä haastattelut asukkaille näytteenottojen yhteydessä. Näytteet otettiin ja analysoitiin HYGTECH-projektin loppuraportissa kuvatulla tavalla (Ahonen ym. 2013).

Taulukko 5. Kosketuspintojen tutkimukset.

Pinnat	Pilottikiinteistö					
	Toimisto	Vanhusten vuokrakerrostalo	Päiväkoti	Koulu	Sairaalan osasto	Omakotitalo
Antimikrobiset materiaalit tuotteissa	ovipainike, ulko-oven vedin, wc-huuhtelupainike, valokatkaisija	ovipainike, tukikahva, tukikaide	ovipainike, ulko-oven vedin, wc-huuhtelu, valokatkaisija, kaapin ovi	ei tutkittu	ovipainike, wc-huuhtelunuppi, valokatkaisija	perustilan tutkimus, ei hygieniaa edistäviä ratkaisuja
Kosketusvapaat hanat	elektroninen ja puolielektroninen hana	elektroninen ja puolielektroninen hana	elektroninen hana	ei tutkittu	puolielektroninen hana	puolielektroninen hana

Eri pilottikohteista tutkittiin samoja näytepaikkoja hygienian kannalta kriittisimpien paikkojen määrittämiseksi. Tosielämän olosuhteissa tietyn näytteenottoapaikan, esimerkiksi lattiakaivon kannen, mikrobimäärä vaihtelee merkittävästi eri piloteissa ja jopa saman pilotin sisällä. Näytteenottoapaikat voidaan kuitenkin karkeasti jaotella kolmeen likaisuusluokkaan, joista likaisimpia ovat lattiakaivon kannet ja hanat, toiseen luokkaan kuuluvat pienet pinnat (ovipainike, valokatkaisin, kaapinovi, WC-huuhtelupainike) sekä kolmanteen isot pinnat (kaiteet, WC:n tukikaide, ulko-oven vedin) (Taulukko 6).

Taulukko 6. Kosketuspintojen bakteeritasoja verrokkipinnoilla.

Näytepaikka	Kokonaisbakteerit (pmy/cm ²)	Mediaani (pmy/cm ²)	Muuta huomioitavaa
Lattiakaivon kansi (muovi tai kromattu)	2 - 3000	75,8	Suurin osa (>82 %) yli määrittäysrajan*, vaikeuttaa arviointia
Hana, vipuosa	0,4 - 1300	63,6	Puolet (52 %) yli määrittäysrajan*, vaikeuttaa arviointia, pelkkä vipuosa tutkittu
Ovenpainike, valokatkaisin, WC:n huuhtelunappi, kaapinovi	0,1 - 1200	5,3	
Käytävän kaide, ulko-oven vetimet, WC:n tukikaide	0 - 30	1,3	Mahdollisesti paikallisia bakteerikeskittymiä, iso pinta-ala näytteenotossa

*näytteessä niin paljon bakteereita (maljalla >500 pesäkettä) että pesäkelukumäärän tarkka määrittäys vaikeaa.

Kosketuspintojen mikrobimäärille ei ole olemassa yleisiä raja-arvoja lainsäädännössä. Sairaalatutkimuksissa on kuitenkin käytetty sairaalan pintojen mikrobipitoisuuksien hyväksyttävänä ylärajana 2,5 pmy/cm² (Mulvey ym. 2011). HYGTECH-hankkeen tuloksista merkittävä osa ylittää tämän rajan. Tosin suurin osa näytteistä otettiin muualta kuin sairaalasta. Salgado ja kumppanien (2013) sairaalatutkimuksessa on osoitettu yhteys sairastuvuuden ja potilashuoneen kosketuspintojen kokonaismikrobikuorman välillä.

Kiinteistöjen välillä ei havaittu suuria eroja kosketuspintojen mikrobien kokonaismäärissä, sen sijaan indikaattoribakteerien määrä poikkesi eri piloteissa. Varsinaisten taudinaiheuttajien määrittäminen pintanäytteistä on työlästä, hidasta ja kallista, siksi tutkimuksissa käytetään usein epäsuoraa menetelmää ja tutkitaan ulosteperäistä saastumista osoittavia enterokokkeja ja enterobakteereja (*Enterobacteriaceae*) sekä iholla ja limakalvoilla esiintyviä stafylokokkeja. Näistä indikaattoribakteereista enterokokit voivat myös aiheuttaa sairastumisia; enterobakteerien ryhmään kuuluu useita ripulia aiheuttavia suolistobakteereita. Stafylokokkeista *Staphylococcus aureus* aiheuttaa monenlaisia sairastumisia, joista vakavimpana metisilliinille resistentin kannan (MRSA) aiheuttamat sairaalainfektiot.

Indikaattoribakteereita havaittiin sairaalan kaikilta tutkituilta pinnoilta (<10 % näytteistä), päiväkodissa ja vanhusten kerrostalossa niitä havaittiin satunnaisesti, ja toimistosta hyvin vähän. Ulosteperäisiä enterokokkeja havaittiin maksimissaan alle 20 %:ssa tutkituissa pinnoista, niitä löydettiin sairaalan, päiväkodin ja vanhusten kerrostalon ovipainikkeista (WC,

asunnon ulko-ovi), WC:n tukikaiteesta, käytävän tukikaiteesta ja lepohuoneen valokatkaisimesta.

Osa tutkituista kiinteistöistä siivottiin usein ja säännöllisesti, ja osa harvemmin. Siivouskäytäntöjen ei todettu suoraan vaikuttavan tutkittujen pintojen mikrobien kokonaismäärään tai indikaattorien esiintyvyyteen. Edellisen kosketuksen tai siivouksen ajankohdan ei havaittu vaikuttavan suoraan pintojen mikrobimääriin, vaan pintojen mikrobitasot näyttivät määrätyn monen tekijän summana.

Toimivimmaksi materiaaliksi kosketuspinoilla osoittautui kupari, jonka pinnalta otettiin myös eniten näytteitä tutkimuksen aikana. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaikilla kuparipinoilla havaittiin vähemmän bakteereja kuin vastaavilla verrokipinoilla. Suuri osa pintojen mikrobeista oli sisäympäristön tavallisia mikrokokeja, myös sauvoja, gram-positiivisia kokkeja, bacilluksia ja hiivoja/homeita havaittiin, mutta tarkempaa kantojen tyypitystä ei tehty. Kuparipinoilla havaittiin vähemmän enterobakteereja ja *S. aureus* -bakteereja kuin verrokipinoilla, enterokokkien esiintyvyys sen sijaan oli sama kupari- ja verrokipinoilla. Kuparin toimivuus antimikrobisena materiaalina on vahvistettu useissa tutkimuksissa (Grass ym. 2011, Salgado ym. 2013), ja tässä tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan kuparin toimivuus bakteereja vastaan myös vaihtelevissa tosielämän olosuhteissa.

Hopean teho perustuu, kuparin tavoin, siitä irtoaviin ioneihin, jotka hapettuessaan estävät bakteerien kasvun. Kuparin teho säilyy ilmankosteudesta ja lämpötilasta riippumatta, mutta hopean antimikrobinen vaikutus on vahvasti riippuvainen ympäröivästä kosteudesta (Michels ym. 2009). Hopeapinnoitteet vaativat ympäristöltä korkeaa kosteuspitoisuutta, joten ne eivät toimi kaikissa ympäristöissä. Hopeaa sisältävällä pinnoitteella käsitellyillä ovipainikkeilla havaittiin lähes saman verran tai vain hieman vähemmän bakteereja kuin verrokipainikkeissa. Pinnoitetuissa ovipainikkeissa havaittiin kuitenkin vähemmän *S. aureus* -bakteereja kuin verrokipainikkeissa, mikä puoltaa niiden käyttöä antimikrobisena ratkaisuna. Vastaava tulos on havaittu aiemmassa tutkimuksessa (Herwaldt, 2014). Suurin osa tutkimuksen ovipainikkeista sijaitsi sairaalaympäristössä, joissa yleisesti *S. aureus* aiheuttaa suuren osan sairaalainfektioista (Lyytikäinen ym. 2005). Suurin osa HYGTECH-tutkimuksen hopeapinnoitetuista ovipainikkeista tutkittiin talviaikaan, jolloin sisäilman kosteus on alhainen.

Messinkituotteiden tehoa ei voitu tutkimuksessamme osoittaa varmaksi pienehköjen näyttemäärien vuoksi. On kuitenkin todennäköistä, että merkittävän osuuden kuparia sisältävät messintuotteet toimivat samansuuntaisesti kuparin kanssa, sillä vähintään 60 % kuparia sisältäville messinkituotteille on myönnetty United States Environmental Protection Agencyn

(US EPA) Cu+-hyväksyntä osoituksena antimikrobisesta tehosta (United States Environmental Protection Agency 2015b). Hopeapinnoitettujen ovipainikkeiden osalta on syytä jatkaa tutkimuksia, joissa kiinnitetään huomiota ympäröivään ilmankosteuteen, jotta tuotteen antimikrobinen teho voidaan varmistaa ja huomioida tuote osana hygieniakonseptia. Myös messingin toimivuus käytännössä on varmistettava.

2.2.2 Suosituksia pintojen hygienian parantamiseen

HYGTECH-hankkeessa tutkittiin erilaisten tuotteiden toimivuutta hygienian parantajana tosielämän olosuhteissa. Kosketuspintojen hygieniaan yleisesti vaikuttavia tekijöitä sekä suosituksia hygienian parantamiseen on koottu taulukkoon 7. Tutkittuja hygieniaratkaisuja (antimikrobiset materiaalit, kosketusvapaat hanat) suositellaan käytettäväksi muiden hygieniaa edistävien toimintojen kuten tehokkaan siivouksen ja käsihygienian rinnalla erityisesti sairaaloissa ja julkisten tilojen monien ihmisten usein koskemilla pinnoilla sekä kohteissa, joissa hygienian huomioiminen on erityisen tärkeää (sairaalat, terveyskeskukset).

Eri pilottikohteista saadut tulokset osoittavat, että kuparista valmistettujen tuotteiden pinnalla on vähemmän mikrobeja kuin verrokkipinnoilla, mikä puoltaa niiden käyttöä tehostetua hygieniaa vaativissa kohteissa. Kuparituotteiden käyttö hygieniaa vaativissa kohteissa kuten sairaaloissa voi merkittävästi alentaa sairastuvuutta ja tuoda säästöjä terveydenhoitokustannuksiin. Kupariseosten (messinki) ja hopean käytöstä antimikrobisena materiaalina tarvitaan lisää tutkimuksia, joissa erityistä huomiota kiinnitetään ilman kosteuspitoisuuteen hopeamateriaaleja tutkittaessa. Erityisesti pienten usein koskettujen pintojen materiaalivalinnat ovat kustannustehokkaita.

Likaa keräämättömillä pinnan muodoilla voidaan ehkäistä pintojen suuria mikrobipitoisuuksia. Antimikrobisia pintoja siivottaessa tulee käyttää puhdistusaineita, jotka eivät muodosta kalvoa siivottavan pinnan päälle. Kalvon muodostuminen estää ionien vapautumisen kuparista ja hopeaa sisältävistä pinnoitteista, ja tällä tavoin antimikrobinen vaikutus estyy. Tutkimukset antavat viitteitä siitä, että kosketusvapaan hanan avulla voidaan parantaa pintahygieniaa. Tämä kuitenkin edellyttää hanan käyttöä suunnitellulla tavalla, kosketusvapaasti. Pienen käyttäjäryhmän kohteissa kuten omakotitalossa on syytä kiinnittää huomiota ensisijaisesti siivoukseen ja käsihygieniaan.

Taulukko 7. Kosketuspintojen hygieniaan vaikuttavia tekijöitä sekä suosituksia hygienian parantamiseen

Kosketuspintojen hygieniaan vaikuttava tekijä	Projektiissa tutkittu	Tekijän vaikutus	Suosittelut ratkaisut	Kustannukset, hyödyt ja mahdolliset haitat
Tila				
WC	Toissijaisesti	suuri, tarttuvat taudit ripulitapauksissa	materiaalivalinnat ratkaisuna kaikilla kosketuspinnoina	kustannustehokasta korvata usein kosketut WC:n pinnat hygieenisillä materiaaleilla
Julkiset tilat (aula, hissi jne.)	Toissijaisesti	suuri, tarttuvat taudit	pintoihin	kansanterveydelliset säästöt
Kriittinen pinta				
Useiden ihmisten koskemattomat pinnat	Toissijaisesti	suuri, tarttuvat taudit, tartunta pienellä alueella	materiaalivalinnat ensisijaisesti näihin pintoihin	kustannustehokasta korvata usein kosketut pinnat hygieenisillä materiaaleilla
Useiden ihmisten koskemattomat pinnat	Toissijaisesti	kohtuullinen, mikrobien jakaantumisen pinnalle	materiaalivalinnat hygieniatuja	pienillä pinoilla ei suurta materiaalikustannusta
Vähän käytetyt pienet pinnat	Toissijaisesti	kohtuullinen, mikrobien elinikä	kiinnitetään huomiota materiaalin poikkeustapauksissa	ei yleensä kustannustehokasta korvata materiaalia isoilla, vähän kosketuilla pinoilla
Vähän käytetyt suuret pinnat	Toissijaisesti	kohtuullisen pieni		
Pinnan muoto				
Materiaali				
		vähentää kokonaismikrobien, stafylokokkien ja enterobakteerien määrää, useat muut patogeenit ¹	suositellaan käytettäväksi	kustannustehokas pienillä usein kosketuilla pinoilla, kuparin tummuminen huomioidava
Kupari	Kyllä		alustavasti suositellaan käytettäväksi, messingin kuparipitoisuus huomioitava (>62 %)	kustannustehokas pienillä usein kosketuilla pinoilla, erikoinen ulkonäkö huomioidava
Messinki	Kyllä		Alustavasti suositellaan paikkoihin, joissa stafylokokit ongelma tai kohteisiin, joissa ei ole korkeita hygieniavaatimuksia	ei yhtä tehokas kuin kupari kuivissa olosuhteissa, ulkonäkö neutraali
Hopeaa sisältävät pinnotteet	Kyllä			
Tuote				
Kosketusvapaat tuotteet (hanat, valot, ovet, wc-istuin)	Kyllä	suuri, tarttuvat taudit	suositellaan käytettäväksi	kustannustehokas julkisissa tiloissa
Hana, puolielektroninen	Kyllä	suuri jos oikea käyttö, käytön opastus paljon mikrobeja, enterokokit, enterobakteerit	suositellaan käytettäväksi, mikäli osataan käyttää	kustannustehokas julkisissa tiloissa, joissa käyttö opastettu
Lattiakaivon kansi	Toissijaisesti	suuri joissain tapauksissa, lika ja biofilmiä keräävät ratkaisut	kiinnitetään huomiota materiaalin mikaili riski erityisen suuri (esim. päiväkotit)	ei kustannustehokasta "normaalitilanteessa"
Pinnan muoto	Toissijaisesti		tasaiset, helposti siivottavat pinnat	kustannustehokas
Ihmisen käytös				
Oman sairauden levittämisen ehkäisy	Ei	suuri, tarttuvat taudit	tietoisuuden lisääminen	kustannustehokas
Käsienpesu	Ei	suuri, tarttuvat taudit	käsienpesun/tietoisuuden lisääminen	kustannustehokas
Palvelut				
Säännöllinen siivous	Toissijaisesti	suuri, tarttuvat taudit	toimivat siivouskäytännöt ja -aineet	kustannustehokas
Antimikrobisten materiaalien uudelleen pinnoitus	Ei	merkittävä vaikutus pinnoitettujen tuotteiden tehoon	tehtävä säännöllisesti, tiheys selvitettävä	
1 Grass et al., 2011				

2.3 Vesijärjestelmät

2.3.1 Vesijärjestelmien tutkimukset

Vesijärjestelmien osalta pääosa tutkimuksista suoritettiin edeltävän HYGTECH-tutkimuksen aikana, mutta myös HYGTECH2-tutkimuksen aikana seurattiin eri piloteissa muun muassa perusvedenlaatua ja vedenkäsittelylaitteen vaikutusta vedenlaatuun. HYGTECH2:ssa keskityttiin myös veden käytön tarkastelemiseen. Toimistokiinteistössä seurattiin perusvedenlaatua vesi- ja biofilminäyttein sekä vedenkäsittelylaitteen vaikutusta vedenlaatuun ja verkostomateriaaliin. Lisäksi toimistokiinteistössä toteutettiin tutkimus uudentyyppisillä hopeayhdistettä sisältävillä poresuuttimilla. Sairaalassa seurattiin perusvedenlaatua vesi- ja biofilminäyttein. Vanhusten vuokrakerrostalossa tarkasteltiin perusvedenlaatua vesi- ja biofilminäyttein. Lisäksi sekä toimistossa, sairaalassa että vanhusten vuokrakerrostalossa tarkasteltiin veden käyttöä käyttäjäkyselyjen avulla.

Sekä toimistokiinteistössä, päiväkodissa että vanhusten vuokrakerrostalossa on asennettu kiinteistön vesijärjestelmään putkikeräimiä, joiden avulla voidaan seurata esimerkiksi vesijärjestelmien biofilmiä muodostumista tai materiaalin ikääntymistä. Toimistokiinteistössä putkikeräimiä on vaihdettu sekä HYGTECH- että HYGTECH2-tutkimuksen aikana, päiväkodissa ja vanhusten vuokrakerrostalossa vaihdot toteutetaan vasta myöhemmin. Putkikeräimiä vaihdetaan tutkimustarkoituksessa tavallisesti aikaisintaan esimerkiksi viiden vuoden kuluttua. Hankkeessa toteutetut vesijärjestelmien tutkimukset on koottu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Vesijärjestelmien tutkimukset.

Vesijärjestelmät	Pilottikiinteistö					
	Toimisto	Vanhusten vuokrakerrostalo	Päiväkoti	Koulu	Sairaalan osasto	Omakotitalo
perusvedenlaatu	vesi- ja biofilminäytteenotto	vesi- ja biofilminäytteenotto	HYGTECH1 aikana	ei tutkittu	vesi- ja biofilminäytteenotto	H1 aikana
muut tutkimukset	veden käyttö, vedenkäsittelylaite, hopeayhdistettä sisältävät poresuuttimet	veden käyttö	ei tutkittu	ei tutkittu	veden käyttö	ei tutkittu

Projektissa tutkittiin käyttövesijärjestelmien osalta käyttöveden laatua ja kiinteistön vesijohdotoverkoston kuntoa määrittäen kemiallisia, fysikaalisia ja mikrobiologisia suureita erityyppisissä pilottikohteissa soveltaen useita erilaisia analyysimenetelmiä. Lisäksi näiden tutkimusten perusteella muodostettiin näkemys käyttövesijärjestelmän hygieenisyyteen merkittävästi

vaikuttavista kriittisistä tekijöistä. Teknologiaatalo Sytyttimessä Raumalla tutkittiin lisäksi vesijärjestelmän erikoislaitteita eli hopeaa sisältäviä poresuuttimia ja putkilinjaan asennettavaa magneettista vedenkäsittelylaitetta. Käyttövesijärjestelmien tutkimus painottui pilottikiinteistöihin Teknologiaatalo Sytytin (koko tutkimuskausi), sairaala (syksy 2013 – kevät 2014) ja vanhusten vuokrakerrostalo (kevät 2014).

Pilottikiinteistöjen käyttövesijärjestelmistä otettiin vesi- ja biofilminäytteitä, joista määritettiin muun muassa alkaliteetti, kovuus, johtokyky, pH, suoloja ja ravinteita (mm. Cl^- , NO_2^- , NO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , AOC, MAP, HPC (R2A), DAPI ja ATP). Biofilminäytteistä analysoitiin modernilla molekyylibiologian menetelmällä (qPCR) muun muassa kokonaismikrobimäärä.

Teknologiaatalo Sytyttimessä käyttövesijärjestelmien tutkimus keskittyi HYGTECH2-projektin aikana vesijärjestelmien erikoislaitteiden tutkimukseen. Magnetismiin perustuva vedenkäsittelylaite asennettiin laboratorion pilottiverkostoon jo HYGTECH-projektin aikana ja koko kiinteistön kattavaan tutkimusverkostoon HYGTECH2-projektin aikana, kaikkiaan siis kolmeen erilaiseen putkimateriaaliin (kupari, PEX, PERT-AI-PERT -komposiitti). Lisäksi tutkimusveroston toimistotilassa sijaitsevista hanoista tutkittiin hopeaa sisältäviä Agion-poresuuttimia. Sairaalaosaston ja vanhusten vuokrakerrostalon tapauksissa käyttövesijärjestelmien tutkimus oli kiinteistön vesijärjestelmän perustilanteen tutkimusta, näissä kahdessa kiinteistössä vesijärjestelmään ei asennettu erikoislaitteita.

Toimistokiinteistö Teknologiaatalo Sytyttimen tutkimusveroston ensimmäisen käyttövuoden tuloksia HYGTECH-projektin ajalta on raportoitu erittäin kattavasti Inkisen ym. (2013) artikkelissa. HYGTECH2-projektin aikana Sytyttimessä tutkitut hopeaa sisältävät Agion-suuttimet eivät merkittävästi vaikuttaneet veden laatuun tai suuttimen biofilmiin. Mikrobiologisten analyysien (R2A, DAPI) tulokset antoivat viitteitä siitä, että Agion-suuttimille muodostuu aluksi tavallista suutinta vastaava biofilmikasvu, joka käytön aikana ensin vähenee, mutta palautuu suhteellisen nopeasti, noin neljässä kuukaudessa suuttimien vaihtoa edeltävälle tasolle.

Magneettisen vedenkäsittelylaitteen ei havaittu merkittävästi vaikuttavan veden mikrobiologiseen laatuun tai biofilmin määrään millään tutkitulla materiaalilla, tosin laitteen tutkimusaika HYGTECH- ja HYGTECH2-projektien aikana oli melko lyhyt. Laitteet ovat edelleen käytössä kiinteistön tutkimusverkostossa Teknologiaatalo Sytyttimessä, joten tutkimusten jatkaminen on mahdollista.

Magneettisella vedenkäsittelyllä on todettu olevan vaikutusta putkistojen sisäpinnoille kertyviin kalkkisaostumiin (Kobe ym. 2002). Saostumien muodostumisnopeuteen vaikuttaa käy-

tetyt veden laatu, ja tyypillisesti pehmeässä ja keskikovassa vedessä saostumien muodostuminen kestää pidempään. Kuitenkin on varsin todennäköistä, että mikrobiologista saostumaa muodostuu puhdasta pintaa helpommin kalkkisaostumien yhteyteen ja ainakin tätä kautta magneettisella vedenkäsittelyllä voisi olla suotuisat vaikutukset vesijärjestelmien sisäpintojen mikrobiologiselle puhtaudelle.

2.3.2 Suosituksia vesijärjestelmien hygienian parantamiseen

Käyttövesijärjestelmien hygienian parantaminen perustuu pääsääntöisesti joko veden laadun parantamiseen tai biofilmikasvun vähentämiseen, tai molempiin. Käyttöveden laadun parantamisen kannalta tärkein yksittäinen keino on veden juoksutus ennen käyttöä; riittävällä juoksutuksella vältetään verkostossa mahdollisesti seisonut huonolaatuinen vesi ja varmistetaan veden oikea haluttu lämpötila (kylmä vesi kylmänä ja kuuma kuumana). Erittäin tärkeää on myös hallita kylmä- ja lämminvesijärjestelmien veden lämpötiloja, jotta varmistetaan verkoston olosuhteiden sopimattomuus mikrobikasvulle. Tietyissä kiinteistötyypeissä kannattaa myös harkita verkoston osissa toteutettavia automaattijuoksutuksia veden seisotusaikojen lyhentämiseksi, esimerkiksi toimistokiinteistöissä tai kouluissa vesijärjestelmien käyttö vähenee merkittävästi muun muassa viikonloppuisin ja lomakausina. Vesijärjestelmissä myös suunnittelu, käyttö, ylläpito ja huolto ovat erittäin tärkeitä veden hyvän laadun säilyttämiseksi; esimerkiksi onnistuneella suunnittelulla voidaan vähentää veden seisomisajkoja verkostossa ja asianmukaisella ylläpidolla sekä huollolla voidaan varmistaa veden oikea lämpötila verkostossa. Putkimateriaalilla ei tässä tutkimuksessa todettu olevan merkittävää vaikutusta veden laatuun, myöskään hopeaa sisältävä poresuutin tai yleensä poresuuttimen säännöllinen vaihto eivät osoittautuneet veden laatua parantavaksi lyhyellä aikavälillä. Seuraavalla sivulla olevaan taulukkoon 9 on koottu vesijärjestelmiin liittyvät suositukset sekä HYGTECH- että HYGTECH2-projektin tutkimustulosten perusteella.

Tekes rahoittaa strategisen huippuosaamisen keskittymiä (SHOK), joista Rakennettu ympäristö (RYM) on yksi. SAMKissa RYM-SHOK sisäympäristö-tutkimusohjelman alla on toteutettu vesijärjestelmiin liittyvää tutkimusta. Teknologiatalo Sytyttimessä on tehty RYM-SHOK-tutkimuksia muun muassa verkoston paineiskuihin liittyen (Pelto-Huikko 2015).

Taulukko 9. Veden hygieniaan vaikuttavia tekijöitä ja suosituksia hygienian parantamiseen.

Veden hygieniaan vaikuttava tekijä kiinteistössä	Projektitissa tutkittu	Tekijän vaikutus	Suosittelu ratkaisu	Kustannukset, hyödyt ja mahdolliset haitat
Järjestelmä				
Vesijärjestelmien käyttöönotto, mm. käyttöönottohuuhtelu	Toissijaisesti	Suuri, verkostoon jäävät epäpuhtaudet alentavat veden laatua, lisäävät mikrobikasvua ja aiheuttavat materiaaliavaurioita	Tilaajan varmistuttava siitä, että huuhtelu on tehty	Kustannutehokas
Kuumavesijärjestelmän lämpötilan hallinta	Toissijaisesti	Suuri, esim. Legionella voi esiintyä liian alhaisilla lämpötiloilla	Riittävän korkea lämpötila, vähintään 55°C ¹	Lämpötilan pitäminen liian korkealla ei kustannustehokasta
Kylmävesijärjestelmän lämpötilan hallinta	Toissijaisesti	Suuri, mikrobin kasvu korkeilla lämpötiloilla	Riittävän kylmä lämpötila	Kustannutehokas
Kiertävä kuumavesijärjestelmä	Toissijaisesti	Suuri, mikrobiologinen kasvu seisosutuksessa	Suosittellaan	Ei kustannustehokas yllimitoitettuna
Kylmävesijärjestelmän seisoisajaksien hallinta	Toissijaisesti	Suuri, mikrobiologinen kasvu seisosutuksessa	Suosittellaan; automaattijuoksuukset erityistä hygieniaa vaativissa kohteissa	Kustannustehokas, järkevä suunnittelu
Putkimateriaali				
Kupari vs. PEX	Kyllä	Ei merkittävää vaikutusta vesijärjestelmien mikrobien määrään	Putkimateriaali tulee valita paikalliseen veden laatuun sopivaksi	Materiaalin vaikutus pienempi mikrobien kokonaisuutena kuin seisoisajalla tai lämpötilan hallinnalla
Tuote				
Magneettinen vedenkäsittelylaite	Kyllä	Pieni kylmävesijärjestelmässä	Kuumavesijärjestelmän saostumisen estoon, vaikutus veden mikrobiologiaan vielä heikosti tunnettu	Muut hyödyt, ei suositeltu ratkaisu hygienianäkökulmasta
<i>In situ</i> desinfiointilaitteisto	Kyllä	Suuri	Mikrobiologisesti turvallisen veden varmistamiseen erityistä hygieniaa vaativissa tiloissa	Kustannusvaikutuksia vaikea arvioida, laitteet kehitysvaiheessa, toimissaan kustannustehokas
Veden mikrobiologisen laadun on-line monitorointi	Kyllä	Suuri, veden mikrobiologinen saastuminen voidaan havaita välittömästi	desinfiointilaitteistoon varmistaa mikrobiologisesti turvallisen veden erityistä hygieniaa vaativissa tiloissa	Kaupallisia tuotteita rajallisesti saatavilla
Elektroninen vs. vipuhana	Toissijaisesti	Jonkin verran tutkittu, kts. mm. Mäkinen ym. 2013	Elektronisen hanan lämpötilan hallinta tärkeää	Elektroninen hanan parantaa kosketusprintojen hygieniaa
Poresuuttimen vaihto	Kyllä	Ei merkittävää vaikutusta mikrobien kokonaisuutteen	Vaihto suositeltavaa mikäli patogeeneja poresuuttimessa, irtoaminen veteen mahdollista	Ei kustannustehokas rutiinisti vaihdettuna
Poresuuttimen materiaali: muovisi vs hopeaseos	Kyllä	Ei merkittävää vaikutusta mikrobien kokonaisuutteen	Ei tuotehyväksyntää Suomessa	Ei kustannustehokas rutiinisti vaihdettuna
Palvelut				
Ylläpito	Toissijaisesti	Suuri, laiminlyöty ylläpito voi huonontaa vesijohtoverkoston kuntoa ja edelleen veden laatua	Etuäteen suunniteltu huolto-ohjelma, jota myös noudatetaan	Kustannutehokas
Huolto	Toissijaisesti	Suuri, laiminlyöty huolto voi huonontaa vesijohtoverkoston kuntoa ja edelleen veden laatua	Etuäteen suunniteltu ylläpito-ohjelma, jota myös noudatetaan	Kustannutehokas
Ihminen käyttö				
Veden juoksaus ennen käyttöä	Kyllä	Suuri, mikrobiologinen kasvu ja putkistomateriaaleista liukenevat yhdisteet	Tietoisuuden lisääminen	Veden juoksaus kylmäksi ennen käyttöä kustannustehokasta
1 Rakentamismääräyskokoelma				

2.4 Käyttäjät

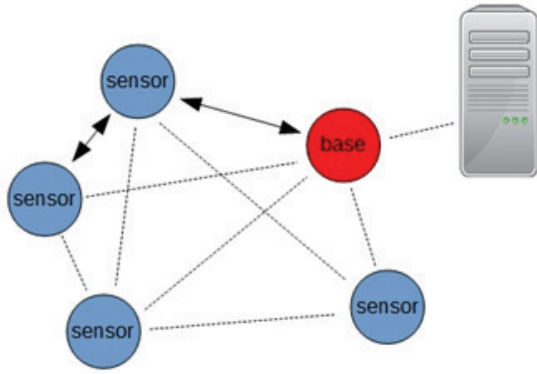
Menestyksekkään liiketoimintakonseptin rakentaminen edellyttää myös käyttäjien tarpeiden ja toiveiden huomioimista, joten HYGTECH-hankkeen kaikissa pilottikiinteistöissä tutkittiin käyttäjien kokemuksia hygieniaa parantavista tuotteista. Tutkimukset toteutettiin Pukaralammin (2013) ylempi AMK -opinnäytetyössään kehittämän lomakkeen avulla. Käyttäjätutkimukset antoivat selkeitä merkkejä siitä, että käyttäjälle hyvin tärkeitä ominaisuuksia ovat vaivattomuus, tarkoituksenmukaisuus ja myös esteettisyys. Tuote voi menettää mahdollisen hygieniaetunsa väärän käyttötavan tai epämiellyttävän ulkoasun vuoksi.

2.5 Hygieniaa parantavat teknologiset ratkaisut

Tampereen teknillisellä yliopistolla on pitkät perinteet kiinteistöympäristössä tapahtuvasta langattomasta tiedonsiirrosta ja automaattisista sensoriverkoista. Yksi toteutetuista verkoista on open platform -periaatteella toimiva niin kutsuttu KILAVI-verkko, joka valittiin alustaksi myös HYGTECH2-projektissa suoritettaviin mittauksiin. Verkon nykyinen kehitysversio oli projektin alussa joiltain osin vielä keskeneräinen, mutta toisaalta se tarjosi mielenkiintoisen tutkimusnäkökulman ja vapaat kädet vaikuttaa verkon toimintaan ja ominaisuuksiin vielä projektin edetessä. KILAVI-verkon kehitystyön aikana on keskitytty tutkimaan muun muassa radiosignaalin kulkua kiinteistössä, kiinteistöympäristöön soveltuvia antenniratkaisuja sekä kiinteistöautomaatioon optimoituja protokollia. Tämän tutkimustyön tuloksena muodostuneen KILAVI:n keskeisimmät ominaisuudet voidaan listata lyhyesti:

- sovellusriippumattomuus
- itsekonfiguroituvuus
- matala virrankulutus
- valmistajariippumattomuus.

Pääosin näiden ominaisuuksiensa ansiosta verkon hyödyntäminen on paitsi helppoa sekä asentajalle ja soveltajalla myös erittäin kustannustehokasta. Verkko ei rajoita millään tavalla siirrettävän informaation muotoa tai sisältöä. Topologialtaan verkko on tyypillinen dynaaminen kuvan 7 kaltainen multihop-verkko.



Kuva 7. Multihop-verkon topologia.

Dynaamisuuden käsite täyttyy sillä ominaisuudella, että verkkoympäristöön voidaan tuoda lisää anturisolmuja ilman erityistä konfigurointia. Uusi anturi suorittaa kättelyn verkon muille laitteille täysin automaattisesti tai korkeintaan erityistä paritustoimintoa käyttäen. Multihop-ominaisuus taas mahdollistaa huomattavasti luotettavamman tiedonsiirron varsinkin pitkillä etäisyyksillä verrattaessa esimerkiksi perinteiseen point-to-point -tähtitopologiaan.

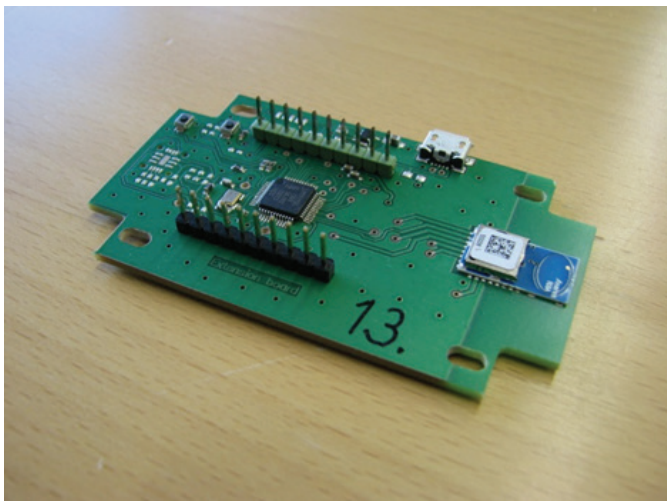
HYGTECH2-projektissa keskityttiin sisätilojen hygieniaan. Projektin kannalta hygienia oli luokiteltu kolmeen osa-alueeseen: pintoihin, käyttövedeen ja sisäilmaan. Näistä erityisesti sisäilman laatu (parametreinaan mm. kosteus, lämpötila, hiilidioksidi) muodosti mielenkiintoisen tutkimusnäkökohdan langatonta mittausjärjestelmää ajatellen. Toisaalta sovellusriippumattomuus mahdollistaisi myös vaikkapa käyttöveden laatua tarkkailevat mittaukset myöhemmässä vaiheessa.

HYGTECH2-projektin pilottikohteiksi olivat projektin alkuvaiheessa valikoituneet erilaiset julkiset tilat aina päiväkodista sairaalaympäristöön. Alusta alkaen oli selvää, että testausympäristöt tulisivat olemaan erityisen haastavia. Erilaiset vallitsevat sähköiset häiriöt esimerkiksi moottoroiduista sängyistä ja henkilökunnan kutsujärjestelmistä olivat ilmeisiä mahdollisten ongelmien aiheuttajia. Koska anturiverkko oli alun perinkin suunniteltu pienitehoiseksi pitkää toiminta-aikaa silmällä pitäen, olivat laitosympäristöjen lukuisat seinärakenteet tehokkaasti estämässä pienitehoisen radiosignaalin etenemistä.

Anturiverkon yksittäinen solmu koostuu aina niin kutsutusta peruslevystä ja sen päälle niin fyysisessä kuin ohjelmallisessakin mielessä pinottavasta sensorilevystä. Varsinainen radioliikenne tapahtuu mainitun peruslevyn välityksellä ja on läpinäkyvä välitettävälle informaatiolle. Peruslevylle on kuitenkin suunniteltu optioksi mahdollisuus mitata kosteutta ja lämpötilaa tiettyjä anturityyppejä käyttäen (Texas Instruments TMP75 tai Sensirion SHT21). Muilta osin

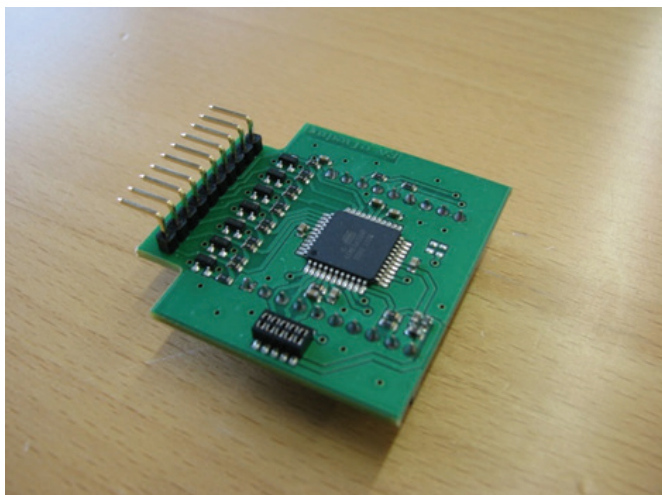
ympäristön anturointi tapahtuu aina päälle pinottavan sensorilevyn välityksellä. Peruslevy tarjoaa liitettävälle sensorilevylle hardware-tason liitännät kaikille yleisesti käytössä oleville digitaalisille liitännöille kuten TWI, SPI, USART, I2C kuten myös AD-muuntimiin kytketyille analogisille liitännöille.

Peruslevyn ydintoiminnot toteutetaan NXP:n LPC1115 32-bittisellä mikrokontrollerilla (Kuva 8). Kyseinen kontrolleri perustuu ARM-arkkitehtuurin M0-sarjaan ja on valittu sovellukseen pienen tehonkulutuksensa, monipuolisuutensa ja edullisen hankintahintansa perusteella. Sensorilevyjen on lopulta tarkoitus olla massatuote, jolloin myös laitteiston hinnalla on merkitystä. Peruslevyn radio on toteutettu Texas Instrumentsin CC1101-radiopiiriin perustuvalla moduulilla. Kyseinen piiri on laajalti käytössä erilaisissa, erityisesti pientä tehonkulutusta vaativissa sovelluksissa. Käytetty moduuli on Anarenin valmistama, fyysisesti pienikokoinen A1101R08. Moduuli on toteutettu integroidulla piirilevyantennilla ja parhaimmillaan moduulilla on omista testeissä saavutettu noin 300 metrin kantama avoimessa tilassa.



Kuva 8. Peruslevy.

Päälle ladottavalle sensorilevylle ei fyysisen koon lisäksi ole muita rajoituksia. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 9 on yksi esimerkki sensorilevytoteutuksesta.



Kuva 9. Sensorilevy.

Esimerkin levyssä antureilta saatavan analyysin suorittaa levyllä sijoitettu AtMega -sarjan mikrokontrolleri. Tällä lähestymistavalla peruslevyn rajalliset resurssit jäävät verkon ylläpidolle ja kokonaisuuden hallinta selkeytyy.

Anturiverkon yksi toimilaite pitää verkkoa perustettaessa määrittää hallintasolmuksi. Kyseisellä solmupisteellä on erityisluonne, koska sen tulee muun muassa huolehtia verkon ajoituksista luotettavan datasiirron takaamiseksi. Käytännössä mikä tahansa solmuista voidaan asettaa hallintasolmuksi sillä määrittäminen tapahtuu täysin ohjelmallisesti. Tavallisesti hallintasolmuista on jatkoyhteys esimerkiksi PC-ympäristössä toimivaan käyttöliittymään tai vaihtoehtoisesti GPRS-moduulin välityksellä spesifiseen pilvipalveluun.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan anturiverkkoa oli tarkoitus testata sairaalaympäristössä. Ilman pienhiukkasten määrän analyysi otettiin yhdeksi mitattavaksi parametriksi. Markkinoilta oli saatavilla volyymikäyttöäkin ajatellen kohtuuhintainen Sharpin valmistama optiikkaan perustuva GP2Y1010AU-pölyanturi. Kyseisellä anturilla tehtiin useita testejä ennen käyttöönottoa ja havaittiin sen olevan riittävän tarkka aiottuihin mittauksiin.

Suunnittelu- ja prototyypientestausvaiheen jälkeen projektin aikataulu venyi pääosin piirilevytoimittajista johtuvista viivästyksistä. Anturiverkko saatiin kuitenkin ensitestiin vanhainkotiympäristöön. Ympäristönä vanhainkoti ja sairaala ovat teknisessä mielessä hyvin samankaltaisia (kiinteistön pohjaratkaisu, tekniset järjestelmät).

Vanhainkodin mittauksista saatujen tulosten laatu oli vaihteleva. Mittausdataan integroitui satunnaisissa mittauksissa häiriösignaalia, jonka alkuperää etsittiin monesta eri kohteesta.

Ongelman aiheuttajaa etsittiin erityisesti sulkemalla pois mahdollisia häiriönaiheuttajia aina moottoroiduista sairaalasängyistä hoitajien kutsujärjestelmään. Varmuudella voitiin todeta ainoastaan, että tekijä oli ympäristöstä aiheutuva sillä omista laboratoriotesteistä ongelmia ei havaittu.

Toisaalta ongelmia aiheutui jo aiemmin mainitusta kiinteistön useita väliseiniä sisältävästä rakenteesta. Anturiverkon multihop-ominaisuus oli vielä testausvaiheessa kehitystyön alla eikä toiminut täysin toivotulla tavalla. Kehitystä kuitenkin jatkettiin projektin loppumetreille asti ja luotettavuus paranikin lähes vaadittavalle tasolle. Projektia jälkeinpäin ajatellen olisi mahdollisesti kannattanut alun alkaen käyttää huomattavasti valmiimpaa verkkoratkaisua, jotta varsinaiselle ympäristön mittaamiselle olisi jäänyt enemmän resursseja.

Projektin päättyessä käytetyn anturiverkon valmiusasteeksi arvioitiin noin 80 %. Erityisesti jatkokehitystä vaatii aiemmin mainittu multihop-ominaisuus ja sen testaaminen käytännön olosuhteissa. Tähän mennessä ominaisuus on saatu toimimaan, mutta niin suurella virrankulutuksella, ettei sen käyttäminen ole mielekästä alkuperäisenä ajatuksena olleen vähävirtaisen järjestelmän puitteissa. Osaltaan avoimeksi jäi myös mitattuun anturidataan vanhainkotiympäristössä integroitunut häiriö. Häiriötä ei saatu toistettua muissa testiympäristöissä, joten selvää oli että jokin vanhainkodissa käytössä olleista muista järjestelmistä aiheutti virhettä mittausdataan. Ajanpuutteen vuoksi asiaan ei valitettavasti ehditty perehtyä tarkemmin. Kokonaisuutena anturiverkon kehitys jatkuu lähitulevaisuudessa muiden aihepiiriin soveltuvien projektien puitteissa.

Käytettävyydeltään anturiverkon ominaisuuksissa päästiin suhteellisen hyvään lopputulokseen. Verkon itseorganisoituvuus mahdollistaa erityyppisten antureiden liittämisen verkkoon vain tuomalla anturi verkon kantoalueelle. Näin ollen käyttäjän velvollisuudeksi jää todeta järjestelmän toiminta ja mittaustulokset PC:n näytöltä. Kuten aiemmin mainittiin, anturiverkko toimii yleiskäyttöisenä alustana erilaisille sovelluksille. Lopullisen käytettävyyden määrittääkin hyvin pitkälti onnistuminen sovelluskohtaisen ohjelmiston suhteen. Sovelluskehittäjän näkökulmasta anturiverkko toimii rajapinta- tai ajuriperiaatteella. Fyysiselle anturille ohjelmoidaan rajapintarutiinit, jonka kautta ”pääohjelmisto” kykenee hallinnoimaan kyseistä anturityyppiä. Ohjelmoitsijan ei siis välttämättä tarvitse tuntea itse verkon toimintaa, mikä nopeuttaa ja selkeyttää ohjelmointityötä. Toisaalta varsinaisen verkon hallinnointi on monimutkainen kokonaisuus, jossa toiminnan mukauttaminen on monimutkaista ja vaatii syvällistä ymmärrystä ohjelmiston toiminnasta. Muun muassa verkon ajoitukset ovat hyvinkin kriittisessä osassa esimerkiksi virrankulutuksen suhteen.

Sisäilmaa mittaavia, anturiverkkoon liitettäviä antureita testattiin myös projektissa. Sharpin valmistama, edullinen pölyanturi osoittautui toimivaksi; laitteella oli testeissä saavutettu yhteneviä mittaustuloksia huomattavasti kalliimpien ilman pienhiukkasmittareiden kanssa. Anturin analogisen ulostulosignaalin tulkinnan ajoitusongelmien jälkeen pääsimme varsin hyviin ja toistettaviin tuloksiin. Sinällään muu olemassa oleva (lämpötila, kosteus yms.) anturointiteknologia on ”kypsää” ja monissa aiemmissa testeissä toimivaksi todettua. Uusien mittausteknologioiden kehittämistä ei koettu mielekkääksi projektin aikataulun ja resurssien puitteissa. Mainittakoon, että mielenkiintoisen mittausosa-alueen olisi tarjonnut mahdollisuus mikrobiologisiin mittauksiin. Tämän hetken tarjolla oleva teknologia on kuitenkin melko kallista ja hankalasti järjestelmään integroitavissa.

Langaton Wirepas-mittausjärjestelmä

Projektin jatkuvatoimiset mittaukset toteutettiin Wirepas-järjestelmällä. Järjestelmä koostuu langattomasti toisiinsa kytkeytyvistä mittalaitteista sekä gateway-laitteesta, joka välittää kertyneen mittausdatan palvelimelle. Mittalaitteet kytkeytyvät toisiinsa mesh-topologialla. Mesh-topologiassa jokainen laite on yhteydessä verkon muihin laitteisiin ja ne toimivat reitittävänä laitteena mittausverkossa ja näin ollen verkossa ei tarvita erillisiä reitittäjiä. Tämä kasvattaa verkon vikasietoisuutta, koska yhden laitteen vikaantuessa mittausdata reititetään automaattisesti kulkemaan gateway-laitteelle muiden pisteiden kautta. Tämän lisäksi voidaan kasvattaa myös mittausverkon peittoa, kun jokaisen laitteen ei tarvitse olla suorassa yhteydessä gateway-laitteen kanssa.

Mittausjärjestelmässä oli alun perin 20 mittalaitetta, jotka mittaavat lämpötilaa, suhteellista kosteutta sekä valonvoimakkuutta sekä kaksi gateway-laitetta, jotka välittävät tiedot palvelimelle joko ethernet- tai 3G-yhteyden avulla. Järjestelmää laajennettiin projektin aikana kahdella mittalaitteella, jotka pystyvät mittaamaan ilman CO₂-pitoisuutta. Mittalaitteet toimivat kahdella AA-paristolla, jotka patterityypistä ja mittausvälistä riippuen kestävät noin vuoden. Gateway-laitteissa on akkuvarmennus, mutta muuten ne toimivat verkkovirralla.

Palvelimelle kerääntyvää mittausdataa voidaan tarkastella asennetun Wirepas Control Panel -ohjelmiston avulla sekä mobiilisovelluksen avulla. Tämän ohjelmiston kautta tapahtuu myös mittalaitteiden konfigurointi, nimeäminen ja asettaminen esimerkiksi ladattuun pohjapiirroksen. Mittalaitteiden konfigurointi onnistuu ohjelmiston avulla etänä, jolloin annettu konfiguraatio päivittyy kaikkiin verkoissa oleviin mittalaitteisiin automaattisesti. Ohjelman avulla voidaan luoda mittaustuloksista kuvaajia tai ladata mittaustulokset Excel-tiedostoon tietyltä aikaväliltä jatkokäsittelyä varten.

Sisäympäristön olosuhteiden mittausten lisäksi projektin aikana tutkittiin mittausjärjestelmän toimintaa eri ympäristöissä. Lähtökohtaisesti langattomat anturit tarvitsevat avoimen ympäristön mahdollisimman laajan toimintasäteen takaamiseksi. Rakenteet ja muut esteet vaimentavat signaalia ja vaikuttavat sekä kantomatkkaan että laitteiden luotettavuuteen. Vaimennuksen suuruus riippuu materiaalista ja materiaalipaksuudesta. Myös muut langattomilla taajuuksilla toimivat laitteet saattavat aiheuttaa ongelmia järjestelmän toimivuudessa.

Päiväkodilla suoritetuissa mittauksissa laitteiden tiedonvälityksessä ei havaittu merkittäviä ongelmia projektin aikana ja mittausjärjestelmä toimi suunnitellusti. Vuokrakerrostalossa sen sijaan tiettyjen mittauspisteiden tiedonkeruussa ilmeni haasteita, vaikka anturien välimatkat toisiinsa nähden olivat samaa luokkaa kuin päiväkodilla. Merkittävin tekijä on vuokrakerrostalon rakenteet, joissa on käytetty paljon terästä sekä betonia. Vuokrakerrostalossa on myös paljon langatonta laitteistoa, joka voi osaltaan aiheuttaa häiriöitä mittalaitteiden signaalien kulussa. Tässä kohteessa ongelmat ratkaistiin asentamalla käytävälle kaksi kappaletta mittaustaitteita toimimaan välityspisteinä. Tällä saatiin järjestelmän toiminta normalisoitua. Langattoman mittausjärjestelmän luotettavuus otollisissakaan olosuhteissa ei ole aina 100 % erinäisistä häiriötekijöistä johtuen. Sisäympäristön olosuhteiden mittauksiin nämä mittalaitteet sopivat kuitenkin hyvin silloin, kun halutaan seurata pitkäkestoisia muutoksia olosuhteissa. Tällöin yksittäisen mittaustuloksen puuttuminen ei nouse kriittiseksi tekijäksi. Mittausdatan katoaminen oli aina satunnaista eikä sille löydetty varsinaista syy-seuraussuhdetta.

2.6 Tuotehyväksyntä

Hyväksymismenettelyn avulla on mahdollista todentaa tuotteiden teho ja luoda asiakkaalle tieto tuotteen antimikrobisista ominaisuuksista. Hyväksyntämenettely tähtää tuotehyväksyntään, jossa osoitetaan tuotteen kelpoisuus tiettyyn tarkoitukseen ja käyttökohteeseen. HYGTECH-konseptissa hyväksymistä edellyttävien tuotteiden erilaisuus ja kirjo tekevät hyväksymismenettelyn laatimisesta haasteellisen. Ilma-, pinta- ja vesisovelluksiin käytettävät tuotteet on käsiteltävä erikseen, jotta kaikki niiden rajoitukset ja ominaisuudet voidaan ottaa huomioon.

Yleensä hyväksymismenettely kattaa paitsi todennettavan testausmenetelmän ja hyväksymiskriteerit (raja-arvot), myös puolueettoman hyväksyntätahon suorittaman tuotantolaitoksen oman laadunvalvonnan tarkastuksen sekä säännölliset auditoinnit tuotantolaitoksella. Auditoinnissa tarkastetaan tuotantolaitoksen oman laadunvalvonnan dokumentointi ja otetaan pistokoenäytteitä mahdollisia laboratoriotestauksia varten. Tuotantolaitoksen oma laadunvalvonta on siis tärkeä osa hyväksymismenettelyä. Kleemolan diplomityö (2014,

hankkeen julkaisu-uettelo) etenee testausmenetelmän teoreettiseen luomiseen asti, ja siitä eteenpäin menettelyn kehittäminen jää tuotehyväksynnän myöntämisestä vastaavalle yritykselle tai organisaatiolle.

Kuparista ja sen seoksista valmistetuille tuotteille on jo olemassa US EPA:n hyväksyntäjärjestelmä (United States Environmental Protection Agency 2015a). Lista US EPA -hyväksytyistä Cu-materiaaleista on esitetty sen nettisivustolla hakusanan ”antimicrobial copper” takana (United States Environmental Protection Agency 2015b). Hyväksytystä testiprotokollan läpäisseissä tuotteissa voidaan käyttää Cu+ merkintää osoituksena antimikrobisesta tehosta (Antimicrobial copper 2015). Hopeaa sisältävien pinnoitteiden antimikrobisen tehon on osoitettu olevan huomattavasti kuparia heikompi normaalissa huoneilman kosteudessa (Michels ym. 2009).

Vaikka materiaali itsessään olisi tutkitusti hygieeninen, saattaa tuotteen muotoilu edistää lian kertymistä esimerkiksi pinnan koloihin ja sitä kautta hankaloittaa siivousta sekä lisätä mikrobikasvua pinnalla. Tuotehyväksyntämenettelyn tulee ottaa kantaa myös eri tavoin muotoiltujen tuotteiden hyväksyntään. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi yritysten omavalvontana, mikäli tuotteen materiaali on jo hyväksytty antimikrobiseksi.

Tuotehyväksyntämenettelyä rakennettaessa tulee miettiä mitä itse asiassa sertifioidaan: materiaali, tuote vai kokonainen kiinteistö? Hygieniaa edistävien tuotteiden hyväksyntäjärjestelmä on kiinnostava ja haastava kokonaisuus, jonka kehitystyössä yritysten tulee olla kiinteästi mukana, jotta se saadaan parhaalla mahdollisella tavalla palvelemaan todellisia tarpeita. Tuotehyväksyntäjärjestelmän toteuttaminen tulee tehdä yhteistyössä arvostetun kansallisen tason kumppanin kanssa.

2.7 Sisäympäristöjen hygienialuokittelu

Hyvä sisäilmasto on hygienian kannalta keskeinen tekijä. Sisäilmaston laadun varmistamiseksi on luotu sisäilmastoluokitus, jossa pyritään huomioimaan sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät (Sisäilmayhdistys ry 2008). Seuraavassa on esitetty tässä projektissa kehitetty yksi näkemys sisäympäristöjen hygienialuokittelusta (H1–H3), jossa hygieniaa edistävät käytännöt sekä ratkaisut on sulautettu yhteen sisäilmastoluokituksen keskeisten tekijöiden kanssa. Tulevaisuudessa tulee huomioida muuttuvien määräysten ja asetusten vaikutus sisäympäristöjen hygieniaan. Uusi asumisterveysasetus tulee voimaan toukokuussa 2015 ja rakentamismääräysten D2-osan uusimisen on ajateltu valmistuvan vuoden 2016 aikana ja näiden myötä myös Sisäilmastoluokitusta ollaan uudistamassa. (Sisäilmastuutiset.fi)

H1: Korkea hygieniataso

Tilan hygieniataso on erittäin korkea. Hygieniavaatimukset on otettu kattavasti huomioon jo tilan suunnittelussa tai korjausrakentamisen yhteydessä.

Tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä ja rakenteiden tiiveys on hyvä. Rakennusmateriaaleina on käytetty päästöluokituksen M1 mukaisia tuotteita. Tilan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät on suunniteltu ja toteutettu niin, että tilassa ei esiinny yllämpenemistä eikä vetoa.

Tilan ilmanvaihto on tasapainossa ja ilman liike tilojen välillä on hallittua eikä edistä epäpuhtauksien siirtymistä tilasta toiseen. Ilmanvaihdon toimintaa seurataan säännöllisesti ja huolehditaan, että ilmamäärät ovat suunnitelmien mukaiset. Ilmanvaihtokoneen, kanaviston sekä päätelaitteiden puhtaudesta huolehditaan säännöllisillä tarkastuksilla ja puhdistuksilla. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu puhtausluokituksen tason P1 mukaisesti.

Veden laatua seurataan säännöllisesti näytteenottojen ja online-seurannan avulla. Hyvää veden laatua ylläpidetään automaattisella juoksutuksella. Käyttövesijärjestelmää seurataan ja huolletaan järjestelmällisesti.

Tilan kosketuspintoissa, kiintokalusteissa ja irtokalusteissa käytetään HYGTECH-sertifioituja materiaaleja tai tuotteita. Mahdollisuuksien mukaan käytetään kosketusvapaita ratkaisuja. Korkeasta hygieniastasosta huolehditaan tilakohtaisesti suunnitellulla kattavalla siivouksella ja ylläpidolla.

H2: Hyvä hygieniataso

Tilan hygieniataso on hyvä. Hygieniavaatimukset on pyritty ottamaan mahdollisimman laajasti huomioon jo tilan suunnittelussa tai korjausrakentamisen yhteydessä.

Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Rakennusmateriaaleina on käytetty pääsääntöisesti päästöluokituksen M1 mukaisia tuotteita. Tilan ilmanvaihto on tasapainossa ja lämpöolot ovat pääsääntöisesti hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Ilmanvaihdon toiminta sekä ilmamäärät tarkastetaan säännöllisin väliajoin. Ilmanvaihtokoneen, kanaviston sekä päätelaitteiden puhtaudesta huolehditaan säännöllisen puhdistuksen avulla. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu puhtausluokituksen taso P2 mukaisesti.

Veden laatua seurataan näytteenottojen avulla. Hyvää veden laatua ylläpidetään seurannan ja huollon avulla.

Tilan keskeisissä kosketuspintoissa, kiintokalusteissa ja irtokalusteissa on käytetty HYGTECH-sertifioituja materiaaleja tai tuotteita. Hyvästä hygieniasta huolehditaan tilakohtaisella siivouksella ja ylläpidolla.

H3: Perushygieniataso

Tilan hygieniataso on tyydyttävä. Hygieniavaatimuksia on tarkasteltu perustasolla tilan suunnittelussa tai korjausrakentamisen yhteydessä

Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua merkittävästi heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Tilan sisäilman olosuhteet täyttävät rakennusmääräysten minimivaatimukset. Pintamateriaaleina käytetään pääsääntöisesti M1-luokan tuotteita.

Ilmanvaihdon toimintaa, ilmamääriä ja järjestelmän puhtautta pidetään yllä normaalin huolto-ohjelman mukaan. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu puhtausluokituksen taso P2 mukaisesti.

Hyvää veden laatua ylläpidetään seurannan ja tavanomaisten huoltotoimenpiteiden avulla.

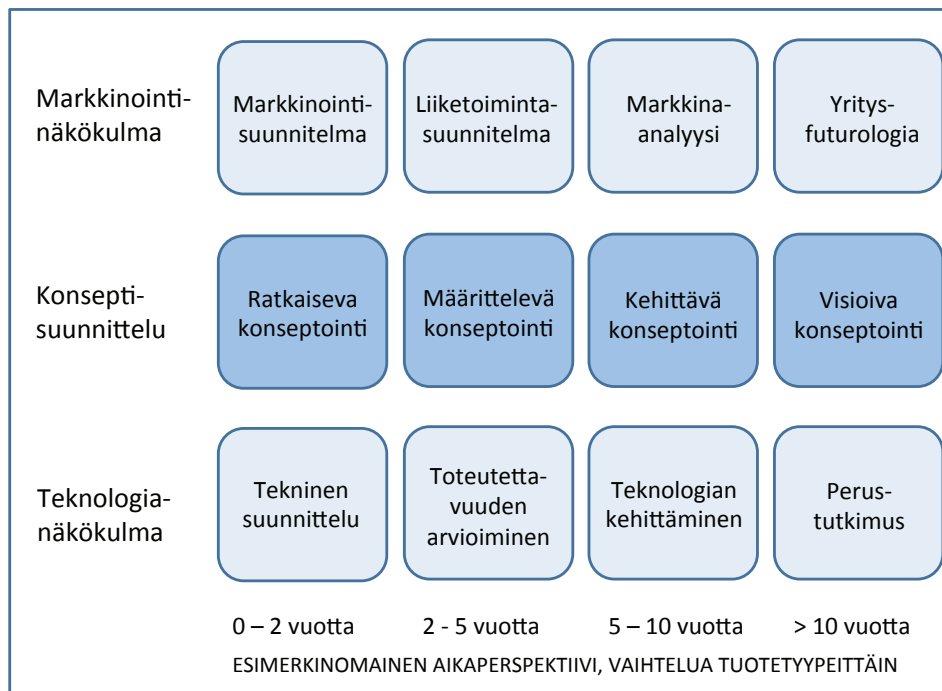
Tilaan on asennettu HYGTECH-sertifioituja materiaaleja tai tuotteita kriittisimpiin pisteisiin. Tilan hygieniatasoa pidetään yllä perustason siivouksella ja ylläpidolla.

3 Liiketoimintakonseptin rakentaminen hygienia-alalla

3.1 Konseptointi

HYGTECH-hankkeessa konseptoinnin kantava ajatus on ollut koota kaikki sisäympäristöhygieniaan vaikuttavat tekijät (ilma, vesi, pinnat) yhdeksi kokonaisuudeksi. Keinonen ja Jääskö (2003, 52) tuovat esille, että tyypillisemmin konseptoinnin lähtökohtana onkin houkutteleva idea tai epämääräisesti tunnistettu mahdollisuus, jota aletaan tutkia. Ollaan tilanteessa, jossa konseptille on luotava ”sielu”, vaikka ruumista ei vielä olisikaan. Heidän mukaansa konseptilla viitataan yleensä tuote- tai palvelulahmotelmaan, jolla ei suoraan ohjeisteta tuotantoa eikä mennä markkinoille, vaan sen avulla tutkitaan mahdollisuuksia ja tehdään päätöksiä. Tulevaisuuden tuotekonseptien avulla kehitetään yrityksen pidemmän aikavälin toimintaa. Niiden avulla voidaan esimerkiksi etsiä vastauksia kysymykseen missä liiketoiminnassa olemme mukana vuonna 2020. (Kokkonen ym. 2005, 11–12.) Kyky tutkia, suunnitella ja kehittää uusia liiketoiminta-alueita on yrityksille tärkeää pitkän aikavälin kilpailukyvyyn varmistamiseksi (Heger & Rohrbeck 2012).

Konseptien kehittäminen on jaettavissa neljään kategoriaan (kuva 10).



Kuva 10. Konseptikategoriat. Muokattu: Kokkonen ym. (2005)

Kaksi pidemmälle tulevaisuuteen tähtäävää kategoriaa ovat visioiva ja kehittävä konseptisuunnittelu. Nämä eivät välttämättä suoraan johda kaupallisen tuotteen kehittämiseen. Tuotekehitysprojektiin suoraan liittyvää konseptointia ovat määrittelevä ja ratkaiseva tuotekonseptointi. Tulevaisuuden tuotekonsepteja voidaan käyttää yrityksissä strategisen suunnittelun apuvälineenä. Konseptissa sovellettu teknologia voi konseptoinnin hetkellä olla olemassa tai äärimmäisessä tapauksessa siitä ei vielä tiedetä mitään. (Kokkonen ym. 2005, 17–18.) Uusien ideoiden tuotteistamisen onnistunut ajoitus on yksi keskeinen haaste konseptointiin liittyvässä päätöksenteossa. Oleellista tässä on näkemys siitä, koska asiakkaiden ja käyttäjien tarpeet kohtaavat teknologiset mahdollisuudet ja kuinka tämä tapahtuu. (Keinonen & Jääskö 2003, 66.)

Tuotekonseptiin sisältyy tyypillisesti informaatio tuotteen toiminnasta, kohderyhmästä, käytetystä teknologiasta ja rakenteesta yms. (Kokkonen ym. 2005, 11–12). Palvelukonsepti puolestaan voidaan määritellä yksityiskohtaiseksi kuvaukseksi asiakastarpeista sekä keinoista, joilla ne pystytään täyttämään eli mitä asiakkaan hyväksi tullaan tekemään sekä miten tavoitteeseen päästään (Edvardsson ym. 2000).

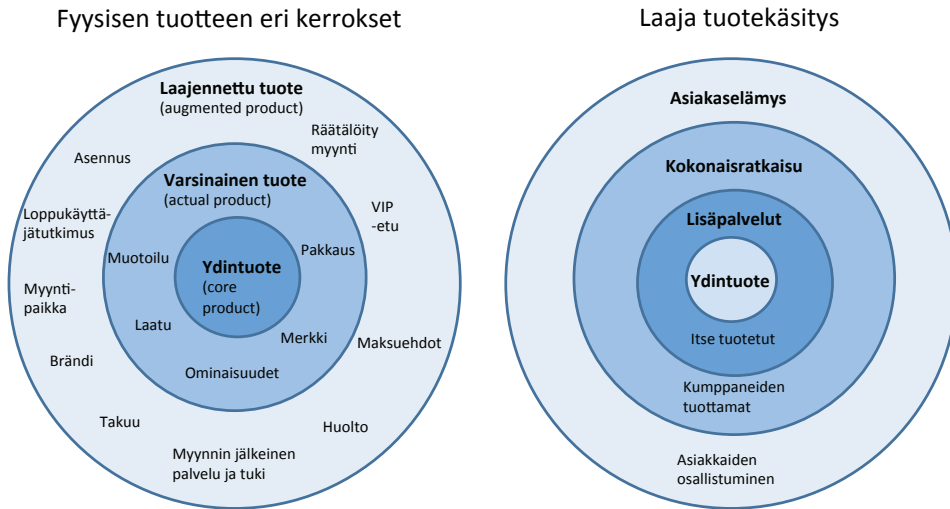
3.2 Konseptin kehittämisprosessi ja käytetyt menetelmät

Suunnittelu ja rakentaminen on Suomessa ollut perinteisesti melko segmentoitunutta niin, että arkkitehti on vastannut rakennuksen yleissuunnittelusta, LVIS-suunnittelijat omien erikoisalojensa suunnittelusta, sisustusarkkitehti sisätilojen toimintaympäristöistä jne. Vastaavasti kiinteistöä rakennettaessa etenkin isommat kohteet toteutetaan verkostomaisesti pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden (esim. LVIS) yhteistyönä. HYGTECH2-projektin tavoitteena on ollut kehittää kaikki sisäympäristöjen hygieniaan vaikuttavat tekijät (pinta, vesi, ilma) huomioiva hygieniakonsepti, jolloin innovaatio- ja kehitystoiminta tapahtuu toimialarajat ylittävässä verkostossa. Toimialarajat ylittävän konseptin kehittämisen tavoitteena on ollut rakentaa kokonaisuus, jonka tuottama asiakasarvo perustuu tuotteiden, palveluiden ja osaamisten yhdistelmään, jonka luomaa asiakasarvoa mikään yksittäinen toimija ei pysty yksin saavuttamaan.

3.2.1 Tuote, palvelu, ratkaisu vai uusi liiketoiminta-alue – mitä ollaan kehittämässä?

Tuotteen käsite voidaan ymmärtää hyvin monella eri tavalla. Perinteisesti tuotteella on tarkoitettu itse fyysisistä tuotetta; rakentamisessa esimerkiksi harkkoa tai levyä. Tuote muo-

dostuu fyysisen tuotteen lisäksi sen tuoteominaisuuksista, laadusta, muotoilusta, ja tuotemerkkiin (brändi) sitoutuvista mielikuvista. Rakennustuotteissa tuoteominaisuuksien kirjo on laaja: käytettävyys, huollettavuus, asennettavuus jne. Tuote voidaan esittää esimerkiksi, kuten kuvassa 11, jossa fyysinen tuote koostuu kolmesta eri tasosta: ydintuotteesta, varsinaisesta tuotteesta ja laajennetusta tuotteesta. Tarkastelu auttaa avaamaan näkökulman sekä aineettomiin elementteihin – palveluihin – että aineellisiin tuotteisiin.

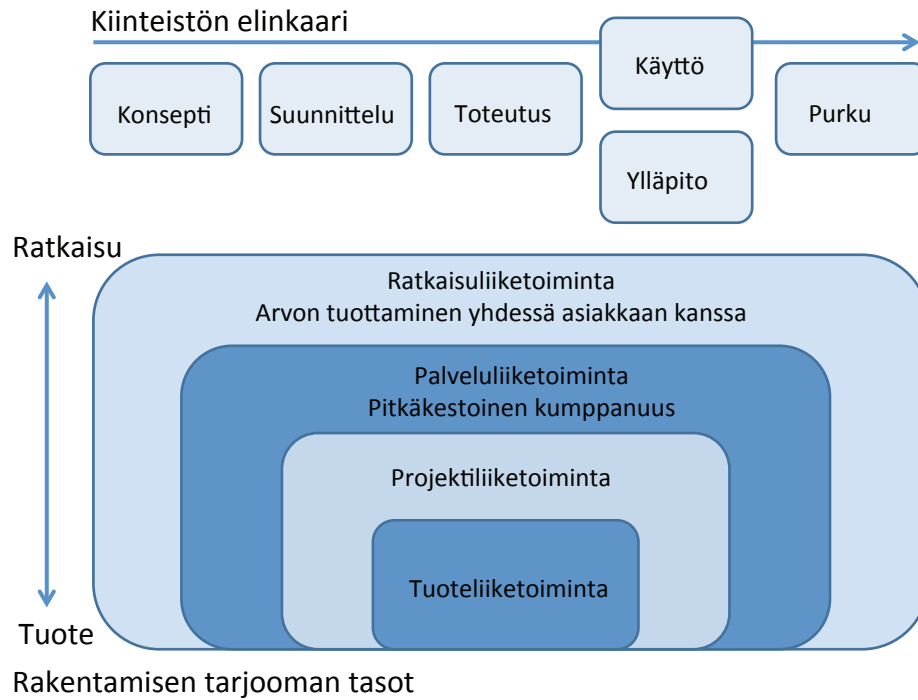


Kuva 11. Tuotteen eri kerrokset. Muokattu: Kotler (1990), Blythe (2001); Vesa (2014); Lindroos & Lohivesi (2004)

Yrityksen tarjooma koostuu kokonaisuudesta asiakkaille tarjottuja tuotteita ja palveluja sekä niihin liittyviä mielikuvia. Lindroos & Lohivesi (2004, 118) tuovat esille, että yrityksissä usein keskitytään luomaan tuotteita ja palveluja, joita pystytään tehokkaasti tuottamaan. Ei ole kuitenkaan selvää, että näin vastataan asiakkaiden tarpeisiin, joten yrityksissä tulisi suuntautua enemmän pohtimaan miten asiakkaan kanssa yhdessä voidaan luoda lisäarvoa. Laajasti määriteltynä tuote koostuu ydintuotteen lisäksi erilaisista itse tuotetuista lisäpalveluista, verkostokumppaneiden kanssa tuotetuista kokonaisratkaisuista sekä asiakkaiden osallistumisesta (kuva 11).

Myös rakentamisen tuotteet ovat muuttumassa ja eriaisteiset palvelukokonaisuudet ovat valtaamassa alaa (kuva 12). Esimerkiksi monet talotekniikan tuotteet, hissien lisäksi, sisältävät huolto- ja ylläpitopalvelua. Palveluliiketoiminnassa palvelun tarjoaminen muodostaa usein itsenäisen osan liiketoimintaa. Palveluliiketoiminta-termin lisäksi alalla käytetään termiä ratkaisuliiketoiminta. Ratkaisuliiketoiminnassa asiakkaan liiketoiminnan kehittäminen edellyttää usein ratkaisuntarjoajan ja asiakkaan tiivistä ja pitkäaikaista yhteistyötä sekä ko-

konaisvaltaista ymmärrystä asiakkaan prosesseista. (Tekes Palveluliiketoiminnan sanasto.) Ratkaisuliiketoiminta, jossa tarjotaan asiakkaalle esimerkiksi valmis kiinteistö leasing- tai vuokrasopimuksella niin, että toimittaja ottaa vastuun rakennuksen ylläpidosta koko sen elinkaaren ajaksi, on viime aikoina lisääntynyt. (Vesa 2014, 47–48.)

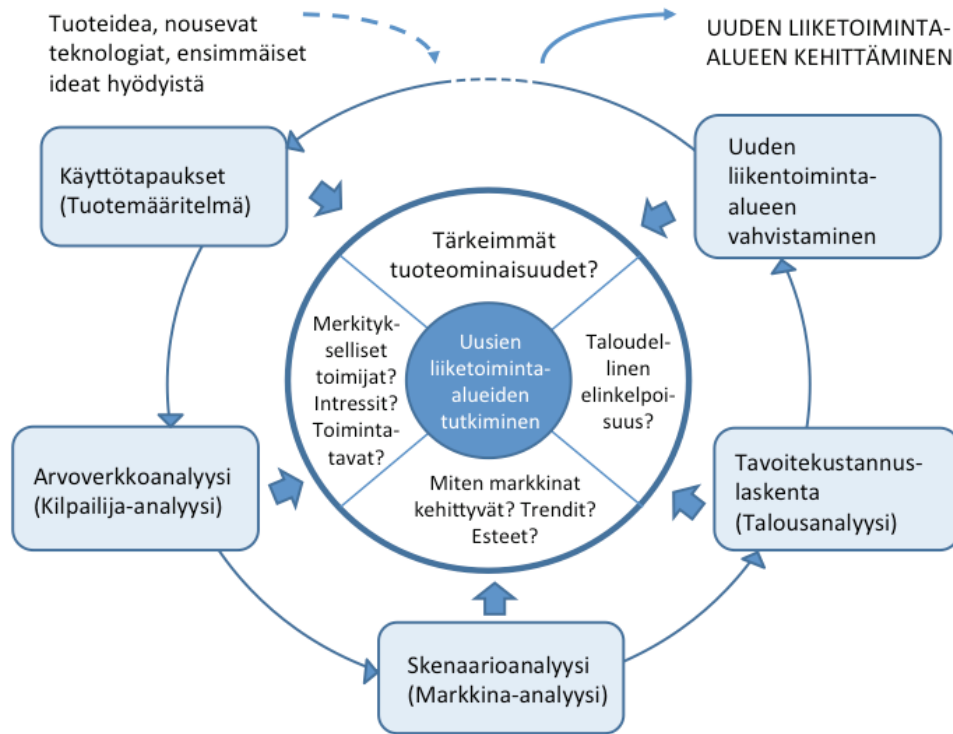


Kuva 12. Rakentamisen tarjoaman eri tasoja kiinteistön elinkaarella. (Vesa 2014, muokattu)

Aiemmat kansainväliset tutkimustulokset (Salgado ym. 2013) sekä kotimaiset hygieniapilotoinnit ovat osoittaneet, että antimikrobiset tuotteet toimivat ja tarvetta niille olisi etenkin haastavissa 24/7-ympäristöissä. Ongelmana on ollut siirtymä yksittäisten tuotteiden pilotoinnista liiketoimintaan. Sisäympäristöhygieniä on uusi liiketoiminta-alue, mihin voi yrityksen näkökulmasta liittyä moniulotteista epävarmuutta (ks. Heger & Rohrbeck 2012). Tilanteen haastavuus liittyy ns. ”muna vai kana” -ongelmaan: Yhtäältä ilman valmista tarjoomaa tuotteita on hankala saada myytyä tunnetusti varovaiselle rakennuttajalle tai tilaajalle. Toisaalta ilman valmiita markkinoita tuotteiden kehittäminen vaatisi etenkin pk-yrityksiltä huomattavaa riskinottoa.

Toimialarajat ylittävän konseptin kehittämisen haasteena on, että konseptissa ei ole selkeää ydintuotetta, jonka ympärille voisi alkaa rakentaa laajempaa tuotetarjoomaa verkoston avulla. (vrt. esimerkiksi Koneen hissit). Kokonaisuus rakentuu tasavertaisten toimijoiden verkostosta, jossa kullakin toimijalla on sisäympäristön eri osa-alueilta – vesi, ilma, pinnat

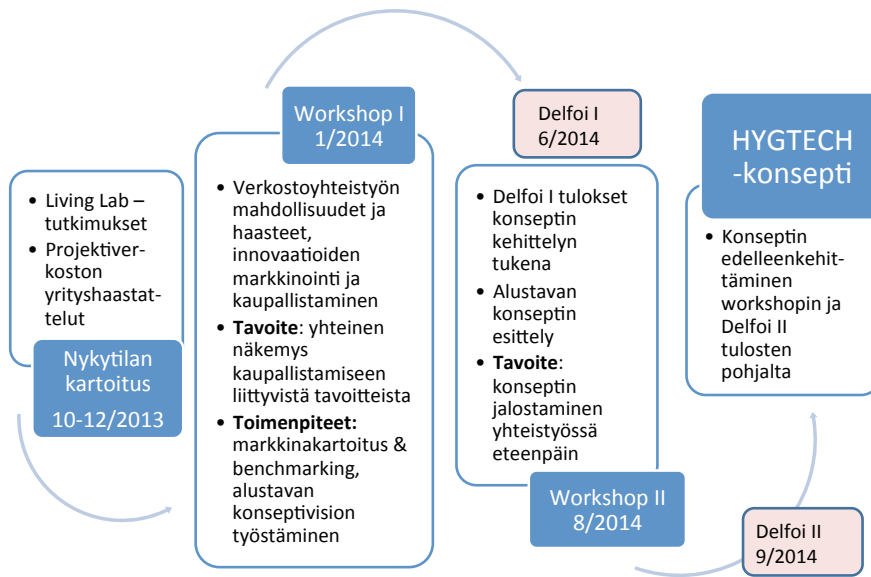
– oleva tuote tai osaamista. Esimerkiksi julkisen sektorin hankintaprosessissa päätökset näiden tuotteiden hankinnoista tehdään lisäksi eri aikaan ja useimmiten eri tahojen toimesta. Ajatusta kokonaisvaltaisesta sisäympäristöhygienian hallinnasta ja konseptin kehittämisestä on lähestytty Hegerin & Rohrbeckin kehittämän, tulevaisuuden tutkimuksen menetelmiin perustuvan, uuden liiketoiminta-alueen tutkimisen viitekehityksen avulla (kuva 13).



Kuva 13. Uuden liiketoiminta-alueen tutkimisen avainkysymykset ja metodit. Mukaeltu (Heger & Rohrbeck 2012)

Uuden liiketoiminta-alueen tutkiminen voi lähteä liikkeelle kehitteillä olevasta teknologias- ta, uudesta tuoteajatuksesta tai asiakashyödystä. Tässä projektissa kantava idea on ol- lut ajatus kokonaisvaltaisesta sisäympäristöhygieniasta (ilma, vesi, pinnat). Ensimmäisessä analyysivaiheessa määritellään tuotteen ominaisuudet käyttötapausten (use-case) avulla. Käyttäjän näkökulmasta käyttötapauskset kuvaavat kuinka tuotetta käytetään ja mitä hyötyä siitä on asiakkaalle. Tässä tutkimuksessa käyttötapauskset kuvataan Living Lab -kohteiden avulla. Arverkko- ja skenaarioanalyysiä on tässä tutkimuksessa tehty haastatteluiden, Delfoi-tutkimuksen ja workshopien avulla. Talousanalyysiä ja kustannuslaskentaa ei ole tehty HYGTECH2-projektien puitteissa, vaan on keskitytty verkoston rakentamiseen ja tule- vaisuusorientoituneeseen tuotekonseptointiin.

HYGTECH-projektin aikana aloitetut Living Lab -tutkimukset ovat luoneet perustan hygie- niakonseptin kehittämiselle. Konseptin kehittämisprosessi vuosien 2013–2014 aikana on mallinnettu kuvassa 14.



Kuva 14. HYGTECH-konseptin kehittämisprosessi.

Konseptointi aloitettiin HYGTECH2-projektissa projektiverkoston nykytilan kartoituksella eli tutustumalla aiempiin tutkimustuloksiin sekä haastatteleamalla osallistujayritysten edustajat syksyn 2013 aikana. Tämän jälkeen hygieniakonseptia lähdettiin kehittämään TuKKK:n tutkijoiden johdolla yhteiskehittelyyn perustuvilla osallistavilla menetelmillä. Projektiverkoston toimijoille (yritykset, tutkijat) on järjestetty kaksi workshop-tilaisuutta (1/2014 ja 8/2014). Laajemman asiantuntijaryhmän osallistamiseksi toteutettiin kaksikierroksinen Delfoi-kysely (6/2014 ja 9/2014), johon kutsuttiin sisäympäristöjen hygieniaa eri suunnilta tuntevia ja haluttavia asiantuntijoita.

3.2.2 Workshop-työskentely

Projektin aikana on järjestetty kaksi workshopia (1/2014 ja 8/2014), joissa konseptia on kehitetty yritysten edustajien, asiantuntijoiden ja projektin tutkijoiden yhteistyönä. Molemmissa workshoppeissa keskustelun pohjan on muodostanut tutkijoiden laatima taustamateriaali. Kokonaiskäsityksen muodostamiseksi HYGTECH-verkostosta alkuhaastatteluissa oli kartoitettu: 1) organisaation tuotteet/palvelut, 2) minkälaisella tuotteella/osaamisella organisaatio on mukana HYGTECH-verkostossa, 3) tavoitteet projektille ja 4) näkemys hygieniakonseptista. Haastattelun tulokset purettiin ensimmäisessä workshopissa, jossa pureuduttiin kaupallistamisverkostoihin innovaatioiden markkinoinnissa, hahmotettiin HYGTECH-konseptin tilanne (toimijaverkosto, ekosysteemi, kaupallistamisen haasteet, yhteistyön riskit) ja suunniteltiin yhteiskehittämisen jatkoa.

Todettiin, että projektiverkoston yritykset olivat hygieniatuotteidensa kanssa erilaisissa kehitysvaiheissa: osalla oli jo kaupallistettuja ja vakiintuneita tuotteita (esim. kosketusvapaa hana), kun toiset kamppailivat vielä prototyyppien kanssa. Kaikille konseptissa tarvittaville hygieniiaa edistävillä tuotteilla ei myöskään ollut vielä valmistajaa eikä palveluille tarjoajaa. Workshop-työskentelyn pohjalta päätettiin selvittää markkinoiden kiinnostusta hygieenisistä sisäympäristöistä kohtaan ja benchmarkata kiinnostavaksi koettua Cleantech-klusteria, jossa yhteisen sateenvarjobrändin alla toimivat itsenäisesti alueelliset klusterin alabrádit (Andersson, Solitander & Ekman, 2012).

Ensimmäisen workshopin jälkeen tehtiin strateginen valinta fokuoittua ensin uudisrakentamiseen¹ ja lähteä kehittämään konseptia potentiaalisen ja vaativan asiakaskohderyhmän kautta. Koska hygieniakysymykset korostuvat tiloissa, joissa on paljon ihmisiä, joiden vastustuskyky on alentunut (pitkäaikaissairaat, vanhukset, lapset) päätettiin konseptin kehittämisessä keskittyä alkuvaiheessa julkisen uudisrakentamisen (sairaalat, koulut, päiväkodit jne.) asiakkuusnäkökulmaan. Kehitystyön tueksi päätettiin kerätä tulevaisuusorientoitunutta tietoa julkisen sektorin uudisrakentamisesta.

Toisen workshopin (29.8.2014) tausta-aineiston muodostivat julkisen rakentamisen Delfoi-kyselyn ensimmäisen kierroksen tulokset ja projektin toimijoiden yhteistyönä koottu alustava HYGTECH-konseptin kuvaus. Ryhmätyöskentelyssä hyödynnettiin erityisesti tulevaisuudentutkimukseen ja tulevaisuuteen orientoituvaa kehittämiseen soveltuvaa Innotiimiä (<http://www.innotiimi.fi/site/>) kehittämään HOPE-menetelmää. Menetelmän nimi HOPE tulee sen tärkeimpien työvaiheiden alkukirjaimista: H = Hyödyt, O = Ongelmat, P = Parannusehdotukset ja E = Eteenpäin vieminen. HOPE-menetelmää voidaan käyttää analysoitaessa ja parannettaessa kehityskonsepteja (tuotteet, palvelut, toimintatavat). Menetelmän avulla konseptia voidaan parantaa ja konkretisoida sekä saada muita henkilöitä ”ostamaan” ajatus uudesta konseptista.

Työskentelyprosessi etenee seuraavasti: Osallistujille kuvataan ensin prosessi ja jaetaan kirjallinen esitys tai ehdotus työstettävästä aiheesta työskentelyn pohjaksi. Sen jälkeen ehdotus käydään lävitse ja esityksen aikana osallistujat kirjoittavat muistiin ideoita, joita heille tulee mieleen. Tämän jälkeen ehdotusta työstetään eteenpäin ryhmissä ja sen jälkeen seuraa ryhmien kirjaamien hyötyjen, ongelmien ja parannusehdotusten läpikäyminen. HYGTECH2-projektissa toisen workshopin ryhmätöiden ja keskustelun tulokset toimivat pohjana konseptin jatkokehittämiselle ja Delfoi-kyselyn toisen kierroksen kysymysten ja väittämien laadinnalle.

¹ Rakentaminen voidaan jakaa uudis- ja korjausrakentamiseen. Uudisrakentamisella tarkoitetaan rakennusluvanvaraista rakentamista, jonka tuloksen syntyä uusi rakennus tai uutta tilaa jo olemassa olevan rakennuksen yhteyteen. Korjausrakentaminen taas on toimintaa, jolla pyritään parantamaan tai ylläpitämään olemassa olevan rakennuksen tai sen osien kuntoa. Korjausrakentaminen voidaan jakaa vielä perusparantamiseen ja kunnostukseen. (Suomen virallinen tilasto SVT, Korjausrakentaminen, Rakennus- ja asuntotuotanto).

3.2.3. Delfoi-tutkimus

HYGTECH-konseptin kehittämisen tueksi toteutettiin sähköinen Delfoi-kysely ”Hygieeniset sisäympäristöt julkisessa rakentamisessa”. Delfoi-menetelmä on asiantuntijahaastattelu, jossa tehdään useita haastattelukierroksia. Vastaajat antavat mielipiteensä anonyymisti. Delfoi-prosessissa voidaan tavoitella asiantuntijapaneelin konsensusta tai kohdistaa päähuomio siihen, että löydetään useita perusteltuja tulevaisuuden vaihtoehtoja (Rubin 2012; Myllylä 2012).

Kyselyn sisällön suunnittelussa on tehty yhteistyötä koulutusennakoinnin ENSA- ja Sataviisari-projektien kanssa (www.sataviisari.fi). Teema-alueiden ja sisältöjen muodostamisen perustana käytettiin tulevaisuuden tutkimuksen menetelmiä. Tulevaisuudentutkimuksen käytännön tutkimuskohde on nykyhetki. Tavoitteena ei ole etsiä tulevaisuutta koskevaa absoluuttista totuutta vaan erilaisia vaikutusmahdollisuuksia nykyhetkessä tapahtuviin päätöksiin ja valintoihin. Julkisen rakentamisen aihealuetta on hahmotettu tekemällä siitä ensin pienryhmällä kontekstikartta (kuva 15), jossa tavoitteena oli löytää aiheen kannalta keskeiset teemat. Tulevaisuustyöskentelyn hyödyntämisen tavoitteena on ollut pyrkimys huomioida tehtävässä konseptoinnissa tulevaisuuden vaihtoehtoiset kehityskulut. Tulevaisuustyöskentelyn lisäksi kysely pohjautuu yritysten teemahaastatteluihin.



Kuva 15. Julkisen rakentamisen kontekstikartta.

Kyselylomake koostuu tulevaisuuteen kohdistuvista väittämistä, joiden toteutumisen todennäköisyyttä paneeli tarkastelee. Panelistit arvioivat tulevaisuusväitteitä ja perustelevat valintojaan anonymisti. (ks. Rubin 2012). Tulevaisuutta koskevat väittämät on rakennettu niin, että niissä kuvattu tulevaisuus kuvasi mahdollista lähitulevaisuutta eli vuotta 2020. Ensimmäisen kierroksen teesit (ja muut kysymykset) rakennettiin projektiryhmien tuella. Kysely jakautui kolmeen teemaosioon: julkisen rakentamisen tulevaisuus, sisäympäristöjen hygieniaratkaisut ja rakentamisen kulttuuri ja osaamistarpeet (ks. liite 2).

Kyselyn onnistumisen kannalta on tärkeää saada hahmotettua mahdollisimman kattavasti keskeiset asiantuntijuusalueet (ks. Rubin 2012). Paneeliksi nimettyyn Delfoi-raatiin valitaan tarkastelun kohteena olevaa teema-alueita eri suunnilta tuntevia ja hallitsevia henkilöitä. Valinta oli systemaattinen prosessi ja panelistien määrittäminen tehtiin sitä varten luodun asiantuntijuuden taulukkomatriisin avulla (kuva 16). Panelistien kutsukirje on loppuraportin liitteenä 1.

HYGIENISET SISÄYMPÄRISTÖT JULKISESSA RAKENTAMISESSA Delfoin Panelistien valintakriteerit

Osallisuus Asiantuntijuuden alue	Päätöksenteko ja johtaminen, rakennuttaminen	Suunnittelu	Tuotanto ja valmistus	Käyttäminen	Ylläpito	Tutkimus ja koulutus	Tiedotus ja markkinointi
Yritykset							
Ammattikäyttäjät							
Kunnallishallinto							
Valtionhallinto							
Korkeakoulut ja tutkimuslaitokset, ammatilliset oppilaitokset							
Järjestöt							

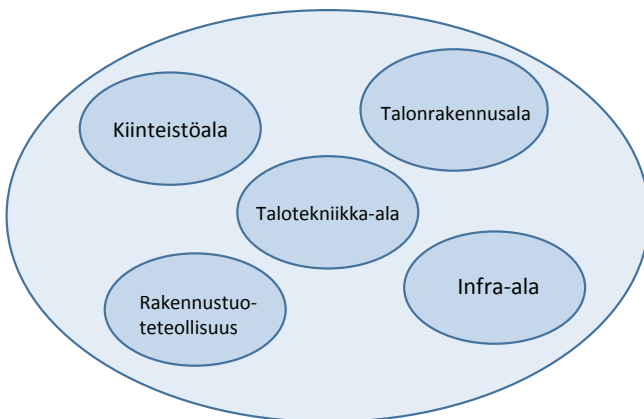
Kuva 16. Delfoin panelistien valintakriteerit.

Ensimmäinen kierros avautui 11.6.2014 ja suljettiin 16.9.2014. Osallistumiskutsu lähetettiin yhteensä 130 henkilölle. Kymmentä henkilöä ei tavoitettu ja yksi vastaaja ilmoitti, että ei eläkeläisenä enää halunnut osallistua. Paneeliin kutsutuille lähetettiin kesälomakauden jälkeen yksi muistutusviesti. Vastaajia oli yhteensä 29, jolloin osallistumisprosentiksi tuli 24. Vastauksia tuli kattavasti eri tahoilta (yritys, kunta, valtio, järjestö/säätiö, koulutus/tutkimus) ja eri toimenkuvia edustavilta ihmisiltä. Suurin osa vastaajista edusti yritysnaökulmaa ja tehtävänkuvana oli päätöksenteko ja johtaminen. Vastaajat osallistuivat kattavasti kaikkiin

eri investointiprosessin vaiheisiin, joten kaikki näkökulmat olivat edustettuina. Toinen kierros avautui 22.9.2014 ja suljettiin 15.10.2014. Kutsuviestin mukana panelisteille lähetettiin 1. kierroksen tuloskooste. Myös toisella kierroksella panelisteille lähetettiin yksi muistutusviesti, minkä jälkeen vastaajia oli yhteensä 24.

3.3 Hygienialiiketoiminnan tarkastelu ekosysteemi- ja tulevaisuusnäkökulmista

Rakennettu ympäristö edustaa yli 70 prosenttia eli yhteensä noin 560 miljardia euroa kansallisvarallisuudestamme. Rakennettua ympäristöämme käyttävät kaikki: ihmiset, yritykset, muut yhteisöt ja yhteiskunta. Rakennetussa ympäristössä asutaan, liikutaan, tehdään työtä ja vietetään vapaa-aikaa. Rakentaminen ja rakennetun ympäristön ylläpito työllistävät joka viidennen (20 %) Suomen työllisistä. Rakennetun ympäristön käyttö, ylläpito ja hallinta, suunnittelu, rakentaminen, rakennustuoteteollisuus ja niihin liittyvät palvelut muodostavat kiinteistö- ja rakennusklusterin (kuva 17). Klusteriin kuuluu sekä tuotannollista että palveluliiketoimintaa. Klusteri muodostuu toisiinsa kytkeytyvistä toimialoista, joista tärkeimmät ovat rakennusala ja kiinteistöala. Rakennustuoteteollisuus jakautuu puu-, metalli-, kivi- ja muu-tuoteryhmään sisältäen hyvin erilaisia tuotteita elementeistä ja muoviputkista lukkoihin ja kalusteisiin. (Vesa 2014, 1-2, 92; Rakennusteollisuus; Rakennettu ympäristömme NYT/2025, 201.1)



Kuva 17. Kiinteistö- ja rakennusklusteri (Vesa 2014).

Kokonaisuudessaan kiinteistö- rakennusalan volyyymi on Suomessa noin 45 miljardia euroa, joka on noin neljäsnes bruttokansantuotteesta. Rakennusala on moitittu kehittämisen vähäisyydestä. Kun tutkimus- ja kehitystoiminnan osuus koko Suomen teollisuudessa on keskimäärin noin kolme prosenttia liikevaihdosta, on se rakentamisessa vain noin 0,8 prosenttia. Rakennusteollisuuden halukkuus aktivoitua t&k-toiminnassa on viime aikoina nä-

kynyt esimerkiksi alan päätöksenä perustaa oma strategisen huippuosaamisen keskittymä (SHOK) RYM Oy. (Vesa 2014, 1–2, 92.)

Rakennukset koostuvat hyvin monista tuotteista ja järjestelmistä. Rakennustuotteiden ja rakennuksien elinkaari on pääsääntöisesti pitkä – tyypillisesti 50–100 vuotta. Rakentamista ja rakennustuotteita myös säädellään monin määräyksin ja ohjein. Tämä tuo kehittämiseen erilaisia haasteita kuin monella muulla alalla. Myös rakentamisen pitkä ja fragmentoitunut aroverkko on kehittämisen kannalta haastava. Rakentamisen lopputuotteet syntyvät monen eri osatekijän ja tuotteen yhdistelminä. Tällaisessa ympäristössä on haastavaa hallita lopputuloksen ominaisuuksia ja erityisesti uudistaa niitä, koska prosessin osapuolilla on lopputuotteelle erilaisia vaatimuksia ja toiveita. (Vesa 2014, 4, 100, 104, 108.)

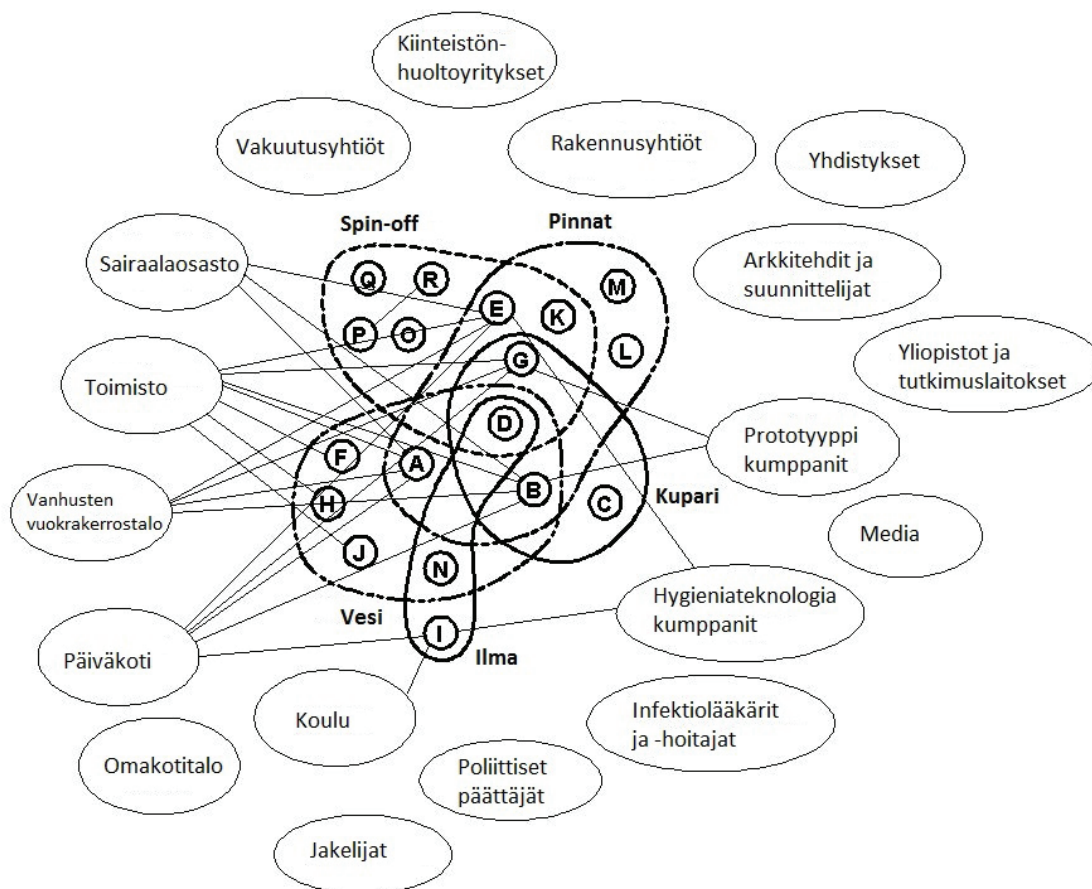
3.3.1 Sisäympäristön hygienian projektiverkosto ja ekosysteemi

HYGTECH2-projektissa tavoitteena on ollut kartoittaa sisäympäristöjen hygieniaratkaisujen liiketoimintapotentiaalia ja kehittää toimialarajat ylittävä kokonaisuus yhdistäen kaikki kiinteistöjen hygienian osa-alueet: veden, ilman ja pinnat. Rakentamisen tuotteet ovat tyypillisesti kompleksisia ja systeemisiä, mikä synnyttää tarpeen kytkeä monia asiantuntijoita rakennusprojekteihin. Rakennustuoteteollisuudessa (esimerkiksi elementit ja kalusteet) tuotteen suunnittelu on oleellinen osa tuotannon suunnittelua ja johtoa. Rakennustuotteissa (erilaiset kiinteistöt) taas tuotteen suunnittelu on erotettu tuotannosta, mikä vaikuttaa oleellisesti rakentamisen innovaatiotoimintaan (Vesa 2014, 107).

HYGTECH-konseptissa voidaan puhua systeemisestä innovaatiosta, koska sen syntyyn ja toteuttamiseen vaikuttaa useampi yritys. Systeemiset innovaatiot vaikuttavat tyypillisesti myös asiakkaan prosesseihin (Vesa 2014, 22). Tämän vuoksi on ollut erittäin tärkeää muodostaa toimijoiden kesken yhtenäinen käsitys siitä, mitä ollaan kehittämässä. Lisäksi on ollut tärkeää pohtia sitä, miten hygieniaratkaisut voitaisiin entistä tiiviimmin liittää rakentamisen – erityisesti uudisrakentamisen – prosessiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, koska ovat portinvartijoita prosessissa ja keiden kanssa tulee päästä ratkaisuihin keskustelemaan.

Kuvassa 18 on havainnollistettu sisäympäristön hygienian ekosysteemiä, josta voidaan löytää eritasoisia toimijoita. Innovaattoriyritykset ovat keskellä ja muut merkittävät (haastatteluiden ja kyselyn pohjalta tunnistetut) sidosryhmät ovat ulkokehällä. Verkoston laajuuden vuoksi vain keskeisimmät yhteydet eli HYGTECH-hankkeen Living Labeliin testattavia tuotteita toimittaneet yritykset ja näiden t&k-kumppanit on visualisoitu. HYGTECH-konseptin

innovaatio- ja kehitystoiminta tapahtuu toimialarajat ylittävässä verkostossa. Verkostoissa tapahtuva innovointi luo sekä mahdollisuuksia (uusia kyvykkyyksiä ja ideoita) että haasteita (koordinoitongelmat). Verkoston monitoimialaisuus näkyy useina “alaverkostoina” – vesi, pinnat, ilma, kupari, spin-off – jotka pääpiirteissään ovat muodostuneet eri liiketoiminta-alueiden ympärille. Spin-off -verkosto eroaa muista siinä, että verkosto ei kuulu HYGTECH2-projektirahoituksen ja konsortiosopimuksen piiriin ja toiminnan orkestroijana on toiminut verkoston keskiössä toimiva vahva yritys, joka hyödyntää verkoston toimintaa omassa liiketoiminnassaan.



Kuva 18. Sisäympäristön hygieniaverkostot ja ekosysteemi.

Sidosryhmät muodostavat merkittävän kokonaisuuden monitoimialaisessa innovaatioverkostossa. Useimmat haastatellut korostivat erityisesti arkkitehtien ja suunnittelijoiden merkitystä siinä, että uudet tuotteet ja visiot huomioitaisiin rakennussuunnitelmissa riittävän aikaisessa vaiheessa. Myös suuret rakennusyhtiöt ja jakelijayritykset, jotka toimivat asiakasrajapinnassa voivat olla uusien tuotteiden menestyksen kannalta tärkeitä portinvartioita.

Julkisen rakentamisen kontekstissa poliittiset päättäjät ovat merkittävä sidosryhmä, joka voi vaikuttaa investointipäätöksiin. Avoimen innovaation aikakaudella yritykset enää harvoin ke-

hittävät kaikkea tarvittavaa teknologiaa talon sisällä, jolloin innovaatioprosessin kuluessa yritykset tekevät t&k-yhteistyötä erilaisten kumppaneiden kanssa. Myös yhteistyö yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa on yritykselle tärkeää antimikrobisten tuotteiden luotettavuuden varmistamiseksi ja uskottavuuden rakentamiseksi. Hygieniateknologian ekosysteemissä infektiolääkärit ja -hoitajat ovat sekä antimikrobisten tuotteiden potentiaalisia ammattikäyttäjää että heillä on mikrobiologista osaamista aihealueelta, mikä tekee toimijoista tärkeitä mielipidejohtajia. Tuotteiden elinkaarella asennettavuus, huollettavuus ja siivottavuus ovat tärkeitä ominaisuuksia, joiden kehittämisessä kiinteistöhuoltoyritykset ovat avainasemassa. Erilaisilla yhdistyksillä voi olla tärkeä rooli tiedotettaessa uutuustuotteista tai uusista toimintamalleista sekä omalle jäsenistölle että laajemmalle yleisölle. Esimerkiksi SSTY:n (Suomen Sairaalatekniikan Yhdistys) tarkoituksena on koota yhteen Suomen sairaaloissa ja terveydenhoitolaitoksissa toimivat teknisen alan henkilöt. Taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna vakuutusyhtiöt ovat sidosryhmä, jonka korvattavaksi epidemioiden kustannukset päätyvät, jos esimerkiksi päiväkodeissa infektiot pääsevät leviämään.

Merkittävän sidosryhmäjoukon muodostavat myös projektin “testikäyttäjät” eli kuusi Living Lab -kiinteistöä, jotka ovat olleet merkittävä kumppani koko projektin ajan. Kohteissa tehty tutkimus tarjoaa tärkeää tietoa sekä tuotteiden teknisistä ominaisuuksista että tuotteiden käytettävyydestä oikeassa arkielämän käyttöympäristössä. Living Labit on esitelty aiemmin kohdassa 2 Living Lab -tutkimukset.

3.3.2 Hygieeniset sisäympäristöt julkisessa rakentamisessa – lähitulevaisuuden näkymiä

Seuraavassa tuodaan tiivistetysti esiin projektissa toteutetun julkisen uudisrakentamisen kontekstiin keskittyvän Delfoi-kyselyn tuloksia. Kyselyssä julkinen rakentaminen määriteltiin seuraavasti: julkisella rakentamisella tarkoitetaan yhteisillä verovaroilla tapahtuvaa rakentamista, johon liittyy julkinen hankintamenettely (ks. Uyarra ym. 2014). Tässä julkisilla rakennuksilla tarkoitetaan esimerkiksi virastoja, sairaaloita, kouluja ja päiväkoteja. Kysely jakautui kolmeen teema-alueeseen: julkisen rakentamisen tulevaisuus, sisäympäristöjen hygieniaratkaisut ja rakentamisen kulttuuri ja osaamistarpeet. Tulevaisuutta koskevat väittämät, joihin panelisteja pyydettiin ottamaan kantaa, kuvasivat lähitulevaisuutta eli vuotta 2020.

Julkisen rakentamisen tulevaisuus – Investointiprosessi ja päätöksenteko

Julkisessa uudisrakentamisessa on kyse mittavasta investoinnista, jonka piirteitä ovat sen pitkä ajallinen kesto, laajat vaikutukset, suuri sitoutunut pääoma ja epävarmuus. Ensimmäisellä kierroksella varsinaisten tulevaisuuskysymysten lisäksi vastaajilta tiedusteltiin mihin

investointiprosessin vaiheisiin he itse osallistuvat, missä vaiheessa sisäympäristöjen hygieniaan liittyvät asiat tulisi huomioida ja mitkä ovat keskeisimmät tahot, jotka voivat vaikuttaa vaatimusmäärittelyihin näissä vaiheissa (ks. taulukko 10).

Taulukko 10. Investointiprosessin vaiheet, osallistuminen investointiprosessiin ja näkemys eri vaiheiden tärkeydestä terveysvaikutusten määrittelyssä.

Investointiprosessin vaihe	O	TVH	Miksi tämä investointiprosessin vaihe on tärkeä
Investoinnin valmistelu	2	11	<ul style="list-style-type: none"> – Investoinnin valmistelussa tulisi huomioida koko kiinteistön elinkaaren turvallisen käyttöajan pidentäminen. – Sisäympäristön terveellisyys ei ole irrallinen elementti, vaan liittyy koko rakennuskokonaisuuteen. Jo valmisteluvaiheessa tulee hyväksyä kustannusvaikutukset sekä vaikutukset rakennus- ja käyttöönottoaikatauluihin. – Alkuvaiheen huomiointi mahdollistaa toteuttamisen, sillä jälkepäin tarvittavan lisärahoituksen saaminen vaikeaa.
Hankesuunnittelun valmistelu	6	14	<ul style="list-style-type: none"> – Sovitaan suuntaviivat ja sidotaan kustannukset. – Olisi tärkeää että asiat huomioitaisiin jo hankesuunnittelussa, monet ongelmat voidaan ehkäistä näin etukäteen. – Julkisissa hankkeissa tulisi suunnittelijoiden lisäksi kiinnittää pääurakoitsija projektiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Projektia tulisi kehittää yhdessä kokonaisuutena eikä pilkkoa. – Valmistelu- ja suunnitteluvaiheessa huomioon otettu kiinteistön sisäympäristön seuranta takaa interventiomahdollisuuden ei-toivottuihin muutoksiin (kosteusvauriot, ilmanvaihdon ongelmat, putkistojen kunto). Näin kiinteistön elinkaarta saadaan pidennettyä ja sitoutuneelle pääomalle saadaan suurempi hyöty.
Ehdotus ja yleisuunnittelu	7	15	<ul style="list-style-type: none"> – Erityiset tarpeet on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa, muuten toteuttaminen voi olla hankalaa ja kallista. – Suunnittelussa tulee määritellä sisäympäristön laadun vaatimukset. – Toteutussuunnittelussa vaikutusmahdollisuudet ovat rajalliset, joten sisäympäristökysymykset tulee ottaa esille aikaisessa vaiheessa. – Tarpeeksi varhaisessa vaiheessa, jotta sisustusarkkitehti ehtii huomioida mahdollisten näkyvien pintamateriaalien vaihtoehdot. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kriittiset erityistä hygieniaa vaativat osastot tai kohteet.
Toteutussuunnittelu	13	20	<ul style="list-style-type: none"> – Tehdään kiinteistön toimintaa ja materiaaleja koskevat valinnat ja päätökset. – Tehdään kriittiset tekniset ratkaisut.
Rakentamisen valmistelu	6	4	<ul style="list-style-type: none"> – Rakennusvaiheessa voidaan ottaa osaksi urakkaa.

>>

Rakentaminen	6	18	<ul style="list-style-type: none"> – Rakentaminen on tärkein vaihe. Huonolla laadulla on pilattu monta rakennusta. – Vain hyvää ja puhtaudenhallintaa noudattavaa rakennustapaa noudattamalla voidaan vaikuttaa käyttövaiheen puhtauteen.
Vastaan- ja käyttöönotto	10	11	<ul style="list-style-type: none"> – Suurimmat laiminlyönnit tapahtuvat käyttöönoton- ja ylläpidon alueilla. – Tässä vaiheessa varmistetaan suunnittelun mukainen käyttö.
Käyttäminen	11	12	<ul style="list-style-type: none"> – Väärillä käyttövoilla, esim. hygienia- ja terveysvaikutukset voidaan pilata. – Sisäympäristölle asetettavat vaatimukset on syytä ottaa huomioon koko investointiprosessin ajan, unohtamatta kiinteistöjen käyttö- ja ylläpitovaihetta.
Ylläpito	10	18	<ul style="list-style-type: none"> – Pidettävä huolta, että materiaalit ja tekniikka huolletaan oikein, jotta elinikä saadaan mahdollisimman pitkäksi. – Ylläpito on välttämätöntä. Laiminlyötyinä on riski rakennuksen sisäympäristön terveellisyydelle.

O = osallistuu vaiheeseen, TVH= terveysvaikutukset tulisi huomioida

Vastauksissa korostuivat sisäympäristöjen terveellisyden huomioimisen suhteen seuraavat asiat: 1) sisäympäristöasioita tulisi tarkastella kokonaisuutena ja asia tulisi huomioida koko prosessin ajan heti valmistelusta alkaen, 2) suunnitteluvaihe on erityisen tärkeä, koska siinä tehdään kriittiset tekniset ratkaisut, 3) rakentamisen on oltava korkealaatuista ja 4) ylläpito on välttämätöntä kiinteistön terveellisyden varmistamiseksi ja sen elinkaaren pidentämiseksi

Kysyttäessä keskeisiä tahoja, jotka voivat vaikuttaa vaatimusmäärittelyihin kriittisiksi koetuissa investointiprosessin vaiheissa, avoimissa vastauksissa korostuivat erityisesti rakennuttajan/tilaajan (17 mainintaa) rooli sekä suunnittelijoiden/arkkitehdin (12 mainintaa) merkitys (taulukko 11). Korostettiin, että investoinnin rahoituksesta päättävä taho myös määrittelee mitä halutaan ja mitä ollaan valmiita panostamaan: ”Impulssin on tultava tilaajalta ennen suunnitteluvaihetta, jotta tarvittavat asiat voidaan ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon.”

Taulukko 11. Keskeiset tahot investointiprosessin vaatimusmäärittelyssä.

Keskeiset tahot	Miksi ko. taho on tärkeä	Lkm
Rakennuttaja/tilaaja Kiinteistön omistaja (yksityinen) Kuntapäätäjät (julkinen)	<ul style="list-style-type: none"> – määrittelee mitä halutaan ja mihin ollaan valmiit panostamaan – pääomalle pitää saada (yksityisellä puolella) mahdollisimman turvallinen (ja hyvä) tuotto – sisäympäristöjen vaatimusmenettelyt (mikrobiologia) tehdään kunnissa kiinteistöteknisellä puolella ja varsinaiset päätökset tehdään kunnan-/kaupunginvaltuustossa ja -hallituksessa – ne, jotka päättävät rahasta vaikuttavat myös vaatimusmäärittelyihin – impulssin on tultava tilaajalta ennen suunnitteluvaihetta, jotta tarvittavat asiat voidaan ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon – erityisen tärkeä rooli on rakennuttajalla (tai rakennuttajakonsultilla), joka on mukana koko rakennusvaiheen muistuttamassa niin suunnittelijoita kuin toteuttajaurakoitsijoita halutusta tasosta rakenteiden terveellisyyden suhteen. 	17
Arkkitehti Suunnittelija LVI -suunnittelija	<ul style="list-style-type: none"> – määrittelee oikeanlaiset ratkaisut tai tuotteet – tekee materiaalivalintoja 	12
Rakentaja Urakoitsija	<ul style="list-style-type: none"> – huolehtii, että rakennetaan suunnitelmien mukaan – urakoitsijalla tulee olla ammattitaitoa siinä määrin, että korjataan jos korjaamisen aiheutta on 	4
Järjestelmätoimittaja Laittevalmistaja	<ul style="list-style-type: none"> – järjestelmätoimittajien koulutus-, perehdytys- ja ylläpitotehtävillä on suuri rooli tavoitteeseen pääsemisessä – valmistajien tulisi kertoa eri mahdollisuuksista objektiivisesti 	2
Valvoja	<ul style="list-style-type: none"> – rakennusvaiheessa valvojan tulee olla aktiivinen ja asiansaosaava – seuraa työmaan etenemistä ja puhtaudenhallintaa 	2
Asiantuntijat	<ul style="list-style-type: none"> – infektiioihin perehtynyt henkilöstö – ostetut konsulttipalvelut (esim. rakennuttajakonsultti, puhtauskonsultti) 	4
Ylläpidon toimijat	<ul style="list-style-type: none"> – käyttöönoton jälkeen ylläpidon vastuhenkilö ottaa vetovastuun – ylläpitovaiheessa tilaajalla tulisi olla tarkat suunnitelmat ja huoltoyhtiön tulee tarttua havaittuihin ongelmiin 	4
Käyttäjä		3

Mielenkiintoinen tulos kyselyn ensikierroksella on päätöksenteon ristiriita verrattaessa seikkoja, jotka nähtiin tärkeinä tehtäessä investointipäätöstä niihin seikkoihin, joiden puolestaan koettiin ohjaavan päätöksentekoa. Tärkeimpinä ulottuvuuksina pidettiin kokonaiskustannuksia koko elinkaarella, tilan toimivuutta loppukäyttäjän kannalta, tilan toimivuutta ammattikäyttäjän kannalta, tilan huollettavuutta ja ylläpidettävyyttä sekä sisäilmakysymysten hallintaa. Käytännössä kuitenkin koettiin, että päätöksentekoa ohjaa ensisijaisesti edullisuus rakennusvaiheessa sekä hankintojen vaivattomuus ja olemassa olevat hankintakanavat. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin tuoreessa Markku Vesan (2014) väitöskirjassa, jossa hän on tutkinut innovaatiotoiminnan haasteita rakennustuoteteollisuudessa. Vesan tulosten mukaan yleinen hintavetoinen hankintakulttuuri on yksi kehitystyön keskeisistä ongelmista alalla ja tuotevalmistajat kokevat, että tuotteiden laadullisia ominaisuuksia ei arvosteta riittävästi. Tämä ristiriita kuvastui hyvin vastaajien avoimessa palautteessa:

”Vaikka rakentamisen valintakriteerejä on saatu lisää, on valitettavasti niin, että yhä rakentamisvaiheen hintalappu ohjaa toimintaa liian paljon. Elinkaariajattelu on vielä useimmiten lapsenkengissä, ja elinkaaren kokonaiskustannuksia (jotka kuvaisivat paremmin hankkeen todellisia kustannuksia) on monesti vaikea arvioida. Tilojen toimivuus loppukäyttäjille on onneksi yleensä hyvin mielessä, joskin sitä ei koskaan voi ottaa liikaa huomioon. Rakennushankkeessa olisikin tärkeää ottaa tarpeeksi aikaisessa vaiheessa mukaan loppukäyttäjän edustajia. Hankintakanavat ovat monesti vakiintuneita, joka on niin hyvä kuin huono asia. Toisaalta saadaan sitä mitä tilataan (koska tiedetään mitkä urakoitsijat pystyvät mihinkin), toisaalta uudet innovatiiviset ratkaisut jäävät useasti vakiintuneiden hankintakanavien ulkopuolelle.” Delfoi I -kysely

Taulukko 12. Tärkeimmät ja ohjaavimmat tekijät investointiprosessin päätöksenteossa.

	Tärkeys (%)					Ohjaavuus (N)		
	++	+	0	-	--	1	2	3
Edullisuus rakennusvaiheessa	3	13	2	9	1	27	0	2
Kokonaiskustannukset koko elinkaarella	23	6	0	0	0	0	0	2
Tilan toimivuus loppukäyttäjien kannalta	23	6	0	0	0	0	5	5
Tilan toimivuus ammattikäyttäjien (esim. lääkäri, opettaja) kannalta	20	8	0	1	0	0	2	1
Tilan huollettavuus ja ylläpidettävyyys	17	12	0	0	0	0	1	1
Ekologisuus ja kestävä kehitys	3	21	4	1	0	0	0	0
Sosiaalinen vastuullisuus	1	12	10	6	0	0	0	2

>>

Hankintojen vaivattomuus	2	12	4	11	0	1	9	5
Olemassa olevat hankintakanavat	1	7	2	16	3	0	8	5
Innovatiivisuus ja teknologinen edelläkävijyys	1	15	2	10	1	0	0	1
Brändi (kumppanin/tuotteen/palvelun imagoarvo)	1	7	5	14	2	0	0	2
Sisäilmakysymysten hallinta	18	9	2	0	0	0	1	0
Tietyn rakentamisen sertifiointitason (esim. LEED) saavuttaminen	2	8	8	8	3	0	2	3
Muu, mikä?								
Tavoitteiden määrittäminen hankevaiheessa	1	0	2	0	0	0	0	0

Delfoi 2. kierroksella vastaajia pyydettiin ottamaan kantaa toisiko kunnallisten päätöksentekijöiden kouluttaminen elinkaariajattelun huomioimiseen pidemmän aikavälin säästöjä, kun siirryttäisiin kokonaistaloudellisesti edullisempiin ratkaisuihin. Asiaa pidettiin merkittävänä, mutta todennäköisyyden suhteen mielipiteet jakautuivat. Koettiin, että koulutus veisi asioita oikeaan suuntaan, mutta päätöksenteon kulttuuri muuttuu niin hitaasti, että muutos ei tapahdu lähitulevaisuudessa. Lisäksi korostettiin, että tarvittaisiin muutoksia myös sopimusmalleihin ja rohkeutta kokeilla uusia hankintatapoja ja -menetelmiä.

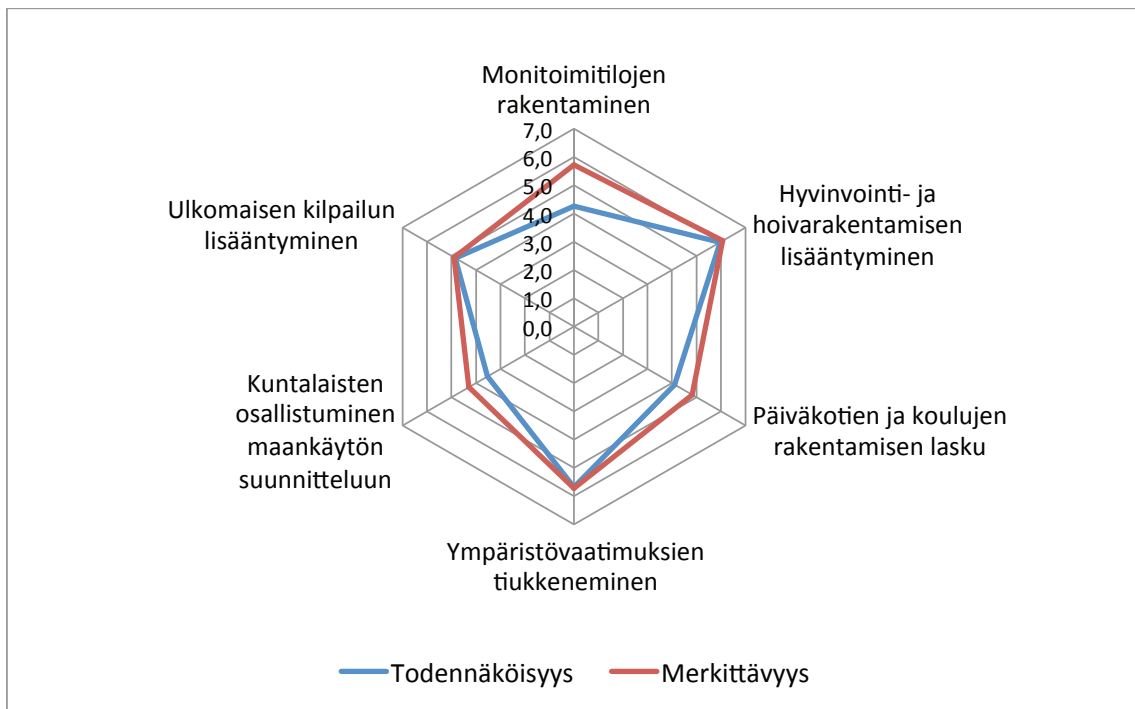
”Tämä on merkittävää koska rakentamisaikaiset kustannukset ovat vain pieni osa kokonaiskustannuksista mutta valitettavasti toimintatavat muuttuvat todella hitaasti. Jotta rakentamisaikaisten kustannusten minimoimisesta päästäisiin eroon, pitää myös sopimusmalleja onnistua muuttamaan.” Delfoi II -kysely

Myös näiltä osin tulokset ovat samassa linjassa sekä Vesan (2014, 127) että kansainvälisten tutkimusten (Uyara ym. 2014) kanssa. Uyara ja kollegat (2014, 633) ovat tutkineet julkisten hankintojen vaikutuksia yritysten innovaatiotoimintaan Englannissa ja tuovat esille, että yksi tärkeimmistä innovaatioiden esteistä erityisesti rakentamisen monimutkaisissa projekteissa on hankkijaosapuolen puutteellinen hankintaosaaminen. Vesa (2014) toi kotimarkkinoihin liittyen esille, että kokonaiskustannuksia ei alalla aina osata laskea riittävän tarkasti, mikä vaikeuttaa erityisesti systeemisten innovaatioiden edullisuuden arvioimista. Erityisen haastava tehtävä on ottaa elinkaariasiat ja -kustannukset mukaan kokonaisuuden tarkasteluun. Toimenpidesuosituksissaan alan innovaatiotoiminnan kehittämiseksi hän mainitsi myös näiden osa-alueiden kehittämisen.

Julkisen rakentamisen tulevaisuus – toimintaympäristön muutokset ja vaikutukset

Ensimmäisellä kierroksella varsinaiset tulevaisuusväittämät, joiden todennäköisyyttä ja toivottavuutta vastaajia pyydettiin arvioimaan, koskivat julkisen rakentamisen toimintaympäristön muutoksia ja niiden vaikutuksia (ks. kuva 19 ja liite 2). Todennäköisempinä ja merkittävimpänä pidettiin väestömuutoksen tuomaa hoiva- ja hyvinvointialan rakentamisen lisääntymistä. Yksimielisimpiä oltiin myös siitä, että ympäristövaatimusten koettiin tiukkenevan ja tätä pidettiin myös melko merkittävänä. Samansuuntainen tulos oli myös ulkomaisen kilpailun lisääntymisen suhteen; sitä ei kuitenkaan pidetty aivan yhtä merkittävänä. Kuntalaisten osallistumista maankäytön suunnitteluun ei pidetty todennäköisenä, mutta tätä ei myöskään koettu kovin merkittäväksi. Myöskään monitoimitilojen rakentamiseen ei uskottu, ja tämä taas katsottiin merkittäväksi rakentamisen kannalta. Samantyyppinen tulos tuli tiedusteltaessa päiväkotien ja koulujen rakennustarpeen vähenemistä ikäluokkien pienenemistä:

”Väestön ikääntyminen on faktaa ja vanhemman väestön määrällinen kasvu on niin suurta, että se on pakko ottaa rakentamisessa huomioon. Vaikka nuoret ikäluokat pienenevät, on päiväkotien ja koulujen rakennuskanta huonokuntoista, joten niiden rakentaminen ei voi vielä merkittävästi vähentyä seuraavan viiden vuoden aikana. Monitoimi- ja monimuototilat ovat toki mielenkiintoisia, mutta oman näkemykseni mukaan vaativia toteuttaa.” Delfoi I -kysely



Kuva 19. Toimintaympäristön muutokset.

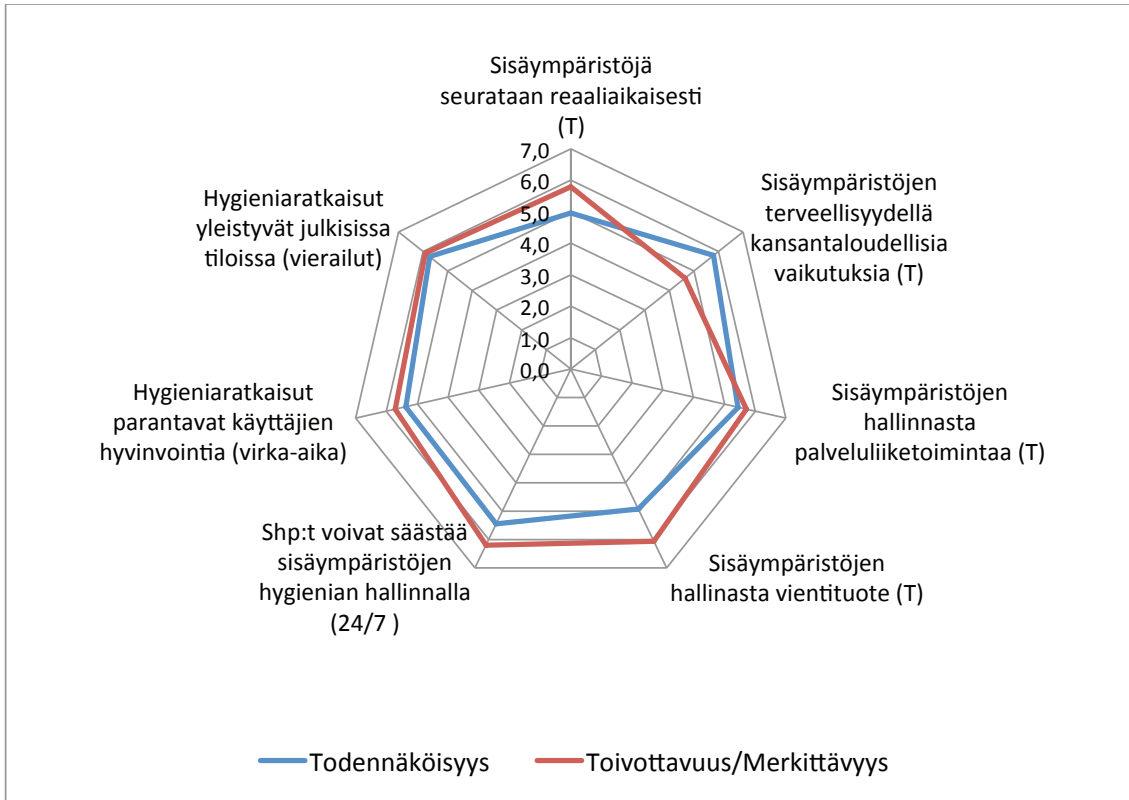
Sisäympäristöjen hygieniaratkaisut

Erilaisilla rakennuksilla ja käyttäjäryhmillä on omat hygieniatarpeensa ja -haasteensa. Etenkin suuret kiinteistöt, joissa on paljon ihmisiä, ovat vaativia kohteita hygienian kannalta. Sairaaloita ja muita ympärivuorokautista (24/7) palvelua tarjoavia hoivayksiköitä voidaan pitää haastavina erityiskohteina. Päiväkodeissa ja kouluissa kokoontuu ns. virka-aikaan säännöllisesti paikalle runsaasti sekä ammattikäyttäjiä että asiakkaita. Omantyyppisensä toimintaympäristön muodostavat terminaalit, lentokentät, ostoskeskukset jne., joissa tapahtuu suurten massojen läpikulkua. On huomattava, että myös rakennusten eri tilojen hygieniatarpeet vaihtelevat: leikkaussalitasoista hygieniaa ei tarvita sairaalan toimistoissa tai aulatiloiissa.

Sisäympäristöjen hygieniaratkaisuja koskevia väittämiä yhdistää se, että vastaajat pitivät näitä (sisäympäristöjen reaaliaikainen seuranta, Cleantechin kaltaisen vientituotteen muodostuminen, hygienian hallinnan tuomat säästöt tai muu etu) hyvinkin toivottavina tai merkittävänä, mutta eivät aivan yhtä paljon uskoneet niiden toteutumisen todennäköisyyteen (ks. kuva 20). Hygieniaratkaisujen yleistymistä julkisissa tiloissa sekä alan palveluliiketoiminnan muodostumista pidettiin todennäköisempänä. Avoimissa vastauksissa tuotiin esille, että sisäympäristöillä (ongelmilla) on jo nyt negatiivinen vaikutus kansantalouteen.

”Reaaliaikainen seuranta, ja ”big-data mining” pitäisi ottaa käyttöön Suomen julkisissa rakennuksissa. Jatkuvatoimisella seurannalla ja on-line -järjestelmistä saatavalla tiedolla voitaisiin merkittävästi parantaa interventioita ongelmatilanteen sattuessa. Tämä onnistuu vain uusilla teknologisilla ratkaisuilla ja avoimella tulosten jaolla. Sisäympäristöjen negatiivinen kansantaloudellinen vaikutus on jo nyt nousemaan päin. Jo pelkästään huonosta sisäilmasta kärsivät opettajat ja oppilaat aiheuttavat suoranaisia kuluja ja epäsuorasti myöhemmin (työkyvyttömyys, sairaudet jne.) enenevässä määrin. Tämä ei tietenkään ole toivottavaa, vaan asioihin pitää pystyä puuttumaan ennen sairauden syntyä.”

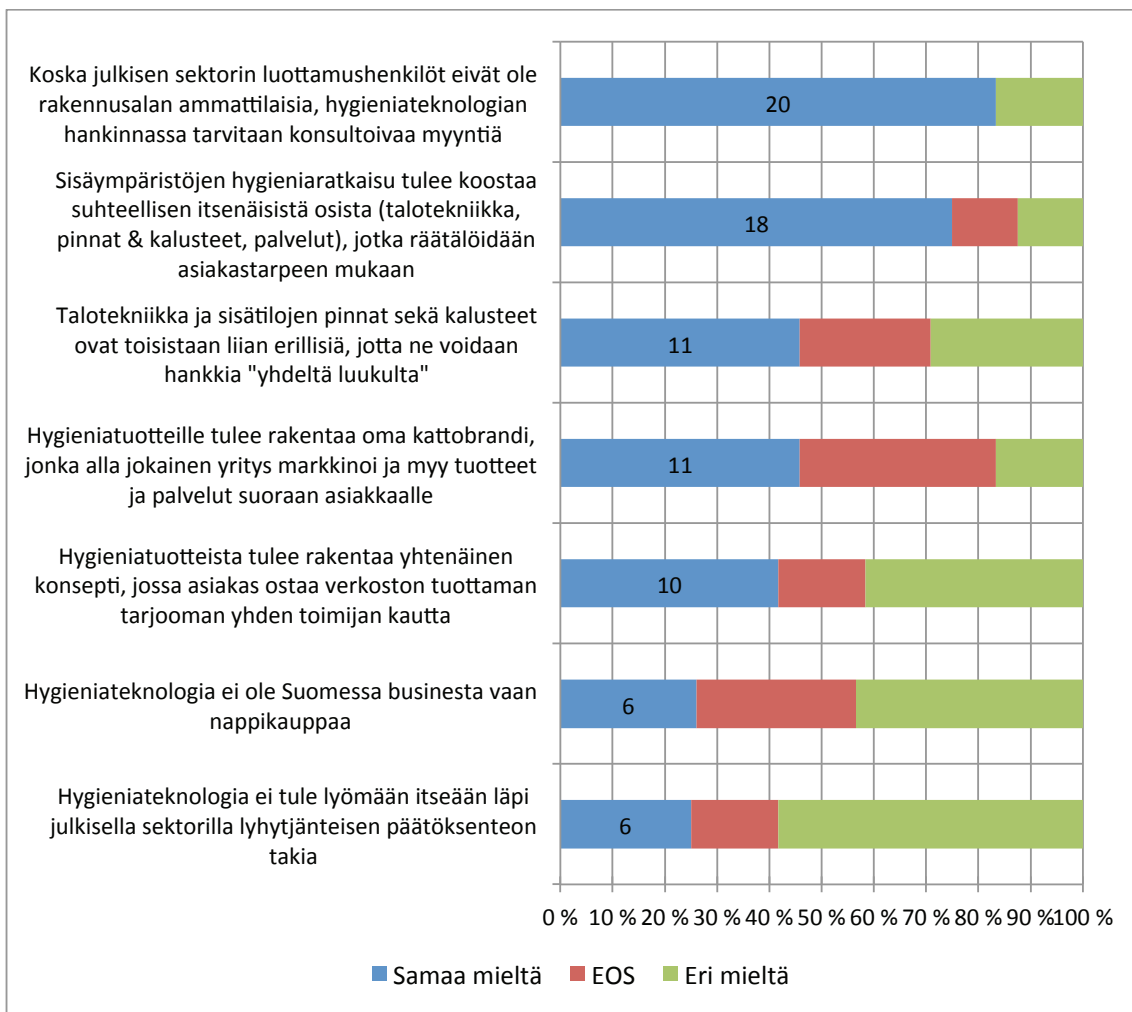
Delfoi I -kysely



Kuva 20. Sisäympäristöjen hygieniaratkaisut.

”Rakentamisen koko ketjun hallinta ammattimaisesti tulisi hallita entistä paremmin sen sijaan että sisäympäristön hallinnasta tai ratkaisuista tulisi konsulttimaista toimintaa.”
Delfoi I -kysely

Delfoin toisella kierroksella vastaajia pyydettiin ottamaan kantaa hygienialiiketoiminnan tulevaisuutta koskeviin väittämiin (kuva 21). Vastaajien mukaan asiakkaan kannalta sisäympäristöjen hygieniaratkaisu tulee ennen kaikkea koostaa suhteellisen itsenäisistä osista (talotekniikka, pinnat ja kalusteet, palvelut), jotka sitten räätälöidään asiakastarpeen mukaan. Vastaajat olivat myös sitä mieltä, että koska julkisen sektorin luottamushenkilöt eivät ole rakennusalan ammattilaisia, hygieniateknologian hankinnassa olisi tarvetta konsultoivalle myynnille. Vastaajien näkemykset hajaantuivat tiedusteltaessa tulisiko hygienialiiketoimintaa koota yhden kattobrändin alle, jossa toimijat kuitenkin tekisivät itsenäisesti liiketoimintaa vai tulisiko tarjota kokonaisratkaisua, jossa yksi toimija hoitaa asiakasrajapintaa koko verkoston puolesta.



Kuva 21. Näkemyksiä hygienialiiketoiminnan tulevaisuudesta.

”Mielestäni olisi hyvä jos meillä olisi yhtenäinen ohjeistus hygieniatuotteiden osalta. En kuitenkaan näe tarpeellisena että ne saa yhdeltä toimittajalta, koska se nostaa hinnat helposti turhan korkeiksi ja hidastaa hygieniatuotteiden käyttöä.” Delfoi II -kysely

”Uutuus tarvitsee konsultoivaa/opastavaa myyntiä.” Delfoi II -kysely

”Mielestäni luottamushenkilöiden ei kuulu olla rakennusalan ammattilaisia tai tehdä kauppaa hygieniateknologiaan liittyen. Luottamushenkilöt ovat päätöksentekijöitä ja heillä pitää olla ammattilaisten laatimat perustelut päätöksen tekijöille. Rakentamisprosessiin osallistuvat henkilöt (suunnittelijat ja toteuttajat) ovat vastuussa siitä, että he tarjoavat kestävä kehityksen ja hygieenisyyden huomioivia ratkaisuja.” Delfoi II -kysely

”Hygieeninen rakentaminen erittäin potentiaalinen menestystarina. Erilaisia vaihtoehtoja myyntiin ja markkinointiin tarvitaan. Alussa ei kannata sitoutua liikaa yhteen strategiaan.” Delfoi II -kysely

Vastaajilta tiedusteltiin myös näkemystä mikä vaihtoehto – kiinteistö-, materiaali- vai tuotekohtainen sertifiointi – toimisi parhaiten laadunvarmistuksena tehtäessä päätöksiä sisäympäristöjen hygieniaratkaisujen hankinnasta. Enemmistö vastaajista (16/24) piti toimivimpana, että tulisi kehittää koko sisäympäristön (talotekniset ratkaisut, pinnat ja kalusteet sekä palvelut) kattava kiinteistökohtainen sertifiointi, jonka asiakas saisi huomioituaan hygienian riittävästi kaikilla tasoilla. Kiinteistökohtaisen sertifiointin toimivuutta perusteltiin kokonaisuuden hallinnalla:

”Kokonaisuuden hankkiminen on yksinkertaisempaa ja helpompaa => selkeää lisähyötyä hygieenisyyden lisäksi.” Delfoi II -kysely

”Sisäympäristön hygienia koostuu monista eri asioista joten ehdottomasti koko sisäympäristö ja kiinteistö tulisi huomioida. Yksittäisillä tuotteilla ei ole ”mitään” merkitystä, jos jokin osatekijä on puutteellinen. Esim. kosketusvapaa hana ei takaa sisäilmahygieniaa...” Delfoi II -kysely

Tuote- ja materiaalikohtainen sertifiointi saivat yhtä paljon kannatusta. Näitä perusteltiin selkeydellä, helppoudella ja kustannusten hallinnalla:

”Kiinteistökohtainen sertifiointi voi olla käytännössä hankala toteuttaa.”
Delfoi II -kysely

”Sertifiointin tulee olla riittävän helppo ja halpa, että se yleistyy.” Delfoi II -kysely

”Alkuun sertifiointi tuotteille ja siihen liittyy aina valmistajan omavalvonta. Myöhemmin myös kiinteistökohtainen sertifiointi.” Delfoi II -kysely

Vastaajilta tiedusteltiin myös näkemystä, että uskovatko he sisäympäristöjen hygieniaan tehtyjen investointien maksavan itsensä takaisin julkiselle toimijalle infektioiden paremman hallinnan kautta. Selkeimmin tähän uskottiin ns. 24/7-ympäristöissä eli sairaaloissa ja terveyskeskuksissa. Valtaosa (16/24) vastaajista oli täysin samaa mieltä tai samaa mieltä (7/24) asiasta. Myös palvelusasumisyksikköjen osalta investointien kannattavuuteen uskottiin, mutta ei aivan yhtä voimakkaasti (7/24 täysin samaa mieltä, 13/24 samaa mieltä). Vaikka päiväkotien ja koulujenkin osalta enemmistö uskoi investoinnin kannattavuuteen, niin kan-

nastaan epävarmojen ja skeptisesti suhtautuvien osuus lisääntyi. Toimistohotellien kohdalla epäroitiin eniten; valtaosa (9/24) ei osannut ilmaista kantaansa ja loputkin vastaukset haajaantuivat.

Rakentamisen kulttuuri ja osaamistarpeet

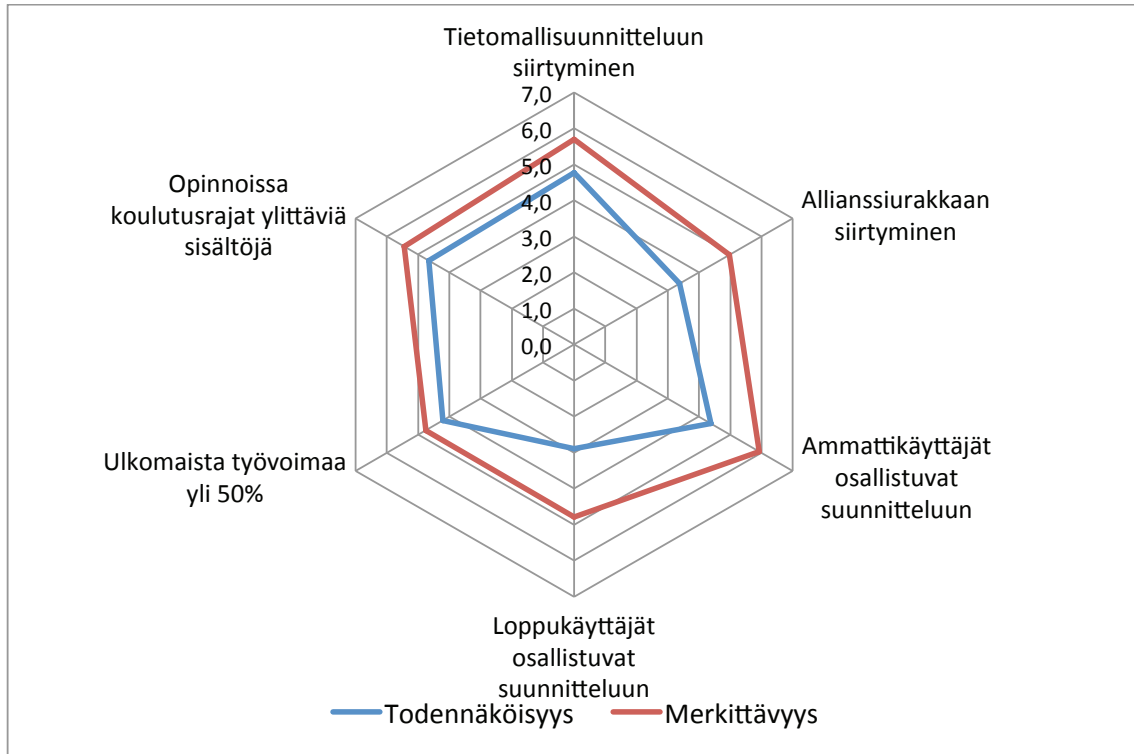
Jokaisella toimialalla on omat erityispiirteensä ja omantyyppisensä toimintakulttuuri, mikä joko edistää tai luo haasteita innovaatiotoiminnalle ja alan uudistumiselle. Osaamistarpeiden ennakkoinnilla tuotetaan tietoja tulevaisuuden osaamistarpeista sekä osaamisen painopisteiden muutoksista. Osaamisen kehittäminen on pitkäjänteistä työtä ja osaavan työvoiman saatavuuden varmistaminen tulevaisuudessa edellyttää jatkuvaa uudistumista. Delfoissa haluttiin kartoittaa kentän näkemyksiä alan valmiudesta systeemisten innovaatioiden edellyttämään avoimempaan tiedonjakoon ja verkostomaiseen yhteistyöhön. Tulokset ovat myös rakennusalan toimintakulttuuriin liittyen linjassa Vesan (2014, 104–107) tulosten kanssa; hän totesi, että alaa leimaa heikko asiakaslähtöisyys, luottamuspula sekä ”ultrakonservatiivisuus”, joka johtuu pyrkimyksestä kustannusten hallintaan ja riskien minimointiin.

Vastaajien näkemyksiä rakentamisen kulttuuria ja osaamistarpeita koskeviin väittämiin Delfoin 1. kierroksella yhdistää se, että sekä tietomallisuunnittelua, allianssiurakkaa, käyttäjien osallistumista, koulutusrajojen rikkomista ja ulkomaisen työvoiman kasvua pidettiin kaikkia merkittävänä, mutta niiden todennäköisyyteen lähitulevaisuudessa ei niinkään uskottu (kuva 22). Tämä korostui etenkin loppukäyttäjien osallistumisen ja allianssiurakkaan siirtymisen kohdalla. Allianssiurakkamallissa avainosapuolet kantavat riskiä yhteisesti ja palvelutuottajat saavat palkkion koko hankkeen onnistumisen perusteella. Mallin tavoitteena on yhdistää osapuolten osaamiset optimaalisella tavalla ja tarjota hyvä alusta innovatiivisuudelle (Vesa 2014, 74). Vaikka avoimempaan kulttuuriin siirtymiseen ei lyhyellä aikavälillä uskottu, niin avoimessa palautteessa tuotiin esille, että kyselyssä esiin nostetuilla asioilla ja sillä, miten ne huomioidaan, tulee olemaan vaikutusta alaan tulevaisuudessa:

”Osio rakentamisen kulttuurista on hyvä. Jo yksistään tämän haltuunotolla voidaan ratkaista useimmat ongelmat sisäympäristössä ja ylläpitokustannuksissa.” Delfoi I -kysely

”Yhteistyömallit, koko toimitusketjun hallinta sekä luottamus ovat avainasioita tulevaisuudessa. Tilaajien ei tarvitse olla rakentamisen teknisiä ammattilaisia eikä rakentajien tarvitse tietää käyttäjien tarpeista kaikkea jos yhteistyö on toimivaa.” Delfoi I -kysely

”Tietomalleja tulisi kehittää siten, että niistä hyödytään myös kiinteistön käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Nyt panoksia on laitettu rakentamisvaiheeseen, jolloin tietomallin elinkaari jää lyhyeksi.” Delfoi I -kysely



Kuva 22. Rakentamisen kulttuuri ja osaamistarpeet.

Kuka on asiakas? Tämä kysymys korostui sekä HYGTECH-yritysverkoston haastatteluissa että yhteiskehittämisen workshoppeissa. Asiakkaan kuuleminen ja huomioiminen on rakennusalalla haasteellista pitkän ja fragmentoituneen arvonverkon takia. Delfoi-vastauksista voidaan nähdä, että asiakkaan osallistaminen kehitystyöhön ei ole luontaista rakennusalalle. Myös Vesän (2014) tulosten mukaan käyttäjien ja kiinteistön omistajien mielipiteitä ei oteta riittävästi huomioon innovaatiotoiminnassa. Hän tuo esille, että asiakas on ”kateissa” tai niitä on useita ja kaikilla on erilaiset tarpeet. Esimerkiksi rakennusliike arvostaa rakennusvaiheen kustannustehokkuutta, kiinteistön omistaja elinkaarietäällisyyttä ja huolettomuutta, mutta käyttäjä todennäköisesti tuotteen muita ominaisuuksia, kuten terveellisyttä ja käytettävyyttä, riippuen siitä mistä tuotteesta on kysymys.

Alan toimijat ovat myös oman visiotyönsä avulla tunnistanee alan keskeisiä muutostarpeita. Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi on yhteistyöryhmä, joka kokoaa yhteen kolmetoista alan keskeistä tahoa. KIRA-foorumien toimenpidesuosituksissa vuodelta 2011 on johtajatuks-

na saada aikaan kulttuurimuutos ja suuntautua huomioimaan enemmän rakennetun ympäristön käyttäjien tarpeita.

Vesan (2014, 104, 149) tulosten mukaan erityisesti systeemisen innovaation läpilyömistä rakentamisessa on hankaloittanut alan konservatiivisuus ja se, että kiinteistönomistajat tyypillisesti eivät halua tai odota innovaatioita vaan ennemmin kaihtavat riskejä. Uusien asioiden vieminen markkinoille oli yleisesti ottaen koettu alalla vaikeaksi. Kehitystyö oli ehkä kyetty viemään hyvin läpi ja saatu synnytettyä uusi tuote tai järjestelmä, mutta implementointi markkinoille oli koettu vaikeaksi ja siinä oli kohdattu epäonnistumisia. Tyypillisesti uusien tuotteiden käyttöönotto oli edellyttänyt useita pilottiprojekteja ennen kuin hyödyt asiakkaalle alkoivat näkyä. Tämä julkisen toimijan riskien välttäminen ei ole vain kotimarkkinoiden haaste, vaan ilmiö on myös kansainvälisissä tutkimuksissa tunnistettu laajemminkin innovaatiotoiminnan esteeksi (Uyrra ym. 2014, 633). Kenelle ja miten ajatus sisäympäristöjen hygieniasta sitten tulisi ”myydä”, jotta päästäisiin pilotoinnista eteenpäin? Delfoi-kyselyssä keskeisiksi tahoiksi nimettiin investoinnista päättävä rakennuttaja/tilaaja sekä teknisistä ratkaisuista päättävä arkkitehti/suunnittelija. Hygienialiiketoiminnan kehittäminen edellyttää lisäksi avoimempaa tiedonjakoa keskeisten toimijoiden välillä sekä siirtymistä kohti elinkaariajattelua.

Kulttuurimuutokset perinteisellä alalla vievät aikaa. Delfoin 2. kierroksella vastaajat kuitenkin pitivät melko todennäköisenä ja myös toivottavana muutosta yhä enemmän toimialarajat ylittävään yhteistyöhön ja tiedonjakamiseen huomioimalla tietomallisuunnittelu ja yhteiskehittäminen rakennusalan kaikilla koulutustasoilla. Vuoteen 2020 mennessä tähän kuitenkin ei vastaajien mielestä vielä ole saatu rakennettua toimivaa pohjaa, vaan muutokset vaativat pidemmän ajan. Hyviä esimerkkejä toki nähtäneen jo tällä aikavälillä.

”Olen itse sellaisessa tehtävässä, jossa olen huomannut toimialarajat ylittävän yhteistyön merkityksen. Se on ehdottoman toivottavaa mutta vielä turhan kaukana todennäköisestä.” Delfoi II -kysely

3.4 Vertailuanalyysi Cleantech-brändi

Osana hygieniakonseptin kehittämistä projektin puitteissa tehtiin myös vertailuanalyysia kiinnostavaksi koetusta Cleantech-klusteribrändistä hyvien käytäntöjen löytämiseksi. Brändi on lyhyesti määriteltynä ”lunastettu lupaus”: kaikessa brändin toiminnassa tehdään lupauksia kuluttajille, asiakkaille ja muille sidosryhmille. Jotta brändi olisi menestyksellinen, brändäyksessä on ennen kaikkea kyse tämän lupauksen täyttämisestä. Markkinointi on oleellinen

osa brändiä: sen avulla kommunikoidaan lupaukset kohderyhmälle. Markkinoinnin ja brändin erona on, että markkinointiviestinnässä on pohjimmiltaan kysymys siitä mitä tehdään, että viesti/lupaus menee perille kohderyhmälle, jotta nämä hankkivat tuotteita tai palveluita. Brändäämisessä taas on kysymys siitä, miten tämä lupaus pidetään eli imagon ja maineen kehittämisestä. (Anderson ym. 2012, 30–31.)

Brändin arkkitehtuurilla tarkoitetaan brändin rakennetta tietyn organisaation – tai paikan ja klusterin kohdalla – alueellisen kokonaisuuden sisällä, jossa määritellään roolit ja brändisuhteiden laatu. Brändin arkkitehtuurin tulisi määritellä miten eri brändit liittyvät toisiinsa ja tukevat toisiaan: esimerkiksi miten alabrändit heijastavat tai vahvistavat sateenvarjobrändiä, jonka osia ne ovat. Brändiarkkitehtuurin ymmärtäminen toimii myös välineenä sidosryhmien tunnistamisessa ja potentiaalisten kumppaneiden löytämisessä. Esimerkiksi Paikka Brändi Arkkitehtuurin (PBA) avulla voidaan kuvata tietyn alueen eritasoisten brändien (ylikansallinen, kansallinen, sektorittaiset sateenvarjobrändit, alue- ja kaupunkibrändit, klusteri-, yritys- ja tuotebrändit) ryhmää. (Anderson ym. 2012, 51–52.)

Cleantech kattaa laajan kirjon teknologioita ja ulottuu useille teollisuudenaloille. Jalkala ja kollegat (2014) tuovat esille, että uusille ja kehittyville aloille tyypillisesti myös cleantech-alan määritelmä, identiteetti ja sitä kuvaavat käsitteet ovat vasta kehitymässä. Vähähiiliset ja ympäristöä säästävät tuotteet muodostavat Cleantech ympäristöteknologia -klusterin. Klusteri tarkoittaa tietyn alan maantieteellistä keskittymää, joka koostuu yhteen liittyvistä yrityksistä, erikoistuneista toimittajista, palvelun tuottajista ja näihin liittyvistä instituutioista. Klusteri-brändeja tutkineet Anderson ja kollegat (2012) tuovat esille, että tärkein tekijä menestyksessä klusteribrändin luomisessa on, että klusterin sidosryhmät ovat valmiita kantamaan brändiä ja sen arvoja. Klusteribrändin luominen on haastavaa koska se koskee monia sidosryhmiä, joilla usein on kilpailevia etuja. Useat sidosryhmät ja pieni kontrolli varsinaiseen tuotteeseen hankaloittavat koherentin brändi-identiteetin luomista. Klusteri on harvoin yksittäisen keskustahon kontrolloitavissa, mikä tekee koordinaatiosta haastavaa.

Kansallinen Cleantech-klusteri

Kansallinen ympäristöteknologia – cleantech-klusteri (www.cleantechcluster.fi) oli osa suomalaista osaamiskeskusohjelmaa (OSKE), joka päättyi vuoden 2013 lopussa. Tämän tyyppistä ”the branded house” -brändistrategiaa luonnehtii voimakas pääbrändi, joka toimii arvomuodostuksen lähteenä yksittäisille brändeille (Anderson ym. 2012, 60). Cleantechin brändilupaus on kiteytetty muotoon ”Ympäristöteknologia on Suomen seuraava menestystarina”. Kansallinen cleantech-klusteri on yhdistävä pääbrändi, joka hallinnoi neljää erillistä

alueklusteria: Lahti, Kuopio, Oulu ja Uusimaa (kuva 23). OSKE-ohjelman päätyttyä alueelliset toimijat ovat jatkaneet cleantechin kehittämistyötä omilla fokusalueillaan. Anderson ja kollegat (2012, 60–61) tuovat esille, että tämäntyyppinen brändiarkkitehtuuri on haasteellista rakentaa ja sen tärkeimpiä edellytyksiä ovat: 1) taustalla on valtion klusteritukiohjelma, jonka formaatti tukee kehitystä ja 2) klusterit eivät ole liian erilaisia tai liian myöhäisissä kehitysvaiheissa.



Kuva 23. Suomalainen cleantech-klusteri. Muokattu Anderson ym. 2012.

Cleantech Finland®

Kansallinen cleantech-klusteri on kiinteästi sidoksissa Cleantech Finland:iin (www.cleantechfinland.com), joka on kansallinen alusta ympäristöteknologian kansainväliselle markkinoinnille (kuva 23). Ympäristöliiketoiminnan piiriin voidaan lukea kaikki yritykset, jotka tarjoavat ratkaisuja ympäristöhaasteisiin sekä luonnonvarojen ja energian säästöön. Rekisteröidyn Cleantech Finland -brändin tavoitteena on edistää suomalaista ympäristöliiketoimintaa Suomen ulkopuolelle sekä rakentaa Suomen mainetta johtavana ympäristömaana ja puhtaan teknologian toimittajana. Cleantech Finland on sateenvarjo, jonka alle erilaiset toimet ja toimijat kootaan. Brändi on Elinkeinoelämän Keskusliiton omistuksessa, jolle se siirtyi Sitralta vuonna 2008. Brändin käyttöoikeuksista päättää hakemusten perusteella Cleantech Finland -johtoryhmä. Finpro on brändin päätoteuttaja ja se koordinoi brändin yritysjäseniä, jotka saavat Cleantech Finland -brändin käyttöoikeuden liittymis- ja vuosimaksua vastaan. Jäsenyys tarjoaa yritysten käyttöön markkinointiviestintäpalveluiden kokonaisuuden. Toi-

minta muodostuu kansainvälistymisen edistämistoimista. Toiminnan kautta brändille rakennetaan tunnettavuutta hyödyntäen maailmalla jo menestyneiden yritysten mainetta.

TOP 10 -markkinat ovat Kiina, Venäjä, Saksa, Ruotsi, Brasilia, Intia, USA, UK, Ranska ja EU. TOP 10 -yritykset ovat Wärtsilä, Metso, Neste Oil, Outotec, Kemira, YIT, ABB, Kuusakoski, Outokumpu ja Cargotec.

Cleantech-brändi edustaa ylikansallista ja kansallista tasoa ja julkisen sektorin toimijoilla ja rahoituksella on keskeinen rooli brändin luomisessa ja hallinnoinnissa. Tavoitteena on suomalaisten yritysten kansainvälisen liiketoiminnan tukeminen.

Jalkala ja kollegat (2014) ovat tutkineet Cleantech-ratkaisujen kaupallistamisen haasteita ja menestystekijöitä. Cleantech-ratkaisuilla tarkoitetaan teknologian ja palveluiden yhdistelmiä, jotka on suunnattu vähentämään ympäristökuormaa ja luomaan taloudellista arvoa asiakkaille ja yhteiskunnalle. Ratkaisu voi olla esimerkiksi prosessitehokkuutta parantava automaattoratkaisu, johon on integroitu etämonitorointipalvelu. Tutkituissa kaupallistamisen menestystarinoissa korostui yhteistyö asiakkaan kanssa ja tutkijat suosittelivat ratkaisun yhteiskehittämistä kaupallistamista vauhdittavana toimintamallina. Muita menestystekijöitä olivat kestävä arvolutauksen rakentaminen sekä asiakasarvon todentaminen.

4 Sisäympäristöjen hygienialiiketoimintakonsepti

HYGTECH2-projektissa tavoitteena on ollut kartoittaa kiinteistöjen hygieniaratkaisujen liiketoimintapotentiaalia ja kehittää koko kiinteistön sisäympäristöhygienian kattava konsepti. Kehittämistyössä voidaan puhua systeemisestä, jopa radikaalista, innovaatiosta, koska konseptissa luodaan myös uutta markkinaa. Systeemiset innovaatiot syntyvät useiden riippumattomien innovaatioiden integraationa muodostaen uusia toimintakokonaisuuksia tai lisäten kokonaisuuden suorituskykyä (Vesa 2014, 22). Projektin lähtötilanteessa yrityksillä oli tarjolla pääasiassa erillisiä tuotteita, palveluita ja prototyyppejä liittyen sisäympäristöjen hygieniaratkaisuihin. Näistä on projektissa lähdetty kehittämään kokonaisratkaisua.

Konseptoinnissa tehtiin strateginen valinta fokuoitetua ensin uudisrakentamiseen. Sitä voidaan myöhemmässä vaiheessa edelleen kehittää ja soveltaa korjausrakentamiseen.

Konsepti perustuu Living Lab -tutkimuksien avulla määritettyihin hygienian kannalta kriittisiin tekijöihin eri toimintaympäristöissä. Projektiverkoston toimijoiden kanssa on myös yhteiskehittämisen menetelmin määritetty hygieniakonseptia ja sen osia, sekä tuotteita että palveluita, joista kokonaisratkaisu erityyppisiin asiakastarpeisiin voidaan koostaa. Osa konseptin teknologioista ja tuotteista on jo valmiina, osa on vielä prototyyppiasteella. Seuraavassa luvussa esitellään sisäympäristöhygienian konseptivisio ja Living Lab -käyttökuvaukset.

4.1. HYGTECH-konseptikuvaus ja Living Lab -käyttötapaukset

Maailmanlaajuiset muutokset – ikääntyminen, ilmastonmuutos, kansainvälistyminen, kaupungistuminen – vaikuttavat rakennetun ympäristön tulevaisuuteen. Ihmisten liikkuvuuden lisääntyttä infektioiden ehkäisy ja hallinta ovat merkittävä hyvinvointi- ja kustannustekijä. HYGTECH on ratkaisu (tuote- ja palvelukokonaisuus), jolla huolehditaan kiinteistön sisäympäristöjen hygieenisyydestä kiinteistön elinkaaren eri vaiheissa. HYGTECH-konsepti koostuu kolmesta moduulista: Talotekniset ratkaisut, Pinnat ja kalusteet sekä Palvelut (kuva 24). Ratkaisun laajuus määritellään yhdessä asiakkaan kanssa ja se vaihtelee asiakastarpeisiin pohjautuen.

Asiakstarve sisäympäristön hygieenisiin ratkaisuihin liittyen	Moduulit ja tuotteet		
	Talotekniset ratkaisut	Pinnat ja kalusteet	Palvelut
Korkea taso	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu
	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu
	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu
Perustaso	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu	Tarve & ratkaisu

Kuva 24. HYGTECH-konseptikuvaus

Seuraavaksi havainnollistetaan konseptin asiakasarvon muodostumista, hygieniatasojen soveltuvuutta eri kohteisiin ja edellä mainittujen moduulien – Talotekniset ratkaisut, Pinnat ja kalusteet, Palvelut – sisältöjä Hygtech-tutkimuksessa mukana olleiden Living Lab -kiinteistötyyppien avulla.

Kaikki Living Lab -kuvaukset perustuvat projektissa kehitettyyn kolmiportaiseen sisäympäristöjen hygieniaaluokitteluun, joka on esitelty kappaleessa 2.7. Jokaisen Living Lab -kuvauksen perustana on niin sanottu perushygieniataso H3, joka on kuvattu seuraavalla sivulla Teknologiatalon yhteydessä. Tämä Living Lab edustaa kiinteistötyyppiä, jonka käyttäjät ovat perusterveitä aikuisia. Päiväkoti ja Palveluasuminen ovat esimerkkejä hygieniatasosta H2, jossa hygieniavaatimukset ovat korkeammat, koska lapsien vastustuskyky ei ole vielä kehittynyt ja ikääntyneillä se on iän myötä alentunut. Sairaalaosasto on esimerkki vaativasta hygieniatason H1 asiakkuudesta, jossa infektioiden leviämisen ehkäisy on ensisijaisen tärkeää.

TEKNOLOGIATALO



Hygieniataso H3

Tavoite: perushygieniataso, jolla pyritään varmistamaan työntekijöiden terveellinen ja turvallinen työympäristö. Kriittiset pisteet ovat saniteettitilat ja keskeiset kulkuväylät

Asiakas: kaupunki ja kiinteistöyhtiö

Käyttäjät: eri organisaatioiden vakituinen henkilöstö ja vierailijat

TALOTEKNISET RATKAISUT

Ilmanvaihto

- järjestelmä on suunniteltava ja toteutettava siten, että se on huollettavissa ja puhdistettavissa sekä huomioitava mahdollisuus järjestelmän joustavaan muunteluun hygieniää edistävillä ratkaisuilla
- oikean käytön varmistaminen lisää hygieniää ja käyttöikä

Vesijärjestelmät

- suunnittelussa huomioitava oikea mitoitus vesimäärille ja paineelle, verkostossa ei kuolleita kulmia
- käyttöönottoerä erityisen tärkeä hygienian kannalta (huuhtelut)
- käyttövaiheessa tärkeää on lämpötilojen hallinta
- lisäksi voidaan ottaa käyttöön ratkaisuja, jotka huomioivat kiinteistön vähäisen vedenkäytön, esimerkiksi automaattijuoksutukset

PINNAT JA KALUSTEET

- Kustannustehokkainta korvata **usein koskettavat pienet pinnat** (ovenkahvat, valokatkaisimet, käsijohteet, hissinappulat, hanat jne.) **julkisissa** ja **saniteettitiloissa** antimikrobisilla tai kosketusvapailta tuotteilla

PALVELUT

- IV- ja jäähdytysjärjestelmän ylläpito ja huolto (suodatinten vaihto, kanaviston puhdistus) suositusten mukaisesti
- perussiivous, antimikrobisten pintojen puhdistus soveltuvilla aineilla



PÄIVÄKOTI



Hygieniataso H2

Tavoite: Perushygieniatason lisäksi erityyppisten ja monikäyttöisten tilojen hygienian optimointi huomioiden eri-ikäisten lasten toimintamallit, terveyden tukeminen ja perheiden sairauspoissaolojen ehkäisy

Asiakas: Kaupunki ja kiinteistöyhtiö

Käyttäjät: Vakituinen henkilöstö ja asiakkaat, joiden vastustuskyky ei ole vielä kehittynyt (lapset)



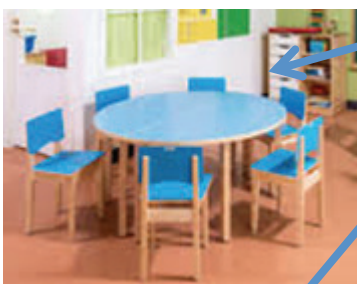
TALOTEKNISET RATKAISUT

- suunnittelussa huomioitava perusratkaisujen lisäksi ilman liikkuminen tilojen välillä, oleskelutilojen ilman laadun pysyttävä hyvällä tasolla
- ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmän kriittiset osat antimikrobisia, esimerkiksi suodattimet, siipipyörä, tulo- ja poistopäätelaitteet
- elektroniset hanat myös turvallisuutta lisääviä, koska estävät vesihanauksen jäämisen auki



PINNAT JA KALUSTEET

- enemmän hygienian kannalta kriittisiä kohteita: **ryhmätilat (leikki/lepuhuone, eteistila)**, laitoskeittiö ja ruuan jakelu
- myös **lattiapinnat** huomioitava leikkien vuoksi
- säilytysratkaisut, esimerkiksi leluille ja vaatteille
- **pöydät monessa käytössä – askartelu/leikit/ruokailu**
- wc-tiloissa käyttäjät myös potta- ja vaippaikäisiä, jotka tutustuvat ympäristöön koskettelemalla



PALVELUT

- siivouksen tehokkuuden todentaminen ja tason ylläpitäminen, katkaistaan mikrobien siirtyminen; asiakkailla on nuoren ikänsä vuoksi tyypillisesti runsaasti infektioita, jotka leviävät tehokkaasti ryhmässä myös lasten perheisiin
- **monitorointi** ja jatkuvatoiminen mittaus (veden laatu ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminta) voisi tuoda lisäarvoa tämäntyyppisessä kohteessa; mahdolliset ongelmat havaitaan riittävän ajoissa



PALVELUASUMINEN



Hygieniataso H2

Tavoite: Perushygieniatason lisäksi erityyppisten tilojen hygienian optimointi mahdollisimman helppokäyttöisesti ja huomioiden vanhusten heikkenevät voimavarat, vanhusten terveyden ja itsenäisen elämän tukeminen

Asiakas: kaupunki ja kiinteistöyhtiö, säätiö

Käyttäjät: vakituinen henkilöstö ja asukkaat, joiden vastustuskyky on alentunut (vanhukset)

TALOTEKNISET RATKAISUT

- talotekniset ratkaisut voivat vaatia erityisen huolellista suunnittelua, esimerkiksi ilmanvaihto (veto, lämpötila)
- taloteknisten ratkaisujen käyttöliittymien helppokäyttöisyyteen ja yksinkertaisuuteen kiinnitettävä huomiota, väärällä käytöllä voi olla vaikutusta hygieniaan (esimerkiksi kosteusvaurio)
- elektroniset hanat myös turvallisuutta lisääviä, koska estävät vesihanauksen auki jäämisen



PINNAT JA KALUSTEET

- käyttäjien heikkenevät voimavarat tulee ottaa kaikessa suunnittelussa huomioon, **helppokäyttöisyys**, jopa uuden tekniikan huomaamattomuus on tärkeää
- **tukikahvat ja -kaiteet** kiinteistöjen perusvarusteita; tilat jakaantuvat yksityisiin (asunnot) ja julkisiin (käytävät, kerhuhuone, sauna, mahdollinen ruokala tai keittiö), joista jälkimmäisiin suositellaan antimikrobisia tai kosketusvapaita ratkaisuja



PALVELUT

- haasteen muodostavat kiinteistön mahdollisesti kirjavat siivouskäytännöt; asunnot ovat koteja, joiden siivouksesta asiakkaat päättävät itse
- kiinteistön anturointi ja erilaiset seurantajärjestelmät (vedenkulutus jne.) voivat toimia myös turvallisuutta edistävänä tekijänä
- **monitorointi** ja jatkuvatoiminen mittaus (veden laatu ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminta) voisi tuoda lisäarvoa tämäntyyppisessä kohteessa; mahdolliset ongelmat havaitaan riittävän ajoissa



SAIRAALAOASTO



Hygieniataso H1

Tavoite: Työympäristön ja asiain turvallisuuden ja terveellisuuden varmistaminen sekä toiminnan kokonaistaloudellisuuden edistäminen. Hygienian kannalta vaativa erityiskohde; infektioiden syntymisen ja leviämisen ehkäisy eri tilojen haastavuuden mukaan.

Asiakas: Sairaanhoidopiiri

Käyttäjät: Vakituinen henkilöstö, osastopotilaat, poliklinikka-asiakkaat ja vierailijat

TALOTEKNISET RATKAISUT

- hygienian varmistavat ratkaisut optimoidusti eri tiloihin – aulailoista leikkaussaliin
- lukuisia kriittisiä pisteitä, esimerkiksi ilmanvaihdon kannalta eristystilat (ilman liike tilojen välillä)
- suunnittelun, ylläpidon ja huollon lisähaaste talotekniset erityisratkaisut, esimerkiksi kiinteistökohtaiset vedenpuhdistuslaitteet



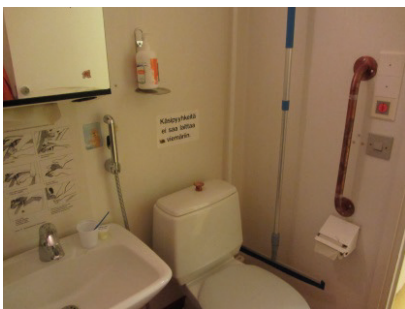
PINNAT JA KALUSTEET

- kaikki kosketuspinnat kriittisiä, korkean riskin kohteet tunnistettu kansainvälisissä tutkimuksissa
- mahdollisimman monet ratkaisut suunniteltava kosketusvapaaksi
- pinnat helposti puhdistettavia, kestävä tehokkaita puhdistusaineita ja -käsittelyjä



PALVELUT

- monitorointi; mikrobit, ilmanlaatu, ilmanvaihdon toimivuus, monitoroinnin haasteena ovat sairaalalaitteiden aiheuttamat häiriöt.
- erikoissiivous, seurantapalvelut (siivouksen taso, mikrobit)



Kliinisten kokeiden osoittamat korkean riskin kohteet

Sänky		Ovenpainike		Pesuallas		Annostelija	
Potilaspyöry		Ovenavaus- kytkin		Hana		WC-istuin	
Tippalaine		Vierailijatuoli		Pöytätaaso		Tarjoilukärry	
Tukikäden- sija		Potilastuoli		Näppäimistö		Pyykkikori	
Valokatkai- sin ja pistorasia		Yöpöytä		Kutsunappi tai -naru		Roska-astia	

Salgado ym. (2013); copperalliance.eu



4.1.1. Markkinat ja kohderyhmät

Erilaisilla rakennuksilla ja käyttäjäryhmillä on omat hygieniatarpeensa ja -haasteensa. Hygieniaa edistävät tuotteet tuovat eniten lisäarvoa 1) tiloissa, joissa on paljon ihmisiä ja 2) käyttäjille, joiden vastustuskyky on heikentynyt (vanhukset, sairaat) tai ei ole vielä kehittynyt (lapset). Hygienialiiketoiminnan ensisijaiset markkinat muodostuvat 24/7-hoitoa tarjoavista yksiköistä esimerkiksi sairaalat, päiväkäyttöisistä opetus- ja hoitoalan tiloista, joiden pääasi- allisia käyttäjiä tai asiakkaita ovat lapset, sekä liikenteen toimitiloista, joissa tapahtuu suurten massojen läpikulkua.

Taulukko 13. Hygienialiiketoiminnan potentiaaliset markkinat.

Ensisijaiset markkinat	Toissijaiset markkinat
24/7-hoitoa tarjoavat yksiköt Sairaalat Terveyskeskukset Vanhainkodit Vanhusten palvelutalot Kuntoutuslaitokset	Muut 24/7-yksiköt Varuskunnat Vankilat
Päiväkäyttöiset opetus- ja hoitoalan tilat (pääkäyttäjänä lapset) Peruskoulut Päiväkodit Neuvolat Terveystalot	Muut opetus- ja hoitoalan tilat Muut opetusrakennukset Eläinsairaalat ja pieneläinklinikat Laboratorio- ja tutkimusrakennukset
Liikenteen toimitilat Rautatie- ja linja-autoasemat Lento- ja satamaterminaalit	Muut liikenteen toimitilat
Elintarviketeollisuuden toimitilat	Lääketeollisuuden toimitilat
	Liiketilat Tavaratalot ja kauppakeskukset Majoitusliikerakennukset Ravintolat
	Kokoontumistilat Urheilu- ja kuntoilutilat Kirjastot Museot Teatterit
	Toimistohotellit ja hallintorakennukset
	Asuinrakennukset

Markkinapotentiaali

Kotimarkkinat. Kotimarkkinoilla ja pohjoismaissa on toimiva infrastruktuuri, mikä osaltaan varmistaa hyvän käyttövesihygienian. Näillä markkinoilla lisäarvoa muodostuu enemmän ilma- ja pintahygieniasta.

Tilastokeskuksen rakennus- ja asuntotuotantotilasto kuvaa rakennusluvanvaraisen rakennustoiminnan määrää ja tuotannon volyymia². Määrää tilastossa mitataan rakennushankkeen tilavuudella ja asuntojen lukumäärällä. Myönnettyjä rakennuslupia oli vuonna 2014 (1000m³) kaikkiaan 29 500. Julkinen palvelurakentaminen erottuu muista ollen ainoa, joka oli huomattavasti kasvanut edelliseen vuoteen verrattuna. 2014 julkisen palvelurakentamisen osuus oli 2630 eli noin yhdeksän prosenttia kaikista rakennusluvista. (SVT, Rakennus- ja asuntotuotanto.)

Taulukko 14. Myönnetyt rakennusluvut 10/2014, 1000 m³

Käyttötarkoitus	Uusimman kuukauden vuosimuutos		Kumulatiivinen summa	Liukuva vuosisumma
	Tilavuus, 1000 m ³	Vuosi- muutos, %*	Tilavuus, 1000 m ³	Tilavuus, 1000 m ³
Rakennukset yhteensä	1 945	-30	23 806	29 250
Asuinrakennukset	519	-29	8 503	9 905
Vapaa-ajan asuinrakennukset	48	-41	606	689
Liike- ja toimistorakennukset	215	-55	3 488	4 432
Julkiset palvelurakennukset	270	89	1 888	2 630
Teollisuus- ja varastorakennukset	546	14	5 278	6 440
Maatalousrakennukset	190	-72	2 099	2 930
Muut rakennukset	157	-19	1 944	2 225

* Muutosprosentit on laskettu edellisen vuoden vastaavan tasoisesta aineistosta

Lähde: Rakennus- ja asuntotuotanto, Tilastokeskus.

² Rakennustilastoissa käytetyt pääryhmät ovat: asuinrakennukset, liikerakennukset, toimistorakennukset, liikenteen rakennukset, hoitoalan rakennukset, kokoontumisrakennukset², opetusrakennukset, teollisuusrakennukset, varastorakennukset, palo- ja pelastustoimen rakennukset, muut rakennukset. Kaikkia rakennusluokituksen luokkia ei ole luettu mukaan Tilastokeskuksen rakennuskantaan.

Tilastokeskuksen korjausrakentamisen tilasto kuvaa talonrakentamisen korjaustoimintaa vuositasolla. Vuonna 2013 talonrakennusalan yritysten volyymi uudisrakentamisessa oli 8175 miljoonaa euroa ja korjausrakentamisessa 6125 miljoonaa euroa. (SVT, Korjausrakentaminen.)

Taulukko 15. Talonrakennusalan yritysten urakat toimialoittain, milj. euroa

		2012	2013
Uudisrakentaminen	Talonrakentaminen	5 286	5 826
	Erikoistunut rakennustoiminta	2 285	2 349
	Yhteensä	7 571	8 175
Korjausrakentaminen	Talonrakentaminen	2 580	2 877
	Erikoistunut rakennustoiminta	3 038	3 247
	Yhteensä	5 618	6 125
Koko talonrakentaminen	Talonrakentaminen	7 866	8 703
	Erikoistunut rakennustoiminta	5 323	5 596
	Yhteensä	13 189	14 300

Lähde: Rakennusyritysten korjaukset, Tilastokeskus

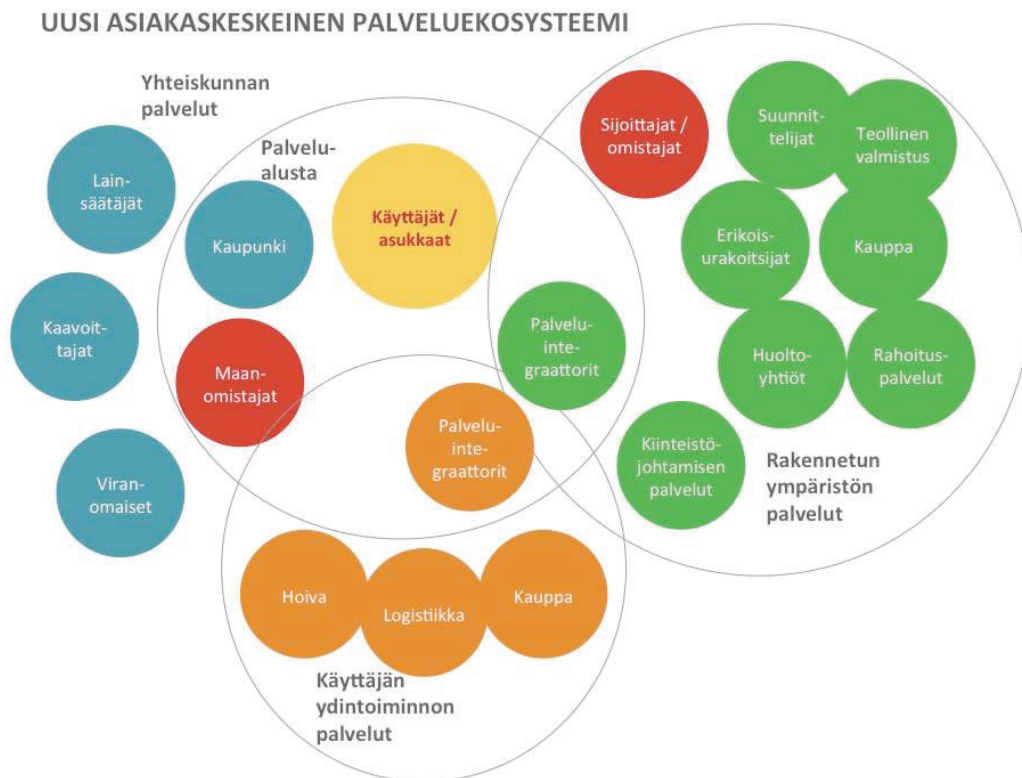
Vientimarkkinat. Eniten potentiaalia on alueilla, joissa 1) kehittymättömän infrastruktuurin vuoksi esimerkiksi veden laadussa voi olla suurta vaihtelua, 2) kuuma ja kostea ilmasto luovat mikrobien leviämisen otollisen ympäristön, 3) on suuria väestökeskittymiä tai jotka ovat 4) kansainvälisen liikenteen solmukohtia tai joissa 5) on esiintynyt massaepidemioita.

4.2 Hygienialiiketoiminta nyt ja 2020 – vaihtoehtoisia polkuja

Projektin päättyessä kokonaiskonsepti on vielä visiotasolla ja esimerkiksi kiinteistöjen sisäympäristön seurantaan liittyvä teknologia vaatii tuotekehitystyötä. Pinnat & kalusteet -moduuliin liittyvä kehitystyö on edennyt nopeimmin ja siihen on jo tarjolla ISKUn, Merivaaran, Abloyn ja Oraksen yhdessä lanseeraama tuoteperhe HYGIENE. (<https://www.isku.fi/tyoymparistot/hygiene>)

Hygienialiiketoiminnan kehittäminen tapahtuu osana kiinteistö- ja rakennusalan toimintaa, jolloin alan yleisellä toimintakulttuurilla ja sen muutoksilla on merkittävä vaikutus myös hygieniakonseptin edelleen kehittämiseen. Ala on muutoksen kourissa, mistä hyvänä esimerkkinä on se, että RYM Oy valmistelee MUUTOS-tutkimusohjelmaa, jossa synnytetään uutta

tietopohjaa ja uudenlaisia liiketoimintamalleja 2020-luvun liiketoiminnalle. Tavoitteena on, että rakentamisesta tulee elinkaaripalvelua asiakkaan ydintoimintaan. Uuden mallin mukaisesti alan toiminnassa siirryttäisiin tarjoamaan ratkaisuja asiakkaan ydintoiminnan ongelmiin, eikä rajauduttaisi enää tuottamaan tiloja mahdollisimman pienin kustannuksin. MUUTOS-ohjelma tähtää uuteen palveluekosysteemiin (kuva 25), jossa asiakas saisi palvelua rakentamisen ja oman toimialansa integraattoreilta, jotka toteuttavat tehtäväänsä yhteistyössä asiakkaan ja monialaisten kumppaneiden kanssa (www.rym.fi).



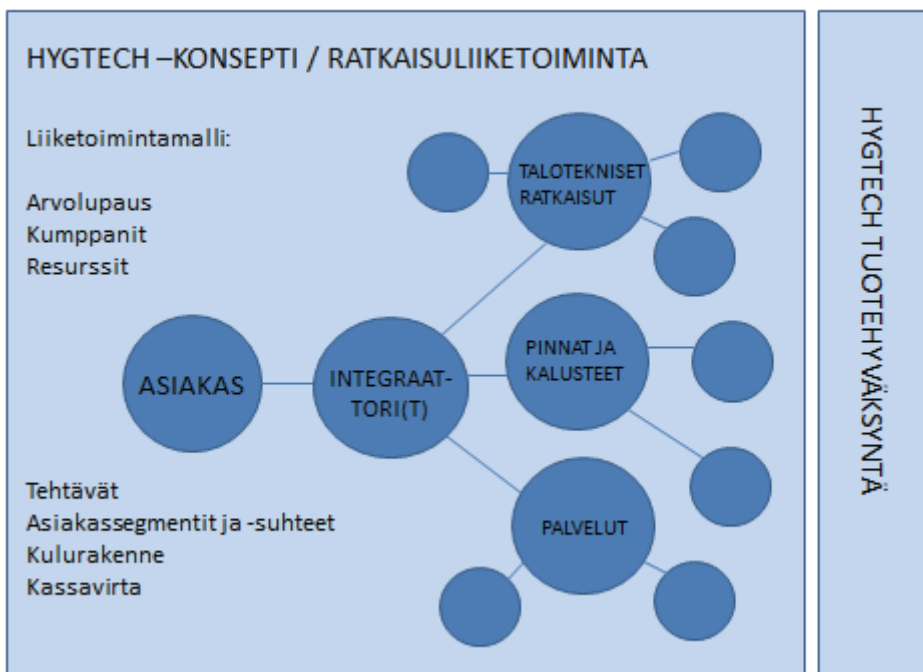
Kuva 25. Rakentamisen palveluekosysteemi. Lähde: rym.fi

Seuraavaksi esitellään kaksi erilaista polkua hygienialiiiketoiminnan kehittämiseksi: 1) Ratkaisuliiketoiminta, jossa painopiste on yritysten ja yritysverkostojen liiketoiminnassa ja 2) Saateenvarjobrändi, jossa painopiste on klusterin luomisessa ja brändin kehittämisessä. Mallit eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan voivat täydentää toisiaan.

4.2.1 ”HYGTECH-ratkaisuliiketoiminta”

Ratkaisuliiketoiminnassa lähdetään edelleen kehittämään HYGTECH-konseptivisiota. Kun projektinaikainen konseptointi on ollut luonteeltaan visioivaa ja kehittäväää, nyt tulisi ottaa askel konkreettisempaan suuntaan. Ekosysteeminäkökulmasta voidaan lähteä verkosto- ja sidosryhmäanalyysin pohjalta systemaattisesti rakentamaan verkostoa; sekä kaupallistamis- ja tiedottamiskumppaneita että liiketoimintakumppaneita. Hygienia-vaikutteisten tuotteiden testaamisen, sertifiointin ja kiinteistöjen hygienia-asioiden ohjeistuksen kehittäminen on oma erillinen kokonaisuutensa, johon tulisi etsiä kansallisen tason kumppani (julkinen toimija tai yhdistys), joka vastaisi tästä kokonaisuudesta ja tukisi hygieniaan huomioimista rakennusosalalla.

Konseptin perusajatuksen – kattavan sisäympäristöhygieniaan hallinnan – toteutuminen edellyttää verkostomaista yhteistyöstä ja uusia toimintamalleja sekä myymiseen että ostamiseen. Pisimmälle vietyinä konsepti näyttätyy asiakkaille saumattomana kokonaisuutena, vaikka koostuukin usean toimittajan verkostosta (kuva 26).

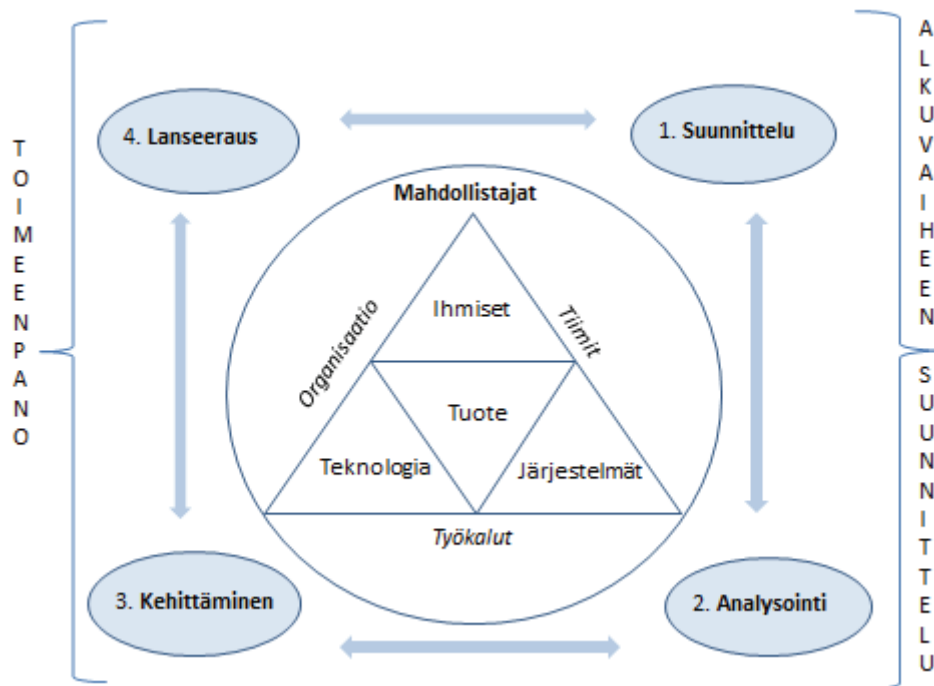


Kuva 26. HYGTECH-ratkaisuliiketoiminta.

Kuviossa esitetyn kaltainen liiketoimintamalli edellyttää, että jokin yritys/yritykset toimivat integraattorin roolissa: vastaavat asiakasrajapinnasta ja verkoston toiminnan orkestroinnista. Kaikkea liiketoimintaa ei kuitenkaan ole pakko koota ns. yhdeltä luukulta hoidettavaksi.

Tuotteita ja toimintoja voidaan etenkin alkuvaiheessa koota esimerkiksi moduuleittain, niin että asiakasrajapintaa hoitaa 1–3 toimijaa. Liiketoiminnan kehittämisen osalta tulee markkinointinäkökulmasta pohdittavaksi tarkempi markkina-analyysi ja arvolupauksen kirkastaminen sekä teknologianäkökulmasta toteutettavuuden ja tuotekehitykseen kuluvan ajan arviointi. Sekä yksittäisen yrityksen että verkoston näkökulmasta liiketoimintamalli(e)n (arvolupaus, kumppanit, resurssit, tehtävät, asiakassegmentit ja -suhteet, kulurakenne ja kassavirta) suunnitteluun ja analyysiin tulee kiinnittää huomiota.

Ratkaisuliiketoiminnan kehittämisessä voidaan soveltaen hyödyntää erilaisia tuote- ja palveluliiketoiminnan prosessimalleja. Seuraavassa kuvassa 27 esitettyssä mallissa korostuu palvelunkehityksen epälineaarisuus; tärkeässä roolissa ovat myös kehittämisen mahdollistavat tekijät, muun muassa tiimit, muotoilutyökalut ja organisaatiokulttuuri.



Kuva 27. Uuden palvelun kehitysprosessi (mukaeltu Johnson ym. 2000 ja Zeithaml ym. 2006).

Uuden palvelun kehittämisen prosessi voidaan Johnsonin ja kollegoiden (2000) mukaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

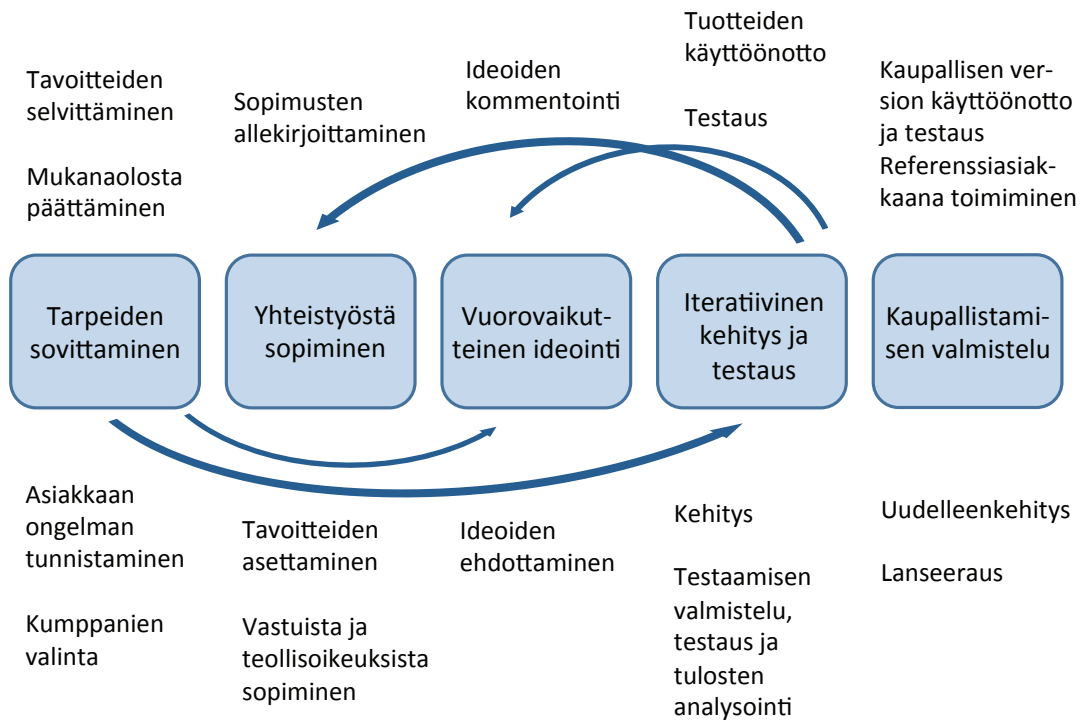
1. Suunnitteluvaiheessa määritellään uuden palvelun strategia tai tavoitteet, kehitetään ja arvioidaan ideaa sekä kehitetään ja testataan konseptia.
2. Analysointivaiheessa tehdään liiketoiminta-analyysi ja valtuutetaan projekti.
3. Kehittämisen vaiheessa suunnitellaan ja testataan palvelu, palveluprosessi ja -järjestelmä, koulutetaan henkilöstöä, tehdään pilotti sekä koemarkkinointi.
4. Lanseerausvaiheessa tehdään täysimittainen lanseeraus ja arviointi lanseerauksen jälkeen.

Suunnitteluvaiheessa (vaiheet 1 ja 2) arvioidaan ja tehdään päätöksiä liittyen palvelun elinkelpoisuuteen markkinoilla sekä sisäisiin resursseihin ja osaamiseen. Toteutusvaiheessa (vaiheet 3 ja 4) suunnitellaan miten palvelu tuotetaan asiakkaalle tai yhdessä asiakkaan kanssa sekä ja miten palvelun mahdollistavat tekijät (teknologia, ihmiset järjestelmät, tuotteet) integroidaan siihen eli miten uuden palvelun tuottamiseen organisoidutaan. HYGTECH2-projektin aikainen konseptin kehitys on ollut luonteeltaan alkuvaiheen suunnittelua ja kehitetty konseptivisio voi toimia strategisen suunnittelun välineenä hygienialiiketoiminnasta kiinnostuneissa yrityksissä.

Keskeisiä haasteita ratkaisuliiketoiminnan kehittämisessä rakennusalan kontekstissa ovat 1) rakentamisen fragmentoituneen arvoketjun ja asiakkuuden ”haltuunotto” ja 2) elinkaari-kustannusten sekä kokonaistaloudellisuuden osoittaminen hintavetoisessa hankintakulttuurissa. Ratkaisuliiketoiminnan kehittämisessä voidaan soveltaen hyödyntää Cleantech-ratkaisujen kohdalla tunnistettuja hyviä käytäntöjä ja luotuja malleja: yhteiskehittely, kestävän arvolupauksen luominen ja asiakasarvon todentaminen. (ks Jalkala ym 2014). Erityisesti asiakasarvon todentamisen avulla voidaan pyrkiä madaltamaan asiakkaiden investointikynnystä osoittamalla, että ratkaisun käyttöönotosta tulee pitkän aikavälin kustannussäästöjä. Kun hyödyistä on osoittaa konkreettista näyttöä toimivissa referenssikohteissa, on asiakkaan helpompi uskaltaa kokeilla uudenlaista ratkaisua.

Lähdettäessä pilotoimaan ja testaamaan hygieniaratkaisua yhdessä asiakkaan kanssa tulee yhteiskehitysprosessin onnistumiseksi kiinnittää huomiota: 1) asiakkaan valintaan ja 2) yhteisymmärryksen luomiseen yhteiskehitysprosessin luonteesta, vaiheista ja osapuolien rooleista. Jalkala ja kollegat (2014) ovat kehittäneet Cleantech-ratkaisujen kaupallistamiseen liittyen viisivaiheisen yhteiskehityksen mallin, johon asiakkaat voivat osallistua joko pinnallisesti tiedon lähteenä tai syvällisesti yhteiskehittäjänä (kuva 28).

ASIAKKAAN TEHTÄVÄT



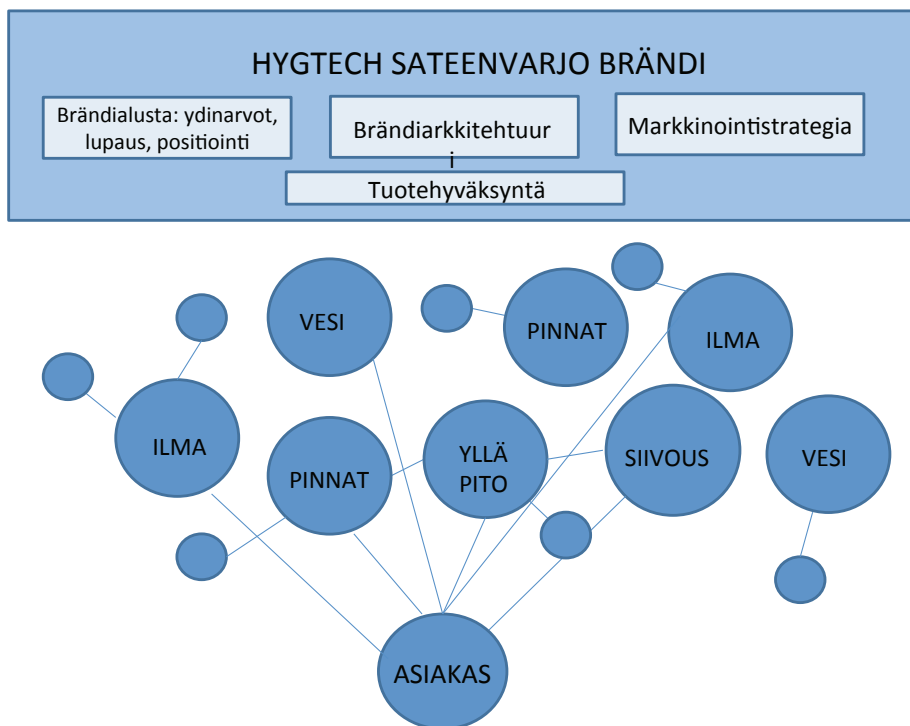
TOIMITTAJAN TEHTÄVÄT

Kuva 28. Yhteiskehittämisen vaihemalli. Mukaeltu Jalkala ym. 2014

Tarpeiden sovittamisvaiheessa valitaan kehityskumppanit, keskustellaan tavoitteista ja karotetaan asiakstarpeita. Yhteistyön sopimisvaiheessa allekirjoitetaan sopimukset ja määritellään tavoitteet ja vastuut. Vuorovaikutteisessa ideoinnissa pyritään löytämään aihioita mahdollisesta ratkaisusta. Asiakas on syvällisimmin mukana iteratiivisessa kehitys ja testausvaiheessa. Asiakas voi olla mukana kaupallistamisen valmistelussa toimimalla referenssiasiakkaana tai kirjoittamalla menestystarinoita kehitetystä ratkaisusta (Jalkala ym. 2014, 5–7).

4.2.2. "HYGTECH-sateenvarjobrändi"

Sateenvarjobrändin luomisessa on ensisijassa kysymys yhteisen imagon ja identiteetin luomisesta hygieniateknologia klusterille tai liiketoiminnalle sekä yhteisen markkinointistrategian kehittämisestä. Klusteribrändin kehittämisessä on keskeistä saada mukaan kansallisen tason julkinen toimija ja rahoittaja. Kehittämisen painopiste on klusteritason toiminnoissa, joihin myös tuotehyväksyntä ja brändin jäsenyydestä päättäminen kuuluvat. Brändi tukee jäsenyritysten liiketoimintaa sisäympäristöhygienian eri osa-alueilla, mutta ei vaikuta yksittäisten yritysten tai verkostojen liiketoimintaan. Asiakkaan suunnalta katsottuna sateenvarjobrändi näkyy vain taustavaikuttajana eikä sillä ole vaikutusta esimerkiksi asiakasrajapinnan hoitamiseen (kuva 29).



Kuva 29. HYGTECH-sateenvarjobrändi.

Klusteribrändin kehitys- ja hallinnointiprosessi voidaan esittää kuusivaiheisena mallina (kuva 30):

1. Mobilisointi- ja suunnitteluvaiheessa luodaan kiinnostus, tehdään sidosryhmäanalyysi, sitoutetaan keskeiset toimijat, luodaan rakenteet kehitysprosessille nimittämällä ohjausryhmä ja projektipäällikkö, suunnitellaan prosessin peräkkäiset askeleet ja varmistetaan rahoitus.
2. Tutkimus ja analyysivaiheessa luodaan ymmärrys brändin identiteetistä, imagosta ja vahvuuksista eli määritellään millaisena klusteri nähdään (sekä ulkopuolelta että sisältä), miten se kommunikoi, erottautuu ja mitkä ovat sen pääkompetenssit.
3. Prosessivaiheessa luodaan brändialusta osallistavassa yhteiskehittämisen prosessissa. Luodaan visio siitä mitä halutaan olla tulevaisuudessa.
4. Strategiavaiheessa päätetään brändäysstrategian ytimeästä. Määritetään brändialusta (ydinarvot, positiointi ja brändilupaus), markkinoinnin kommunikaatiostrategia (kohderyhmät, kanavat, välineet ja toiminnot, viestit ja visuaalinen identiteetti) ja toimintasuunnitelma.
5. Implementointivaiheessa siirrytään sanoista tekoihin.
6. Hallinnointi, seuranta ja arviointivaiheessa varmistetaan, että prosessi toimii moitteettomasti ja brändin lupaukset täytetään, arvioidaan ja tehdään hienosäätöä. (Andersson ym. 2012, 40–48.)



Kuva 30. Klusteribrändin kehitys- ja hallinnointiprosessi. (Andersson et al. 2012)

5 Jatkotutkimukset

HYGTECH-hankkeen oheistuloksena syntyi uusi sisäympäristön hygieniaa edistävä HYGIE-NE-tuotesarja. HYGTECH-projektiverkostolla on ollut merkittävä rooli tuotesarjan kehittämisessä. Projektiverkoston kontaktien kautta alkuperäistä tuote- ja ratkaisukokonaisuutta on täydennetty ja HYGTECH2-projektiryhmä on tuonut kokonaisuuteen uusia yrityskumppaneita, tutkimuksellista näkökulmaa muun muassa tuotehyväksyntään ja standardeihin liittyen sekä konseptiajattelua.

Työ sisäympäristön hygienieeman ympärillä jatkuu Hygieniasta liiketoimintaa (HygLi)-hankkeessa. HygLi tukee Satakunnan alueen älykästä erikoistumista sisäympäristön hygienian ja siihen liittyvän resurssiviisaan talotekniikan toimialalla. HygLi-hankkeessa muodostetaan uusia Living Lab -innovaatioalustoja, joissa toteutetaan juuri edellä mainittujen sisäympäristön hygienian ja resurssiviisaan talotekniikan pilotointeja. Hanke kehittää Satakunnan maakuntaohjelman yhtenä painopisteenä olevan maakunnallisen TKI-toiminnan infrastruktuuria verkottamalla korkeakoulujen, yritysten ja julkisen sektorin tutkimusta. SAMK ja Turun yliopiston kauppakorkeakoulun Porin yksikkö toteuttavat hankkeen aikavälillä 11/2014–8/2017.

Lähdeluettelo

Anderson, M., Solitander, A. & Ekman, P. (2012) Cluster Branding and Marketing – a Handbook on Cluster Brand Management. Tendensor. http://tendensor.com/wp-content/uploads/2013/11/TENDESOR_CMB_HANDBOOK-090113-sheets.pdf

Antimicrobial copper (2015) Registered after rigorous testing by the US EPA. <http://antimicrobialcopper.com/uk/scientific-proof/epa-registration.aspx>. Viitattu 17.2.2015.

Blythe, J. (2001) Essentials of Marketing. Second Edition, Pearson Education, Prentice Hall.

Edvardsson, B., Gustavsson, A., Johnson, M.D. & Sandén, B. (2000) New Service Development and Innovation in the New Economy. Studentlitteratur; Lund.

Grass, G., Rensing, C. & Solioz, M. (2011) "Metallic copper as an antimicrobial surface." Applied and environmental microbiology 77.5: 1541–1547.

Heger, T. & Rohrbeck, R. (2012) Strategic foresight for collaborative exploration of new business fields. Technological Forecasting & Social Change, 79:819-831.

Herwaldt, L. A. (2014) Antimicrobial Efficacy of Surface Coating NG3982 Applied to High Touch Hospital Surfaces. Abstract K-1721. 54th Annual Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy (ICAAC). 05–09 September 2014, USA, Washington, D.C.

Jalkala, A., Keränen, J., Oinonen, M. & Patala, S. (2014) Cleantech-ratkaisujen kaupallistaminen: yhteiskehityksestä arvon todentamiseen. Tutkimusprojektin loppuraportti. Lappeenranta teknillinen yliopisto, Lappeenranta.

Johnson, S., Menor, L., Roth, A. & Chase, R. (2000) A Critical Evaluation of the New Service Development Process: Integrating Service Innovation and Service Design. Teoksessa: Fitzsimmons, J. & Fitzsimmons, M. (Eds.). 2000. New Service Development - Creating Memorable Experiences., Sage Publications, Thousand Oaks.

Kalliomäki P., Saarinen P. & Koskela H. (2015) Ilmavälitteisten infektioiden leviäminen sairaaloiden eristystilasta oven avauksen seurauksena. Sisäilmastoseminaari 2015, SIY Report 33, Helsinki, Finland, 11.3.2015, 51–56.

Keinonen, T. & Jääskö V. (2003) Tuotekonseptointi. Teknologiateollisuuden julkaisuja 12/2013. Teknologiateollisuus ry, Helsinki.

Kobe, S., Drazic, G., Cefalas, A.C., Sarantopoulous, E. & Strazisar, J. (2002) Nucleation and crystallization of CaCO₃ in applied magnetic fields. *Crystal Engineering* 5, 243–253.

Kokkonen, V., Kuuva, M., Leppimäki, S., Lähteinen, V., Meristö, T., Piira, S. & Sääskilähti, M. (2005) Visioiva tuotekonseptointi. Työkalu tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjaamiseen. Teknologiateollisuus ry, Helsinki.

Kotler, P. (1990) Markkinoinin käsikirja: Analyysi, suunnittelu, toteutus ja seuranta. Gummerus Kirjapaino, Jyväskylä.

Kukkonen, E. (2013) qPCR mikrobien DNA-analyysiin. *Sisäilmautiset* 2/2013, 8–10.

Lindroos, J. & Lohivesi, K. (2004) Onnistu strategiassa. WSO, Helsinki.

Lyytikäinen, O., Kanerva, M., Agthe, N. & Möttönen T. (2005). Sairaalainfektoiden esiintyvyys Suomessa 2005. *Suomen Lääkärilehti* 33/2005, vsk 60, 3119–3123.

Michels, H.T., Noyce, J.O. & Keevil, C. W. (2009) Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* challenged antimicrobial materials containing silver and copper. *Letters in Applied Microbiology* 49(2):191–5. doi: 10.1111/j.1472-765X.2009.02637.x.

Mulvey, D., Redding, P., Robertson, C., Woodall, C., Kingsmore, P., Bedwell, D., & Dancer, S. J. (2011). Finding a benchmark for monitoring hospital cleanliness. *Journal of Hospital Infection*, 77(1), 25–30.

Palveluliiketoiminnan sanasto. Vocabulary of Service Business. Tekes. Verkkojulkaisu. <http://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/serve/aineistot/> (luettu 14.10.2014)

Pelto-Huikko, Aino (toim.) (2015) Käyttövesijärjestelmien tutkimus Sisäympäristö-ohjelmassa: laatu, turvallisuus sekä veden- ja energiansäästö. Sarja B, Raportit 8/2015. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Pori. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015052911327>

Rakennusteollisuus. <http://www.rakennusteollisuus.fi>

Rakennettu ympäristömme NYT/2025 (2011) Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi, Helsinki. <http://www.kirafoorumi.fi/default.aspx>

Rubin, A. (2012) Futurex – Future experts –projektin Delfoi-tutkimus. Turun yliopiston koulutus- ja kehittämiskeskus Brahean julkaisuja B:9. Turun yliopisto, Turku.

Salgado, C. D., Sepkowitz, K. A., John, J. F., Cantey, J. R., Attaway, H. H., Freeman, K. D., Sharpe, P. A., Michels, H. T. & Schmidt, M. G. (2013) Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the intensive care unit. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 34(5), 479–486.

Sataviisari – Tilasto-, tutkimus- ja ennakointitietoa Satakunnasta. <http://www.Sataviisari.fi>

Sisäilmauutiset. <http://www.sisailmauutiset.fi/?p=3137>. Viitattu 27.4.2015.

Sisäilmayhdistys ry (2008). Sisäilmastoluokitus 2008: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmastoyhdistys, Helsinki.

Sosiaali- ja terveysministeriö (2003) Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön op-paita 2003:1. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki. [viitattu: 10.10.2014]. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-00-1301-6>

Suomen virallinen tilasto (SVT) Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkojulkaisu]. Tilastokeskus, Helsinki. [viitattu: 10.10.2014]. <http://www.stat.fi/til/ras/kas.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT) Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu]. Tilastokeskus, Helsinki. [viitattu: 10.10.2014]. <http://www.stat.fi/til/kora/kas.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT) Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkojulkaisu]. lokakuu 2014, Liitetaulukko 2: Myönnettyt rakennusluvut 10/2014, 1000 m³. Tilastokeskus, Helsinki [viitattu: 21.1.2015].

Saantitapa: http://www.tilastokeskus.fi/til/ras/2014/10/ras_2014_10_2014-12-19_tau_002_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT) Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu]. ISSN 1799-2958. rakennusyritysten korjaukset 2013, Liitetaulukko 1. Talonrakennusalan yritysten urakat toimialoitain, milj. euroa. Tilastokeskus, Helsinki. [viitattu: 21.1.2015]. Saantitapa: http://www.tilastokeskus.fi/til/kora/2013/01/kora_2013_01_2014-10-03_tau_001_fi.html

United States Environmental Protection Agency (2015a) Protocol for the Evaluation of Bactericidal Activity of Hard, Non-porous Copper/Copper-Alloy Surfaces. Revised 3.2.2015. <http://www.epa.gov/oppad001/copper-copper-alloy-surface-protocol.pdf>.

Viitattu 17.2.2015.

United States Environmental Protection Agency (2015b) List of US EPA approved anti-microbial copper alloys. <http://oaspub.epa.gov/apex/pesticides/f?p=PPLS:2:0::NO> . Viitattu 17.2.2015.

Uyerra, E., Edler, J., Garcia-Estevez, J., Georghiou, L., Yeow, J. (2014) Barriers to innovation through public procurement: A supplier perspective. *Technovation*, 34:631-645.

Vesa, M. (2014) Innovaatiotoiminnan johtaminen rakennustuoteteollisuudessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 1250. Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino, TTY, Tampere.

Hankkeen julkaisuluettelo

Aarikka-Stenroos, L., Mäkitalo-Keinonen, T. (2014) How to create innovative solutions in an extensive multi-industry innovation network – A case study on the formation process and innovation activities. IMP Conference 3.-6.9.2014, Bordeaux, Ranska.

Ahonen, M., Heinonen, J., Inkinen, J., Kleemola, H., Kukka, M., Mäkinen, R. (2013) Loppuraportti. Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Ahonen, M., Mäkinen, R. (2013) Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. Liekki 6/2013: 6.

Ahonen, M., Mattila, R., Voutilainen, P. (2014) Ratkaisuja terveydenhuollon sisäympäristöjen hygienian hallintaan. Sosiaali- ja kuntatalous 1/2014: 6.

Heinonen, J., Inkinen, J., Kukka, M., Mäkinen, R., Ahonen, M. (2013) Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. Artikkelijulkaisussa: Säteri J. ja Backman H. (toim.) Sisäilmastoseminaari 2013, SIY Raportti 31, 239–243. Sisäilmayhdistys ry. Jyväskylä.

Heinonen, J., Ahonen, M., Inkinen, J., Kleemola, H., Kukka, M., Mäkinen, R. (2014) Ilmanvaihto ja sisäympäristön hygienia – HYGTECH-tutkimus. Artikkelijulkaisussa: Säteri J. ja Backman H. (toim.) Sisäilmastoseminaari 2014, SIY Raportti 32, 161–166. Sisäilmayhdistys ry. Jyväskylä.

Inkinen, J., Kaunisto, T., Pursiainen, A., Miettinen, I. T., Kusnetsov, J., Riihinen, K., Keinänen-Toivola, M. M. (2013) Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. *Water Research*, 49, 83-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.013>

Inkinen, J. (2014) Water quality changes in a building – results from an office building during its first year of operation. 9. Pohjoismainen juomavesikonferenssi, 2. – 4.6.2014, Helsinki, Finland, Elektroninen julkaisu.

Kleemola, H. (2013) Antimikrobiologisten materiaalien toimivuus kiinteistöjen pinnoissa. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Kleemola, H. (2014) Kiinteistön hygieenisyyttä parantavien tuotteiden hyväksyminen kaupallisiksi tuotteiksi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Kukka, M. (2013) Langattomat anturiverkot kiinteistön olosuhteiden seurannassa. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Laine, K. (2012) Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. EU-rahoitusta hanketoimintaan Satakunnassa: 8. 2012.

Lehesvuori, P. (2013) Antimikrobiset rakennusmateriaalit rakennusprojektin osana. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Mäkinen, R. (2013a) Electronic faucets vs. manual faucets – a scientific article published in HygTech project, Oras Insider 9/2013.

Mäkinen, R. (2013b) Kosketusvapaat hanat hygieenisempiä kuin vipuhanat. Hanakanava 2/2013.

Mäkinen, R., Keinänen-Toivola, M. (2013) Hygtech-tutkimus – kohti hygieenisempiä sisätiloja. Materia 1/2013: 47–49.

Mäkinen, R., Miettinen, I., Pitkänen, T., Kusnetsov, J., Pursiainen, A., Kovanen, S., Riihinen, K., Keinänen-Toivola, M. (2013) Manual faucets induce more biofilms than electronic faucets. Canadian Journal of Microbiology, 59(6), 407–412.

Mäkinen, R., Heinonen, J. (2014) Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH- Sisätilojen hygieniatutkimus satakuntalaisissa pilottikohteissa. Ympäristö ja terveys 5/2014: 38–43.

Mäkinen, R., Ahonen, M. (2014) Talousveden ja materiaalien vuorovaikutukset. Teoksessa Tommila T. (Ed.) Oppimistuloksia ja kiinnostavia ilmiöitä: matematiikan, fysiikan ja kemian AMK-opettajapäivien artikkelit 2014, Pori 6–7.5.2014, 79–82.

Nyman, N. (2013) The microbiological impact of different building solutions in an office environment. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto.

Pukaralammi, S. (2013) KIINTEISTÖJEN HYGIENIAKONSEPTI HYGTECH- Pilottituotteiden käyttäjät päiväkotia Petäjässä. Opinnäytetyö (ylempi AMK). Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Rantanen, T. (2014) Ilmastointilaitoksen toiminta ja puhtaus. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Uusitalo, S. (2013) Sisäympäristömittaukset Hygtech-projektin pilottikohteissa. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Vanhapiha, R. (2013) Ilmastointilaitoksen puhtaus ja hygienia. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Hanke lehdistössä

Heikkonen, H. (2012) Kuparin antimikrobiset ominaisuudet. Rakennuslehti 8/12: 11.

Kuparin antibakteeriset ominaisuudet rohkaisevia. Sosiaali- ja kuntatalous 1/2013: 13.

Latostenmaa, P. & Toivola, M. (2013) Tutkimus kuparin terveystaikutuksista. Bolidenin henkilöstölehti 2/2013: 14–15.

Tompuri, V. (2012) Kupari ja nano parantavat hygieniaa. Puhtaustieto 3/12: 18–19.

HYGTECH2 tähtää tulevaisuuden hygieniahallintaan. (2013) Satakunnan ELY-keskus, Uutiskirje 5/2013.

Heikkonen, H. (2013) DiaVilla tarjoaa turvallista asumista. Talotekniikka 7/2013: 38–40.

Delfoi-kyselyn saatekirje.

OSALLISTU KYSELYYN JA VAIKUTA HYGIENIATEKNOLOGIAN KEHITTÄMISEEN

Mistä projektissa on kysymys?

Ihmiset viettävät elämästään yli 90 prosenttia sisätiloissa, missä terveyttä uhkaavat erilaiset mikrobit, jotka voivat aiheuttaa vakaviakin sairauksia. Maailmanlaajuista huolta aiheuttaa muun muassa mikrobien vastustuskyvyn kasvu antibiootteja vastaan. Hygtech-projekti pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin tutkimalla sisäympäristön hygieniaa parantavia tuotteita ja ratkaisuja Living Lab -kohteissa ja kehittämällä tutkimustulosten pohjalta liiketoimintakonseptia. Seuraavan linkin takaa pääset tutustumaan Hygtech-projektiin:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70248/2013_B_5_HYGTECH.pdf?sequence=2

Miksi lähestymme juuri sinua?

Hygieniateknologian kehittämisen tueksi toteutetaan Delfoi-kysely, jossa tavoitteena on kuulla ajanhermolla olevien asiantuntijoiden näkemyksiä sisäympäristöjen hygieniasta. Paneeliksi nimettyyn Delfoi-raatiin valitaan tarkastelun kohteena olevaa teema-alueetta eri suunnilta tuntevia ja hallitsevia henkilöitä. Paneelin jäsenten valinnassa on hyödynnetty Hygtech-projektitoimijoiden asiantuntemusta ja verkostoja. Jotta kaikki julkiseen rakentamiseen ja hygieeniseen sisäympäristöön liittyvät osa-alueet tulevat katetuksi, valintaprosessin pohjaksi on luotu asiantuntijuusmatriisi. Teidät on tunnistettu ko. aihealueen asiantuntijaksi. Toivomme teidän osallistuvan tutkimukseemme, koska näkemyksenne antaisi meille arvokasta lisätietoa osaamisalueeltanne.

Mihin kyselyllä pyritään?

Tässä Delfoi-tutkimuksessa kartoitetaan julkisen rakentamisen tulevaisuuden suuntia sekä erityisesti eri toimijoiden tarpeita ja suhtautumista hygienian monipuoliseen huomioimiseen sisäympäristöissä. Tutkimuksen painopiste on uudisrakentamisessa. Näkemyksesi on arvokas, jotta pystymme vastaamaan erilaisten käyttäjäryhmien ja rakennusten hygieniatarpeisiin ja -haasteisiin. Etenkin suuret kiinteistöt, joissa on paljon ihmisiä, ovat vaativia kohteita hygienian kannalta. Myös rakennusten eri tilojen hygieniatarpeet vaihtelevat. Tilan pääasiallinen käyttötarkoitus määrittelee pääsääntöisesti antimikrobisten rakennusmateriaalien käytön tarpeen.

>>

Mitä osallistuminen Delfoihin tarkoittaa?

Delfoi-menetelmä on tulevaisuudentutkimuksen asiantuntijamenetelmä, jonka avulla etsitään uutta tietoa, perusteltuja mielipiteitä ja hiljaista tietoa tarkasteltavan asian tulevaisuuden mahdollisuuksista, uhkista ja vaihtoehdoista. Delfoissa asiantuntijat vastaavat ja kommentoivat kysymyksiä ja väitteitä anonyymisti. Tiedon muodostus etenee kierroksittain niin, että edellinen kyselykierros muodostaa pohjan seuraavalle. Tässä tutkimuksessa on kaksi kierrosta (6/2014 ja 9/2014). Tutkimuksen aikajänne on viisi vuotta eli tarkastelun painopiste on lähitulevaisuudessa. Tutkimus toteutetaan sähköisesti Webropol-kyselynä, joten vastaaminen on vaivatonta eikä vie paljoa aikaa.

Miten saan tietoa tuloksista ja/tai projektista?

Kaikki osallistuneet saavat tietoa tutkimustuloksista. Kyselyn tulokset julkaistaan myös projektin loppuraportissa. Osallistuneille lähetetään linkki materiaaliin.

LIITE 2

Delfoi-kyselyiden sisältö.

Julkisen rakentamisen tulevaisuus	
Delfoi 1 – 6/2014	Delfoi II – 9/2014
<ul style="list-style-type: none"> • Mihin julkisen rakentamisen (esim. sairaala, koulu, virasto jne.) investointiprosessin vaiheisiin osallistut? Missä vaiheessa prosessia mielestäsi rakennuksen sisäympäristön terveellisyyteen liittyvät kysymykset pitäisi ottaa esille? • Mitkä ovat mielestäsi keskeisimmät tahot, jotka vaikuttavat sisäympäristöjen terveellisyyden vaatimusmäärittelyihin ko. vaiheessa? • Miten tärkeitä seuraavat ulottuvuudet ovat mielestäsi julkiseen rakennuskohteeseen (suunnittelu, urakointi, materiaalit) liittyvässä päätöksenteossa? • Mitkä edellä mainituista ulottuvuuksista ohjaavat mielestäsi tällä hetkellä eniten päätöksentekoa? • Onko mielestäsi uudisrakennusprojekteissa tahoja, jotka toimivat portinvartijan roolissa uusien tuotteiden, teknologioiden ja toimintatapojen käyttöönotossa? • Vuonna 2020 tullaan rakentamaan monitoimi- ja monimuotoisia tiloja, jotka tuovat yhteen eri-ikäisiä ihmisiä. • Väestörakenteen muutos saa aikaan sen, että hyvinvointi- ja 	<ul style="list-style-type: none"> • Kouluttamalla kunnallisia päätöksentekijöitä elinkaariajattelun huomioimiseen kilpailutuksissa kunnat tulevat pidemmällä tähtäimellä säästämään painopisteen siirtyessä kokonaistaloudellisesti edullisiin ratkaisuihin.

>>

<p>hoiva-alan rakentaminen lisääntyy vielä merkittävästi vuoteen 2020 mennessä.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuorten ikäluokkien pieneneminen tulee vähentämään merkittävästi päiväkotien ja koulujen rakentamista. • Julkisessa rakentamisessa tulee täyttyä nykyistä tiukemmat ympäristövaatimukset koko rakennuksen elinkaarella vuonna 2020. • Kuntalaiset tulevat olemaan yhä enenevässä määrin mukana maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa vuonna 2020. • Kansainvälistyminen tuo mukaan merkittäviä ulkomaisia kilpailijoita julkiseen rakentamiseen vuoteen 2020 mennessä. 	
Sisäympäristöjen hygieniaratkaisut	
Delfoi 1 – 6/2014	Delfoi II – 9/2014
<ul style="list-style-type: none"> • Määrittele lyhyesti, mitä hygieenisellä sisäympäristöllä mielestäsi tarkoitetaan. Mikä on keskeistä? • Vuonna 2020 rakennusten sisäympäristöjen tilaa seurataan ja hallitaan reaaliaikaisen anturijärjestelmän avulla. • Sisäympäristöjen terveellisyydellä ja hygienialla tulee olemaan entistä merkittävämpiä kansantaloudellisia vaikutuksia 2020. • Sisäympäristöjen hallinnan kokonaisratkaisut ovat merkittävä palveluliiketoiminnan alue 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arvioi seuraavien vaihtoehtojen toimivuutta laadun takeena tehtäessä päätöksiä sisäympäristöjen hygieniaratkaisujen hankinnoista. Valitse kolme mielestäsi parasta vaihtoehtoa tärkeysjärjestyksessä. • Ota kantaa puolesta tai vastaan seuraavien hygienialiiketoimintaan liittyvien väitteiden suhteen. Kuvaavatko ne mielestäsi asiakkaan kannalta toivomaasi ja mahdollisena pitämäsi tulevaisuutta ja sen toteuttamisen toimenpiteitä.

- Sisäympäristöjen kokonaishallinnan ratkaisut ovat cleantechin kaltainen merkittävä vientituote suomalaisille yrityksille.
- Sairaanhoidopiirit säästävät merkittäviä summia huomioidessaan sisäympäristöjen hygieenisyyden jo (24/7 käytössä olevan tilan) rakentamisvaiheessa.
- Hygieenisten ratkaisujen sisällyttäminen päiväkäyttöisiin tiloihin jo rakennusvaiheessa parantaa huomattavasti käyttäjien hyvinvointia.
- Vuonna 2020 hygieeniset ratkaisut pinnoissa ja talotekniikassa mikrobialtistuksen vähentämiseksi tulevat olemaan yhä yleisempiä tiloissa, joissa vieraillee paljon ihmisiä päivän mittaan.
- Miten tärkeitä seuraavat pintaan ja kalusteisiin liittyvät tuotteet ovat mielestäsi rakennuksen sisäympäristön hygienian toteutumisen kannalta?
- Miten tärkeitä seuraavat talotekniisiin ratkaisuihin (vesi, ilma) liittyvät ratkaisut ovat mielestäsi rakennuksen sisäympäristön hygienian toteutumisen kannalta?
- Onko mielestäsi tuoteryhmien tärkeydessä eroa kotimarkkinoiden ja viennin kannalta?
- Miten tärkeitä seuraavat tuotteiden ja ratkaisujen hankintapäätöksiin liittyvät ulottuvuudet ovat mielestäsi tehtäessä päätöksiä julkisen rakennuksen tavoiteltavasta hygieniata-sosta?
- Investoimalla terveelliseen ja hygieeniseen työympäristöön (esim. sairaalat, koulut, päiväkodit) julkisen sektorin työnantaja tulee vuonna 2020 säästämään henkilöstömenoissa työntekijöiden sairauspoissaolojen vähentyessä.
- Sisäympäristöjen hygieniata edistävien tuotteiden käyttöönotolla voidaan ehkäistä infektioita ja siten parantaa palveluiden käyttäjien, erityisesti lasten ja vanhusten hyvinvointia ja elämänlaatua
- Ota kantaa seuraavaan väittämään. Valitse siihen liittyen jokaiseen toimintaympäristöön mielestäsi sopivin vaihtoehto. Sisäympäristöjen hygieniata parantaviin tuotteisiin investoiminen maksaa itsensä julkiselle toimijalle takaisin infektioiden paremman hallinnan kautta.

Rakentamisen kulttuuri ja osaamistarpeet	
Delfoi 1 – 6/2014	Delfoi II – 9/2014
<ul style="list-style-type: none"> • Vuonna 2020 on siirrytty tietomallisuunnitteluun, jolloin rakennusprojektin toteutuksessa luottamus, yhteistyö ja avoin tiedonvaihto korostuvat kilpailuttamisen sijaan. • Vuonna 2020 rakennusprojektien toteutuksessa on siirrytty allianssiurakkaan, jolloin kunkin toimijan taloudellinen tulos riippuu koko allianssin tuloksesta, ei vain omasta suorituksesta. • Julkisten rakennusten ammattikäyttäjät (lääkärit, opettajat jne.) osallistuvat uudisrakentamisen hankkeiden suunnitteluun jo hankkeen valmisteleminen asti vuonna 2020. • Julkisten rakennusten loppukäyttäjät (potilaat, oppilaat jne.) osallistuvat uudisrakentamisen hankkeiden suunnitteluun jo hankkeen valmisteleminen asti vuonna 2020. • Ulkomaisen työvoiman osuus suomalaisilla rakennustyömailla on yli puolet vuonna 2020. • Vuonna 2020 Suomessa on vahvaa sisäympäristöjen hygieenisyyden hallinnan osaamista, jota viedään ulkomaille. • Vuonna 2020 rakennusalan koulutus perustuu ydinosaamiseen sekä mahdollisuuteen valita myös koulutusala ylittäviä sisältöjä (LVIS, markkinointi jne.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Kulttuurimuutokset vaativat aikaa. Vuonna 2020 on luotu pohja toimialarajat ylittävään yhteistyöhön ja tiedonjakamiseen huomioimalla tietomallisuunnittelu ja yhteiskehittely rakennusalan kaikilla koulutus-tasoilla.



Maailmanlaajuiset muutokset – ikääntyminen, ilmastonmuutos, kansainvälistyminen, kaupungistuminen – vaikuttavat rakennetun ympäristön tulevaisuuteen. Ihmisten liikkuvuuden lisääntyä infektioiden ehkäisy ja hallinta ovat merkittävä hyvinvointi- ja kustannustekijä.

HYGTECH-hankekokonaisuudessa toimialarajat ylittävän HYGTECH-konseptin kehittämisen tavoitteena on ollut rakentaa kokonaisuus, jonka tuottama asiakasarvo perustuu tuotteiden, palveluiden ja osaamisten yhdistelmään ja jonka luomaa asiakasarvoa mikään yksittäinen toimija ei pysty yksin saavuttamaan.

Hygieniakonseptia on kehitetty koko projektiverkoston – korkeakoulut ja yritykset – yhteistyönä. Living Lab -kohteissa HYGTECH- ja HYGTECH2-projektissa tehty tutkimus tarjoaa tärkeää tietoa sekä tuotteiden teknisistä ominaisuuksista että käytettävyydestä oikeassa arkielämän ympäristössä.