

Future Spaces -hanke tähtää sisäilman laadun parantamiseen korjauskohteissa

Juha Vinha¹ ja Jari Erkkilä²

¹ Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

² Tuotekehitys Oy Tamlink

Tiivistelmä

Future Spaces -hanke on Tampereen yliopiston, VTT:n ja yritysten yhteishanke, jonka tavoitteena on parantaa sisäilman laatua korjattavissa palvelu- ja liikerakennuksissa. Hanke koostuu tutkimushankkeesta sekä mukana olevien yritysten omista kehityshankkeista. Hankkeen tavoitteena on tuottaa palvelukonsepti, jonka avulla voidaan tarjota kokonaisvaltaisia korjaus- ja ylläpitopalveluita erilaisiin korjauskohteisiin. Hanke tähtää erityisesti ennakoivaan korjaamiseen, jossa rakennuksiin ei ole ehtinyt syntymään vielä sisäilmaongelmia ja merkittäviä kosteusvaurioita. Hankkeessa otetaan huomioon kokonaisvaltaisesti rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien vaikutukset sekä mm. energiatehokkuuden parantamisen, ilmansaasteiden ja ilmastonuutoksen vaikutukset.

1. Johdanto

Palvelu- ja liikerakennuksissa kohdataan nykyään paljon sisäilmaongelmia. Tärkeimpiä ongelmien aiheuttajia ovat erilaiset haitalliset aineet ja hiukkaset, jotka ovat peräisin ulkoilmasta, rakennuksen rakenteista, maaperästä, ilmanvaihtojärjestelmästä ja käyttäjistä. Sisäilman laatuun vaikuttaa lisäksi monet fysikaaliset tekijät, kuten lämpötila, suhteellinen kosteus, ilmavirtaukset, akustiikka ja valaistus. Nämä tekijät vaikuttavat käyttäjien viihtyvyyteen ja työtehoon ja myös niillä voi olla terveysvaikutuksia.

Sisäilmaongelmista seuraa paljon sairauspoissaoloja sekä työkyvyn ja elämänlaadun heikkenemistä. Sisäilmaongelmaisen rakennuksen korjaaminen hankaloituu ja kustannukset kasvavat. Pahimmassa tapauksessa rakennusta ei voida enää korjata, vaan se joudutaan purkamaan kokonaan.

Future Spaces -hankkeen tavoitteena on löytää ratkaisu näihin ongelmiin kehittämällä palvelukonsepti palvelu- ja liikerakennusten korjaukseen ja olosuhteiden hallintaan, joka huomioi rakennuksen iän, rakenteiden kunnon ja tiiviyn, rakennusmateriaalit ja niiden käyttäytymisen, vallitsevat paine-erot, ilmanvaihdon ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksen, lämpöviihtyvyystekijät sekä ilmastonmuutoksen ja ulkoilman saasteiden vaikutukset. Konseptin on tarkoitus parantaa korjattavan rakennuksen kuntoa, sisäolosuhteita, kosteusturvallisuutta, energiatehokkuutta, käyttäjien terveyttä ja työtehoa sekä vähentää CO₂-päästöjä ja nostaa kiinteistön arvoa.

Palvelukonsepti muodostuu uudenaikaisesta liiketoimintamallista, rakennuksen fysikaalisiin tekijöihin ja sisäilman olosuhteisiin liittyvästä tutkimuksesta, ja lopulta kokonaisratkaisun soveltamisesta korjattaviin rakennuksiin. Tavoitteena on erityisesti ennakoivien korjausten tekeminen, jotta rakennuksiin ei pääsisi syntymään sisäilmaongelmia ja jotta sisäilman laatua voitaisiin parantaa viihtyvyyden ja työtehon lisäämiseksi.

Korjauskohteiden laadukkaampi sisäilman olosuhteiden hallinta tarjoaa mahdollisuuden laajaan kansainväliseen liiketoimintaan. Liiketoiminta keskittyy löytämään tehokkaamman ja suoraviivaisemman tavan toteuttaa korjaushankkeita, jonka on tarkoitus hyödyttää korjausta vaativien kiinteistöjen omistajia ja käyttäjiä. Palvelukonseptin avulla pyritään tarjoamaan kokonaisvaltaisia korjaus- ja ylläpitopalveluita erityisesti Pohjoismaiden ja Saksan markkinoille.

Future Spaces -hankkeeseen on koottu tätä varten roolitettu konsortio eli ekosysteemi korkean osaamistason yrityksistä ja tutkimuslaitoksista. Myöhemmin konsortioon voi liittyä myös muita tahoja.

2. Future Spaces -tutkimushankkeen työpaketit ja sisältö

Future Spaces -tutkimushanke koostuu kaikkiaan kahdeksasta eri työpaketista, jotka on kuvattu lyhyesti alla.

TP1 Markkinat (TAU, Tietojohtaminen)

Työpaketissa 1 tutkitaan edistyneiden datapohjaisten liiketoimintamallien liiketoiminnallisia tavoitteita ja motivaattoreita, rajoittavia tekijöitä, ja hyödyntämisen yleisiä mahdollisuuksia IAQ-ekosysteemin yksittäisten keskeisten toimijoiden, toimijaryhmien ja koko ekosysteemin näkökulmasta.

TP2 Liiketoimintamallit (TAU, Tietojohtaminen)

Työpaketissa 2 tutkitaan edistyneiden datapohjaisten liiketoimintamallien käyttöönottamista, soveltamista ja hyötyjä IAQ-ekosysteemin yritysten näkökulmasta. Uudenlaiset liiketoimintamallit vaativat uudenlaisia kyvykkyyksiä yrityksiltä ja koko ekosysteemin koordinoinnin osalta.

TP3 Tuottavuustarkastelut (VTT)

Työpaketissa 3 kehitetään laskentamalleja sisäilman ja lämpöviihtyvyyden kehittämisen kustannuksista ja yhteydestä työn tuottavuuteen sekä ihmisten sairastuvuuteen. Ihmiset työskentelevät tuotavimmin optimaalisissa lämpöolosuhteissa. VTT:llä on kehitetty uusi laskentamenetelmä, jolla voidaan arvioida tilan ominaisuuksien vaikutusta ihmisten työn tuottavuuteen tarkemmin kuin aiemmilla menetelmillä [1]. Optimaalisella lämpöolosuhteiden säädöllä on merkittävä rooli myös rakennusten energiankulutuksen vähentämisessä.

TP4 Rakenteet (TAU, Rakennusfysiikka)

Työpaketissa 4 kerätään tietoa Suomen ja muiden palvelukonseptin kohdemaiden palvelu- ja liikerakennusten rakenneratkaisuista ja vaurioista eri vuosikymmeninä sekä niihin liittyvistä nykyisistä määräyksistä ja korjausohjeista. Lisäksi tarkastellaan eri vaipparakenteiden kosteusteknistä toimintaa kokeiden ja laskentatarkastelujen avulla. Tarkempaa tutkimusta varten etsitään kriittisiä rakenneratkaisuja, joissa tarvitaan korjauksia ja kehitetään niille korjausratkaisuja, jotka ottavat huomioon ilmastonmuutoksen, lämmöneristyksen lisäyksen ja ylipaineen lisäyksen vaikutukset. Tutkimustulosten avulla kehitetään myös rakennusten kuntoarviomenettelyä ja korjausohjeita.

TP5 Sisäilman olosuhteet (TAU, Rakennusfysiikka)

Työpaketissa 5 tarkastellaan ilmanvaihdon säätöjen ja kokonaan sammuttamisen vaikutuksia palvelu- ja liikerakennusten sisäilman olosuhteisiin ja määritetään mitattavia suureita, joiden

avulla korjattavan rakennuksen sisäilman olosuhteita ja laatua voidaan seurata ja ylläpitää. Ilmanvaihdon säätöjen ja kokonaan sammuttamisen vaikutuksia tutkitaan tekemällä kenttämittauksia palvelurakennuksissa, kuten päiväkodeissa ja kouluissa, sekä toimistorakennuksissa.

TP6 Sisäilma vs. ulkoilma (TAU, Aerosolifysiikka)

Työpaketissa 6 tutkitaan sisäilman hiukkaspitoisuuksia ja hiukkasten ominaisuuksia. Tutkimuksen pääpaino on yhteistyössä projektin osapuolten ja kv-partnereiden kanssa tehtävässä kokeellisessa työssä. Erityisinä tutkimuskysymyksinä selvitetään ulkoilman laadun vaikutusta rakennusten sisäilman laatuun, tutkitaan sisäilman keuhkodepositoivan hiukkaspinta-alan pitoisuuksia ja kokojakaumia sekä selvitetään uuden, sisäilmamittauksia mahdollisesti merkittävästi suuntaavan ISO 16000-37:2019 -standardin [2] soveltuvuutta sisäilman laadun tarkkailuun.

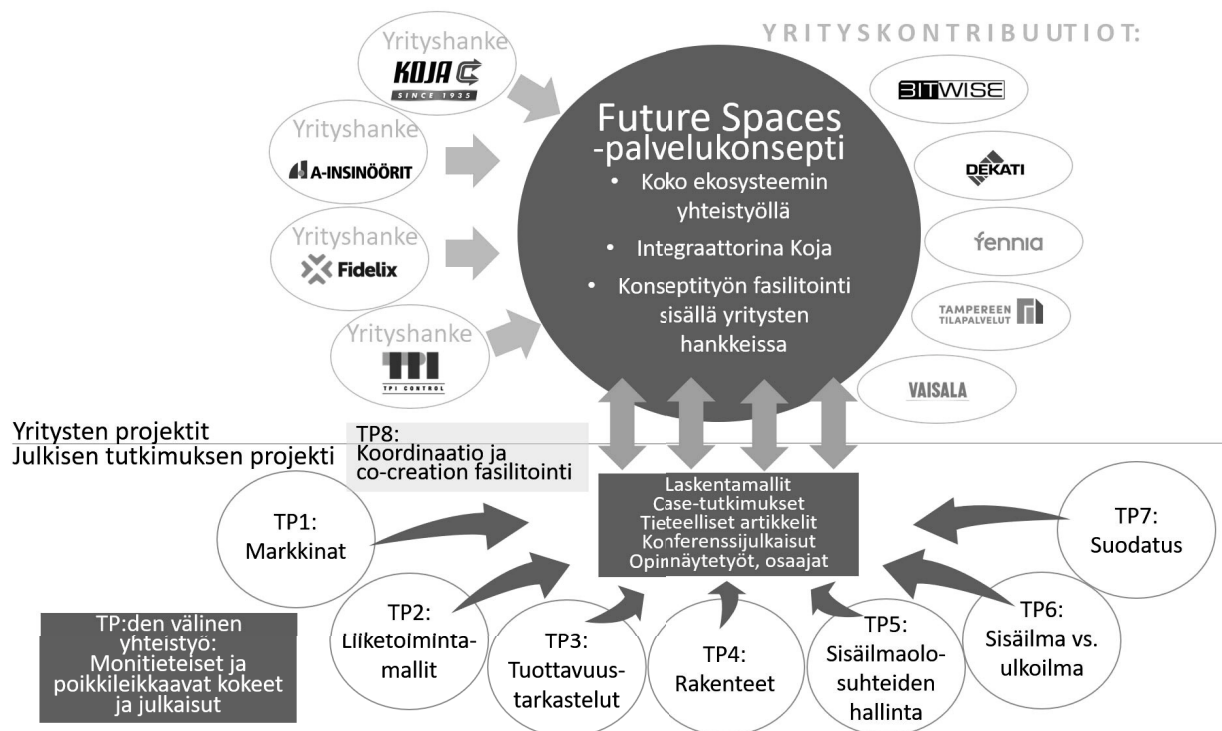
TP7 Suodatus (VTT)

Työpaketissa 7 tutkitaan uusia kestävän kehityksen mukaisia ilmanvaihdon energiantalteenoton ja ilmansuodatuksen ratkaisuja ja niiden vaikutuksia sisäilman laatuun ja ilmanvaihdon energiankulutukseen palvelu- ja liikerakennusten korjausrakentamisen ja modernisoinnin näkökulmasta. Ratkaisuja demonstroidaan työpaketin 5 case-kohteissa.

TP8 Koordinointi (Tamlink)

Hankkeessa tehdään tiivistä yhteistyötä tutkimuksen ja yritysten välillä. Tämä mahdollistetaan mm. usein toteutettavilla projektikokouksilla ja yhteisillä workshoppeilla. Projektin tulokset hyödyttävät laajasti suomalaista rakennustoimialaa, mutta ennen kaikkea tavoite on myös viestiä kansainvälisesti tuloksista mm. Indoor Air Quality ecosystemin [3] kautta.

Future Spaces -hanke on esitetty kokonaisuudessaan kuvassa 1.



Kuva 1. Future Spaces -hankkeen kuvaus.

3. Rakenteiden kokeellinen ja laskennallinen tutkimus

Rakennusfysiikan tutkimusryhmän vetämässä rakenteiden työpaketissa 4 tehdään vaipparakenteiden kokeellista tutkimusta Tampereen yliopiston Hervannan kampuksen koerakennusalueella sekä materiaaliominaisuuksien määrittämiä laboratorioissa. Tämän lisäksi tehdään koerakenteiden toiminnan laskennallisia vertailutarkasteluja sekä tutkitaan laskennallisesti erilaisten korjattavien rakenteiden ja liitosten toimintaa eri korjaustavoilla.

Ulkoseinärakenteiden osalta verrataan erityisesti lämmönerityksen lisäyksen vaikutuksia puurunkoisten ulkoseinärakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Tutkittavissa ulkoseinärakenteissa on eri lämmöneritepakkuuksilla tehtyjä rakenteita, joissa tuulensuojalevynä on käytetty kipsilevyä. Ulkoverhousten osalta verrataan myös puu- ja tiiliverhouksen käyttäytymistä keskenään. Ulkoseinien toimintaa tarkastellaan erikseen pohjois- ja eteläsuunnissa. Lämmöneristyksen lisäyksen on osoitettu heikentävän puurunkoisten rakenteiden kosteusteknistä toimintaa laskentatarkasteluissa [4], mutta nyt tätä asiaa tutkitaan myös kokeellisesti.

Yläpohjarakenteiden osalta tarkastellaan tuuletettujen puurunkoisten yläpohjien kosteusteknistä toimintaa ja erityisesti eri lämmöneristemateriaalien ja vesikatteen alle laitettavan lämpöä eristävän aluskatteen vaikutuksia. Lämpöä eristävän aluskatteen on todettu parantavan yläpohjan olosuhteita ja vähentävän sen homehtumisriskiä laskentatarkasteluissa [4]. Tätä ratkaisua on käytetty tuuletetuissa yläpohjissa jo ulkomailla, mutta Suomessa sen käyttö on ollut toistaiseksi hyvin vähäistä. Myös lämmöneristeen kosteuskapasiteetin on todettu mallinuksissa parantavan yläpohjan kosteusteknistä toimintaa [4].

Koerakenteissa käytetyn tiiliverhouksen kosteusteknisiä materiaaliominaisuuksia määritetään laboratoriokokeilla. Suomessa käytettävien tiilien osalta materiaaliominaisuuksien määrittäminen on varsin vähän tehty. Tavoitteena on lisäksi tarkastella tiilien ja tiilisaumojen yhteistä kosteusteknistä toimintaa ja verrata niitä pelkän tiilen käyttäytymiseen. Tulosten avulla pyritään mallintamaan tiiliverhousten toimintaa aiempaa tarkemmin.

Rakenteiden ja liitosten laskennallisissa tarkasteluissa tehdään vertailulaskelmia kokeissa olevien ulkoseinä- ja yläpohjarakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta ja tarkastellaan laskennan ja koetulosten välisiä eroja. Tämän lisäksi tehdään laskentatarkasteluja mm. massiivitiiliseinien kosteusteknisestä toiminnasta ja tarkastellaan sisäpuolisen lämmöneristyksen ja ulkopuolisen suojapinnoitteen vaikutuksia niiden toimintaan. Lisäksi tarkastellaan erilaisten liitosratkaisujen toimintaa lisäeristämisen yhteydessä ja kuinka niiden kylmäsilta-vaikutusta ja kosteusteknisiä riskejä voidaan vähentää.

4. Sisäilman olosuhteet ja seuranta rakennuksissa

Rakennusfysiikan tutkimusryhmän toisessa työpaketissa 5 keskitytään palvelu- ja liikerakennusten sisäilman olosuhteisiin. COMBI-hankkeessa saadut tutkimustulokset [5] ovat osoittaneet, että palvelurakennusten ilmanvaihto muuttuu tyyppillisesti yöaikaan ja viikonloppuisin alipaineiseksi, kun rakennusten pääilmanvaihto sammutetaan ja likaisten tilojen erillispoistot jätetään päälle. Tämä ilmiö lisääntyy entisestään, jos rakenteita korjattaessa niiden ilmatiiviyttä parannetaan.

Tässä työpaketissa tutkitaan ratkaisua, jossa ilmanvaihto sammutetaan kokonaan poissaoloaikoina, eli myös erillispoistot sammutetaan. Tutkimuksessa seurataan useita sisäilman

olosuhteita (lämpötilaa, suhteellista kosteutta, paine-eroja, CO₂-pitoisuutta, PM-hiukkaspitoisuutta, TVOC-pitoisuutta, radonpitoisuutta ja kuitumääriä) ja arvioidaan mittausten ja käyttäjähaastattelujen avulla ilmanvaihdon kokonaan sammuttamisen vaikutuksia näihin olosuhteisiin. Aluksi tehdään mittauksia ja haastattelut nykyisissä rakennusten käyttöolosuhteissa. Tämän jälkeen ilmanvaihdon toimintoja muutetaan siten, että se sammuu poissaoloaikoina kokonaan. Mittauksia jatketaan ja haastattelut tehdään myös tässä tilanteessa.

Tutkimuksessa on mukana yhteensä 14 koekohdetta lähinnä Tampereelta ja ympäristökunnista. Näistä on kouluja 4 kpl, päiväkoteja 4 kpl, yhdistettyjä kouluja/ päiväkoteja 4 kpl ja toimistorakennuksia 2 kpl. Kohteista 10 on Tampereelta, kolme Tampereen ympäristökunnista ja lisäksi yksi toimistorakennus Helsingistä.

Mitattavia sisäilman olosuhteita on nykyisin varsin paljon ja niiden kaikkien seuranta sisäilman laadun arvioimiseksi on työlästä ja hankalaa. Sisäilman olosuhteita voidaan mitata mm. seuraavilta osa-alueilta:

- sisäilman fysikaalisten suureiden mittaukset (lämpötila, kosteus, paine-ero ja ilmavirtaus)
- kemiallisten yhdisteiden, hiukkasten ja kuitujen mittaukset
- sisäolosuhteiden viihtyvyysmittaukset
- ilmanvaihdon mittaukset
- akustiset mittaukset
- valaistusmittaukset
- ilmansaasteiden (hiukkasten) sisä- ja ulkoilman mittaukset

Tutkimuksen aikana on kartoitettu tähän mennessä yhteensä n. 50 sisäilmasta mitattavaa asiaa, joita voidaan käyttää sisäilman laadun arvioinnissa.

Näiden lisäksi sisäilman laadun arvioinnissa tarvitaan tyypillisesti myös rakenteiden toiminnan ja kunnan arviointia, joihin liittyen voidaan tehdä useita erilaisia mittauksia ja tarkasteluja sekä rakenteiden pinnoilta että niiden sisältä.

Työpaketin yhtenä tavoitteena on myös määrittää sellaiset mitattavat suureet, jotka ovat keskeisimmät sisäilman laadun arvioinnissa. Luonnollisesti myös rakennuksen kunto vaikuttaa mitattaviin ja seurattaviin asioihin. Ennakoivassa korjauskohteessa mitattavia suureita voi olla vähemmän kuin sisäilmaongelmaisessa kohteessa.

5. Tutkimusorganisaatio ja aikataulu

Future Spaces -tutkimushankkeen toteutukseen osallistuu kolme tutkimusryhmää Tampereen yliopistosta (Rakennusfysiikka, Aerosolifysiikka ja Tietojohdaminen) ja VTT, sekä yrityksiä, kansainvälisiä yliopistoja ja tutkimuslaitoksia.

Yrityskonsortion muodostavat Koja Oy, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, TPI Control Oy, Fidelix Oy, Tampereen Tilapalvelut Oy, Fennia Kiinteistöt Oy, Dekati Oy, Vaisala Oyj ja Bitwise Oy. Koja Oy toimii yrityskonsortion veturiyrityksenä.

Tutkimuksen vastuullisena johtajana ja tutkimusosuuden koordinaattorina toimii professori Juha Vinha (TAU, Rakennusfysiikka) ja projektipäällikkönä väitöskirjatutkija Petteri Huttunen (TAU, Rakennusfysiikka). Aerosolifysiikan tutkimusryhmästä vastuuhenkilöinä ovat assoc. prof. Topi Rönkkö ja TkT Panu Karjalainen ja Tietojohdamisen tutkimusryhmästä prof. Hannu Kärkkäinen

ja TkT Karan Menon. VTT:n osuuden vastuullisena johtajana toimii Vice President Tuula Mäkinen ja projektipäällikkönä Hannu Salmela. Koko hankkeen koordinaattorina toimii Jari Erkkilä Tuotekehitys Oy Tamlinkista.

Tutkimusosuuden kokonaisrahoitus on 1,78 M€ ja koko hankkeen rahoitus sisältäen yritysten omat tuotekehitysprojektit yhteensä n. 3,7 M€. Hankkeen rahoittajina ovat Business Finland, Tampereen yliopisto ja VTT sekä mukana olevat yritykset. Projekti on myös osa Business Finlandin sisäilman laadun kasvumoottorin IAQe:n (Indoor Air Quality ecosystem) toimintaa.

Future Spaces -hankkeen kesto on 1.9.2020–31.8.2022.

6. Yhteenveto

Future Spaces -hanke tähtää sisätilojen ilmanlaadun parantamiseen korjattavissa palvelu- ja liikerakennuksissa. Tutkimusta tehdään kokonaisvaltaisesti keskeisten sisäilman laatuun vaikuttavien osatekijöiden osalta sisältäen mm. rakenteisiin, ilmanvaihtoon, sisäilman olosuhdemittauksiin, ilman suodatukseen sekä ulkoilman saasteisiin liittyvää tutkimusta. Hankkeen tavoitteena on kehittää palvelukonsepti ennakoivaan korjaukseen ja olosuhteiden hallintaan. Palvelukonseptin avulla pyritään tarjoamaan kokonaisvaltaisia korjaus- ja ylläpitopalveluita erityisesti Pohjoismaiden ja Saksan markkinoille.

Tampereen yliopiston rakennusfysiikan tutkimusryhmän työpakteissa tarkastellaan rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa sekä kokeellisesti että kaskennallisesti ja mitataan sisäilman olosuhteita useista palvelu- ja toimistorakennuksista.

Lähdeluettelo

- [1] Ala-Juusela, M. & Shukuya, M. 2014. Human body exergy consumption and thermal comfort of an office worker in typical and extreme weather conditions in Finland. *Energy and Buildings*, Vol. 76, June, pp. 249–257.
- [2] ISO 16000-37:2019. Indoor air – Part 37: Measurement of PM_{2,5} mass concentration. 12 p.
- [3] Indoor Air Quality ecosystem – Healthy Indoor Air. <https://www.iaqe.fi/>
- [4] Vinha, J., Laukkarinen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T., Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo, J., Teriö, O., Koskenvesa, A. & Palolahti, T. 2013. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tutkimusraportti 159. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka. 354 s. + 43 liites.
- [5] Vinha, J., Laukkarinen, A., Kaasalainen, T., Pihlajamaa, P., Teriö, O., Jokisalo, J., Annala, P., Harsia, P., Hedman, M., Heljo, J., Kallioharju, K., Kauppinen, A., Kero, P., Kivioja, H., Lehtinen, T., Marttila, T., Moisio, M., Mäkinen, A., Paatero, J., Raunima, T., Ruusala, A., Sankelo, P., Sekki, P., Sirén, K., Tuominen, E., Tuominen, O., Uotila, U. & Uusitalo, S. 2019. Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings (COMBI). Tutkimushankkeen johdanto- ja yhteenvetoraportti. Tutkimusraportti 168, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laboratorio, Rakennetekniikka. 45 s. + 111 liites.