



.....
VESI-INSTITUUTIN JULKAISUJA 1
.....

KIINTEISTÖJEN HYGIENIA- KONSEPTI HYGTECH HANKKEEN LOPPURAPORTTI

Merja Ahonen, Jarkko Heinonen, Jenni Inkinen,
Heidi Kleemola, Marko Kukka & Riika Mäkinen

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sarja B, Raportit 5/2013

ISSN 2323-8356 (verkkajulkaisu)

Kuvat: Jenni Inkinen, Riika Mäkinen ja Jari Mäkinen

Julkaisija: Satakunnan ammattikorkeakoulu, Pori

Sisällys

1	Tausta.....	3
2	Tavoitteet.....	5
3	Toteutus.....	5
3.1	Pilottikohteet.....	5
3.2	Tutkimukset.....	7
4	Tulokset ja johtopäätökset.....	8
4.1	Markkinat.....	8
4.2	Rakennusprosessi.....	9
4.3	Käyttövesijärjestelmät	9
4.4	Pintamateriaalit	11
4.5	Sisäilma.....	12
4.6	Käyttäjät	15
5	Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet.....	16
	Lähteluettelo.....	17
	Hankkeen julkaisuluettelo.....	18
	Hanke lehdistössä.....	19

1 Tausta

Ihmiset viettävät elämästään yli 90 prosenttia sisätiloissa. Sisätiloissa ihmisten terveyttä uhkaavat erilaiset mikrobit, jotka voivat aiheuttaa vakaviakin sairauksia. Maailmanlaajuista huolta aiheuttaa muun muassa mikrobien resistenssin kasvu antibiootteja vastaan. Ihmiskehoon mikrobit päätyvät ruuansulatuskanavan (ruoka, juomavesi) ja haavojen kautta sekä hengitysilman välityksellä.

Kosketustartunta pintojen kautta on yksi keskeinen mikrobien ja sitä kautta tautien leviämisreitti. Kosketus- ja pisaratartuntana leviävät muun muassa flunssavirukset ja vatsatauti aiheuttava norovirus. Kiinteistöjen vesijärjestelmissä voi esiintyä terveydelle vaarallisia mikrobeja, joista osa kasvaa vesijärjestelmässä mikrobien kasvulle otollisten olosuhteiden vuoksi (mykobakteerit, Legionella) ja osa saattaa olla peräisin vesilaitoksen jakamasta vedestä tai kaivovedestä. Sisäilman hygienialle keskeisissä ilmanvaihtojärjestelmissä saattaa olla tartuntatauteja aiheuttavien mikrobien lisäksi terveyshaittaa aiheuttavia määriä kemiallisia epäpuhtauksia sekä terveysriskejä aiheuttavia home-, hiiva- ja bakteerikasvustoja. Tauteja aiheuttavien mikrobien leviämisen ehkäisyllä on kansantaloudellisiakin vaikutuksia, koska sairastumiset vähenevät.



Keuhkokuumetta aiheuttava Legionella voi siirtyä ihmiseen hengitysteiden kautta esimerkiksi suihkussa.

Erilaisilla rakennuksilla ja käyttäjäryhmillä on omat hygieniatarpeensa ja -haasteensa. Etenkin suuret kiinteistöt, joissa on paljon ihmisiä, ovat vaativia kohteita hygienian kannalta. Myös rakennusten eri tilojen hygieniatarpeet vaihtelevat. Sairaaloita ja hoivayksiköitä voidaan pitää haastavina erityiskohteina, sillä samoissa rakennuksissa hoidetaan potilaita, joilla on infektioita ja potilaita, joiden vastustuskyky on heikentynyt sairauden tai lääkityksen takia. Tämän lisäksi erilaiset hoitotoimenpiteet luovat uusia tartuntareittejä sekä lisäävät infektioherkkyyttä. Hygienian varmistaminen on erityisen tärkeää vanhenevalle väestölle, kroonisesti sairaille ja henkilöille, joiden toimintakyky ja vastustuskyky ovat alentuneet. Toisaalta lasten ja nuorten vastustuskyky eri mikrobeille ei ole vielä kehittynyt aikuisväestön tasolle.

Kiinteistön hygieenistä tilaa voidaan seurata erilaisilla antureilla, joilla on mahdollista mitata sisäympäristöstä erilaisia suureita kuten sisäilmasta lämpötilaa ja hiilidioksidia sekä vedestä lämpötilaa, sameutta ja jopa mikrobeja. Vesijärjestelmien osalta on todettu, että usein ainut merkki saastumisesta on veden sameuden muutos. Kuparin on havaittu olevan mikrobien kasvua ehkäisevä materiaali erilaisilla kiinteistöjen pinnoilla. Useissa tieteellisissä tutkimuksissa on todettu, että kosketusvapaat hanat ja hygieeniset pinnat vähentävät terveydelle haitallisten mikrobien esiintymistä. (EPA 2013, Grass 2011, Mäkinen et al. 2013.)



Erilaiset hygieeniset ratkaisut voivat vähentää sisäympäristön mikrobeja.

Erilaisia antimikrobisia tuotteita, kuten kuparisia ovenpainikkeita, on jo markkinoilla, mutta niitä ei ole aiemmin tutkittu keskitetysti hygieniakonseptin osana. Tutkimustulos-

ten yhdistämistä kokonaisvaltaiseksi hygieniakonseptiksi ei ole aiemmin tehty, saati uuden tuote- ja palvelukonseptin kehittämistä. Tuotteita ja puolivalmiita teknologisia ratkaisuja on jo olemassa, mutta varsinainen tarve on kehittää konsepti hygieenisten taloteknisten ratkaisujen liiketoiminnalle.

2 Tavoitteet

Hankkeen käytännön tavoitteita olivat:

1. tutkia sisätilojen (sisäilma, vesi, pinnat) mikrobiologiaa ja hygieenisiä ratkaisuja pilottikohteissa
2. tutkia jatkuvatoimista mittaustekniikkaa rakennuksissa
3. tutkia käyttäjien ja työntekijöiden vaikutusta sisäympäristön hygieniaan ja käyttäjien toiveita hygieenisille ratkaisuille
4. tutkia edellytyksiä Hygtech-hygieniakonseptille, joka yhdistää tuotteet, mittaustekniikan ja palvelukonseptin ja josta syntyy tulevaisuudessa uusi liiketoimintakonsepti.

3 Toteutus

HYGTECH-projekti painottui vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmien sekä kosketuspintojen mikrobiologiseen tutkimukseen, erityisesti ihmisten tautien ehkäisyn näkökulmasta. Tutkimusta tehtiin käytössä olevissa kiinteistöissä Living Lab -periaatteella. Tutkimuksen tuloksia tullaan hyödyntämään HYGTECH2-projektissa, jossa muodostetaan hygieniää parantavista tuotteista ja ratkaisuista liiketoimintakonsepti.

3.1 Pilottikohteet

Tutkimuksen pilottikohteet olivat toimistokiinteistö Teknologiatalo Sytytin (Rauma), päiväkot (Kankaanpää) ja omakotitalo (Eurajoki). Myös HYGTECH2-projektin pilottikohteet

ta (yli 80-vuotiaille rakennettu vuokrakerrostalo, koulu, sairaala) suunniteltiin ja valmistettiin HYGTECH-projektin aikana.

Teknologiatalo Sytyttimessä tutkimukset keskittyivät veteen ja pintahygieniaan. Sytyttimessä on ainutlaatuinen täyden mittakaavan veden tutkimusverkosto sekä pilottimittakaavan verkosto. Veden tutkimusverkosto koostuu kupari- ja PEX-verkostoista, lukuisista vesimittareista, putkikeräimistä ja suoraan putkilinjassa olevista näytteenottohanoista. Talon normaalista vesiverkostosta irrallaan olevassa pilottiverkostossa on mahdollista muuttaa veden laatua, esimerkiksi saastuttaa verkosto mikrobeilla. Pintahygieniaa tutkittiin vertailemalla hygieniaa edistäviä ja tavanomaisia tuotteita.



Sytyttimen talousvesiverkostot. Vasemmalla näytteenotto koko talon tutkimusverkostosta ja oikealla Vesi-Instituutti WANDERin laboratoriossa oleva pilottiverkosto.

Päiväkoti on hygienian kannalta kiinnostava kohde, sillä infektiot leviävät helposti lasten keskuudessa. Hygienian parantamisella tällaisessa ympäristössä on merkittäviä kansantaloudellisiakin vaikutuksia sairauspoissaolojen vähenemisen myötä. Pilottipäiväkodin viidestä ryhmästä kahteen asennettiin Hygtech-tuotteita ja loput kolme toimivat vertailuryhminä.

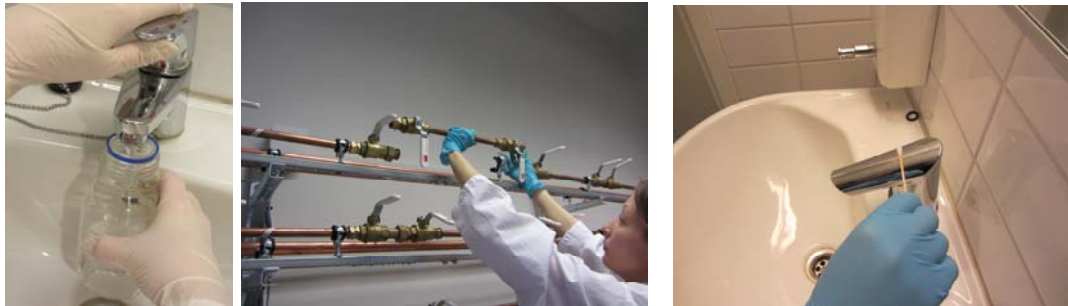
Omakotitalo edusti pilottikohdetta, joka on lähes suljettu "yhteisö" ja jonka käyttäjät tiedetään tarkasti. Omakotitalossa tutkittiin iäkkään (>50 vuotta) kiinteistön vedenlaadun ja käyttövesijärjestelmän normaalitilannetta.

Yli 80-vuotiaille rakennetun vuokrakerrostalon mittaukset tehdään HYGTECH2-projektissa. HYGTECH-projektin aikana oli kuitenkin mahdollista huomioida tulevien

käyttäjien tarpeita ja vaikuttaa jo talon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa sinne asennettavien hygieenisten ratkaisujen valintaan. Talo valmistui kesällä 2013.

3.2 Tutkimukset

Pilottikohteista otettiin intensiivisesti näytteitä vesijärjestelmistä, pinnoilta ja ilmasta. Näytteistä tutkittiin mikrobien esiintyvyyttä ja mikrobien kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Näytteenottomenetelminä olivat vesijärjestelmille vesinäytteet, materiaaleille pintanäytteet (poresuuttimet ja putkikeräimet), sisäilmalle ilmanäytteet (suodatinkeräimet) ja pinnoille pyyhkäisynäytteet.



Näytteenottomenetelmiä.

Tutkittavia mikrobeja olivat pinnoilta ja vedestä ulosteperäiset mikrobit, mikrobien kokonaismäärä sekä mikrobiyhteisöjen rakenne ja kvantitatiivinen jakauma. Ilmanäytteistä tutkittiin mikrobien kokonaismäärää ja terveydelle haitallisia mikrobeja. Mikrobiologiset määritykset ostettiin ostopalveluna pk-yrityksiltä ja tutkimusorganisaatioilta. Mikrobiologisia tuloksia arvotettiin siten, että tutkittiin, mitkä teknologiset ratkaisut ovat tehokkaimpia hygienian edistäjiä ja mitä komponentteja tarvitaan hygienian varmistamiseksi.

Ympäristön fysikaalis-kemiallinen tila mitattiin taustatiedoiksi mikrobitulosten tulkintaan, kuten vedestä lämpötila ja mikrobiravinteet. Sisäilmasta mitattiin ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa jatkuvatoimisilla antureilla.

Vesijärjestelmien osalta tutkittiin erilaisia hanoja, poresuuttimia, veden mikrobiologisen laadun seurantaan tarkoitettua laitetta, desinfiointilaitteistoa sekä verkostomateriaalin vaikutusta veden laatuun. Kosketuspintojen osalta tutkittiin antimikrobisia pintoja, kupa-

ri- ja messinkipintoja sekä hopeaioneja sisältäviä Active-pintoja. Ilmanvaihtojärjestelmien osalta keskityttiin olemassa olevan tilanteen kartoitukseen.

Käyttäjien vaikutusta hygieniaan tutkittiin muun muassa seuraamalla talousveden käyttöä, ilmanvaihdon asetuksia ja siivousta. Lisäksi Teknologiatalo Sytyttimessä ja päiväkodissa toteutettiin kiinteistön käyttäjille kysely tutkittujen tuotteiden käytettävyydestä ja soveltuvuudesta käyttötarkoitukseensa.

Hankkeessa olivat mukana seuraavat yritykset: Abloy Oy, Aurubis Finland Oy, Boliden Harjavalta Oy, Cupori Oy, Oras Oy, Scandinavian Copper Development Association, Tampereen teollisuussähkö Oy (Ciptec) ja XerChem Oy.

4 Tulokset ja johtopäätökset

4.1 Markkinat

Projektin käyttöön tehdyssä markkinatutkimuksessa havaittiin, että markkinoilla olevia eri teknologioihin perustuvia antimikrobisia tuotteita ja ratkaisuja löytyy useilta eri valmistajilta. Kupari ja kupariseokset sekä hopea ovat yleisimpiä materiaaleja markkinoilla olevissa antimikrobisissa tuotteissa. Kuparin vahvuutena voidaan pitää sitä, että siitä valmistetuissa tuotteissa antimikrobiset ominaisuudet ovat luonnostaan, kun vastaavasti hopeaa käytetään lisäaineena tai pinnoitteena, joka saattaa kulua ajan myötä pois. Markkinoilta löytyi useita tuotteita, joissa valmistaja ei esittänyt tarkempaa tietoa tuotteen antimikrobisista ainesosista tai niiden tehokkuudesta. Näiden tuotteiden kanssa jäädään valmistajien vakuuttelujen varaan tuotteen tehosta.

Markkinoilta ei löytynyt toimijoita, jotka olisivat keskittyneet hallittuihin kokonaisuuksiin, vaan jokaisella toimijalla oli omat tuoteryhmänsä, joita he markkinoivat.

4.2 Rakennusprosessi

Antimikrobisten materiaalien käyttöä rakennusprojektin osana tutkittiin opinnäytetyössä, joka tehtiin kirjallisuusselvityksenä (Hankkeen julkaisuluettelo, #6). Rakennuksen pääasiallinen käyttötarkoitus määrittelee pääsääntöisesti antimikrobisten rakennusmateriaalien käytön tarpeen. Näiden materiaalien käyttö on hyvä ottaa esiin jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin voidaan tarkastella niiden kustannusvaikutuksia ja saavutettuja hyötyjä. Antimikrobiset materiaalit tulisi ottaa huomioon useassa rakennusprosessin vaiheessa, joten on tärkeää, että suunnittelijalla, rakennuttajalla ja muilla hankkeen toteutukseen liittyvillä tahoilla on riittävä määrä tietoa näistä materiaaleista ja niiden avulla saavutettavista hyödyistä. Viime kädessä antimikrobisten materiaalien käytöstä päättää tilaaja, jonka vakuuttaminen tuotteiden hyödyistä onkin ensiarvoisen tärkeää.

4.3 Käyttövesijärjestelmät

HYGTECH-projektissa tutkittiin käyttövesijärjestelmien osalta käyttöveden laatua ja kiinteistön vesijohtoverkoston 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.

Käyttövesijärjestelmien tutkimus painottui pilottikiinteistöihin Teknologiatalo Sytytin (koko tutkimuskausi), päiväkotia (syksy 2012 – kesä 2013) ja omakotitalo (keväät 2013). 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. Näytteitä analysoitiin oman laboratorion lisäksi muun muassa Rauman ympäristölaboratoriossa ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksella Kuopiossa. Biofilminäytteistä analysoitiin modernilla molekyylibiologian menetelmällä (qPCR) myös kokonaismikrobimäärä sekä α -, β - ja γ -*proteobakteerit* Savcor Oy:ssä.

Teknologiatalo Sytyttimessä käyttövesijärjestelmien tutkimus jakautui koko kiinteistön kattavassa tutkimusverkostossa toteutettavaan osaan ja laboratorion pilottiverkostossa toteutettavaan osaan. Tutkimusverkostossa on pystytty havainnoimaan muun muassa eri verkostomateriaalien vaikutus käyttöveden mikrobiologiseen laatuun sekä esimerkiksi suunnittelun vaikutus koko käyttövesijärjestelmän toimivuuteen ja sitä kautta veden laatuun. Tutkimusverkostossa on toteutettu Living Lab -tutkimusta ja muun muassa veden käyttö- ja seisotusjaksojen vaikutus veden mikrobiologiseen laatuun on ollut selvästi havaittavissa. Tutkimusverkoston eri putkimateriaaleilta on tutkittu myös biofilmin koostumusta eli millaiset mikrobit viihtyvät milläkin materiaalilla. Biofilmit kuvaavat vesijärjestelmien mikrobidynamiikkaa paremmin kuin vesinäytteet, koska niissä elää yli 90 prosenttia vesijärjestelmien mikrobeista. Pilottiverkostossa on pystytty toteuttamaan kokeellisempaa tutkimusta muun muassa saastuttamalla järjestelmä tunnetulla mikrobilla ja seuraamalla järjestelmän puhdistumista sekä esimerkiksi testaamalla erilaisia desinfiointi- ja monitorointiratkaisuja, jotka ovat merkittäviä tekijöitä käyttöveden hygienian varmistamisen ja reaaliaikaisen seurannan kannalta. Myös pilottiverkostossa on tutkittu eri putkimateriaalien sekä veden käyttö- ja seisotusjaksojen vaikutusta vedenlaatuun. Lisäksi pilottiverkoston eri putkimateriaaleilta on tutkittu biofilmin koostumusta eli millaiset mikrobit viihtyvät milläkin materiaalilla ja vaikuttaako esimerkiksi saastutustapaus käyttövesijärjestelmän biofilmin koostumukseen.



Käynnissä pilottiverkoston saastutuskoe

Omakotitalossa käyttövesijärjestelmien tutkimus painottui vedenlaadun ja biofilmin tutkimuksiin. Omakotitalossa havainnoitiin iäkkään (>50 vuotta) kiinteistön vedenlaadun ja käyttövesijärjestelmän biofilmien ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Yksityisen kuluttajan kohdalla havaittiin, että kustannustehokkuus on yksi ratkaisevimmista tekijöistä, kun mietitään hygieniaa edistäviä ratkaisuja ja niiden hankkimista. Suomalainen talousveden laatu ja verkostomateriaalit eivät yleensä aiheuta suoranaisia terveydellisiä ongelmia yksityisasumisessa, joten kovin kalliita ratkaisuja hygieenisen tilanteen parantamiseksi ei todennäköisesti olla valmiita toteuttamaan.

Päiväkodissa käyttövesijärjestelmien tutkimus painottui vedenlaadun ja biofilmin tutkimuksiin. Päiväkodissa oli mahdollisuus tutkia myös putkimateriaalia ja sen pinnalle muodostuvaa biofilmiä, mutta kiinteistön uutuuden vuoksi tähän liittyvä näytteenotto ei toteutunut tämän projektin aikana.

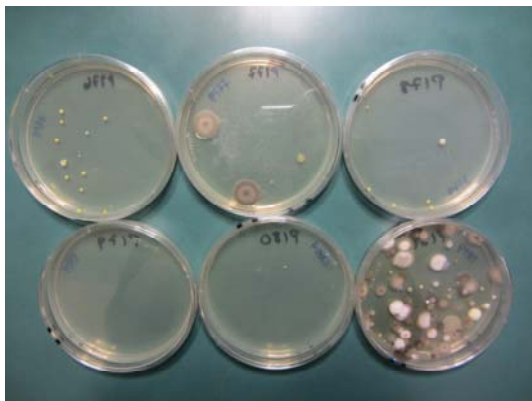
4.4 Pintamateriaalit

Antimikrobisten materiaalien toimivuutta kiinteistöjen pinnoissa tutkittiin kandidaatintyönä. Työ toteutettiin kirjallisuusselvityksenä. Toimivina ratkaisuinä esitettiin kupari- ja hopeapinnat, joista hopeaa käytetään usein pinnoitteena. Kuparin toimivuus antimikrobisena materiaalina on vahvistettu, mutta sen toimintamekanismia ei ihan tarkkaan tiedetä. Hopean teho puolestaan perustuu siitä irtoaviin hopeaioneihin, jotka hapettueensa estävät bakteerien kasvun. Kuparin teho säilyy ilmankosteudesta ja lämpötilasta riippumatta, mutta hopean antimikrobinen vaikutus on vahvasti riippuvainen ympäristöstä kosteudesta. Näiden materiaalien teho on todistettu monissa tutkimuksissa, mutta lisää tietoa kaivataan pintojen puhdistuksen vaikutuksesta ja pintojen käytettävyydestä.

Kosketuspintojen hygieniaa ja keinoja sen parantamiseen tutkittiin pilottikohteista toimistossa, päiväkodissa ja omakotitalossa. Tutkittuja pintaratkaisuja olivat antimikrobiset pinnat (kupari-, messinki- ja Active-pinnat) ja kosketusvapaa hana. Toimistoon ja päiväkotiin asennettiin antimikrobisista materiaaleista valmistettuja tuotteita: ovenpainikkeita, oven työntölevyjä, valokatkaisijoita, wc-istuimen huuhtelupainikkeita, kaapinovia ja ulko-oven vetimiä. Verrokkeina käytettiin vastaavia tavanomaisia tuotteita; kromattu,

maalattu tai muovista valmistettu pinta sekä vipuhana. Toimistossa tutkittaville pinnoille tapahtuneet kosketukset kirjattiin lomakkeisiin, lisäksi kosketusten määrää eri pinnoille vakioitiin ohjatun kosketusohjelman avulla. Omakotitaloon ei asennettu uusia tuotteita, vaan tutkittiin olemassa olevaa tilannetta.

Näytteitä otettiin sivelymenetelmällä syksyn 2012 ja kevään 2013 välisenä aikana ja määritettiin viljelymenetelmillä Helsingin yliopiston Hjelt-instituutissa. Mikrobin kokonaismäärä laskettiin yleismaljalta, Trypticase Soy Agar (TSA). Saadut pesäkelukumäärät suhteutettiin tutkittua pinta-alaa kohti (pmy/cm^2), jotta voitiin verrata mikrobiitiheyttä erilaisten tuotteiden pinnoilla. Erikoismaljoilla tutkittiin enterokokkien (Enterococcus-malja), enterobakteerien (McConkey-malja) ja Stafylokokkien (Mannitoli-malja) esiintymistä. Myös modernin qPCR-menetelmän soveltuvuutta pintahygienian tutkimiseen selvitettiin.



Mikrobeja maljoilla.

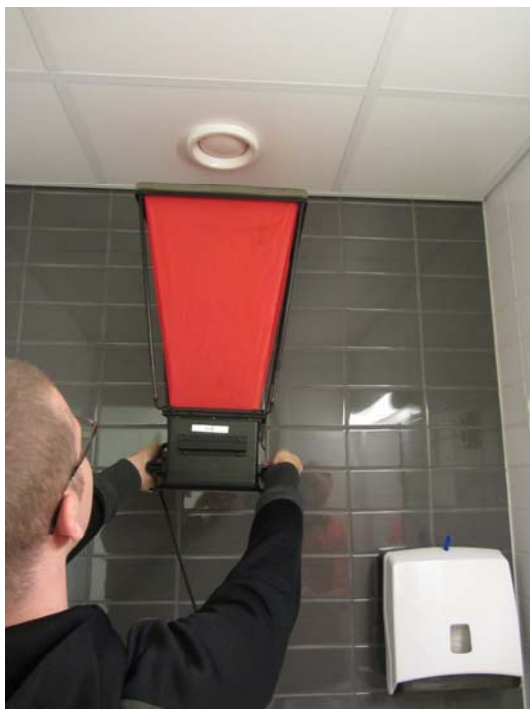
Eri pilottikohteista saadut tulokset antavat viitteitä siitä, että kosketusvapaan hanan avulla voitaisiin parantaa pintahygieniaa. Tämä kuitenkin edellyttää hanan käyttöä suunnitellulla tavalla, kosketusvapaasti. Kuparista tai kupariseoksesta (messinki) valmistettujen tuotteiden pinnalla havaittiin vähemmän mikrobeja kuin verrokipinnoilla, mikä puoltasi niiden käyttöä tehostettua hygieniaa vaativissa kohteissa.

4.5 Sisäilma

Teknologiatalo Sytyttimessä ja päiväkodissa on käytetty langatonta anturiverkostoa seuraamaan sisäilman olosuhteita jatkuvatoimisesti. Laitteet ovat mitanneet tiloista si-

säilman suhteen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Molemmissa kohteissa sekä lämpötila että suhteellinen kosteus ovat pysyneet pääasiallisesti sellaisina kuin tiloihin on suunniteltu. Sisäilman suhteellinen kosteus on riippuvainen ulkoilman olosuhteista, joten pakkasjaksojen aikana suhteellinen kosteus tiloissa putoaa melko matalaksi. Tätä voidaan pitää normaalina, koska tiloissa ei ole ilmankostutusta. Poikkeavia pitkäkestoisia muutoksia ei tilojen sisäilmassa ole lämpötilojen ja suhteellisen kosteuden suhteen havaittu.

Sisäilmaan liittyen kohteissa on suoritettu ilmavirtojen mittauksia tulo- ja poistoilmapäätelaitteista sekä tiiviysmittauksia. Molemmissa kohteissa havaittiin poikkeamia tulo- ja poistoilmapäätelaitteiden ilmavirroissa mitattujen ja suunniteltujen arvojen välillä, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun. Päiväkodin tiiviysmittauksissa havaittiin, että painesuhteet tilojen välillä olivat kunnossa ja rakennuksen ilmatiiviys oli tyydyttävällä tasolla.



Poistoilmavirran mittaus alkamassa

Projektin tavoitteena sisäilman mikrobiologian osalta oli tutkia sisäilman mikrobitasoja eri pilottikohteissa soveltaen uutta menetelmää (qPCR) sisäilmatutkimuksissa. Lisäksi tutkittiin erityyppisten kiinteistöjen mikrobitasojen eroja sekä pilottikohteiden sisällä kiin-

teistön eri osien (esim. WC-tilat, yleiset tilat, käytävät) sisäilman mikrobipitoisuuksien eroja.

Sisäilmamittauksia pilottikohteista (toimisto, päiväkotia, omakotitalo) tehtiin talvella 2012–2013. Sisäilmamittaukset tehtiin talvella, jolloin ulkoilmasta ei kulkeudu sisään mikrobeja (lähinnä homeita), jotka nostavat sisäilman mikrobipitoisuuksia. Ilmanäytteet otettiin IOM-keräimellä, jossa 7,5–8,0 m³ ilmaa suodatettiin suodattimen läpi (keräys 6–7 tuntia). Suodattimelle jääneet sisäilman mikrobit tutkittiin molekyylibiologisella menetelmällä (kvantitatiivinen PCR, qPCR) Mikrobioni Oy:ssä Kuopiossa. Sisäilman mikrobeista tutkittiin yleishomeet (kaikkien homeiden määrä), yleisbakteerit (kaikkien bakteerien määrä), PenAsp (sisäympäristöjen yleisimpien homeiden *Penicillium* ja *Aspergillus* määrää mittaava), *Cladosporidium* (ulkoilman yleisin home), *Streptomyces* (kosteusvaurioindikaattori) ja *Mykobacterium* (ei virallinen kosteusvaurioindikaattori, mutta osoittautunut hyväksi).

Sisäilman mikrobinäytteitä (WC ja keittiö/leikkitala) otettiin päiväkodista 26.2.2013 ja 3.4.2013 sekä HYGTECH- että verrokkiryhmistä. Toimistosta sisäilmanäytteitä otettiin 7.11.2012 (käytävä ja HYGTECH-WC) ja 28.1.2013 (käytävä, HYGTECH-WC, verrokk-WC). Omakotitalosta sisäilmanäytteet otettiin 13.4.2013 (olohuone, keittiö).

Tuloksissa ei havaittu suuria eroja sisäilman kokonaisbakteeripitoisuuksissa (geenikopiota/m³) eri pilottikohteiden välillä, mutta WC:issä havaittiin useimmiten hieman korkeampia bakteeripitoisuuksia kuin toimiston käytävällä tai päiväkodin keittiö/leikkitalassa. Kokonaishomepitoisuus havaittiin olevan korkein painovoimaisen ilmanvaihdon omaavassa omakotitalossa. Koneellisen ilmanvaihdon kiinteistöistä toimistossa havaittiin hieman korkeampia kokonaishomepitoisuuksia kuin päiväkodissa. Sisäilman yleisimpien *Aspergillus*- ja *Penicillium*-homeiden kohdalla havaittiin sama trendi kuin kokonaishomeiden kohdalla. Myös ulkoilman *Cladosporidium*-homeen kohdalla trendi oli havaittavissa, vaikkakin hajonta oli suurta näytepaikkojen ja näytteenottopäivien mukaan. Kaikissa pilottikohteissa havaittiin *Penicillium*- ja *Aspergillus*-homeiden määrän olevan suurempi kuin *Cladosporidium*-homeen. Kosteusvauriota indikoivia mikrobeja (*Mykobacterium*, *Streptomyces*) havaittiin ainoastaan omakotitalosta, jossa *Mykobacte-*

rium-bakteeria mitattiin havaittavia määriä sekä olohuoneesta että keittiöstä ja *Streptomyces*-bakteeria hieman yli määrittysrajan.

Sisäilman mikrobituloksista saatiin selville eri pilottikohteiden sisäilman mikrobitasot uutta menetelmää (qPCR) soveltaen. Ensimmäisellä kaudella saadut sisäilman mikrobitulokset eri kiinteistöistä toimivat pohjatietoina toisen vaiheen sisäilmatutkimuksessa, jossa ilmastointilaitteiden hygieenisiä ratkaisuja kehitetään. Lisäksi molekyylibiologisilla menetelmillä saadut tulokset kiinteistöjen sisäilman mikrobitasoista ovat tarkempia kuin perinteisillä viljelymenetelmillä saadut tulokset, joten niiden hyödyntäminen tulevaisuudessa sisäilman raja-arvojen määrittelyssä qPCR-menetelmällä on mahdollista.

Ilmastointilaitoksen puhtautta ja hygieniasia on käsitelty opinnäytetyössä, jossa oli tavoitteena kirjallisuuskatsauksen avulla kerätä, yhdistää ja selventää eri lähteistä saatavaa tietoa puhtaan ja hygieenisen ilmastointilaitoksen suunnittelu- ja toteutustyötä varten (Hankkeen julkaisuluettelo, #16). Työssä todetaan, että puhtaan ja hygieenisen ilmastointilaitoksen toteuttaminen vaatii tarkat esitiedot rakennuksen rakenteesta ja sen käyttötarpeesta. Suunnittelijalta vaaditaan laaja-alaista taustatietoa ilmastointijärjestelmistä ja niiden toiminnasta sekä osakomponenttien puhtauteen vaikuttavista asioista sekä rakentamisen että käytön aikana. Näiden lisäksi suunnittelija tarvitsee tietoa hygieniasista, mikrobiologiasta, tavanomaisista epäpuhtauksista sekä niiden lisääntymisen ja leviämisen estämisestä erilaisin menetelmin. Työssä käydään läpi testiolosuhteissa suoritettua tutkimusta, jossa kuparin antimikrobisia ominaisuuksia on verrattu alumiiniin. Tutkimuksen perusteella kuparisen lämmönsiirtimen bakteeri- ja sienikasvusto on vähäisempää kuin alumiinisella lämmönsiirtimellä.

4.6 Käyttäjät

HYGTECH-projektissa toteutettiin myös käyttäjälähtöisyyden tutkimus tekemällä aiheesta SAMKin Terveys-osaamisalueen ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon loppu-työ, jonka kokeellinen osio toteutettiin päiväkotipilottikiinteistössä (Hankkeen julkaisuluettelo, #14). Lopputyön tärkein tavoite oli linkittää erilaiset sisäympäristön hygieniasia parantavat tuotteet ja käyttäjien kokemukset niistä kokonaiskuvaksi, jonka avulla voidaan yksityiskohtaisemmin suunnitella ja toteuttaa projektin jatkotoimenpiteisiin kuuluva

liiketoimintakonseptin rakentaminen. Lopputyön yhtenä osana valmistui lomake, jolla on toteutettu hieman kevyempi käyttäjätutkimus myös Teknologiatalo Sytyttimessä ja jolla edelleen on tarkoitus toteuttaa käyttäjätutkimus myös muissa tutkimuksen pilottikiinteistöissä.

Käyttäjätutkimukset antoivat selkeitä merkkejä siitä, että käyttäjälle hyvin tärkeitä ominaisuuksia ovat vaivattomuus, tarkoituksenmukaisuus ja myös esteettisyys. Tuote voi menettää mahdollisen hygieniatunsa väärän käyttötavan tai epämiellyttävän ulkoasun vuoksi.

5 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Projektin alussa asetetut tekniset ja tutkimukselliset tavoitteet saavutettiin. Tutkimuksessa selvitettiin erilaisten sisäympäristöjen hygieeninen lähtötilanne ja kriittisimmät tekijät, jotka siihen vaikuttavat. Lisäksi osoitettiin Hygtech-tuotteiden antimikrobinen tehokkuus ja käyttäjän merkitys sisäympäristön hygieniaan. Näillä tuloksilla on merkittävä vaikutus liiketoimintakonseptin viimeistelyyn HYGTECH2-jatkoprojektissa. Lisäksi tutkimukset tuottivat arvokasta tietoa Hygtech-konseptin käyttöönotosta eri rakennusvaiheissa olevissa kiinteistöissä, esimerkiksi suunnitteilla oleva vs. valmis kiinteistö.

HYGTECH-projektissa aloitettu työ jatkuu HYGTECH2-projektissa painottaen erityisesti uuden hygieenisiä taloteknisiä ratkaisuja sisältävän tuote- ja palvelukonseptin rakentamista. Konseptin rakentamisen tueksi jatketaan myös ensimmäisellä kaudella aloitettuja tieteellisiä tutkimuksia. Lisäksi tiivistä yhteistyötä pilottikiinteistöjen edustajien kanssa hyödynnetään liiketoimintakonseptin kehittämisessä, jotta konseptista saadaan hiottua mahdollisimman vaivaton ja toimiva tuleville asiakkaille. HYGTECH2-projektissa on mukana Satakunnan ammattikorkeakoulun lisäksi rinnakkaishankkeilla Tampereen teknillisen yliopiston Elektroniikan ja tietoliikennetekniikan laitos ja Turun yliopiston kauppakorkeakoulun Porin yksikkö.

Lähdeluettelo

Grass, G., Rensing, C., Solioz, M. 2011. Metallic Copper as an Antimicrobial Surface. *Appl. Environ. Microbiol.* **77**(5), 1541–1547. doi: 10.1128/AEM.02766-10, PMCID: PMC3067274.

Mäkinen R., Miettinen I.T., Pitkänen T., Kusnetsov J., Pursiainen A., Kovanen S., Riihinen K., Keinänen-Toivola M.M. 2013. Manual faucets induce more biofilms than electronic faucets. *Can. J. Microbiol.*, **59**(6), 407–412. doi:10.1139/cjm-2013–0131.

US EPA (Environmental Protection Agency). 2013. EPA registers copper-containing alloy products. Saatavilla: <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/copper-alloy-products.htm> [haettu 28.11.2013].

Hankkeen julkaisuluettelo

1. Ahonen M, Heinonen J, Inkinen J, Kleemola H, Kukka M., Mäkinen R. Loppuraportti. Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH. Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2013.
2. Ahonen M, Mäkinen R. Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. Liekki 6/2013: 6.
3. Heinonen J., Inkinen J., Kukka M., Mäkinen R., Ahonen M. Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. Artikkelijulkaisussa: Säteri J. ja Backman H. (toim.) Sisäilmastoseminaari 2013, SIY Raportti 31, 239–243. Sisäilmayhdistys ry. Jyväskylä, 2013.
4. Inkinen J, Kaunisto T, Pursiainen A, Miettinen I, Kusnetsov J, Riihinen K, Keinänen-Toivola M. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation. A full scale study. In press: Water Research 2013.
5. Kleemola H. Antimikrobiologisten materiaalien toimivuus kiinteistöjen pinnoissa. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto, 2013.
6. Kukka M, Valtanen P-W. Antimikrobiologisten tuotteiden ja ratkaisuiden läpikäynti. HYGTECH-tutkimus, 2012.
7. Kukka M. Langattomat anturiverkot kiinteistön olosuhteiden seurannassa. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013.
8. Laine K. Hygtech-tutkimuksella kohti hygieenisempiä sisätiloja. EU-rahoitusta hanketoimintaan Satakunnassa: 8. 2012.
9. Lehesvuori P. Antimikrobiset rakennusmateriaalit rakennusprojektin osana. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013.
10. Mäkinen R., Electronic faucets vs. manual faucets – a scientific article published in HygTech project, Oras Insider 9/2013.
11. Mäkinen R. Kosketusvapaat hanat hygieenisempiä kuin vipuhanat. Hanakanava 2/2013.
12. Mäkinen R., Keinänen-Toivola M. Hygtech-tutkimus – kohti hygieenisempiä sisätiloja. Materia 1/2013: 47–49.

13. Mäkinen R, Miettinen I, Pitkänen T, Kusnetsov J, Pursiainen A, Kovanen S, Riihinen K, Keinänen-Toivola M. Manual faucets induce more biofilms than electronic faucets. *Canadian Journal of Microbiology*, 2013, 59(6), 407–412.
14. Nyman N. The microbiological impact of different building solutions in an office environment. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, 2013.
15. Pukaralammi S. KIINTEISTÖJEN HYGIENIAKONSEPTI HYGTECH – Pilottituotteiden käyttäjät päiväkotie Petäjäisessä. Opinnäytetyö (ylempi AMK). Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013.
16. Uusitalo S. Sisäympäristömittaukset Hygtech-projektin pilottikohteissa. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013.
17. Vanhapiha R. Ilmastointilaitoksen puhtaus ja hygienia. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013.

Hanke lehdistössä

1. Heikkonen H. Kuparin antimikrobiset ominaisuudet. *Rakennuslehti* 8/12: 11.
2. Kuparin antibakteeriset ominaisuudet rohkaisevia. *Sosiaali- ja kuntatalous* 1/2013: 13.
3. Latostenmaa P, Toivola M. Tutkimus kuparin terveysvaikutuksista. *Bolidenin henkilöstölehti* 2/2013: 14–15.
4. Tompuri V. Kupari ja nano parantavat hygieniaa. *Puhtaustieto* 3/12: 18–19.



Erilaisilla rakennuksilla ja käyttäjäryhmillä on omat hygieniatarpeensa ja -haasteensa. Etenkin suuret kiinteistöt, joissa on paljon ihmisiä, ovat vaativia kohteita hygienian kannalta. Myös rakennusten eri tilojen hygieniatarpeet vaihtelevat. Erilaisia antimikrobisia tuotteita, kuten kuparisia ovenpainikkeita, on jo markkinoilla, mutta niitä ei ole aiemmin tutkittu keskitetysti hygieniakonseptin osana.

Tämä julkaisu raportoi tutkimuksen, jossa selvitettiin erilaisten sisäympäristöjen hygieeninen lähtötilanne ja kriittisimmät tekijät, jotka siihen vaikuttavat. Lisäksi osoitettiin tiettyjen tuotteiden antimikrobinen tehokkuus ja käyttäjän merkitys sisäympäristön hygieniaan. Tuloksilla on merkittävä vaikutus liiketoimintakonseptin viimeistelyyn HYGTECH2-jatkoprojektissa. Lisäksi tutkimukset tuottivat arvokasta tietoa Hygtech-konseptin käyttöönotosta eri rakennusvaiheissa olevissa kiinteistöissä, esimerkiksi suunnitteilla olevassa vs. valmiissa kiinteistössä.