



TAMPEREEN
TEKNILLINEN
YLIOPISTO



COMBI-HANKE

Yleisöseminaari 25.1.2018

Prof. Juha Vinha

TTY, Rakennustekniikka

TeKes

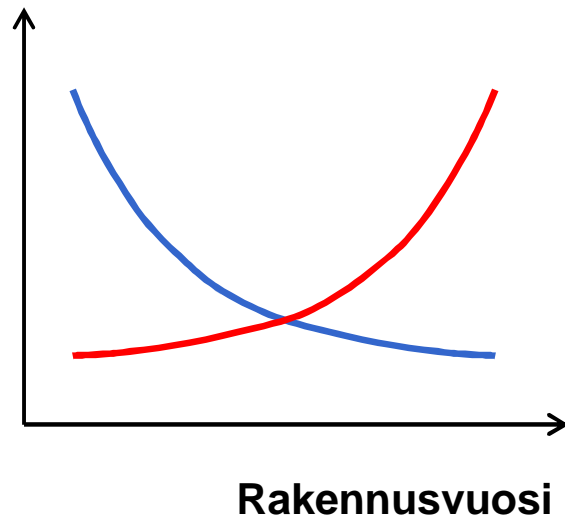
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEN VÄHENTÄMISEN HAASTEET

Energiankulutus
kWh/(m²·a)

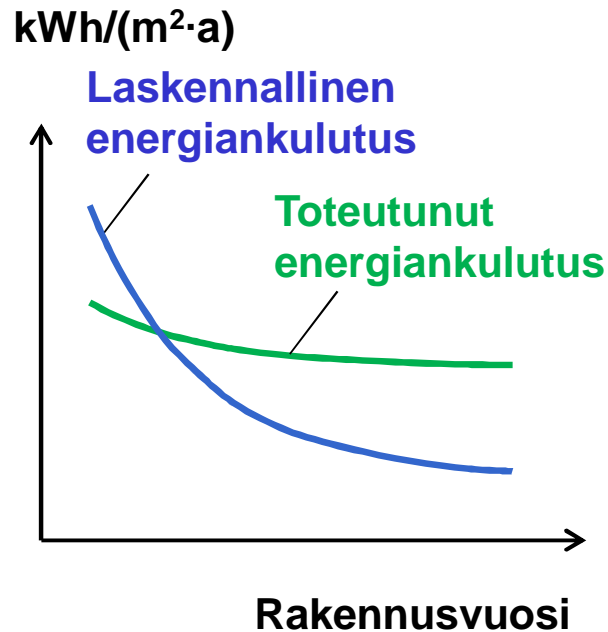


Muut vaikutukset

- Huomioon otettavien tekijöiden määrä kasvaa ja vähennykset syntyvät yhä pienemmistä osatekijöistä. Kokonaisuuden hallinta monimutkaistuu.
- Tavoitellun lopputuloksen aikaansaaminen edellyttää huolellisempaa ja virheettömämpää rakentamista.
- Yhä useampiin rakentamiseen ja rakennuksen käyttöön liittyviin asioihin syntyy haasteita ja ongelmia energiankulutuksen vähentämisestä:
 - **monien rakenteiden kosteustekninen toiminta heikkenee** vaipan ulko-osien viilentyminen, rakenteiden ja toteutustapojen muutokset, korjausrakentaminen
 - **sisäilman laatu voi heikentyä** haitallisten aineiden tulo sisäilmaan voi lisääntyä paine-erojen kasvaessa, ylälämpeneminen kesällä ja jäähdytystarpeen lisääntyminen, ilmanvaihdon väärä toiminta
 - **tekniset järjestelmät monimutkaistuvat ja niiden toiminta tai viat voivat aiheuttaa energiankulutuksen lisäystä tai kosteusriskejä rakenteisiin** järjestelmien määrä kasvaa ja hallinta monimutkaistuu, sähkötehon hallinta korostuu, automaation tarve kasvaa, huollon ja ylläpidon tarve lisääntyy, kosteuslisän ja paine-erojen vaikutukset rakenteiden toimintaan
 - **esteettisten ja toiminnallisten tavoitteiden toteuttaminen vaikeutuu** ikkunoiden määrä ja sijoittelu, tilaratkaisut, ulkonäkö, viihtyisyys
 - **kasvihuonekaasupäästöt eivät alene tavoitellusti tai voivat jopa lisääntyä** energiatehokkaamman rakentamisen synnyttämä hiilijalanjälki, uusimis-, korjaus- ja purkamistarpeen mahdollinen lisääntyminen, uusiutuvan energian etätuotannon ja lähialueen energiaratkaisujen huomioon ottaminen tärkeitä
 - **kustannukset lisääntyvät ja taloudellisuus heikkenee** rakentaminen kallistuu entisestään, yhä suurempi osa ratkaisuvaihtoehdoista on taloudellisesti kannattamattomia



TOTEUTUNUT JA LASKENNALLINEN ENERGIANKULUTUS EROAVAT TOISISTAAN



Vanhoissa taloissa toteutunut kulutus on usein pienempi

- Ilmanvaihdon määrä on ohjearvoja pienempi.
- Sisäilman lämpötila on usein ohjearvoja alhaisempi.
- Massiivirakenteiden varaamaa lämpöä ei ole otettu huomioon oikealla tavalla laskelmissa.

Uusissa taloissa toteutunut kulutus on usein suurempi

- Talotekniset järjestelmät toimivat puutteellisesti tai väärin.
- Sähkölaitteiden aiheuttama kulutus on usein laskennallisia arvoja suurempi.
- Puhalluseristeillä toteutettujen yläpohjien lämmöneristys on laskennallisia arvoja heikompi.
- Ylilämmöt ovat suurempia johtuen mm. suurista ikkunoista, puutteellisesta auringonsuojauksesta, lisääntyneestä sähkönkulutuksesta ja tehokkaasta lämmöneristyksestä.
 - Koneellinen jäähdytys lisääntyy
 - Asuinrakennuksiin asennetaan jälkikäteen ilmalämpöpumppuja
- **Energiaa kuluttavilla käyttötottumuksilla on suurempi suhteellinen vaikutus.**



RAKENNUSTEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Laskennallisen energiankulutus-tarkastelun kehitystyö

Kustannustehokkaat ja taloudelliset ratkaisut

Laskennallinen energiankulutus

- Lähtötietojen ja laskennan täydentäminen
- Standardikäyttöarvojen korjaus
- -----
- Rakennuslupalaskelmien yksinkertaistaminen
- Tarkempien energian tavoitekulutuslaskemien tekeminen pakolliseksi

Rakennusten käytännön toteutus ja toiminta

- Tutkimukset toteutetuissa kohteissa (rakenteet ja talotekniikka)
- **Yhtenäiset ohjeet ja riittävä koulutus!!** (ARK, RAK, TATE)
- Ammattitaitoinen suunnittelu, toteutus, valvonta, käyttö ja ylläpito
- Rakennushankeen osapuolten välisen **yhteistyön** lisääminen
- Järjestelmien ja olosuhteiden seuranta

Todelliset kasvihuonekaasupäästöt

- Hiilijalanjäljen huomioiminen elinkaaritarkasteluissa ja määräyksissä
- Yksinkertaiset ja kestävät rakenne- ja järjestelmäratkaisut
→ Korjaus- ja uusimistarpeen vähentäminen
- **Kestävät ja turvalliset ratkaisut ovat oleellisia myös rakennuksen käyttäjien terveyden kannalta!**

Rakennuksen käytön ohjaukseen

- Valistus ja ohjeistus (järjestelmien käyttöohjeet näkyville)
- Taloudelliset porkkanat ja sanktiot (vaikutus esim. kiinteistöveroon)
- Rakennusten toimivuuden "katsastusmenettely"
- Energiankulutuksen havainnollistaminen käyttäjille (näyttötaulut/netti: lukuarvot, grafiikat, värit, vertailut)

2018



COMBI-HANKE

- COMBI-hanke keskittyy **palvelurakennusten** energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien haasteiden ja mahdollisuuksien selvittämiseen sekä uusien ratkaisujen, työkalujen, menettelytapojen ja ohjeiden tuottamiseen.
- Hankkeessa tarkastellaan sekä **uudis- että korjausrakentamista**.
- Tutkimuksen kantavat teemat ovat **lähes nollaenergiarakentamisen vaikutusten kokonaisvaltainen tarkastelu** sekä **teorian ja käytännön välisten erojen selvittäminen**.
- Lähes nollaenergiarakennusten toteuttaminen edellyttää jatkossa eri **osapuolten hyvää yhteistyötä** rakennushankkeessa ja siksi myös tutkimuksessa on tärkeää tarkastella kaikkia näkökulmia yhtä aikaa (**ARK, RAK, TATE**).
- Tutkimuksessa on mukana **case-kohteita** Tampereen ja Helsingin sekä Pirkanmaan kuntien uusista ja korjatuista palvelurakennuksista.
- Päättötutkimusmetodeina ovat **laskennalliset tarkastelut, laboratoriokeet** sekä case-kohteissa tehtävät **käytännön mittaukset ja haastattelut**.
- Tutkimuksessa on mukana **7** eri tutkimusryhmää Tampereen teknillisestä yliopistosta (TTY), Aalto-yliopistosta (Aalto) ja Tampereen ammattikorkeakoulusta (TAMK). Koordinaattorina toimii TTYn rakennusfysiikka.
- Projektin kokonaisrahoitus on **2,4 M€** ja aikataulu **1.5.2015 – 31.12.2018**.



COMBI-HANKKEESSA MUKANA OLEVAT KAUPUNGIT JA KUNNAT, 9 KPL



Tampere



Tampereen kaupunkiseutu



Helsinki



Kangasala



Lempäälä



Nokia



Orivesi



Pirkkala



Vesilahti



Ylöjärvi



COMBI-HANKKEESSA MUKANA OLEVAT YRITYKSET

37 KPL

C R A M O

PEAB

PIRKANMAA

RAMBOLL

RUUKKI

Schneider
Electric

SKAALA®
IKKUNAT JA OVET

SKANSKA

SWECO

VAHANEN

A-INSINÖÖRIT

ALASEN
RAKENNUS OY

ARKTA

FINNFORM®
MAAN PARAS ERISTE

FCG.

Graalund

MetsäWood

Purfin

SYK
SUOMEN YLIOPISTOKIINTEISTÖT OY

Tampereen
SÄHKÖLAITOS
KAUKOLAMPO OY

Uponor

ARKKITEHTIPALVELU.fi

NEVA
ARKKITEHDIT

AX-Suunnittelu

Difina

DIMENSIO OY

enermix

Helvar

KARAWATSKI OY
SÄHKÖTEKNINEN INSINÖÖRITOIMISTO

KNAUF

MEHTO
Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

Nokian
Talotekniikka Oy

Redi-Yhtiöt Oy

SIRATE

Sisäilmakeskus

TEKNOCALOR

TERMATER



COMBI-HANKE: TAVOITTEENA KORKEALAATUISET ENERGIATEHOKKAAT PALVELURAKENNUKSET

Kokonaisuuden tarkastelu

Tavoitteet:

- korkealaatuinen
- terveellinen
- riskitön
- kosteusturvallinen
- taloudellinen
- **energiatehokas**
- viihtyisä
- helppokäyttöinen
- muunneltava
- ympäristöystävällinen
- huollettava
- pitkäaikaiskestävä

Työkalut ja ratkaisut:

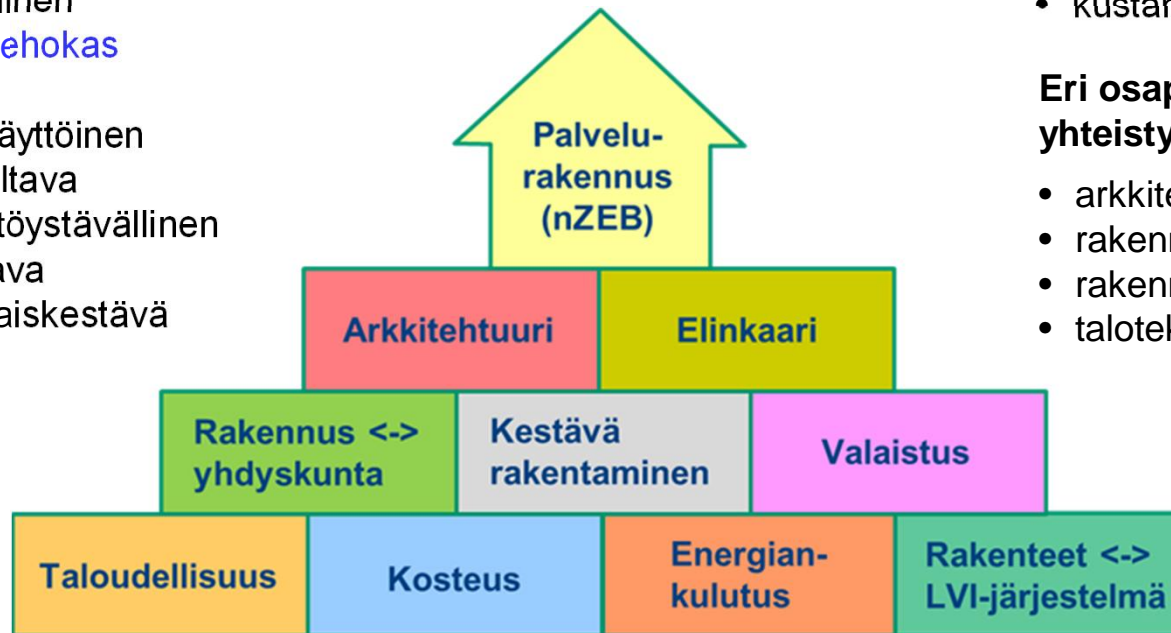
- ohjeet ja toimintamallit
- suunnittelu- ja laskentamenetelmät
- optimointi- ja valintamenetelmät
- koulutuspaketit

Mahdollisuudet ja hyödyt:

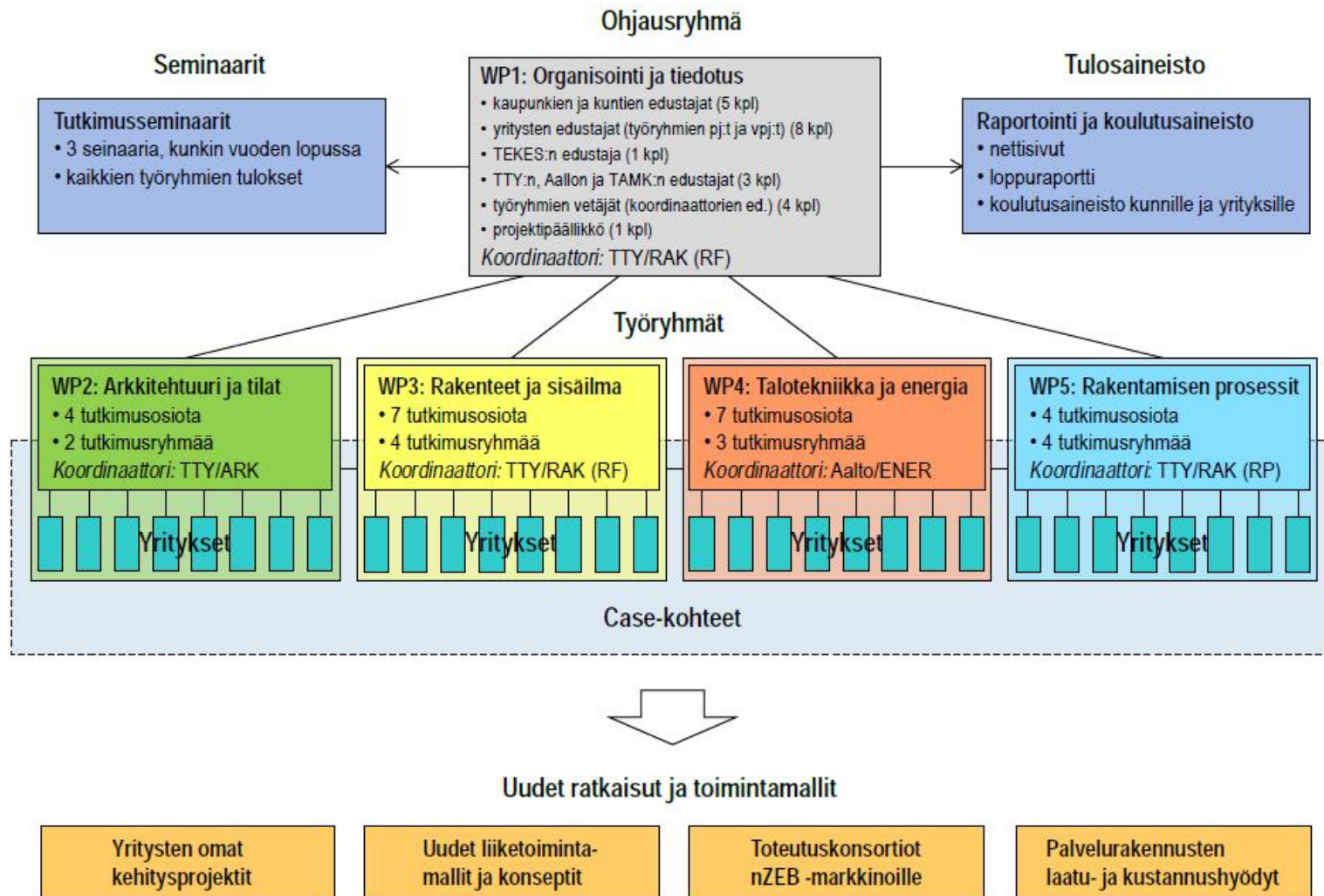
- uusi liiketoiminta
- innovaatiot
- kilpailuetu
- laadun parantuminen
- kustannussäästöt

Eri osapuolten välinen yhteistyö:

- arkkitehti
- rakennesuunnittelija
- rakennusfysiikkasuunnittelija
- talotekniikkasuunnittelija



COMBI-HANKKEEN ORGANISAATIO JA TYÖPAKETIT



COMBI-HANKKEEN JULKAISUT

1. **Tuloskortit** (2 sivun esite jokaisesta osatutkimuksesta, viittaukset taustajulkaisuihin)
2. **Kansainväliset artikkelit** (vertaisarvioidut tieteelliset lehtiartikkelit)
3. **Muut taustajulkaisut** (artikkelit, esitelmät, opinnäytetyöt, tutkimusraportit, taulukot)
4. **Koulutusaineisto** (diaesitykset kustakin tuloskortista/ osatutkimuksesta, joissa esitellään keskeiset tulokset)
5. **Yhteenvetojulkaisu** (yhteenveto-osuus + tuloskortit)

COMBI-hankkeesta pidetään kerran vuodessa tulosseminaareja (1/2016, 1/2017, 1/2018, 1/2019), joissa esitellään hankkeen tuloksia.

Hankkeen tuloksia on esillä myös tiedotusvälineissä.



ARKKITEHTUURI JA TILAT (WP2)

Palvelurakennusten arkkitehtuurin kehittäminen

1. Ikääntyneiden tehostetun palveluasumisen arkkitehtuurin kehittäminen (TTY-ARK)
2. Peruskoulujen nykytila ja tulevaisuus (TTY-ARK)
3. Monikäyttöinen koulu (TTY-ARK)

Energiatehokkuuden huomioon ottaminen arkkitehtisuunnittelussa

4. Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun ohjausmalli (TTY-ARK)
5. Vyöhykkeistämisen energiatehokkuusvaikutukset käytön kautta (TTY-ARK)
6. Ikkunoiden arkkitehtisuunnittelun energiatehokkuusvaikutukset (TTY-ARK)
7. Energiatehokas kyläkoulu puusta (TTY-ARK)

Ympäristöystävällinen ja kestävä arkkitehtisuunnittelu

8. Arkkitehtuurin neljä näkökulmaa ekologiseen rakentamiseen (TTY-ARK)
9. Arkkitehtuurin passiiviset suunnitteluratkaisut energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen parantamiseksi (TTY-ARK)

WP2: 3 tutkimusosiota, **9** tuloskorttia, **2** kv-artikkelia, **7** muuta taustajulkaisua

Valmiusaste **80 %**



RAKENTEET JA SISÄILMA (WP3) – Osa 1

Rakennusten kosteusvauriot ja korjausmenetelmät

1. Kosteusvaurioiden vakavuus palvelurakennuksissa (TTY-EK)
2. Kosteusvaurioiden korjaustarve palvelurakennuksissa (TTY-EK)
3. Terveen talon toteutuksen kriteerit korjausrakentamiseen (TTY-EK)

Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet

4. Kalsiumsilikaattieristeiden materiaaliominaisuudet (TTY-RF)
5. Ontelolaatta- ja seinäelementtibetonin materiaaliominaisuudet (TTY-RF)

Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta

6. Maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteudeneristäminen (TTY-RF)
7. Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen (TTY-RF)
8. Sisäinen konvektio yläpohjien lämmöneristekerroksessa (TTY-RF)



RAKENTEET JA SISÄILMA (WP3) – Osa 2

Sisäilman olosuhteet ja laatu

9. Uusien ja korjattujen palvelurakennusten painesuhteet (TTY-RF)
10. Sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet palvelurakennuksissa (TTY-RF)
11. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet palvelurakennuksissa (TTY-RF)
12. Sisäilman radonpitoisuudet palvelurakennuksissa (TTY-RF)

Rakennusten energiankulutus

13. Koulujen ja päiväkotien toteutunut energiankulutus Suomen rakennuskannassa (TTY-RF)
14. Koulujen ja päiväkotien E-lukulaskennan mukainen ja toteutunut ostoenergiankulutus (TTY-RF)

Rakennushankkeen taloudellisuustarkastelut

15. Taloudellisuustarkastelujen toteutusperiaatteet ja lähtötiedot (TTY-EE)
16. KOP-COMBI -kustannusoptimointityökalu (TTY-EE)

WP3: 6 tutkimusosiota, **16** tuloskorttia, **12** kv-artikkelia, **24** muuta taustajulkaisua

Valmiusaste **70 %**



TALOTEKNIikka JA ENERGIA (WP4)

Taloteknisten järjestelmien kustannusoptimaalisuus

1. Kustannusoptimaaliset lämmitys- ja jäähdytysratkaisut palvelurakennuksissa (Aalto)
2. Aurinkosähkön kannattavuus palvelurakennuksissa (Aalto)
3. Kustannusoptimaaliset suunnitteluratkaisut palvelurakennuksissa (Aalto)

Uusiutuvan energian etätuotanto

4. Uusiutuvan energian etätuotannon vaikutukset optimaalisiin laiteratkaisuihin (Aalto)
5. Uusiutuvan energian etätuotantoon liittyvät yhteiskunnalliset ja juridiset kysymykset (UEF, TAMK)

Taloautomaatiojärjestelmän toiminta

6. Automaatiojärjestelmien tavoitteenasettelu palvelurakennuksissa (TAMK)

Aurinkosuojaus

7. Automaattisen aurinkosuojauksen vaikutus energiatehokkuuteen (TAMK)
8. Verhojen ja kaihtimien vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen (TAMK)

Valo ja valaistus

9. Valo ja valaistus – olosuhde, jonka laatu ja energiatehokkuus kulkevat käsi kädessä (TAMK)

WP4: 5 tutkimusosiota, **9** tuloskorttia, **2** kv-artikkelia, **10** muuta taustajulkaisua

Valmiusaste **85 %**



RAKENTAMISEN PROSESSIT (WP5)

Päätöksenteon prosessit

1. Energiatehokkaan rakentamisen ja korjaamisen päätöksenteon prosessit (TTY-RP, -EK, -ARK)

Talotekniikan käytännön toteutus

2. Talotekniikan toteutuksen ohjaus ja valvonta (TTY-RP, TAMK)
3. Muuttuvien tilojen talotekniikka (TTY-RP, TAMK)

Rakennuksen toimivuuden varmistaminen

4. Toimivuustarkastukset laadunvarmistuksessa (TAMK, TTY-RP)
5. Toimivuuden varmistus korjausrakentamisen hankeprosessissa (TTY-RP, TAMK)
6. Hyvän sisäilmaston varmistaminen takuuajana (TTY-RP)

Olosuhteiden ja energiankulutuksen seuranta

7. Hyödylliset energia- ja olosuhtemittausjärjestelyt (TAMK)
8. Energiankulutustietojen järkevä kerääminen ja hyödyntäminen (TAMK)

WP5: 4 tutkimusosiota, **8** tuloskorttia, **0** kv-artikkelia, **20** muuta taustajulkaisua

Valmiusaste **90 %**



YHTEENVETO TYÖPAKETTIIEN JULKAISUISTA

Julkaisut	WP2	WP3	WP4	WP5	Yhteensä	VA %
Tuloskortit	9	16	9	8	42	5
Kv-artikkelit	2	12	2	0	16	35
Muut taustajulkaisut	7	24	10	20	61	75
Diaesitykset	9	16	9	8	42	5
Yhteenvetoraportti					1	0
Yhteensä	27	68	30	36	162	60
Valmiusaste %	80	70	85	90	80	

Hankkeeseen liittyvät opinnäytetyöt

Väitöskirjat 5 kpl (Tapio Kaasalainen, Taru Lindberg, Petri Annila, Anssi Laukkarinen, Pauli Sekki)

Diplomityöt 18 kpl (TTY-RF: 9 kpl, TTY-RP: 3 kpl, TTY-ARK: 4 kpl, Aalto: 2 kpl)

Insinööriyöt 13 kpl (TAMK)



COMBI-HANKKEEN TULOSPANKKI

Julkaisut on jaoteltu hankkeen kotisivuilla rakennushankkeen vaiheen ja suunnitteluosapuolten mukaan. www.tut.fi/rakennusfyikka/combi ® Julkaisut

Julkaisut on sijoitettu siihen kohtaan rakennusprosessia, jossa niitä voidaan parhaiten hyödyntää (alla tämänhetkinen tilanne, taustajulkaisuista valmiina n. 50 %).

	Tilaaminen	Suunnittelu	Toteutus	Käyttöönto	Käyttö ja huolto	Määräykset ja sovellusohjeet	Yht.
ARK		5					
RAK	2	9			6	1	
TATE	4	4	1	1	8		
Yht.	6	18	1	1	14	1	41



COMBI-HANKKEESSA TYÖSKENNELLEET HENKILÖT

TTY-RF	TTY-ARK	TTY-EK	TTY-EE	TTY-RP	TAMK-TATE	Aalto-ENER
Juha Vinha	Markku Hedman	Matti Pentti	Juhani Heljo	Olli Teriö	Pirkko Harsia	Risto Lahdelma
	Tapio					
Anssi Laukkarinen	Kaasalainen	Petri Annila	Jaakko Sorri	Ulrika Uotila	Pirkko Pihlajamaa	Kai Sirén
Eero Tuominen	Taru Lindberg	Tero Marttila		Marko Keinänen	Antti Mäkinen	Risto Kosonen
Henna Kivioja	Malin Moisio	Paavo Kero		Kalle Kähkönen	Kari Kallioharju	Juha Jokisalo
		Jukka				
Pauli Sekki	Lilja Mustila	Lahdensivu		Niko Simola	Sakari Uusitalo	Jukka Paatero
		Jommi				
Petteri Huttunen	Kaisa Nissilä	Suonketo		Joel Tirkkonen	Martti Honkiniemi	Paula Sankelo
Antti Kauppinen	Jutta Vuorinen	Matti Hellemaa			Jussi-Pekka Juvela	Jonathan Nyman
Olli Tuominen		Toni Pakkala			Sami Mikkola	
Tuomas Raunima					Iida Päivömaa	
Mihkel Kiviste					Saara Vänskä	
Annu Ruusala					Jarkko Jalli	
Maarit Vainio					Jouni Hytönen	
					Juha-Pekka	
Kari Vääntinen					Aaltonen	
Lauri Korhonen					Lauri Louhi	
Roosa Heiskanen					Matias Pekkanen	
Joni Pirhonen					Sami Mikkola	
Tiina Ruuska					Sami Montonen	
					Sami Nieminen	
					Suvi Virta	
					Svantte Vaskikallio	
					Aki Kortetmäki	
					Saul Wiinamäki	

Lisäksi Kim Talus, Sirja-Leena Penttinen ja Mikko Kantero TTY:n, TAMK:n ja Aallon ulkopuolisina henkilöinä.
Yhteensä 72 henkilöä.



KIITOS!

