

COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF
NEARLY ZERO-ENERGY
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS



COMBI-TULOSKORTTIAINEISTON ESITTELY

Keskeisten tulosten ja suositusten kokoaminen ja tiivistäminen

Monikäyttöinen koulu

*“Monikäyttöinen koulu -
Joustavuudella ekologisuutta
tilasuunnitteluun”*

Diplomityö, 2017

Kirjallinen osuus:
Tilasuunnittelun keinoin
voidaan parantaa koulujen ja
monitoimitalojen
käyttötehokkuutta

Suunnitelmaosuus:
Suunnitelma Vartiosaaren
kouluksi Helsinkiin



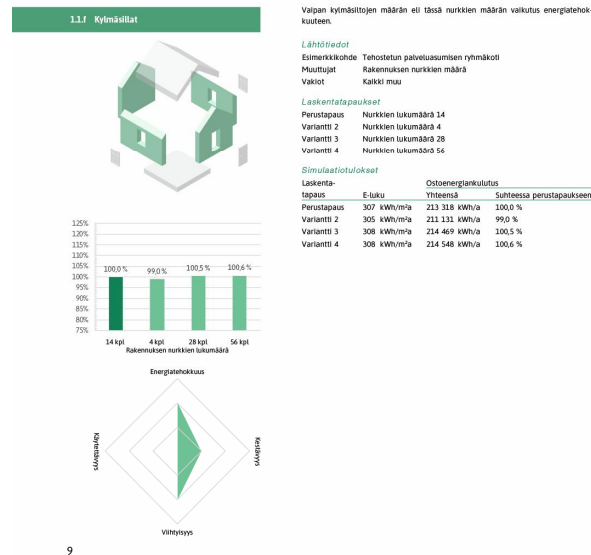
Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun ohjausmalli

Esitetään yksittäisten suunnitteluratkaisujen vaikutus rakennuksen

- energiatehokkuuteen,
- käytettävyyteen,
- kestävyYTEEN,
- viihtyisyyteen.

Tarkasteltuja ominaisuuksia 63 kpl, hierarkkisesti suunnittelukohteen eri mittakaavatasoilla:

- rakennettu ympäristö,
- rakennus,
- rakennusosa.



Energiatehokas kyläkoulu puusta

*“Energiatehokas kyläkoulu
puusta - Lähes
nollaenergiakoulu Laukaalle”*

Diplomityö, 2017

Suunnitelmaosuus:
Suunnitelma puurakenteiseksi
(CLT) lähes
nollaenergiakouluksi Laukaalle

Kirjallinen osuus:
Energialaskelmat sekä
laskelmat aurinkoenergian
hyödyntämiseksi



Arkkitehtuurin neljä näkökulmaa ekologiseen rakentamiseen

*“Tulevaisuuden koulu -
Arkkitehtuurin neljä
näkökulmaa ekologisuuteen”*

Diplomityö, 2017

Kirjallinen osuus:
Energiatehokkuuden,
hiilijalanjäljen,
elikaarivaikuttavuuden ja
elinkaaritehokkuuden
näkökulmat vaativat toisistaan
poikkeavia
suunnitteluratkaisuja

Suunnitelmaosuus:
Suunnitelma ekologiseksi
peruskouluksi Laukaalle



Arkkitehtuurin passiiviset suunnitteluratkaisut energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen parantamiseksi

“Vihreä asuinkerrostalo - Selvitys ekologisen asuinkerrostalon passiivisista suunnitteluratkaisuista energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen näkökulmista”

Diplomityö, 2015

Kirjallinen osuus: Passiiviset suunnitteluratkaisut vaikuttavat rakennuksen energiatehokkuuteen, hiilijalanjälkeen ja sisäolosuhteisiin

Suunnittelututkielmaisuus: Konseptipankki arkkitehtisuunnittelun työkaluksi

4.2.2 RAKENNUS Tilaohjelma

	SIJAINTI	RAKENNUS										RAKENTEET	SISÄOLOSUHTEET							
	PIENILMÄSTO	TONITTI	KASVILLISUUS	TILA-OHJELMA	KOKO	GEOMETRIA	IKKUNAT JA OVET	VARUSTUS	MATERIAalit	RAKENNUSOSAT	LIITOKSET	LÄMPÖTILA	SISÄILMA	VALO	VESI	TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN OPTIMOINTI				
Suunnitteluprosessi																				
Monialainen yhteistyötiimi ja laadukas suunnittelu																	E	H	!	?
Tehokkuus																				
Tilantarpeen arvioiminen ja tilojen lukumäärän minimoiminen				kpl	kpl												E	H		
Porrashuoneen ja käytävöiden tehokkuus rakennuksessa <i>Porrashuoneen koon ja hissien lukumäärän minimoiminen</i>				PRSH	PRSH												E	H		
Hukkanelöiden minimoiminen asunnossa <i>Käytävien ja aulattojen minimoiminen, tilojen koon minimoiminen</i>				m ²	m ²												E	H		
Tilojen käyttöaste <i>Aamu-, ilta- ja päiväkäyttö, ympärivuorokautinen käyttö, työn ja asumisen yhdistyminen</i>																	E	H	!	?
Tilojen sijoittelu																				
Tilojen tehokas sijoittelu suhteessa toisiinsa <i>Liikkuinen rakennuksessa ja asunnossa</i>																	E	H		
Oleskelutilojen orientaatio etelään <i>Olohuoneen ja lastenhuoneen orientaatio etelään</i>																	E			
Tilojen, joissa ei oleskella, orientaatio pohjoiseen <i>Makuuhuoneiden ja varastotilojen orientaatio pohjoiseen</i>																	E			
Lämpösiydän rakennusrungon keskelle <i>Saunan ja keittiön sijoittaminen rakennusrungon keskelle</i>																	E			
Tilojen sijoittaminen vaipan ulkopuolelle <i>Porrashuone, roskalatos, pyörävarasto, osa oleskelutiloista; lämmittämättömät tilat, kuten lasitettu parveke, viherhuone</i>																	E	H		
Ulkotilojen hyödyntäminen <i>Kattoterassi, kattopuutarha, oleskeluviherkatto, viherpiha, pihakansi; ulkotilojen laadukas suunnittelu</i>																	E	H		
Taloteknisten järjestelmien tilavaraukset ja toimiva sijoittaminen <i>Talotekniikkatilat, talotekniikkakulut</i>																	E	H	!	
Tilaväyhykkeet																				
Lämpöväyhykkeet <i>Lämpöinen, puuillämpöinen, lämmittämättömien tilojen ryhmittely</i>																	E	H	?	

Terveen talon toteutuksen kriteerit korjausrakentamiseen

Määräysten minimitason mukainen rakennuskin tulee rakentaa toimivaksi ja terveelliseksi, mutta

Terveen talon toteutuksen kriteereillä pyritään korkeampaan vaatimustasoon ja minimoidaan toteutukseen liittyviä riskejä

Päivitetyt kriteerit ja suositukset ovat ajankohtainen tarkastuslista, jonka avulla rakennuttaja voi varmistaa terveen talon toteutuksen

Nyt myös korjausrakentamisen erityispiirteitä otetaan huomioon (esim. kuntotutkimusten tarkastaminen)

”Jokarakennuttajan tietopaketti”
(käytännössä tavoitteena
≈ sisäilmastoluokan S2 mukainen toteutus)

Kiinteistö- ja rakennusalalla toimivat yritykset (suunnittelijat, urakoitsijat, konsultit, kiinteistönomistajat) ja muut organisaatiot voivat hyödyntää kriteerejä omissa sisäisissä ohjeissaan

Määrittelee osaltaan hyvää rakennustapaa ja yhteisiä pelisääntöjä

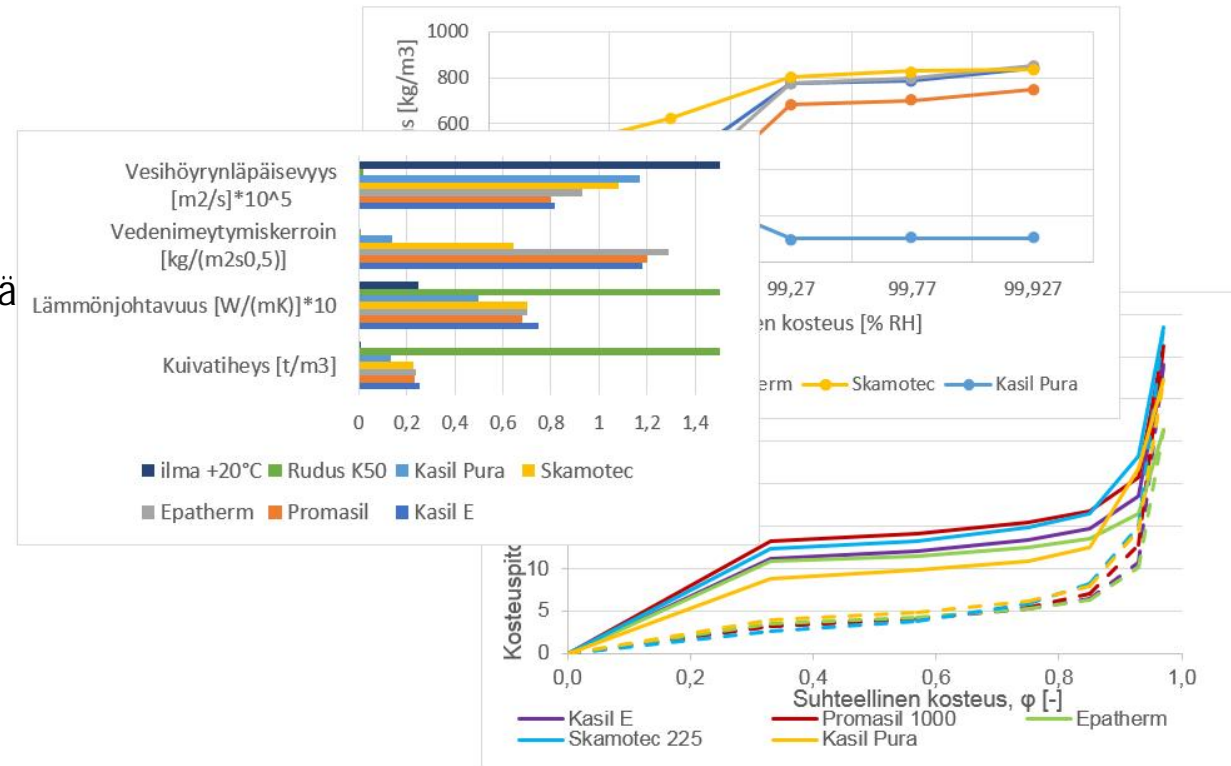
Kalsiumsilikaattieristeiden materiaaliominaisuudet

Tutkitut ominaisuudet

- Vesihöyrynläpäisevyys
- Vedenimeytymiskerroin
- Lämmönjohtavuus
- Hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä
- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Maksimikosteuspitoisuus
- Ominaislämpökapasiteetti

Koemenetelmien kehitystyö

- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Painelevylaitteiston peruskäyttö ja toimintatapaohjeistus
 - Vakuumikyllästyslaitteen testaus



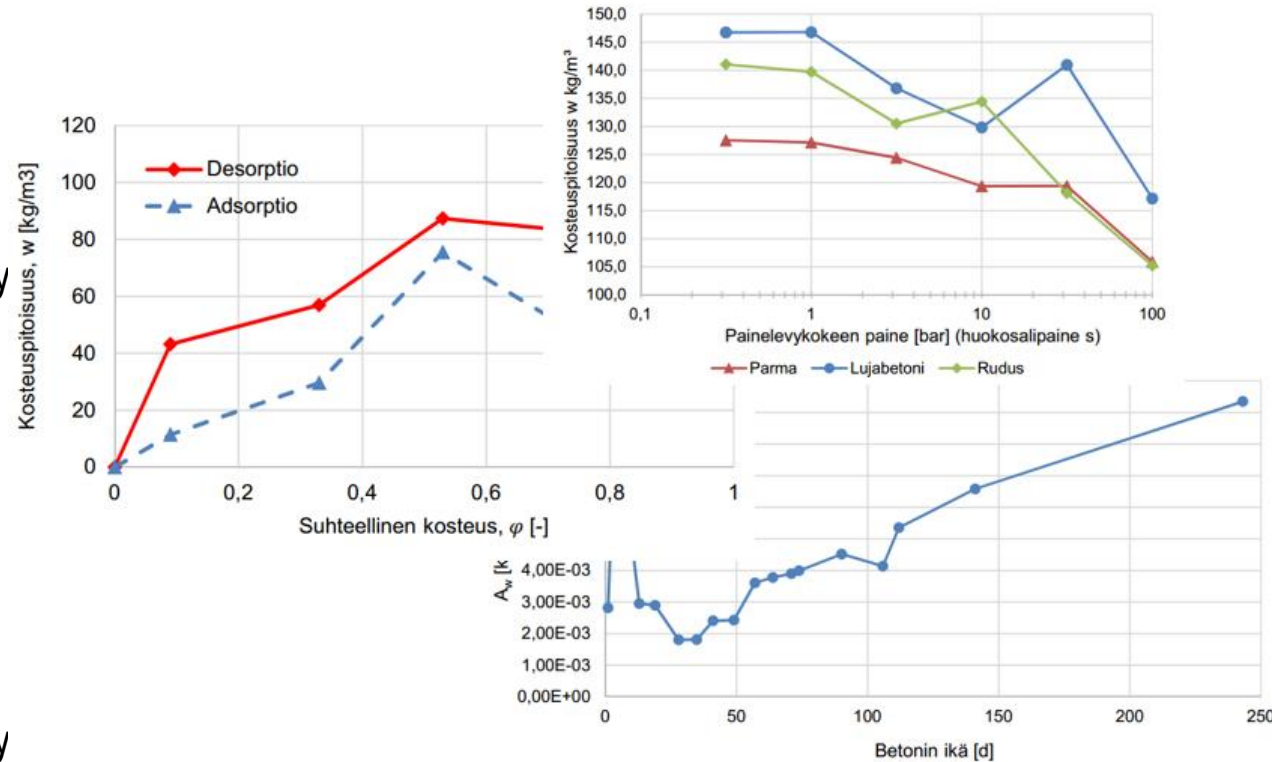
Ontelolaatta- ja seinäelementtibetonin materiaaliominaisuudet

Tutkitut ominaisuudet

- Vesihöyrynläpäisevyys
- Vedenimeytymiskerroin
 - Kehittyminen valun jälkeen
- Hygroskooppinen tasapainokosteuskäy
- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Maksimikosteuspitoisuus

Koemenetelmien kehitystyö

- Kapillaarinen tasapainokosteuskäyrä
 - Vakuumikyllästystekniikan kehitys
 - Kuivauslämpötilan vaikutus
 - Painelevykokeen virhelähteiden testaus
- Hygroskooppinen tasapainokosteuskäy
 - Murskattujen koekappaleiden vertailu leikattuihin



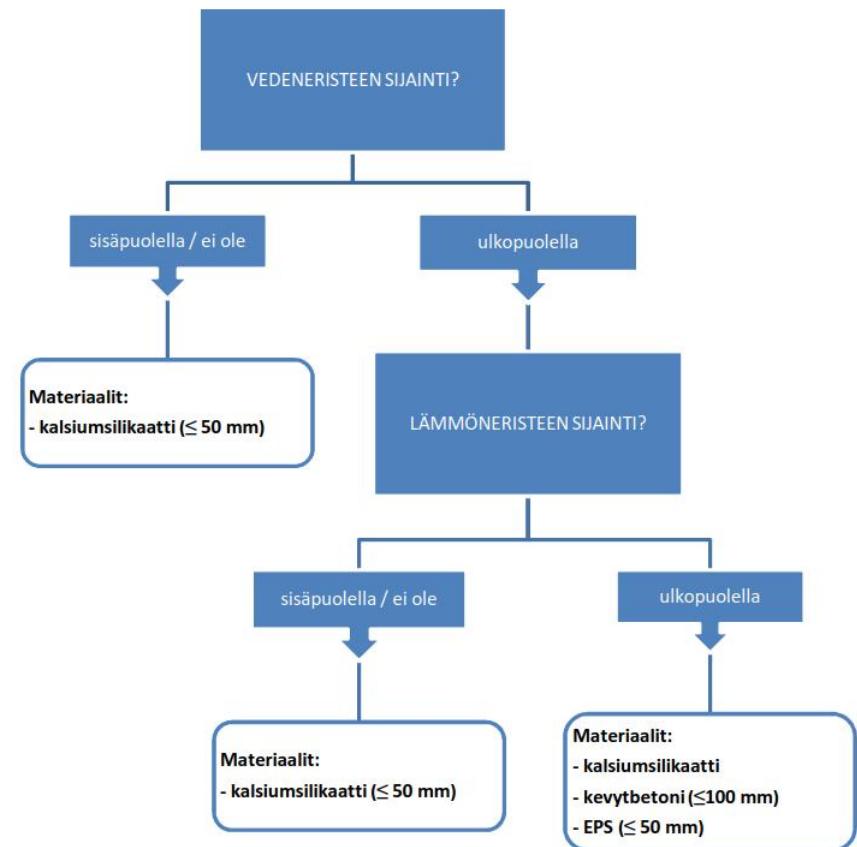
Maanvastaisten seinien lämmön- ja kosteudeneristäminen

Sisäpuolelta eristettäessä kosteusteknisesti haastavaksi kohdaksi voi muodostua joko maanpinnan ylä- tai alapuoliset osat, riippuen rakenteesta ja olosuhteista

Suositteluin ratkaisu on käyttää maanvastaisille rakenteille ulkopuolista lämmön- ja kosteudeneristystä

Jos pelkästään maan huokosilman korkea suhteellinen kosteus voi tietyissä tilanteissa aiheuttaa kosteuden kertymistä rakenteeseen. Rakenteisiin tulisi harkita tapauskohtaisesti kosteussulkua maanvastaisen seinän ja anturan rajapintaan.

Vanhojen seinien sisäpuolisena lisälämmöneristeenä vain enintään 50 mm paksu, kapillaarista vettä tehokkaasti siirtävä kalsiumsilikaattieriste ($A_w \geq 1,1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s}^{0,5})$) täytti rakenteen kosteustekniselle toiminnalle asetetut vaatimukset.



Betonirakenteisten sisäkuorielementtien kuivuminen

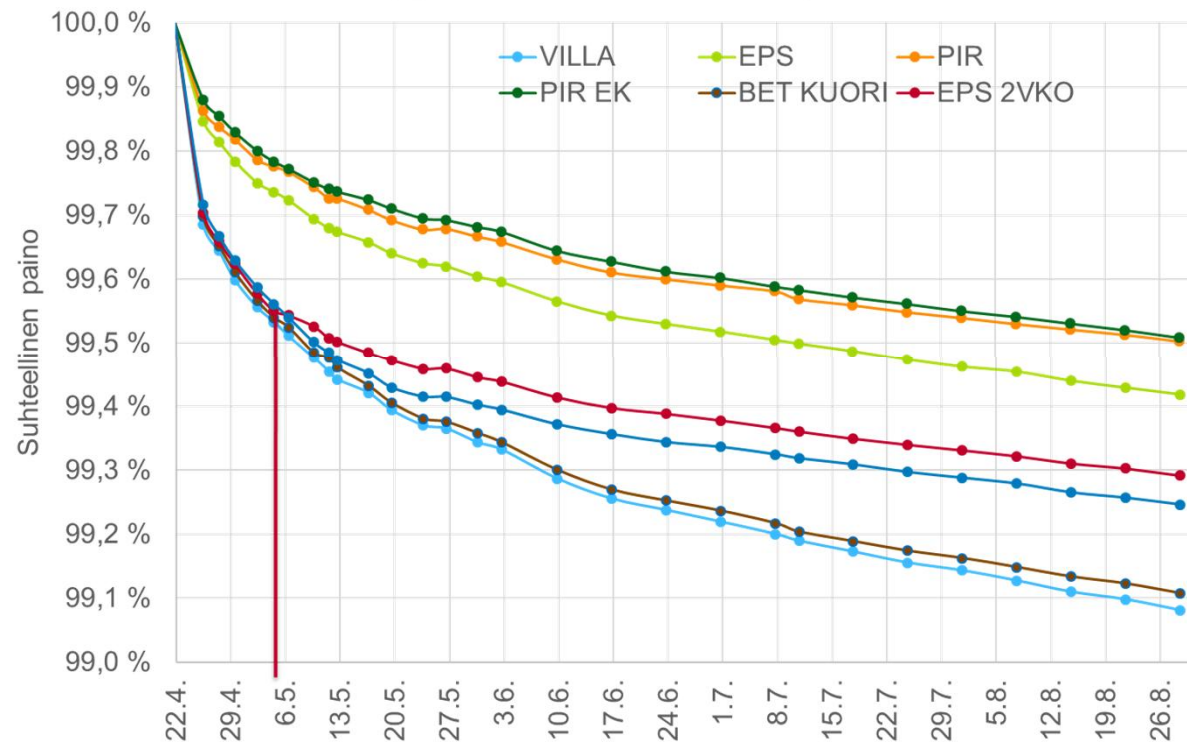
Tutkitut seinäelementit

- 150 mm betonikuori
- Eristepaksuus siten, että $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Eristämätön
 - Mineraalivilla
 - EPS-eriste
 - Valuun asennettu
 - Jälkieristetty 2vk ja 4vk kohdalla
 - PIR
 - Alumiinikalvoinen
 - Kalvo poistettu

Anturien testaus

- Kapasitiiviset anturit
 - Jatkuva mittaus valuun asennetuista putkista
 - Porareikämittaus
- Valuun asennettavat erilaiset anturit
 - Yksittäisiä testauksia eri antureilla

Pienten koekappaleiden suhteellinen painonmuutos



Uusien ja korjattujen palvelurakennusten painesuhteet

Mittauksissa mitataan ulkoseinän ylä- ja alaosien paine-eroja ulkovaipan yli uudis- ja korjauskohteissa

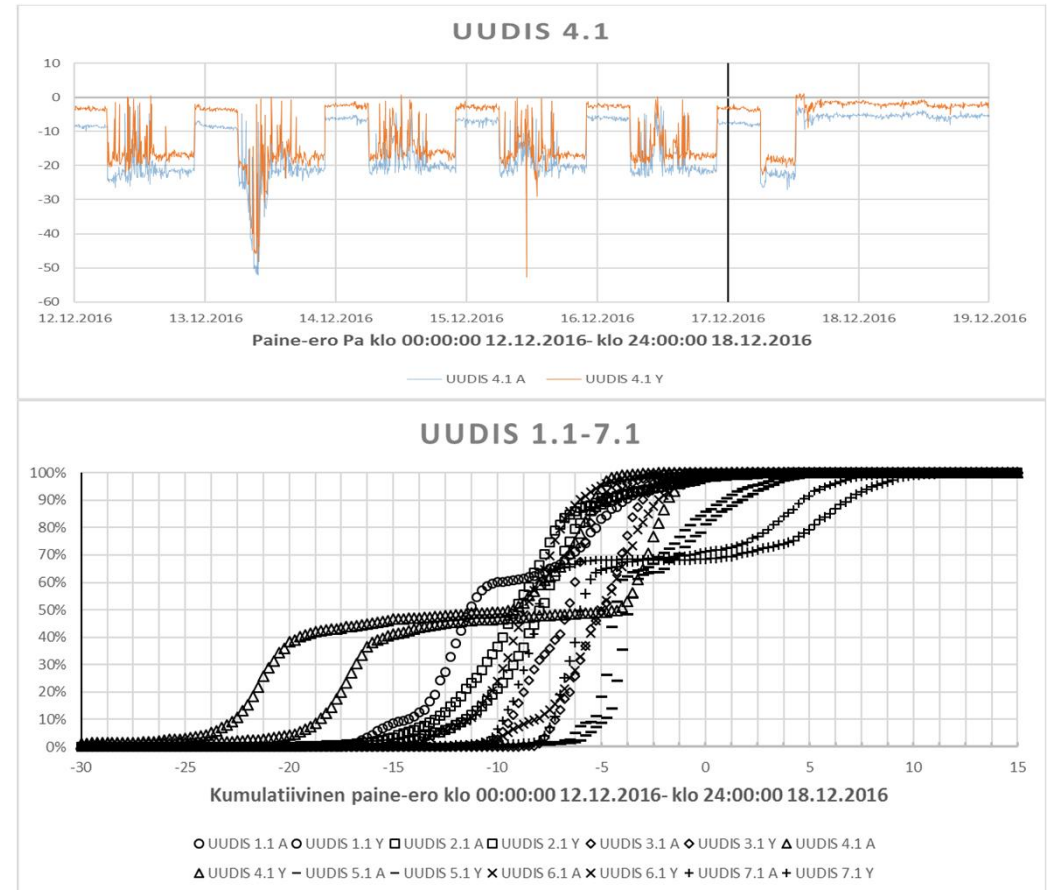
Tutkimuksissa pyritään löytämään yhteyksiä paine-erotulosten ja paine-eroihin vaikuttavien asioiden välillä, kuten:

- Ilmanvaihdon käyntiajat
- Tilojen käyttö

Tarkoituksena on myös löytää mahdollisia eroja eri rakennustyyppien välillä

Myös yhteyksiä muihin mitattaviin suureisiin tutkitaan mm:

- Suhteellinen kosteus
- Lämpötila
- Hiilidioksidi
- Radon



Sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet palvelurakennuksissa

Suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauksilla pyritään selvittämään:

- Sisäilman kosteuslisiä
- Ulkoilman vaikutusta
- Sisäilman kosteuslisän määrää suhteessa ilman hiilidioksidipitoisuuteen



Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet palvelurakennuksissa

Hiilidioksidin mittauksilla pyritään selvittämään:

- Hiilidioksidipitoisuuksien ja henkilökunnan kokemusten yhteyttä
- Tilojen käytön vaikutusta
- Hiilidioksidipitoisuuksia tilojen käytön aikana

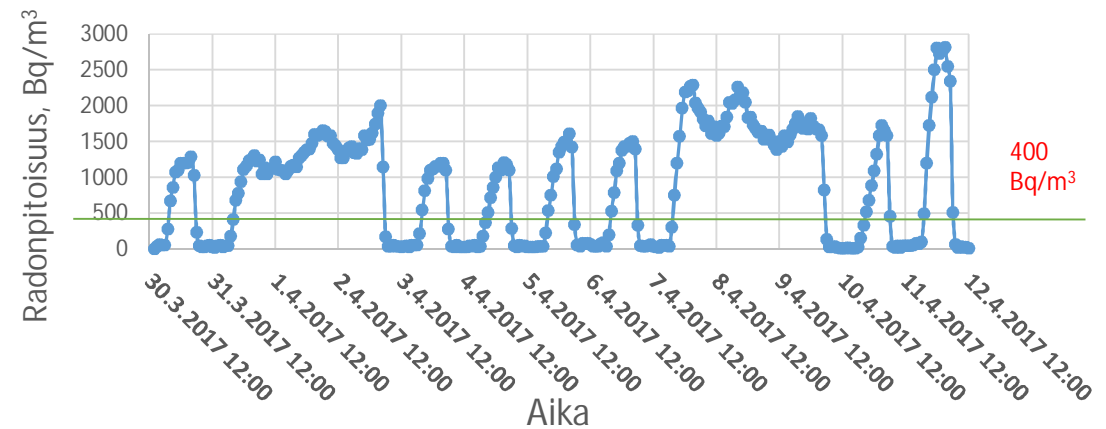
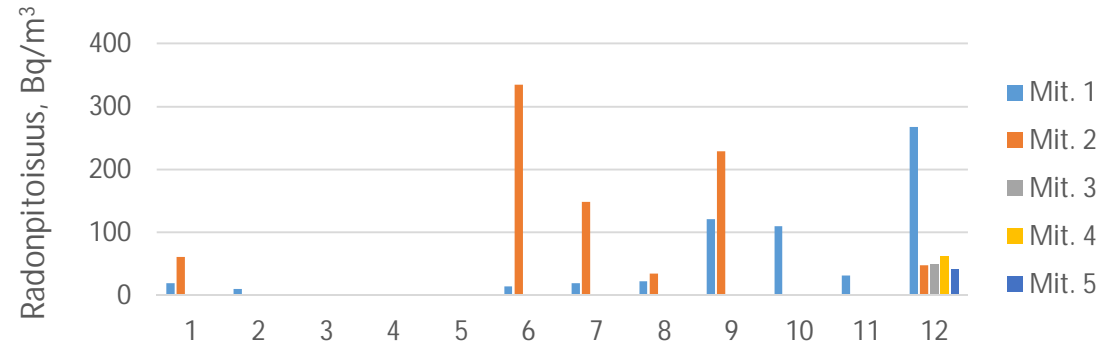


Sisäilman radonpitoisuudet palvelurakennuksissa

Selvitetty radonin pitkän ajan keskiarvoja radonpurkkimittauksilla

Osassa kohteista on tehty ja tullaan tekemään dynaamisia radonmittauksia

Dynaamisilla mittauksilla pyritään löytämään yhteyksiä muihin tutkittaviin suureisiin ja ilmanvaihtoon

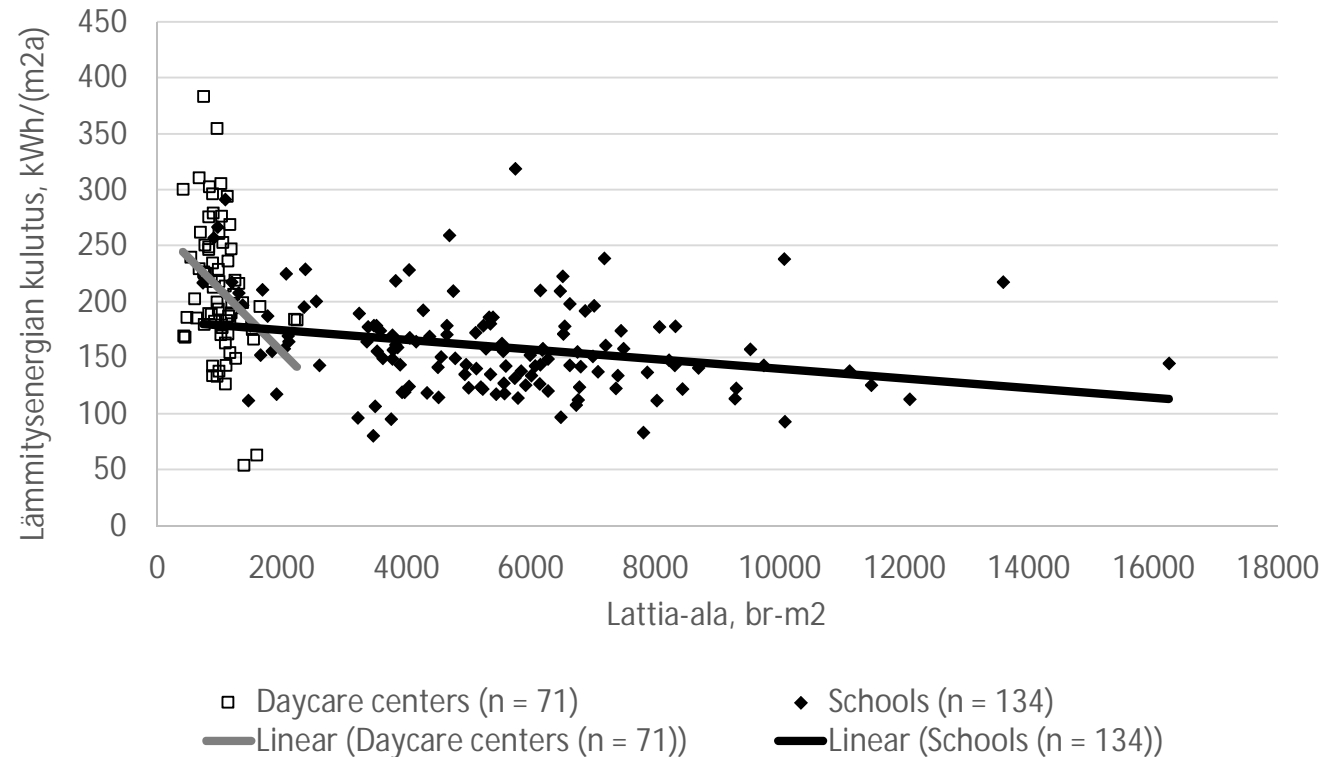


Koulujen ja päiväkotien toteutunut energiankulutus Suomen rakennuskannassa

Olemassa olevien koulujen ja päiväkotien toteutunut lämmitysenergiankulutus riippui lattiapinta-alasta siten, että suuret rakennukset saavuttivat helpommin alhaisempia ominaiskulutuksia, kuin pienemmät rakennukset

Sähkönkulutus oli uusissa kouluissa ja päiväkodeissa korkeampi kuin vanhemmissa rakennuksissa.

Lämmitysenergiankulutus oli uudemmissa rakennuksissa hieman alhaisempi kuin vanhemmissa rakennuksissa, mutta muutos oli hidas.



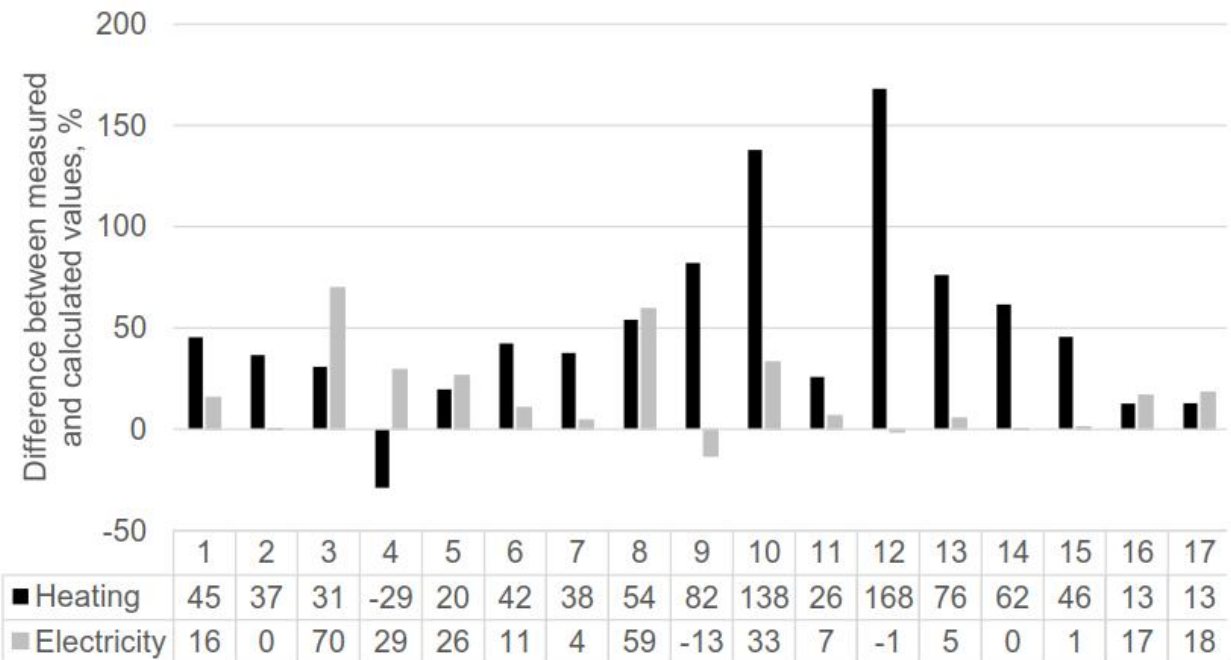
Koulujen ja päiväkotien E-lukulaskennan mukainen ja toteutunut ostoenergiankulutus

E-lukulaskennan mukaisesti laskettaessa toteutunut ostoenergiankulutus oli pääsääntöisesti suurempi, kuin laskettu ostoenergiankulutus

Ero oli suurempi lämmitysenergiassa (k.a. +50 %), kuin sähköenergiankulutuksessa (k.a. +15 %).

Standardikäytöllä laskettaessa simulointiohjelman käyttö ei olennaisesti muuttanut eroavaisuutta.

Laskentamenetelmästä riippumatta on tärkeää varmistua lähtötietojen oikeellisuudesta.



Case number and values

Taloudellisuustarkastelujen toteutusperiaatteet ja lähtötiedot

Tuloskortissa esitetään talouslaskennan peruseriaatteiden ja laskennan lähtöarvojen valinnan periaatteet, mikä kattaa:

- Laskentakoron suuruuden
- Energian hinnan valitsemisen
- Energian hinnan nousun
- Kustannusten laskennan periaatteet

Kustannusoptimaalisuuden laskentaprosessi ja KOP-COMBI-työkalu

Tuloskortissa esitetään laskentaprosessin kuvaus, miten päästään kustannusoptimaaliseen eli taloudelliseen ratkaisuun valittaessa uudistuotannossa tai korjaustoiminnassa taloudellista ja energiatehokasta ratkaisua

Laskentaan on kehitetty Excel®-pohjainen laskentaohjelma, jonka voi ottaa käyttöön koulutuksen tai opastuksen jälkeen (ei ole vielä julkaistu).

Tuloskortissa esitetään myös selostus menetelmästä, jolla voidaan havainnollisesti valita energiansäästötoimenpiteet taloudellisuusjärjestyksessä.

Tätä menettelyä voidaan käyttää myös erikseen. Se on osa KOP-COMBI talouslaskentaohjelmaa.

Kustannusoptimaaliset lämmitys- ja jäähdytysratkaisut palvelurakennuksissa

- Tutkituissa palvelurakennuksissa kustannusoptimaalisia järjestelmävaihtoehtoja ovat 20 vuoden elinkaarikustannustarkastelun perusteella:
 - Uudiskohteet (päiväkoti ja koulu):
 - Maalämpöpumppu sähköisellä apulämmityksellä sekä jäähdytys maalämpöpumpun maapiirillä toteutetulla vapaajäähdytyksellä
 - Vanha saneerattu kohde (vanhainkoti):
 - Ilma-vesi lämpöpumppu sähköisellä apulämmityksellä sekä jäähdytys ilmalauhdutteisella kompressorikylmälaitteella
- Tutkituissa kohteissa kaukolämpö ei ole kiinteistön omistajan näkökulmasta kustannustehokas päälämmitysjärjestelmä, eikä se ole lämpöpumppujen rinnalla kustannustehokas apulämmitysjärjestelmä.
- Aurinkolämpökeräimillä saadaan parannettua tutkittujen palvelurakennusten energiatehokkuutta ja oikein mitoitettuna niillä saadaan myös hieman vähennettyä elinkaarikustannuksia, mikäli kohteessa on kesällä riittävästi lämpimän käyttöveden kulutusta.
- Herkkyystarkasteluissa korkotason, sähkön hinnan ja energian hintakehityksen eri vaihtoehdot eivät muuttaneet tutkittujen järjestelmävaihtoehtojen keskinäistä järjestystä.

Aurinkosähkön kannattavuus palvelurakennuksissa

- Paikan päällä tuotetun aurinkosähkön taloudellista kannattavuutta tutkittiin kolmessa eri palvelurakennuksessa: päiväkotia, koulu ja vanhainkoti
- Tutkituista kohteista ainoastaan vanhainkodissa aurinkosähkö on sikäli taloudellisesti kannattavaa, että se tuottaa 20 vuoden elinkaaritarkastelussa kustannusten sijasta voittoa.
- Suurin aurinkosähköjärjestelmällä saavutettava taloudellinen voitto, 3.6 €/lattia-m², saavutettiin vanhainkodissa paneelialalla 461 m², kun rakennuksen lämmitys toteutettiin ilma-vesilämpöpumpulla.
- Aurinkopaneelit voivat kuitenkin tuoda taloudellista voittoa myös siinä tapauksessa, että vanhainkotia lämmitetään kaukolämmöllä. Tällöin laskennallisesti suurin voitto oli 2.7 €/lattia-m², ja se toteutui paneelialalla 360 m².
- Tulosten pohjalta voidaan todeta, että aurinkosähkön omatuotanto kannattaa etenkin vanhainkodeissa tai muissa palvelurakennuksissa, joita käytetään ympäri vuoden.
- Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on syytä ottaa myös huomioon koko kiinteistön sähkönkulutus, sen sijaan, että otettaisiin huomioon vain rakennuksen sisätiloissa toteutuva sähkönkulutus.
- Optimaaliset aurinkopaneelien asennusalat voivat olla useita satoja neliömetrejä. Tämä tulisi huomioida jo uusien palvelurakennusten suunnitteluvaiheessa.

Kustannusoptimaaliset suunnitteluratkaisut palvelurakennuksissa

Uudiskohde (päiväkoti)

- Rakennuksen vaipan lämmöneristäminen "passiivitasoon" asti ei ole kustannustehokkain tapa pienentää rakennuksen energiankulutusta.
- Suositeltavia investointeja kaikissa kustannusoptimaalisissa ratkaisuissa riippumatta tavoiteltavasta energiankulutustasosta ovat:
 - Aurinkosähkö- ja -lämpöjärjestelmien asentaminen
 - Ilmanvaihdon tarpeenmukainen CO₂-ohjaus ja erillispoistojen LTO
 - Valaistuksen läsnäolo-, päivänvalo-, ja vakiovalo-ohjauksen asentaminen
 - Energiatehokkaiden ikkunoiden asentaminen
- Kun kohteen energiankulutusta pyritään pienentämään, kustannustehokkainta olisi ensiksi parantaa ilmanvaihdon lämmön talteenottoa ja lisätä omaa aurinkosähkön ja -lämmön tuotantoa ja vasta sitten parantaa vaipan lämmöneristystasoa

Saneerauskohde (vanhainkoti)

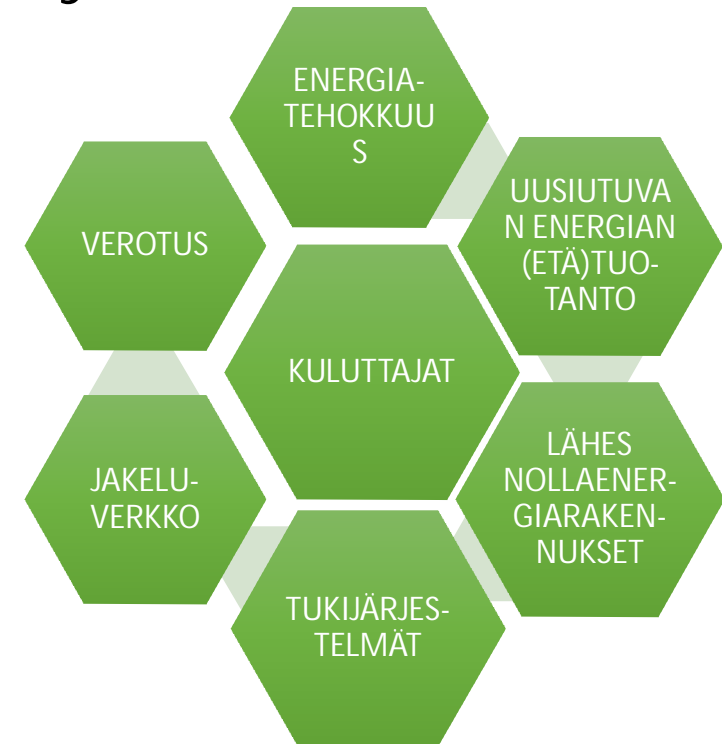
- Ulkoseinien lisälämmöneristäminen ei ole tutkituista vaihtoehdoista kustannustehokkain tapa parantaa kohteen energiatehokkuutta.
- Suositeltavia investointeja kaikissa kustannusoptimaalisissa ratkaisuissa riippumatta tavoiteltavasta energiankulutustasosta ovat:
 - Aurinkosähkö- ja -lämpöjärjestelmien asentaminen.
 - Yläpohjan lisälämmöneristäminen
 - Uusien energiatehokkaampien ikkunoiden asentaminen
 - Lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poisto IV-järjestelmän asentaminen kon. poisto IV-järjestelmän tilalle.
 - Valaistuksen läsnäolo-, päivänvalo-, ja vakiovalo-ohjauksen asentaminen.

Uusiutuvan energian etätuotantoon liittyvät yhteiskunnalliset ja juridiset kysymykset

MUUTOSTA MIETITTÄESSÄ KESKEISINTÄ ON OMAKSUA MUUTOKSEN LOGIIKKA:

- Kuluttajat ja kysynnän hillintä keskiössä
- Energiaunionia koskevassa strategiassa energiatehokkuuden parantamista nimenomaisesti rakennusalalla kuvataan olennaisimpana osana komission energiastrategian onnistumisessa
 - EU Komissio: Tulevaisuudessa lähes nollaenergiarakennuksista olisi tultava normi tai rakennukset voisivat tuottaa enemmän kuin ne kuluttavat
 - Suomen ilmastossa hyvin haasteellista

Hajautetun etätuotannon roolin korostuminen tulisi huomioida myös uusiutuvan energian tukijärjestelmiä kehitettäessä



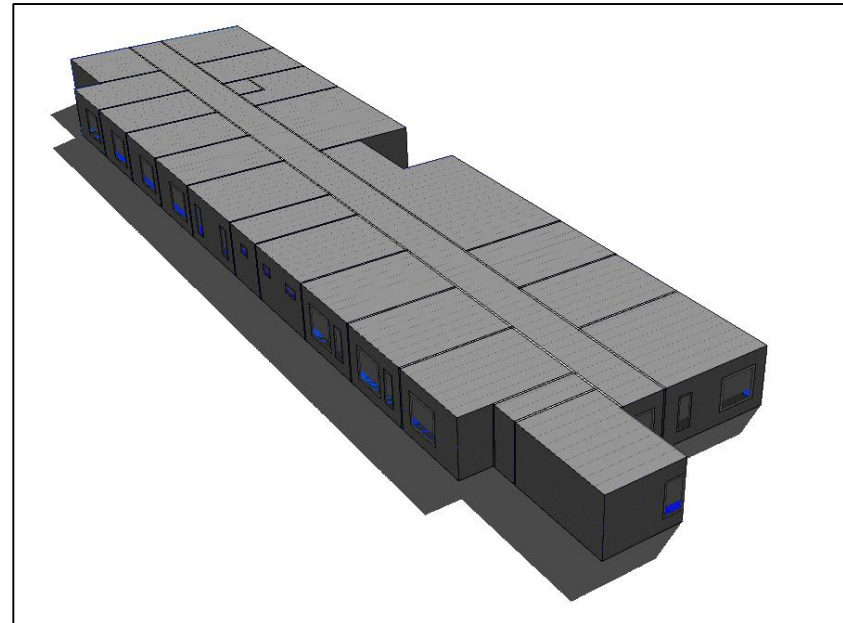
Raportti: Kim Talus, Sirja-Leena Penttinen, Mikko Kantero: UUSIUTUVAN ENERGIAN ETÄTUOTANTOON LIITTYVÄT YHTEISKUNNALLISET JA JURIDISET KYSYMYKSET

Verhojen ja kaihtimien vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen

Auringonsäteilyllä on merkittävä vaikutus rakennuksen valaistus-, lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Lisäksi luonnonvalon merkitys ihmisen hyvinvoinnille on merkittävä. Varsinkin rakennuksissa, joissa oleskellaan pitkiä aikoja sisätiloissa, tulisi luonnonvalon hyödyntämistä korostaa.

Tässä tulokortissa tarkastellaan auringonsäteilyn vaikutuksia palvelutalon lämmitys- jäähdytys- ja valaistusenergiaan, kun käytetään suojaamattomia tai jollain tavalla aurinkosuojattuja ikkunoita.

Tarkasteltu rakennus on työpaketin WP2-tutkimuksissa käytetty palvelutalon tyyppimalli I. Tulokortti on kesken, valmistuu 02/2018.



Valo ja valaistus – olosuhde, jonka laatu ja energiatehokkuus kulkevat käsi kädessä

Nykyisissä suunnitteluprosesseissa valaistuksen standardinmukainen suunnittelu on talotekniikka-alalle juurtuneista perinteistä johtuen puutteellista.

Tuloskortin tavoitteena on esitellä valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ja merkittävimmät energiatehokkuuteen vaikuttavat ongelmakohdat nykyisissä valaistusratkaisuissa palvelurakennuksiin keskittyen.

Päätulokset yleistetyllä tasolla

- *Työpistekohtaisen valaistuksen käyttäminen on aina energiatehokkainta.*
- *Yleisvalaistuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi tilanneohjauksilla.*
- *Vaadittujen valaistusvoimakkuuksien huolellinen suunnittelu on tärkeää, koska alimitoitus heikentää työergonomiaa ja ylimitoitus nostaa energiankulutusta.*

Energiatehokkaan rakentamisen ja korjaamisen päätöksenteon prosessit



Energiakortti



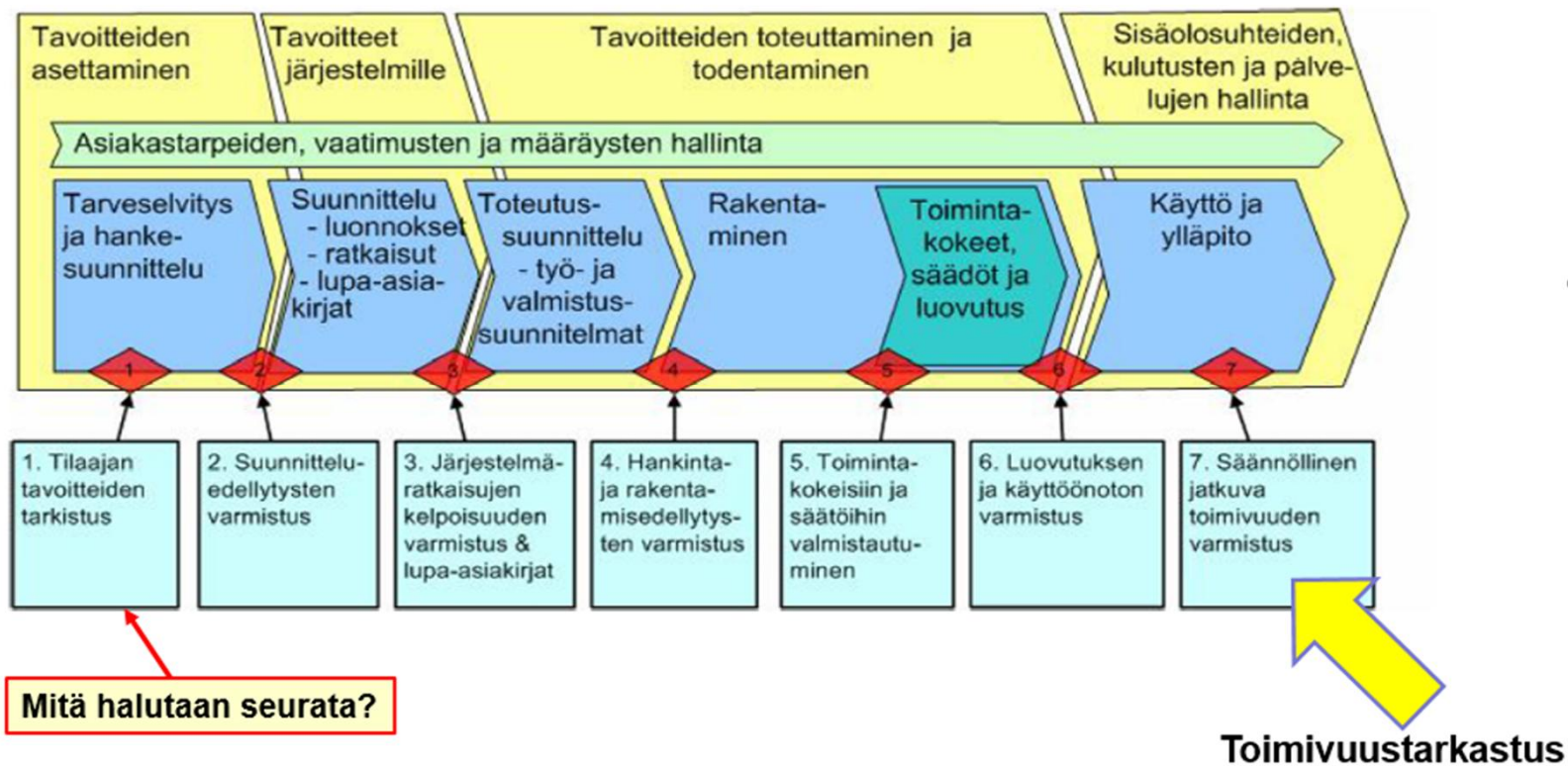
- Tavoitteiden asettaminen ja kirjaaminen
- Yhteen A4-dokumenttiin avainluvut
- Täsmällisyys, yksiselitteisyys
- Vertailtavuus
- Vastuhenkilö energiakortin käytöstä
- Tavoitteiden todentaminen (tehotase)

Vastuhenkilö energiakortin käytöstä!

Combi energiakortti - toimivuuden tarkastelu v.2011 - v.2016 osasto				
Perustiedot	Kohde	Sivuhän pääläpö, Tampere		
	Rakennustyyppi	Pääläpö		
	Tilavuus (Rak. tilavuus)	6450	m ³	
	Rakennuksen kokonaisala	1600	m ²	
	Lämmön nettosaldo A _{net}	1455	m ³	
Stalimialue	52			
Toimivuuden tarkastelu	Toimivuuden tarkastelu PV:llä	25.2.2016		
		Suunnitelma	Toteutus	Viitearvo
	Juoksimäärä	1,2	1,0	°C
	Stalimialue ja lämmityskauti	11	10,5	°C
	Lämpöenergian säästö	15,9	15,2	°C
	Lämpöenergia	120	80	
	Lämpösuunnitelma	9	5	kW
	Lämpöenergian käyttöaste %	100	75	%
TR-suhteet	70	30,2	%	
Lämpö ja ilmastointi	Lämpöenergia lämmitykseen	3,7	3,5	m ³ /a
	Lämpöenergia ilmastointiin	0,8	0,8	m ³ /a
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	29,9	40,3	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	0,436	0,468	kW/K
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	0,2	0,9	kW
Sähköenergia	Lämpöenergia lämmitykseen	5	5	kW
	Lämpöenergia ilmastointiin	1	1	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	1	1	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	15,37	11,4	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	5	5	kW
Lämpöenergia	Lämpöenergia lämmitykseen	9	5	kW
	Lämpöenergia ilmastointiin	2	4,8	kW
	Lämpöenergia	10,6	9,0	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	0	0	kW
	Lämpöenergia	11,6	13,8	kW
Väestö	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	41,1	35,2	kW
	Lämpöenergia ilmastointiin	20	20	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	20	20	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin	41,1	40	kW
	Lämpöenergia lämmitykseen ja ilmastointiin			

Toimivuustarkastukset laadunvarmistuksessa

ToVa-käsikirja (VTT, 2007): Rakennuksen toimivuuden varmistamisen prosessissa edetään päävaiheittain; viimeisin vaihe on **TOIMIVUUSTARKASTUS**



Hyödylliset energia- ja olosuhdemittausjärjestelyt

Mitä olosuhteita kannattaisi vähintään mitata ja seurata?

- lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, kosteus ja valaistusvoimakkuus

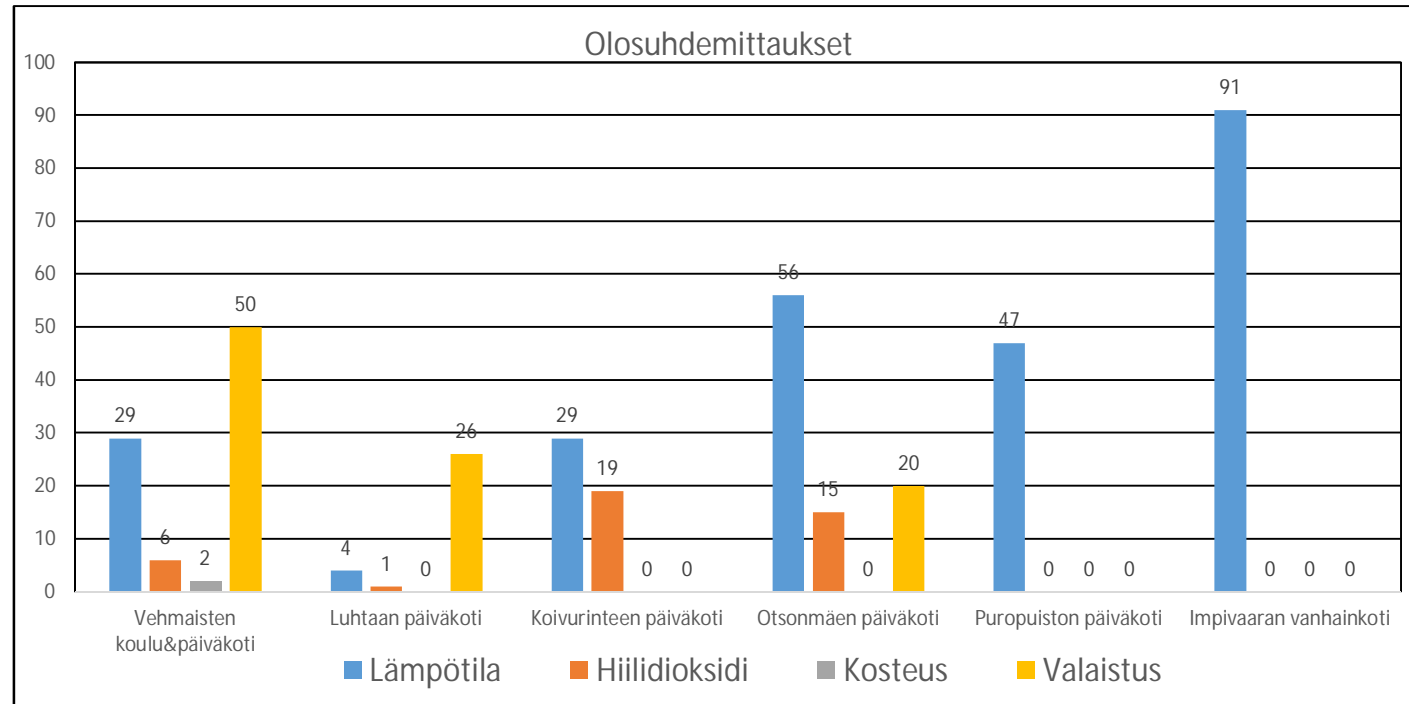
Mitä olosuhteita olisi lisäksi hyvä mitata ja seurata?

- Paine-eroja vaipan yli, rakenteiden kosteus ja lämpötila, VOC?

Kaikista kohteista löytyi parannettavaa olosuhdemittausten osalta.



Tarvitaan tilaajalle työkalu



Kohteiden olosuhdemittauskuvioissa esitetyt luvut kuvaavat tilojen lukumäärää.

Svantte Vaskikallion opinnäytetyö: RAKENNUSTEN SISÄOLOSUHTEIDEN MITTAAMINEN JA NÄKYVÄKSI TEKEMINEN

<http://www.theseus.fi/discover?query=svantte+vaskikallio&scope=>

Energiankulutustietojen järkevä kerääminen ja hyödyntäminen

Lauri Louhen opinnäytetyö:
Energiankulutustietojen analysointi ja hyödyntäminen

Työssä onnistuttiin löytämään kunnille parannusehdotuksia, joilla ne voisivat tehostaa energiankulutustietojen hallintaa. Kulutustietojen ja rakennusautomaatioiden tarkkailuun tulisi varata enemmän aikaa, sekä tilojen käyttäjien ja huoltohenkilöstön kanssa tulisi useammin keskustella.

Tutkimustyössä haastateltiin viiden eri kunnan energiankulutuksista vastaavia henkilöitä.

Havaintoja case-kohteista (5 kpl):

- Kuntien kulutustietojen analysointi yleensä 1-2 hlö:n varassa
- Käytössä olevia ohjelmistoja: Haahtela-RES/Kiinteistötieto ja EnerKey
- Suurin ongelma: Kulutustietojen automaattinen tiedonsiirto ei ole kaikkialla mahdollista -> Manuaalinen syöttö
- Pienemmillä kunnilla ei ole resursseja
- Kulutustietojen analysoinnissa suuria eroja
 - Osa tutkii kuukausittain kulutuksia
 - Osa ainoastaan kerran vuodessa
- Käyttäjien kanssa ei keskustella energiatehokkuudesta tai kulutuksista -> Kiinnostustakaan ei ole osoitettu

Kiitos!

Lisätietoja COMBI-hankkeesta

Juha Vinha

Tampereen teknillinen yliopisto

juha.vinha@tut.fi

040 849 0296

[COMBI-hankkeen internetsivut](#)

Tämän teoksen suhteen noudatetaan lisenssiä Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen.
Lisenssiin voit tutustua osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi>

COMBI COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF
NEARLY ZERO-ENERGY
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS