

LOPPURAPORTTI 2022

## Hyytiälän "Living Lab –kestävä ja hyvinvointia tukeva puurakentaminen" – tutkimusympäristön suunnittelu ja toteutus 2021-2022

VN/5671/2021-YM-2

Hyytiälä/Li



Hyytiälän uudisrakennus 18.10.2022. Näkymä A-rakennuksesta. Kuva: Laura Alakukku

Kasvua ja kehitystä puusta –tukiohjelman 5. hakukierros: puun monet mahdollisuudet

Hankeaika: 1.4.2021-30.9.2022

Vastuullinen vetäjä: Laura Alakukku, Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta  
(laura.alakukku@helsinki.fi)

## Sisällysluettelo

1. Tiivistelmä	2
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	3
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät	3
4. Hankkeen tulokset	4
5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset sekä tulosten kestävyys ja hyödynnettävyys	9
6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset	10
7. Talousraportti	11
8. Johtopäätökset ja suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	12

### 1. Tiivistelmä

Helsingin yliopiston Hyytiälän metsäasemalle rakennetaan puurakenteinen uudisrakennuskokonaisuus v. 2021–2023. Tavoite on korkeatasoinen, vetovoimainen majoitus- ja opetustiloja sisältävä rakennus, joka itsessään toimii kansainvälisenä malliesimerkkinä puun käytöstä ekologisenä ja kestäväenä rakennusratkaisuna. Tämä hanke tuki rakentamisen yhteydessä rakennuskokonaisuuteen kansainvälisestikin ainutlaatuisen puurakentamisen Living Lab – tutkimusympäristön suunnittelua ja toteutusta. Tutkimusalusta sijoittuu käytännön toimintaympäristöön, jossa myös tilojen käyttäjät voivat olla tutkimuksen kohteena ja aiheena. Suunnittelun lähtökohta on ollut, että tutkimusalusta antaa mahdollisuuden puumateriaalin ja -rakentamisen kestävyteen liittyvään tutkimukseen sekä rakennuksen käyttäjien hyvinvoinnin, terveyden ja käyttäjäkokemukseen liittyvään tutkimukseen.

Tässä hankkeessa tuotettiin tavoitteen mukaisesti Living Lab –tutkimusalustan toteutuksen perussuunnitelma ja tekninen suunnitelma. Siinä myös käynnistettiin hankkeen rakennusaikana puumateriaalin (tässä CLT) kosteusominaisuuksien jatkuva seuranta ulko- ja sisätiloissa. Tutkimusalustalla on mahdollisuus tehdä tutkimusta oppimistilanteissa (A-rakennus) ja asumisen kaltaisissa olosuhteissa (B-rakennus, 10 testihuonetta). Valmiuksiin kuuluu mm. mahdollisuus säätää olosuhteita, mitata olosuhdemuuttujia sekä varaukset erilaisille säätö- ja mittauspaikoille tutkimustiloissa. Tilojen olosuhteiden säätömahdollisuus tuo niihin muunneltavuutta, jota voidaan hyödyntää mm. sisäilmalaatututkimuksissa ja tutkittaessa ihmisten hyvinvointia ja käyttäjäkokemusta.

Odotettavaa on, että perustettu tutkimusalusta edistää kansallista ja kansainvälistä korkeatasoista tutkimusyhteistyötä. Tutkimusalusta luo myös hyvät puitteet yritys yhteistyöhön sekä innovaatiotyöhön mahdollistaen mm. erilaisten ratkaisujen testausten ja kokeilujen tekemisen. Tätä kautta tutkimusalusta voi palvella myös kestävä puurakentamisen liiketoiminnan kehittämistä. Tutkimusalusta on tarkoitus liittää Viikissä perusteilla olevaan metsäalan innovaatioalustaan.

Tämä hanke oli tutkimusympäristön perustamisen aloitusvaihe, joka oli kriittinen, koska tutkimusvalmiuksien suunnittelu ja ensimmäisten mittausten käynnistäminen integroituivat ajallisesti rakennusten rakentamiseen. Tutkimusalustan ja sen mittausvalmiuksien kehittäminen jatkuu tämän rakennusvaiheessa tehdyn projektin jälkeen, kun ensimmäiset alustaa käyttävät projektit käynnistyvät vuonna 2023. Tutkimusalustasta on tavoitteena luoda uudenlainen, avoin, kansainvälinen ja monitieteinen kestävä puurakentamisen ja käyttäjäkokemusten tutkimusympäristö.

## 2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan Hyytiälän metsäasemalle rakennetaan puurakenteinen uudisrakennuskokonaisuus v. 2021–2023. Kokonaisuudessa on neljä rakennusta, joista yhdessä on ruokailu- ja opetustiloja (A-rakennus) ja kolmessa majoitustiloja. Rakennusala on kaikkiaan 1400 m<sup>2</sup>. Rakennuksen seinämateriaali on CLT ja lattioiden ja katon materiaalina LVL. Tavoite on, että rakennuskokonaisuus toimii kansainvälisenä malliesimerkkinä puun käytöstä ekologisenä ja kestäväenä rakennusratkaisuna. Rakennuksen elinkaaritavoite on 150 vuotta.

Tavoitteeksi otettiin myös suunnitella ja perustaa rakennuskokonaisuuteen kansainvälisesti ainutlaatuinen puurakentamisen Living Lab – tutkimusympäristö (jatkossa tutkimusalusta). Tutkimusalusta sijoittuu käytännön toimintaympäristöön, jossa tilojen käyttäjätkin voivat olla tutkimuksen kohteena ja aiheena. Suunnittelun lähtökohta on ollut, että tutkimusalusta antaa mahdollisuuden puumateriaalin ja -rakentamisen kestävyysliittymään liittyvään tutkimukseen sekä rakennuksen käyttäjien hyvinvoinnin ja terveyden liittyvään tutkimukseen. Tutkimuksen tavoitteenaan kattavan parhaimmillaan yli rakennuksen elinkaaren, suhteessa ulkoilmaan/säihin ja rakennuksen käyttöön. Ulkoilman/ilmaston mittaustiedot tuotetaan Hyytiälän SMEAR2 asemalla, joka on toiminut siellä 30 vuotta.

Tämän hankkeen tavoite oli tuottaa Living Lab –tutkimusalustan toteutuksen perussuunnitelma ja tekninen suunnitelma sekä käynnistää hankkeen rakennusaikana puumateriaalin (tässä CLT) ominaisuuksien käyttäytymisen jatkuva seuranta. Lopputuloksesta odotetaan muodostuvan malli ja pilotti muiden puurakentamisen Living Lab’ien suunnitteluun.

Tämä hanke oli tutkimusalustan perustamisen käynnistysvaihe, joka oli kriittinen, koska tutkimusvalmiuksien suunnittelu ja ensimmäisten mittausten aloittaminen integroituivat ajallisesti rakennusten rakentamiseen. Tutkimusalustan ja sen mittausvalmiuksien kehittäminen jatkuu tämän rakennusvaiheessa tehdyn projektin jälkeen, kun ensimmäiset alustaa käyttävät projektit käynnistyvät. Tutkimusalustan perustamisen lopullinen tavoite on luoda uudenlainen, avoin, kansainvälinen ja monitieteinen kestävä puurakentamisen ja käyttäjäkokemusten tutkimusympäristö. Hankkeen yksilöidyt hankesuunnitelman mukaiset tavoitteet esitetään liitteessä 1.

Hanke liittyy YM:n puurakentamisen ohjelman teemaan 3, Puurakentamisen käyttäjälähtöiset ratkaisut. Selviä liittymäkohtia on myös digitaalisiin ja teknologiaratkaisuihin, vähähiiliseen rakentamiseen ja kiertotalouteen. Living Lab mahdollistaa ihmisten asumiseen liittyvän hyvinvoinnin tutkimuksen, mutta myös innovaatiotoiminnan.

## 3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen toteuttaja oli Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellinen tiedekunta ja sitä rahoitti ympäristöministeriö. Hankkeessa edettiin hankesuunnitelman mukaisten tavoitteiden pohjalta (liite 1). Hankkeessa suunniteltiin Hyytiälän puisten uudisrakennusten rakennusaikana Living Lab – tutkimusalusta. Tähän liittyen määriteltiin tutkimusteemat: 1) puurakennuksen kestävyys (mm. rakennuksen ikääntymistä ja käyttäytymistä ikääntyessään tietyssä luonnonympäristössä); 2) puurakennuksen sisäilma (ilman laatu ja esim. VOC tasot, käyttäjäkokemus, ihmisen hyvinvointi); 3) puun ja metsien aineettomat hyödyt ihmisten kokemina. Näiden perusteella suunniteltiin ja määritettiin ensimmäiset olosuhteiden säätökohteet, mittauskohteet ja muuttujat.

Hankkeen aikana aloitettiin suunnitelman pohjalta tutkimusalustan perustaminen ja ensimmäiset mittauksen rakennusmateriaalina käytetyn CLTn ominaisuuksista A-rakennuksessa. Perustamiseen

kuului mittausvalmiuksien ja tiedonkeruun reitittäminen rakennusaikana (A- ja B-rakennukset). Samalla määritettiin mittauspisteet, joihin voidaan myöhemmin asentaa mittarit/näytteenkeräimet tekstiiloissa. Lisäksi aloitettiin tiedonkeruun suunnittelu ja toteutus.

Hankkeen aikana tehtiin tiivistä yhteistyötä suunnittelijoiden (arkkitehdit, rakenne-, sähkö-, ja LVI suunnittelijat), rakentajan, valvojen, tilaajan (Helsingin yliopiston tilat ja kiinteistöt) sekä Hyytiälän SMEAR –aseman henkilökunnan kanssa. Tämä oli välttämätöntä, jotta tutkimusalustan perus- ja tekninen suunnittelu sekä niiden toteutus voitiin integroida rakennuksen suunnitteluun, piirustuksiin ja rakentamiseen. Perussuunnittelu kattoi mm. tutkimushuoneiden (B-rakennus) olosuhteiden säätö- ja mittausvalmiuksien luomisen (esim. reititykset, mittauspisteet, mittauspisteiden sähkösuunnittelu), tiedonkeruun suunnittelun, A-rakennuksessa olevien Living lab:n mittaushuoneiden suunnittelun sekä keskustelun siitä, miten talotekniikkaa voidaan hyödyntää tutkimusalustan tarpeisiin. Mittauksiin liittyen oltiin yhteydessä ja tehtiin yhteistyötä anturitoimittajien ja eri alojen asiantuntijoiden kanssa. Anturitoimittajien kanssa suunniteltiin ja toteutettiin muutos patterikäyttöisestä laitteesta heikkovirralla toimivaksi laitteeksi sekä suunniteltiin teknisiä parannuksia mittausten luotettavuuden parantamiseksi pitkäaikaisissa mittauksissa, joissa puun eläminen vaikuttaa mittausten luotettavuuteen. Nämä parannukset antureihin toteutetaan loppuvuodesta 2022.

#### 4. Hankkeen tulokset

Hyytiälän uudisrakennus muodostuu neljästä rakennuksesta, joista kaksi (A ja B) ovat uudisrakennukseen toteutetussa tutkimusalustassa (Living lab). A-rakennuksessa on opetustiloja ja ruokala. B-rakennus on majoitustilaa, jonne toteutettiin 10 testihuonetta. Ne ovat kahden hengen majoitushuoneita. Molempiin rakennuksiin suunniteltiin ja toteutettiin rakennusaikana valmiudet tutkimuskäyttöön. Niissä voidaan tutkia asioita oppimistilanteissa (A-rakennus) ja asumisen kaltaisissa olosuhteissa (B-rakennus). Valmiuksiin kuuluu mm. mahdollisuus säätää olosuhteita, mitata olosuhdemuuttujia sekä valmiudet erilaisille säätö- ja mittauspaikoille tutkimustiloissa (taulukot 1 ja 2 sekä kuva 1). Tilojen olosuhteiden säätömahdollisuus tuo niihin muunneltavuutta, jota voidaan hyödyntää mm. sisäilmalaatututkimuksissa. Tulevaisuudessa tiloja käytetään myös mm. tutkittaessa ihmisten hyvinvointia ja käyttäjäkokemusta esimerkiksi sisäilmanlaadun mittausten yhteydessä.

Hankkeessa tehdyt tutkimusalustan suunnitelmat, selvitykset ja mittausvälineiden tekniset dokumentaatiot ja muut sisäiset materiaalit on tallennettu yliopiston verkkolevyllä omaan tiedostopolkuun. Jatkossa osa materiaalista tulee julkiseksi yhdessä mittausaineistojen kanssa. Niille suunnitellaan ja toteutetaan seuraavissa hankkeissa tallennus- ja jakelupaikka. Hankkeessa kertynyt suunnittelu- ja muu materiaali on tärkeä osa sen tuloksia. Ne voivat antaa mallia mm. mahdollisille myöhemmin muodostettaville muille vastaaville tutkimusympäristöille.

Rakennushankkeen suunnittelualojen (pääasiassa arkkitehti- ja sähkösuunnittelun) tekemät Living labiin liittyvät suunnitelmat ovat projektipankissa. Ne tullaan siirtämään muun rakennusdokumentaation kanssa Granlund Manager -huoltokirjaohjelmaan. Näiden suunnitelmien sisältö on vielä kesken ja työ jatkuu tämän hankkeen jälkeen HYssä.

#### *Opetus- ja majoitustilat tutkimusalustana*

Taulukossa 1 on esitetty A-rakennuksen opetustiloihin ja taulukossa 2 sekä kuvassa 1 B-rakennuksen majoitustiloihin suunnitellut ja toteutetut säätö- ja mittausvalmiudet, joita voidaan käyttää tutkimukseen. Taulukoissa mainittujen lämpötilan säätömahdollisuuksien lisäksi tilojen lämpötilan säätöön on valmius vapaasti valittavan asetusarvon käyttöön, joka on käyttöön otettavissa laitehankinnan ja ohjelmoinnin avulla.

B-rakennuksen kymmeneen testihuoneeseen suunniteltiin ja toteutettiin valmius säätää asumisolosuhteista (ilmanvaihto, lämpötila, valaistus, ääni) sekä sisäilmatutkimusta että käyttäjäkokemustutkimusta varten. Näihin huoneisiin suunniteltiin ja toteutettiin rakennusvaiheessa mittausvalmius mm. sisäilmanäytteiden ottoon (näytteet analysoidaan A-rakennuksen mittaushuoneissa (tavoite määrittää mm. CO<sub>2</sub>, CO, VOC)). Myös A-taloon suunniteltiin ja reititettiin mittausvalmius sisäilmanäytteiden ottoon.

Taulukko 1. Opetustilojen (A-rakennus) käyttömahdollisuudet tutkimuksessa.

Kohde	Valmius	Valmiuden toteutus
Tilan lämpötila	muunneltavissa asumisterveysasetuksen mukaisissa rajoissa	automaatiojärjestelmän säätöohjelmalle kiinteä asetusarvo tai vuorokausittainen säätökäyrä
Ilmanvaihto	tehokkuus muunneltavissa asumisterveysasetuksen mukaisissa rajoissa	automaatiojärjestelmän säätöohjelmalle kiinteä ilmamäärän/hiilidioksidipitoisuuden asetusarvo tai vuorokausittainen säätökäyrä
Sisäilman laatu	analysointiin valmiudet	näytteenottopisteet tulo- ja poistoilmakanavissa, näytteenottoputkien reitit ilmanäytteiden analysointiin tarvittaville laitteille
Äänimaailma	tuottamiseen valmiudet	rakennettu valmiudet (sähkösyöttö, tietoliikenneliitännät, tilavaraukset, kaapelireitit)
Valaistus	voimakkuus muunneltavissa	erillinen käyttöliittymä
Mittaus/laitehuone Living lab –tila talon kellari-kerroksessa	mittalaitteiden asentamiselle valmiudet	kaksi huonetta, sähkösyöttöjä varten ryhmäkeskus, tietoliikenneyhteydet, kaapelireitit
Kaksi laitetilaa ullakolla	tilavaraukset tutkimuslaitteiden asennusta varten	sähkösyötöt, tietoliikenneliitännät, kaapelireitit

Taulukko 2. Majoitustilojen (B-rakennus) kymmenen testihuoneen käyttövalmiudet tutkimuksessa.

Kohde	Valmius	Valmiuden toteutus
Tilan lämpötila	muunneltavissa asumisterveysasetuksen mukaisissa rajoissa	automaatiojärjestelmän säätöohjelmalle kiinteä asetusarvo tai vuorokausittainen säätökäyrä
Ilmanvaihto	tehokkuus muunneltavissa asumisterveysasetuksen mukaisissa rajoissa	automaatiojärjestelmän säätöohjelmalle kiinteä ilmamäärän/hiilidioksidipitoisuuden asetusarvo tai vuorokausittainen säätökäyrä
Sisäilman laatu	analysointiin valmiudet	näytteenottopisteet huoneissa, tulo- ja poistoilmakanavissa, näytteenottoputkien reitit ilmanäytteiden analysointiin tarvittaville laitteille
Äänimaailma	tuottamiseen valmiudet	rakennettu valmiudet (sähkösyöttö, tietoliikenneliitännät, tilavaraukset, kaapelireitit)
Valaistus	värilämpötila ja voimakkuus muunneltavissa	erillinen käyttöliittymä
Laitetila vaahekaapissa	mittalaitteiden asentamiselle valmiudet	kaksi laitetilaa (sähkösyötöt, tietoliikenneliitännät, kaapelireitit)

Tekniset valmiudet säätö- ja mittauskohteille on toteutettu. Ohjelmalliset valmiudet ovat tekeillä rakennuksen etenemisen mukaan. Rakennusten valmistuminen on myöhässä suunnitellusta aikataulusta. Tämä vaikuttaa myös tutkimusalustan toteutusaikatauluun viivästyttäen mm. ohjelmallisten valmiuksien tekemistä, jotka voidaan tehdä loppuun vasta rakennusten valmistuttua. Tekniset valmiudet ja niiden toteutus on dokumentoitu hankkeen edetessä tarkasti.



#### Living Lab testihuoneiden ominaisuuksia

1. Valmius äänentoistoon. Huoneissa sähkönsyötöt ja signaali-kaapelit kahdelle aktiivikaiuttimelle
2. Lämmityksen ja ilmanvaihdon säätöautomatiikan huoneyksikkö. Tutkimuskäytön ohjaukset tehdään keskitetyn käyttöliittymän kautta.
3. Valmius kolmen upotetun ilmanäyteenotopisteen asennukselle
4. Äänentoistojärjestelmän virtapainike
5. Valaistushajauspaneeli (DALI)
6. Seinän sisällä kaapelireitti ilmanäyteenotopisteelle
7. Avattava kaapelireitti ilmanäyteenotoputkien ja mittalaitteiden kaapeleiden asennusta varten

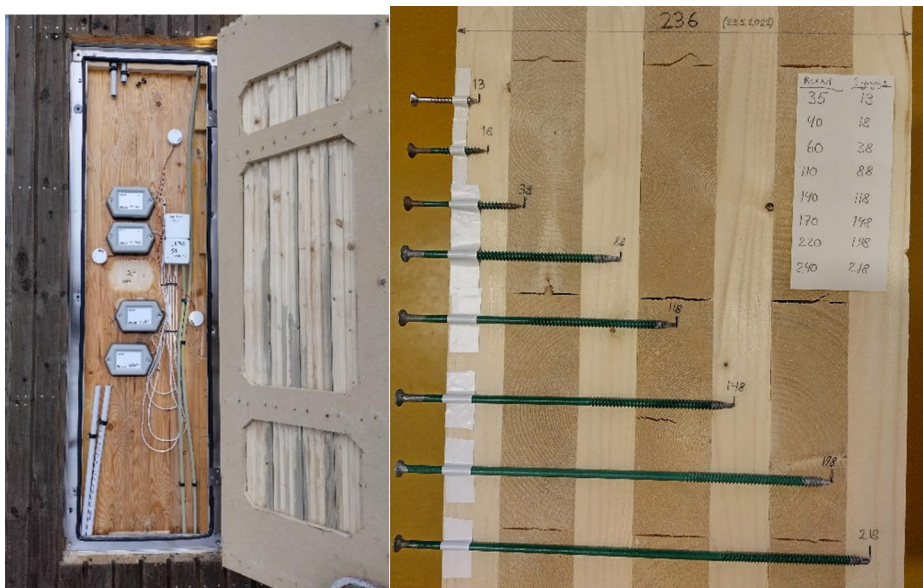
Kuva 1. Living lab –testihuoneiden (10 kpl) ominaisuuksien muodostama kokonaisuus, johon kuuluu myös kuvan ulkopuolella huoneen vaatekaapin laitetilat ja ilmanvaihtokanavien ilmanäyteenotopisteet.

Tutkimuskäyttömahdollisuuksia päästää testaamaan rakennusten valmistuttua. Tarkoitus on käyttää ensimmäiset 1–3 vuotta alustan testaamiseen ja jatkokehittämiseen. Tutkimusalustan käyttöön on jo saatu jatkorahoitusta, mikä mahdollistaa sen jatkokehittämisen ja nopean käyttöönoton. Tutkimuskäytön ohella kehitetään alustan hyödyntämistä yritys yhteistyössä. Sitä on jo käynnistetty puun ominaisuuksien mittausten yhteydessä, kun anturitoimittajan kanssa on yhteistyössä toteutettu Living labin käyttöön mukautetut mittausvalmiudet.

#### *Puun kosteusmittaukset A-rakennuksessa*

Hankkeessa tehtiin selvitystyön perusteella suunnitelma seinärakenteiden käyttäytymisen ja kestävyysmittaamiseksi A-rakennuksessa. Puurakenteen käyttäytymistä seurataan mittaamalla CLT:n kosteutta eri kerroksissa sekä olosuhteet kosteusmittausten läheisyydessä (lämpötila, ilmankosteus ja -paine) (kuva 2). Mittauksia tehdään A-rakennuksen seinärakenteissa sekä ulkona (kuva 2) että sisätiloissa. Niitä tehdään eri seinustoilla eri korkeuksilla kaikkiaan 17 mittauspaikassa. Niissä on yhteensä 63 puunkosteusanturia, joista jokainen mittaa kosteutta kahdesta eri syvyydestä. Kaikkiaan CLT-rakenteen kosteutta mitataan 126 pisteestä. Jokaisessa ulkoseinän mittauspaikassa mitataan kosteutta kahdeksasta eri syvyydestä ja sisäseinien kuudesta eri syvyydestä.

Jatkossa lisätään seitsemän mittauspaikkaa sisäseiniin. Näihin tulee 22 puun kosteusanturia, joilla mitataan kosteutta 44 pisteestä. Puun kosteuden oheen tulevat anturit tarvittavien ympäristön olosuhteiden mittaukseen. Myös ulkoseinien mittauspaikkojen ympäristön olosuhteiden mittauksia täydennetään lisäämällä antureita mittauspaikkoja peittävän ulkovuorauksen ulkopinnalle. Lisäksi puun kosteusmittausten tarkkuutta tullaan parantamaan mittaamalla kompensointilämpötilaa CLT-seinien sisältä jokaisessa mittauspaikassa.

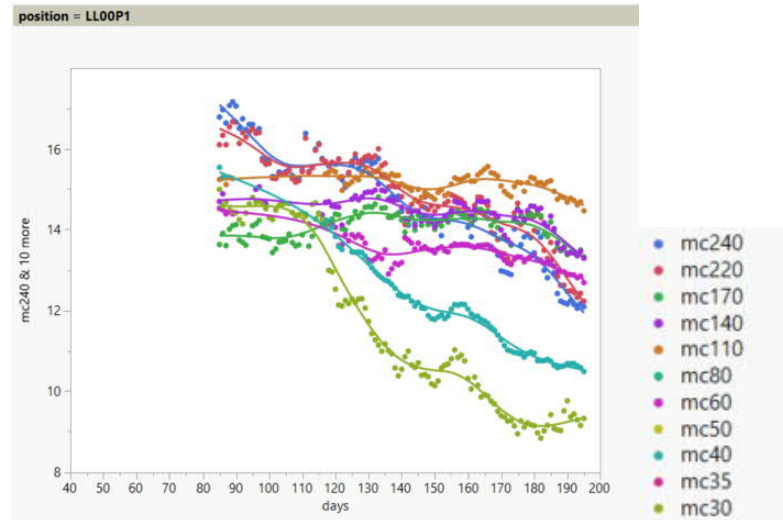


Kuva 2. Esimerkki CLT:n kosteuden ja olosuhteiden mittaamisesta ulkoseinästä (yläkuva ja vasen alakuva). Wiisteen anturit mittaavat CLT:n kosteutta eri kerroksista (13 – 218 mm, 8 mittaussyvyyttä ulkoseinissä ja 6 sisäseinissä, kuva alaoikealla). RuuviTag (vasen kuva pyöreät laitteet) mittaa lämpötilaa, ilmankosteutta ja -painetta. Molempien laitteiden mittauksia kerätään niiden toimittajien tiedonkeruupalveluun. Wiisteen tietojen kerääminen HYN omalle palvelimelle pilvipalvelun rinnalla on parhaillaan toteutuksessa.

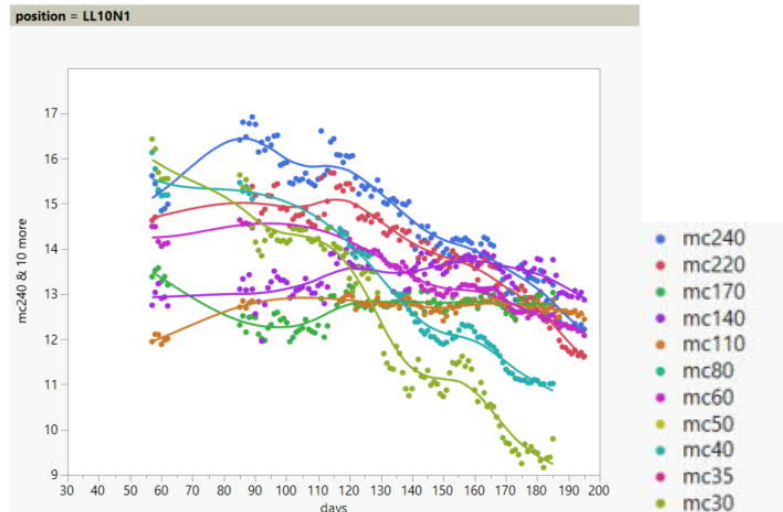
Puun kosteusmittauksien data lähetetään langattomasti palvelimelle, josta sitä voidaan tarkastella toimittajan tarjoaman käyttöliittymän avulla. Jatkossa data tullaan kahdentamaan niin, että se lähetetään suoraan antureilta lähtien sekä toimittajan palvelimelle että yliopiston palvelimelle. Yliopiston palvelimelta dataa on helpompi jakaa eteenpäin tarpeen mukaan sekä määrittellä ja toteuttaa haluttu varmuuskopioinnin taso. Toimittajan käyttöliittymä tulee jatkossa palvelemaan antureiden toiminnan päivittäisessä seurannassa.

Mittauspaikkojen ympäristön olosuhteista lämpötilaa, ilmankosteutta ja -painetta mitataan ulkoseinien mittauspaikoissa erillisillä antureilla (kuva 2). Myös näiden antureiden data lähetetään langattomasti toimittajan palvelimelle, josta sitä voi tarkastella toimittajan tarjoaman käyttöliittymän avulla. Kuten edellä, myös näiden anturien data tullaan tulevaisuudessa kahdentamaan niin, että se lähetetään suoraan antureilta lähtien sekä toimittajan palvelimelle että yliopiston palvelimelle.

Ensimmäiset puurakenteen kosteusmittaukset aloitettiin talotehtaalla, missä tiettyihin elementteihin asennettiin CLT:n eri kerrosten kosteutta mittaavat anturit (Wiiste WM1-WAN). Rakennustöiden edetessä antureita on asennettu lisää sekä ulko- että sisäseiniin ja suunniteltu datankeruu edellä esitetysti. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty esimerkki käsitellystä puun kosteusdatasta (MC). Aineistosta on laskettu päivittäiset MC-keskiarvot. Mittausaineistosta voidaan havaita puun kosteuden aleneminen kesän lähestyessä.



Kuva 3. Käsiteltyä puun kosteusdataa (MC, y-akselilla puun kosteus (%)) mittausten ensimmäisiltä 200 päivältä mittauspisteestä LL-26A-01. Mittaus syvyydet 8–218 mm paneelin ulkopinnasta. Ensimmäiset anturit asennettiin 3.11.2021 ja päivien lukumäärä x-akselilla ko. päivästä alkaen. Tämän mittauspisteiden mittaukset käynnistyivät tammikuun 2022 lopussa.



Kuvio 4. Käsiteltyä puun kosteusdataa (y-akselilla kosteus (%)) mittausten ensimmäisiltä 200 päivältä mittauspisteestä LL-21A-01. Mittaus syvyydet 8–218 mm paneelin ulkopinnasta. Ensimmäiset anturit asennettiin 3.11.2021 ja päivien lukumäärä x-akselilla ko. päivästä alkaen. Tämän mittauspisteiden mittaukset käynnistyivät tammikuussa 2022.

Mittauksissa ja mitatun datan käsittelyssä on haasteita, joihin haetaan ratkaisuja yhteistyössä anturivalmistajan kanssa. Jatkossa tullaan kehittämään mm. anturien lämpötilakompensaatiota sekä niiden teknistä toteutusta mittausten hajonnan vähentämiseksi mitattaessa muuttuvissa olosuhteissa (etenkin ulkomittaukset).



## 5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset sekä tulosten kestävyys ja hyödynnettävyys

Hankkeessa suunniteltiin ja tavoitteen mukaisin osin toteutettiin puurakentamisen Living lab – tutkimusalustakokonaisuus. Suunniteltu tutkimusalustakokonaisuus muodostaa ainutlaatuisen, erittäin pitkäaikaisen ja monialaisen tieteellisen alustan monipuoliseen rakentamiseen ja puumateriaaleihin sekä kestävyteen liittyvään empiiriseen kokeelliseen tutkimukseen ja testaukseen. Se mahdollistaa myös monitieteisen ja monialaisen puurakennukseen ja sen käyttämiseen liittyvän tutkimuksen. Tutkimusaiheet voivat kattaa sekä puumateriaalin ominaisuuksien että rakennuksen käyttäjien kokemusten tutkimuksen erilaisissa ympäristöissä (mm. oppimis- ja asumisympäristö). Tutkimusalustan 10 testihuonetta antavat myös mahdollisuuden tehdä koeasetelmia, joissa voidaan säätää esimerkiksi sisäilman laatua sekä valo- ja ääniympäristöä.

Odotettavaa on, että perustettu tutkimusalusta edistää kansallista ja kansainvälistä korkeatasoista tutkimusyhteistyötä. Tutkimusalusta luo myös hyvät puitteet yritys yhteistyöhön sekä innovaatiotyöhön mahdollistaen mm. erilaisten ratkaisujen testauksen ja kokeilut. Tätä kautta tutkimusalusta voi palvella myös kestävä puurakentamisen liiketoiminnan kehittämistä. Tutkimusalusta on tarkoitus liittää Viikissä perusteilla olevaan metsäalan innovaatioalustaan, jonka käynnistämässä maatalous-metsätieteellisellä tiedekunnalla on merkittävä rooli.

Living lab -tutkimusalustan erityispiirre on se, että aineistojen keruun on suunniteltu jatkuvan pitkään, vuosikymmeniä sekä puumateriaalin ominaisuuksien käyttäytymisen että rakennusten käyttäjien kokemusten osalta. Toinen erityispiirre on, että perustetun tutkimusalustan aineistot voidaan yhdistää Hyytiälän metsäasemalla sijaitsevan SMEAR2 aseman ilmakehän ja ulkoilman laatuun liittyviin pitkäaikaismittauksiin. Alusta mahdollistaa näin rakennuksen elinkaarenaikaisen ilmastovaikutuksen ja kokonaiskestävyyden tutkimuksen yli ajan sekä tätä koskevien mallien kehittämisen, tai esimerkiksi erilaisten sertifikaattien vertailun. Nämä erityispiirteet lisäävät osaltaan alustan tutkimusten tulosten kestävyttä ja hyödynnettävyyttä.

Alusta lisää monitieteisyyttä ja tieteiden välisyyttä: tutkimusalusta ja aineistot ovat soveltuvin osin avoinna kansallisille ja kansainvälisille tutkijoille Helsingin yliopiston lisäksi. Tämä osaltaan nostaa myös tietoisuutta ja kiinnostusta suomalaiseen puurakentamiseen sekä siihen liittyvään tutkimukseen. Hyytiälä tulee todennäköisesti olemaan jatkossa aiempaakin merkittävämpi kansainvälisten ja kansallisten tutkimus- ja koulutustapahtumien sijaintipaikka. Hyytiälässä on hyvät puitteet tarjota kiinnostavaa tietoa puurakentamisesta erilaisille kohderyhmille.

Hankkeen vaikuttavuutta lisää osaltaan se, että sen aikana Living lab –tutkimusalustalla tehtäväksi suunniteltuun tutkimukseen myönnettiin merkittävästi rahoitusta. Jatkohankkeita rahoittavat Marjatta ja Eino Kollin säätiö (lahjoitus 1.9.2022–31.12.2026), Suomen metsäsäätiö (apurahakausi 2022–2025) sekä Pirkanmaan liito (AKKE –rahoitus kaudelle 1.10.2022–30.4.2024). Lisäksi Helsingin yliopisto päätti kohdentaa Metsä Groupin yliopistolle tekemästä lahjoittamasta osan metsätieteisiin ja sen myötä Hyytiälän Living lab –alustaan. Hankkeen kuluessa jätettiin Horizon-Widera-2022-ACCRSS-01- haun toiseen vaiheeseen slovenialaisen yhteistyösapuolen koordinoima hankehakemus (Accelerating knowledge transfer to co-create a beautiful and sustainable built environment for all – *InnoRenew beyond*), jossa maatalous-metsätieteellinen tiedekunta on mukana.

Alkuvuonna 2023 käynnistyvät hankkeet jatkavat tässä hankkeessa käynnistettyä työtä ja niiden kautta tutkimusalustalle saadaan useita tutkijoita eri aloilta. Marjatta ja Eino Kollin säätiön ja tiedekunnan yhteisenä on muodostaa Hyytiälästä Helsinkiin ja Lahteen ulottuva käyttäjälähtöisen

puurakentamisen kansainvälinen osaamiskeskittymä. AKKE-rahoitusta saaneen hankkeen tavoitteena on puolestaan koota ja koordinoita Hyytiälän Living Lab –alustan tieteellisten ja yrityskäyttäjien verkosto, luoda verkoston kokoamiseksi välttämättömät Living lab-verkkosivut ja viestintämateriaali, sekä järjestää tilaisuuksia (osallistujina yritykset, tutkijat ja kansalliset/EU-viranomaiset) käyttäjäverkoston kokoamiseksi ja ensimmäisten tutkijakonsortioiden synnyttämiseksi.

Alan kannalta on myös merkittävää, että hankkeen kuluessa solmittiin (helmikuu 2022) kansainvälisen tutkimusyhteistyön käynnistämiseksi yhteistyösopimus kahdessa muussa maassa sijaitsevien yliopisto- ja tutkimuslaitostoimijoiden kanssa: Oregon State University (USA) ja Primorska Yliopisto & Innorenew Center of Excellence Instituutti (Slovenia). Molemmissa paikoissa on uusi puurakentamisen Living Lab –ympäristö. Yhteistyön erityinen tavoite on hyödyntää kunkin yliopiston/tutkimuslaitoksen rakentamaa uutta, omaa massiivipuista rakennusta ja sen tarjoamaa pysyvää tutkimusalustaa (Living Lab). Rakennuksissa mitataan osittain samoja muuttujia ja tavoite on, että aineistoja pystytään yhdistämään kansainvälisessä yhteistyössä. Lisäksi tarjoutuu mahdollisuus muunlaiseen tutkimukseen ja opetukseen sekä co-creation / innovaatiotoimintaan kunkin Living labin erityisominaisuuksien mukaan (OSU – merkittävästi isoja opetustiloja, Slovenia – toimistot, OSU ja Slovenia – laboratorio- ja testaustiloja, Hyytiälä – ihmisten terveyden ja hyvinvoinnin tutkimus, kaikki LL: - puurakenteiden, materiaalin, ulkoverhousten, sisäilman tutkimusta). Nämä tahot ovat välttämättömät kansainvälisen tutkimuksen käynnistymiseksi. Tämä yhteistyö edistää tutkimuksen ja opetuksen lisäksi mahdollisesti myös puurakentamisen liiketoimintaan liittyvää kansainvälistä kehittämistä.

Tämä hanke vaikutti osaltaan siihen, että maatalous-metsätieteelliseen tiedekuntaan rekrytoitiin määräaikainen työelämäprofessori kestävän puurakentamisen alalle. Tehtävässä aloitti 1.10.2022 Michael Burnard, joka päätyönään Sloveniassa sijaitsevan puutuotteiden ja kestävän rakentamisen tutkimuslaitoksen InnoRenew CoE:n apulaisjohtajana. Hänen tutkimusalansa kestävä rakentaminen ja ihmisen terveyden huomioiminen osana rakentamista. Hän tuo yliopistolle ja tiedekuntaan kokemusta rakentamisen ja asumisen Living Lab -tutkimuskonseptien suunnittelusta ja toteuttamisesta.

## 6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hankkeen aikana siitä ja Hyytiälän Living lab –tutkimusalustasta on viestitty useiden eri kanavien kautta. Kiinnostus uudisrakennukseen ja rakennustyön etenemiseen on ollut hyvä. Odotettavaa on, että uudisrakennusten valmistumisen myötä kiinnostus tulee selvästi vielä kasvamaan.

Hankkeesta on viestitty hankeaikana seuraavasti:

-Hanke on esillä puuteollisuuden hankeportaalissa (<https://www.hankeportaali.fi/hankkeet/289-hyytiala-%E2%80%9Dliving-lab-kestava-ja-hyvinvointia-tukeva-puurakentaminen%E2%80%9D-%E2%80%93tutkimusympariston-suunnittelu-ja-toteutus-2021%E2%88%922022>).

-Hakkeen yhteydessä perustettiin Hyytiälä-blogi (<https://blogs.helsinki.fi/hyytiala-blogi/>), jossa on kerrottu myös Living lab -hankkeen kuulumisia.

-Hanketta esiteltiin seuraavissa tilaisuuksissa:

- ohjelmasta rahoitetuille hankkeille järjestetyssä kick-off webinaarissa 20.5.2021
- Helsingin yliopiston hallituksen vierailu Viikissä (etätilaisuus 21.4.2021)
- Unkarin suurlähettilään vierailu Hyytiälässä (18.6.2021)
- Tiedekulmassa järjestetty Puurakentamisella kohti kestävä tulevaisuutta –webinaarissa (11.10.2021)
- Hyytiälän metsäaseman neuvottelukunnan kokoontuminen (25.10.2021)
- 12 Euroopan maan suurlähettiläiden vierailu Hyytiälässä (12.4.2022)

- Uudisrakennuksen harjannostajaiset, mm. HYN johtoa paikalla (19.4.2022)
- NERM (Northern Europe Regional Meeting) IFSA metsäopiskelijoiden järjestö
- Oregon State University järjestämä vierailu Suomeen. Mukana USAlaisia alan yrittäjiä ja tutkijoita (11.5.2022)
- Pirkanmaan maakuntajohtaja ja Juupajoen kunnan johto Hyttiälässä (8.6.2022)
- Maatalouskoneiden tutkimussäätiön hallituksen syysretki (2.9.2022)
- Skogskällskapet johdon vierailu Hyttiälässä (14.10.2022)
- Metsä Goup vierailu Hyttiälässä (18.10.2022)

Edellisten lisäksi hanketta on esitelty Hyttiälän metsäaseman esittelyn yhteydessä lukuisille erilaisille sidosryhmille. Siitä kerrottu myös mm. Maaseudun tulevaisuuden haastatteluissa (2.8.2021 s. 7: Hyttiälän uudisrakennuksen on tarkoitus kestää ainakin 150 vuotta; 15.8.2022 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa>: Hyttiälän metsäaseman uudet puurakennukset viivästyvät – elementtitoimitukset eivät sisältäneet väliseiniä) sekä Ruovesilehdessä (17.3.2022) ja Aarre-lehden syyskuun 2022 numerossa.

Hyttiälän Living lab on ollut esillä myös sille myönnettyjen rahoitusten tiedotuksessa: <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/lahjoittaminen/kollin-saation-lahjoitus-helsingin-yliopistolle-tukee-puurakentamisen-kestavyyden-tutkimusta> (30.8.2022) sekä 1.10.2022 aloittaneen työelämäprofessori Michael Burnardin haastattelussa: <https://www.helsinki.fi/en/news/innovations/michael-burnard-professor-practice-sustainable-wood-construction-there-real-urgency-sustainable-solutions>

Hankkeen aikana Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Oregon State University (USA) ja InnornewCoE (University of Primorska (Slovenia)) – solmivat MOUn tutkimus (ja opetus) yhteistyöstä kestävästä massiivipuurakentamisen teema-alueella. Yhteistyöstä viestittiin helmikuussa 2022 (<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/ilmastonmuutos/metsatieteiden-alan-kansainvaliset-huiput-yhdistavat-voimansa-puurakentamisen-tutkimuksessa>) ja mm. YLE teki aiheesta uutisen (<https://yle.fi/a/3-12312084>).

Asia oli esillä myös yhteistyökumppanien sivuilla: <https://www.forestry.oregonstate.edu/international-mass-timber-alliance>  
<https://www.iam.upr.si/en/institute/news/an-international-aca>

Rakennushanke on myöhässä yli 6 kk, mikä on vaikuttanut myös hankkeen viestintään. Rakennuksen valmistumisen ja käyttöönoton yhteyteen on suunniteltu näyttävät avajaiset, jonne kutsutaan laajasti yhteistyötahoja ja sidosryhmiä. Tässä yhteydessä esitellään myös tässä hankkeessa suunniteltu Living lab –tutkimusalusta. Samassa yhteydessä paljastetaan rakennusten peruskivi, jonka paljastajaiset jouduttiin siirtämään koronaepidemian vuoksi. Tämänhetkisen tiedon perusteella avajaiset järjestetään huhti-toukokuun vaihteessa 2023. Niistä pyritään viestimään mahdollisimman laajasti MMTDKn somekanavien kautta ja tekemällä mediatiedote.

## 7. Talousraportti

Taulukossa 3 esitetään hankehakemuksessa esitetty budjetti vuosille 2021–22 sekä hankkeen aikana kertyneet kustannukset. Toteutuneet kustannukset alittavat budjetoidut kustannukset. Alitus johtuu budjetoitua pienemmistä väline- ja laitehankinnoista sekä asiantuntijapalvelujen käytöstä. Rakennusprojektin viivästyminen on heijastunut Living lab –tutkimusalustan toteutukseen hidastaen asiantuntijatyön käyttöä suunnittelussa sekä myöhästyttäen mittausten suunnittelua ja laitteiden

hankintaa. Liitteessä 2 olevan kustannuserittelylomakkeen mukaan aineisiin ja tarvikkeisiin on kohdennettu kustannuksia. Talousraportin mukaan tähän luokkaan on kohdennettu mittausjärjestelmien toteutukseen liittyviä kustannuksia (anturit, asennustarvikkeet yms.), jotka oli kohdennettu budjetissa laitteisiin. Toivottavaa on, että aineisiin ja tarvikkeisiin liittyvät kustannukset hyväksyttäisiin hankkeen kustannuksiksi.

Taulukko 3. Hankehakemuksessa esitetty budjetti ja hankkeen aikana (1.4.2021-30.9.2022) kertyneet kustannukset.

Kustannus	Hankehakemus budjetti (EUR)	Hankkeen kustannukset (EUR)	Erotus (EUR)
Palkat sivukuluineen	113 298	115 429	-2 131
Välineet ja laitteet	80 000	54 805	25 195
Asiantuntijapalvelut	20 000	7 064	12 936
Matkakulut	2 000	2 771	-771
Muut kustannukset	1 000		1 000
Yleiskustannus	123 495	125 817	-2 322
YHTEENSÄ	339 793	305 886	33 907
<i>Hankkeen toteutuneista kustannuksista 40 % anotaan hankerahoittajalta.</i>			122 354 EUR

#### 8. Johtopäätökset ja suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Hankkeessa suunniteltu ja toteutettu puurakennuksen ja sen käytön tutkimukseen tarkoitetun Living lab –tutkimusalustan ja siihen liittyvän kokonaisuuden aikaansaaminen on ainutlaatuinen projekti. Hankkeessa muodostunut tieto-taito, kokemukset sekä materiaalien dokumentaation ovat mahdollisten vastaavien hankkeiden käytettävissä. Living lab –tutkimusalusta on merkittävä uusia avaus suomalaisessa mutta myös kansainvälisessä puurakentamisen tutkimuksessa. Se on uusien tutkimushankkeiden sekä alan yritysten, sidosryhmien, innovaatiotoiminnan ja muiden mahdollisten toimijoiden käytettävissä. Toivottavaa on, että sen käyttö on tulevaisuudessa monipuolista ja vilkasta.

Liite 1. Tämän hankkeen tavoitteet hankesuunnitelmassa esitellysti

Rahoitushakemuksen projektin päätavoite oli tehdä Living Lab –ympäristön toteutuksen perussuunnitelma ja tekninen suunnitelma.

Hankkeen yksilöidyt tavoitteet olivat:

a) Tutkimusympäristön perussuunnittelu

-määritellä tutkimusteemat ja niiden perusteella mitattavat kohteet ja muuttujat. Tavoitteena pitkäaikaiset mittaussarjat ja kansainvälinen vertailtavuus

-suunnitella säätö- ja testausmahdollisuudet: täsmentää tilanteet ja tilat, joissa olosuhteet on tarpeen säädellä koeasetelmien ja testauksen mahdollistamiseksi

-suunnitella tutkimusympäristön tekninen toteutus ja integrointi rakentamiseen sekä mittapisteiden sijoittaminen kohteisiin. Yhdistää nämä toteustuspiirustukseen sekä sähkö- ja LVI-suunnitelmiin.

Rakennusvaiheessa tarvittavien antureiden ja laitteiden hankinta.

b) Suunnitella alusta ihmisen hyvinvointiin sekä rakennuksen/huonetilan ominaisuuksien yhteyksien tutkimukseen. Tavoitteena tutkia ihmisen kokemaa hyvinvointia oppimistilanteissa ja asumisen kaltaisissa olosuhteissa

-tekninen suunnitelma A- ja B –rakennusten mittauspisteistä

-aineiston keruun ja säilytyksen suunnittelu

-tutkimustilojen muunneltavuuden/säädettävyyden määrittely ja teknisen toteutuksen suunnittelu

-määritellään tarvittavat tekniset ja digitaaliset laitteet, suunnitellaan niiden hankinta, asennus ja testaus.

## Liite 2. Hankkeen kustannuserittelylomake ajalta 1.4.2021-30.9.2022.

	1.4.-31.12.2021	1.1.-30.9.2022	Yhteensä projekti
<b>Henkilöstökustannukset yht.</b>	<b>52 520,07</b>	<b>62 908,62</b>	<b>115 428,69</b>
- henkilö 1	2 449,82	5 976,60	8 426,42
- henkilö 2	50 070,25	23 502,69	73 572,94
- henkilö 3		30 973,75	30 973,75
- henkilö 4		2 455,58	2 455,58
<b>Välineet ja laitteet yhteensä</b>	<b>42 347,44</b>	<b>12 457,59</b>	<b>54 805,03</b>
- aineet ja tarvikkeet	33 692,24	4 276,86	37 969,10
- koneet ja laitteet	8 655,20	8 180,73	16 835,93
<b>Asiantuntijapalvelut yhteensä</b>	<b>2 633,36</b>	<b>4 431,00</b>	<b>7 064,36</b>
- muutossuunnittelu ja selvitystyö, sähköasennukset	2 596,56	3 841,00	6 437,56
- kokous- ja ravitsemuspalvelut	36,80		36,80
- asiantuntijapalkkio		590,00	590,00
<b>Muut yleiskustannukset yht.</b>	<b>58 618,76</b>	<b>69 969,56</b>	<b>128 588,32</b>
- yleiskustannukset huhti-joulu 2021	57 246,90	68 570,36	125 817,26
- km-korvaukset, majoitukset ja muut matkakulut	1 371,86	1 399,20	2 771,06
- muu			0,00
<b>Tukikelpoiset kustannukset yhteensä</b>	<b>156 119,63</b>	<b>149 766,77</b>	<b>305 886,40</b>
Haettava avustus	62 447,85	59 906,71	122 354,56
Yliopiston omarahoitus	93 671,78	89 860,06	183 531,84
<b>Projektin toteutuneet työtunnit</b>	<b>1 201,50</b>	<b>1 417,92</b>	<b>2 619,42</b>
- henkilö 1	70,50	72,50	143,00
- henkilö 2	1 131,00	445,50	1 576,50
- henkilö 3		848,25	848,25
- henkilö 4		51,67	51,67