

VTT TECHNOLOGY 173

Lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo

Hankinta, suunnittelu ja toteutus

Mari Sepponen, Pekka Tuominen, Antti Ruuska, Antti Knuuti,
Jarmo Laamanen, Timo Kauppinen, Teemu Vesänen

Teknologian tutkimuskeskus VTT



ISBN 978-951-38-8258-7 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

VTT Technology 173

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Online)

Copyright © VTT 2014

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

Nearly zero energy building for elderly

Procurement, planning and implementation

Lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo. **Mari Sepponen, Pekka Tuominen, Antti Ruuska, Antti Knuuti, Jarmo Laamanen, Timo Kauppinen, Teemu Vesänen.**
Espoo 2013. VTT Technology 173. 36 p.

Abstract

The Lahti Foundation for Housing for the Elderly (Lahden vanhusten asuntosäätiö) had a nearly zero energy retirement home built in downtown Lahti in 2011–2014. The building has about 160 apartments (including for dementia patients) as well as a canteen and common areas. One of the main objectives of the new building was to go beyond building regulations' requirements for energy efficiency and reach the nearly zero energy building level. Considering the scale of the project, it was unique in Finland.

The building complex was realized in phases by first demolishing the existing housing that was in a bad condition and then building the new home. The floor area of the building was doubled and the space use efficiency was improved.

In addition to the practical implementation of the project, it also included preparing a model for future very energy efficient retirement homes supported by the Housing Finance and Development Centre (ARA) and the Finnish Innovation Fund (Sitra). The experiences relating to nearly zero energy buildings gained from the Onnelanpolku project were published in three reports in Finnish: Instructions for developers on the procurement of nearly zero energy buildings (Hankintamennettelyohje rakennuttajalle, ARAn raportteja 3/2013), Planning guide for a nearly zero-energy building (Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohteet, ARAn raportteja 2/2013) and Analysis of the demolition of a retirement home from the 70's (70-luvun vanhusten asuintalon purkuanalyysi, ARAn raportteja 1/2013).

The energy solution in the building is based on the diverse use of district heat, high level of energy efficiency and the reuse of waste energy. Housing for the elderly entails special requirements for the indoor climate because the activity level and the metabolism are reduced with old age, and especially when some of the occupants are dementia patients. Therefore special care was given to ensure indoor thermal comfort (indoor temperature uniformity over the seasons, draft-free spaces and a comfortable heat distribution method) as well as good indoor air quality.

This report is a summary of the Onnelanpolku project, including lessons learned concerning the procurement of nearly zero-energy house energy solutions, design and implementation. The report also provides summaries of the life-cycle emissions and the costs incurred and quality assurance measurements done during the construction phase.

Keywords Nearly zero energy building, elderly home, procurement, life cycle costs, life cycle emissions.

Lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo

Hankinta, suunnittelu ja toteutus

Nearly zero energy building for elderly. **Mari Sepponen, Pekka Tuominen, Antti Ruuska, Antti Knuuti, Jarmo Laamanen, Timo Kauppinen, Teemu Vesanen.** Espoo 2013. VTT Technology 173. 36 s.

Tiivistelmä

Lahden vanhusten asuntosäätiö rakennutti vuosina 2011–2014 lähes nollaenergiatasoisen vanhusten palvelukodin vanhuksille Lahden keskustaan. Talossa on noin 160 asuntoa (osa dementia-asukkaille), ruokala sekä palvelu- ja yhteistiloja. Yhdeksi päätavoitteeksi asetettiin, että uudet rakennukset ylittäisivät merkittävästi voimassa olevien määräysten vaatimukset energiatehokkuudelle ja saavuttaisivat ns. lähes nollaenergiatalon tason. Hankkeen mittaluokan huomioiden se oli Suomessa ainutlaatuinen.

Rakennuskokonaisuus toteutettiin purkamalla vaiheittain vanhat, huonokuntoiset asuntolat ja rakentamalla tilalle uusi palvelukoti. Rakennuksen kerrosala kasvoi liki kaksinkertaiseksi, eli tila lisääntyi ja sen käytön tehokkuus parani huomattavasti.

Käytännön toteutuksen ohella hankkeessa valmisteltiin malli tulevaisuuden huippuenergiatehokkaalle palvelutalolle Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) ja Suomen itsenäisyyden juhlarahaston (Sitra) tuella. Onnelanpolun hankkeen kokemusten pohjalta julkaistiin kolme raporttia suuriin lähes nollaenergiataloihin liittyen: hankintamenettelyohje rakennuttajalle (ARAN raportteja 3/2013), suunnitteluohjeet (ARAN raportteja 2/2013) ja vanhan betonirakenteisen kerrostalon purkuanalyysi (ARAN raportteja 1/2013).

Rakennuksen energiaratkaisu perustuu monipuoliseen kaukolämmön hyödyntämiseen, hyvään energiatehokkuuteen sekä ilmais- ja hukkaenergiavirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Ikäihmisten asuminen asetti erityisvaatimuksia sisäilmastolle, koska vanhemmiten aktiviteetti ja aineenvaihdunta pienenevät ja osalla asujilla on esimerkiksi dementiaa. Erityisenä tavoitteena oli siksi myös varmistaa sisäolosuhteiden terminen viihtyisyys (sisälämpötilojen tasaisuus eri vuodenaikoina, vedottomuus ja käyttäjien kannalta miellyttävä lämmönjakotapa) sekä sisäilman hyvä laatu.

Tämä julkaisu on yhteenveto Onnelanpolku-hankkeessa kertyneistä kokemuksista ja opeista liittyen lähes nollaenergiatalon energiaratkaisujen hankintaan, suunnitteluun ja toteutukseen. Lisäksi raportissa on yhteenvedot elinkaaren aikaisista päästöistä ja kustannuksista sekä rakentamisvaiheessa tehdyistä laadunvarmistusmittauksista.

Avainsanat Lähes nollaenergiatalo, palvelutalo, hankinta, rakennuksen elinkaaripäästöt, rakennuksen elinkaarikustannukset.

Sisältö

Abstract	3
Tiivistelmä	4
1. Johdanto	6
1.1 Kiitokset yhteistyökumppaneille	7
1.2 Julkaisut	7
2. Tavoitteena tulevaisuuden palvelukoti	8
2.1 Lähes nollaenergiatalo	9
2.2 Lähes nollaenergiatalon vaatimukset ja tavoitteet	10
2.3 Energian käytön ja tuotannon mittarointi	11
3. Hankintamenettely	12
4. Suunnitteluohjeet	14
4.1 Keskeiset tulokset	14
4.2 Huomioita tulevia projekteja ajatellen	15
5. Purkuanalyysi	16
6. Elinkaarikustannukset	17
7. Elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt	20
7.1 Käyttövaiheen energiankulutus.....	20
7.2 Käyttövaiheen kasvihuonekaasupäästöt	21
7.3 Elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt	21
8. Laadun varmistaminen rakennusvaiheessa	24
8.1 Ilmatiiveysmittaukset	24
8.2 Lämpökamerakuvaus.....	26
9. Yhteenveto, kokemukset ja projektista opittua	31
9.1 Rakentamisen aikainen laadunvarmennus.....	34
Lähdeluettelo	37

1. Johdanto

Aikaa myöten rakennuksen omistajan eteen tulee ennemmin tai myöhemmin tilanne, jossa joudutaan tekemään päätöksiä rakennuksen tulevaisuutta ajatellen. Ikääntyneen rakennuksen kohdalla voidaan joko päätyä luopumaan sen käytöstä, toteuttamaan tarvittavat korjaukset, parannukset ja ajanmukaistamiset tai purkamaan rakennus ja korvaamaan se kokonaan uudella. Nykyisin tämäntapaiset taitkohdat rakennuksen elinkaareissa nähdään yhä useammin tilaisuutena vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen, mitä säädöksetkin enenevässä määrin edellyttävät.

Lahden vanhusten asuntosäätiö päätyi omistamiensa Paulinpolku 1–4 ja Harjulankatu 5:n kiinteistöjen kohdalla purkamaan vanhat 1970-luvulla rakennetut vanhusten palvelurakennukset ja korvaamaan ne uudella Onnelanpoluksi nimetyllä rakennushankkeella. Tavoitteeksi asetettiin, että uudet rakennukset ylittäisivät merkittävästi voimassa olevien määräysten vaatimukset energiatehokkuudelle ja saavuttaisivat ns. lähes nollaenergiatalon tason. Hankkeen mittaluokan huomioiden se oli Suomessa ainutlaatuinen.

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) hyväksyi Onnelanpolun kohteen kehityshankkeekseen nimellä ”Energiatehokas elinkaariasuminen erityisryhmille”. Myös Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (Sitra) päätyi tukemaan hanketta. Hankkeen tavoitteeksi asetettiin Onnelanpolun kohteen kehittäminen sekä hankkeessa syntyneen tiedon tarjoaminen tueksi muiden vastaavien hankkeiden toteuttamiselle. Siksi hankkeessa tuotettiin sen eri vaiheista kattava dokumentaatio, joka on julkisesti saatavilla. Tämän julkaisun tarkoituksena on koostaa tulokset sekä kerätä kokemuksia projektin toteutuksen varrelta avuksi tuleviin hankkeisiin.

Tämä julkaisu on yhteenveto lähes nollaenergiatalon energiaratkaisujen hankintaan, suunnitteluun ja toteutukseen. Lisäksi julkaisussa on yhteenvedot elinkaarren aikaisista päästöistä ja kustannuksista sekä rakentamisvaiheessa tehdyistä laadunvarmistusmittauksista. Hankkeen kokonaisuudessa on luonnollisesti huomioitava myös monia muita asioita, kuten käytettävyys, mahdolliset palvelut, asukkaiden erityistarpeet jne.

1.1 Kiitokset yhteistyökumppaneille

ARA kiinnostui hankkeen monista teemoista: vanhojen rakennusten korvaaminen uusilla, uuden kohteen elinkaariasuminen ja energiatehokkaat ratkaisut. Hanke sai ARA:ta kehittämisrahaa, investointiavustuksen ja korkotukilainan.

Hankkeen toisena rahoittajana toimi Sitra, joka toivoo käytännön esimerkkien kannustavan suunnittelemaan ja toteuttamaan hankkeita, jotka tähtäävät energia-
tehokkuuden parantamiseen ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

Lisäksi kirjoittajat kiittävät yhteistyöstä Lahden vanhusten asuntosäätiötä, Rakennuttajapalvelu Henttonen Oy:tä, YIT:tä, Arkkitehtityö Oy:tä ja Asunto-, toimi-
tila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry:tä.

1.2 Julkaisut

Hankkeesta on julkaistu kolme raporttia ARA:n verkkosivuilla liittyen Onnelanpolku-
hankkeen hankintamenettelyyn (ARA:n raportteja 3/2013), suunnitteluun (ARA:n
raportteja 2/2013), ja vanhan betonirakenteisen kerrostalon purkuvaiheeseen
(ARA:n raportteja 1/2013).

2. Tavoitteena tulevaisuuden palvelukoti

Onnelanpolun suunnittelussa lähdettiin liikkeelle erityisasumisen hyvästä laadusta, johon kuuluu tasainen vedoton lämpötila, valoisuus, liikkumisen mahdollisuudet talon tiloissa, turva- ja esteettömyysratkaisut ja lähipalvelut. Olennaisia tavoitteita olivat monipuoliset ja esteettömät palvelu- ja asuintilat. Kohteeseen suunnitellut palvelut perustuivat kuvaan 1.

Asumisen pääteemana oli elinkaariasuminen, jolloin asukas pystyy asumaan samassa ympäristössä kunnon heikentyessä. Valtaosa asukkaista on heikkokuntoisia vanhuksia, joille voidaan tarjota tarvittaessa myös tehostettua palveluasumista. Lisäksi dementiapotilaille on varattu kaksi asuinkerrosta, joihin liittyy muun muassa oma, turvallinen sisäpiha.



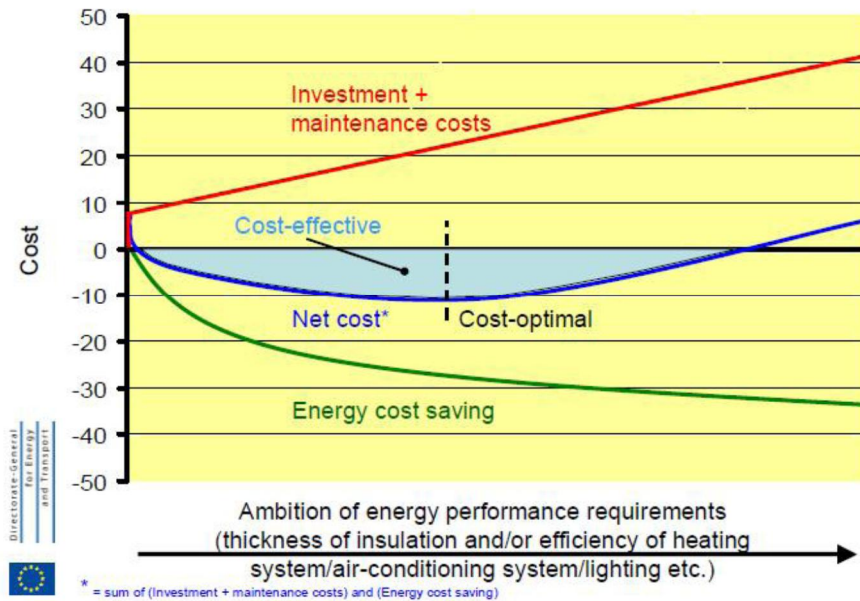
Kuva 1. Palvelutarjonnan tavoitteet (kuva: FWBC Finland Oy).

Ikäihmisten asuminen asetti erityisvaatimuksia sisäilmastolle, koska vanhemmiten aktiiviteetti ja aineenvaihdunta pienenevät ja osalla asukkaista on esimerkiksi dementiaa. Erityisenä tavoitteena oli siksi myös varmistaa sisäolosuhteiden termi-
nen viihtyisyys (sisälämpötilojen tasaisuus eri vuodenaikoina, vedottomuus ja käyttäjien kannalta miellyttävä lämmönjakotapa) ja sisäilman hyvä laatu.

2.1 Lähes nollaenergiatalo

Rakennusten energiankäyttöä ohjataan rakentamismääräyksillä, joihin tuli muutoksia uudisrakentamisen osalta vuoden 2012 heinäkuun alusta.

Euroopan parlamentin hyväksymän rakennusten energiatehokkuusdirektiivin linjauksena on, että EU-maissa otetaan käyttöön *lähes nollaenergiatalo* uudisrakentamisen perusratkaisuksi vuodesta 2021 alkaen ja julkisen rakentamisen perusratkaisuksi vuoden 2018 alussa. Termillä lähes nollaenergiatalo tarkoitetaan kustannusoptimin (kuva 2) kautta saatavaa erittäin energiatehokasta rakennusta, jonka energiantarpeesta merkittävä osa katetaan rakennuksessa tai sen lähistöllä tuotettavalla uusiutuvalla energialla. Lähes nollaenergiatalolle ei ole vielä kansallista hyväksyttyä määritelmää. Kustannusoptimin ja lähes nollaenergia -käsitteen kansallinen määrittelytyö on vielä (huhtikuussa 2014) osin kesken.



Kuva 2. Lähes nollaenergiatalo perustuu rakentamiskustannusten optimointiin siten, että rakennuksen elinkaarikustannuksissa saavutetaan merkittävä säästö ilman, että investointikustannukset kasvavat kohtuuttomasti [kuva: EACI Executive Agency for Competiveness and Innovation, 'Towards zero energy buildings'].

2.2 Lähes nollaenergiatalon vaatimukset ja tavoitteet

Onnelanpolussa tavoitteena oli huippuenergiatehokas rakennus, jonka energiaratkaisu perustuu monipuoliseen kaukolämmön hyödyntämiseen, rakennuksen sähkökulutuksen minimointiin laite- ja valaistusratkaisuin sekä ilmais- ja hukkaenergiavirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Rakennuksen lämmitys- ja viilennys perustuvat matalaenergiaperiaatteeseen eli lämmitys ja viilentäminen tuotetaan lähellä sisäilman lämpötilatasoa olevilla ratkaisuilla.

Lähes nollaenergiataloa ei ole toistaiseksi määritelty Suomen kansallisissa rakennusten energiamääräyksissä. Esimerkkikohteena olevalle Onnelanpolkupalvelutalolle asetettiin energiaratkaisun osalta energiamuuntokertoimien avulla laskettavaksi ostoenergiankulutuksen tavoitteeksi 60 kWh/m². Tämän lisäksi on suositeltavaa asettaa tavoitteet maksimihuipputehojen tarpeelle. Ostoenergian tarve arvioitiin vuoden 2012 rakentamismääräysten mukaisilla energianmuuntokertoimilla (kaukolämpö 0,7, uusiutuvat polttoaineet 0,5, sähkö 1,7 ja kaukokylmä 0,4). Näiden lisäksi rakennuksen ulkovaipalle asetettiin ilmanpitävyysvaatimus (n_{50} -luku korkeintaan 0,4) sekä energiatehokas valaistus (valaistustehon tarve korkeintaan 8 W/m²).¹

Onnelanpolussa tähdättiin mahdollisimman hyvään energiatehokkuuteen tinkimättä kuitenkaan rakentamisen sekä käytönaikaisten palveluiden hyvästä laadusta ja olosuhteista. Rakennuksen energiatehokkuutta pyrittiin parantamaan kokonaisuutena, mukaan lukien:

- Valaistus ja sähkölaitteet
- Ohjaus ja automatiikka
- Lämmöneristys ja lämmön talteenotto
- Ikkunat
- Atriumpiha (katettu sisäpiha)
- Lämpimän veden kulutuksen minimointi
- Energiaa talteen ottavat hissit.

Lähes nollaenergiatalon konseptiin kuuluu myös rakennuksessa tapahtuva uusiutuvan energian tuotanto. Mahdollisia ratkaisuja ovat esimerkiksi:

- Aurinkosähkö ja -lämpö
- Tuulivoima
- Biopolttoaineet.
- Lämpöpumppuratkaisut

¹ Onnelanpolun energiatavoitteet määriteltiin tarjouspyynnön liitteessä olleessa dokumentissa. Energiatavoitteet ja periaatteet on esitelty ARAn julkaisussa (2/2013) Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet http://www.ara.fi/fi-FI/ARAtietopankki/ARAn_julkaisut/ARAn_raportteja_julkaisusarja/Lahes_nollaenergiatalon_suunnitteluohjee%281359%29 ja tarjouspyynnössä ollut energiatavoitteet -liite on julkaistu ARAn julkaisuissa (3/2013) Lähes nollaenergiatalon hankintamenettelyohje rakennuttajalle: http://www.ara.fi/fi-FI/ARAtietopankki/ARAn_julkaisut/ARAn_raportteja_julkaisusarja/Lahes_nollaenergiatalon_hankintamenettel%281358%29

- Maan lämpö esilämmitykseen ja -viilennykseen (lämmönvaihtimella varustettu nestepiiri).

Kohteen sijainti ja perustamisolosuhteet on otettava huomioon jo energiaratkaisujen alustavassa arvioinnissa. Esimerkiksi pohjavesialueille on asetettu rajoituksia maalämpöratkaisuille. Siirtonesteiden tulee olla ympäristöystävällisiä siten, että maalämmön tai -kylmän siirtonesteiden ja niiden lisäaineiden on oltava ympäristöominaisuuksiltaan pohjavettä pilaamattomia. Maalämpökaivojen rakentaminen edellyttää ympäristöviranomaisten lupaa.

Tuuli- ja aurinkoenergian tuotanto ovat säästä ja kaudesta riippuvaisia, eikä niiden tuotanto ajoitu välttämättä samaan aikaan rakennuksen energian tarpeen kanssa. Tämä "mismatch"-ongelma voidaan ratkaista energiavarastoilla tai energian siirrolla (tai myynnillä) paikalliseen energiaverkkoon. Hajautetun energian syöttämisestä verkkoon on neuvoteltava paikallisen energiayhtiön kanssa.

Onnelanpolussa pääasialliseksi lämmönlähteeksi valittiin varmatoiminen kaukolämpö. Se on kustannustehokas ratkaisu, ja koska kaukolämpöverkko sijaitsi jo alueella, kaukolämpö todettiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi tässä hankkeessa. Maalämpöpumppuratkaisut eivät olleet sopivia maaperän vuoksi eikä biopolttolaitteita haluttu alkaa kuljettamaan keskelle tiivistä kaupunkirakennetta. Kaukolämpö ei kuitenkaan täytä lähes nollaenergiatalon paikalla tuotetun energian vaatimusta, joten kohteeseen suunniteltiin lisäksi aurinkoenergiaratkaisuja sekä atriumin lämmön hyödyntämistä esilämmityksessä.

Tehokkaan energiankulutuksen ja paikallisen energiantuotannon lisäksi on tärkeää ottaa huomioon kohteen ja järjestelmien osaava käyttö ja ylläpito, joiden vaikutus energiakokonaisuuteen on merkittävä.

2.3 Energian käytön ja tuotannon mittarointi

Onnelanpolun yhtenä osatavoitteena oli tuottaa tietoa suurten rakennuskokonaisuuksien energiankäytön dynamiikasta. Rakennuksen energiakäytön seuranta- ja mittauksille laadittiin ohjelma, jonka avulla voidaan tarkastella energiankulutuksen ja tehontarpeen lyhyt- ja pitkäaikaisia vaihteluita suhteessa rakennuksen toimintoihin ja sisäolosuhteisiin. Seurantamittauksen tavoitteiksi asetettiin:

- Edistää palveluasumisen energiatehokkuutta ottamalla samalla huomioon sisäolosuhteet, terminen viihtyvyys ja turvallisuus.
- Tunnistaa energian turha kulutus ja löytää keinot turhan kulutuksen poistamiseksi.
- Kehittää uusia energiankulutuksen hallintapalveluita.
- Vertailla suunniteltua ja toteutunutta energiankulutusta.

3. Hankintamenettely

Projektissa koottiin hankintamenettelyohje rakennuttajille keskittyen erityisesti lähes nollaenergiatalon energiaratkaisujen hankintaan. Ohje koskee yli 1000 m²:n palvelurakennuksia. Hankintamenettely perustuu Onnelanpolun hankintamenettelystä saatuihin kokemuksiin edellisessä luvussa annettujen energiatavoitteiden ja muiden toimivuustavoitteiden toteuttamiseksi. Hankintamenettelyohje on julkaistu Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARAn julkaisuna osoitteessa: http://www.ara.fi/fi-FI/ARAtietopankki/ARAn_julkaisut/ARAn_raportteja_julkaisu_sarja/Lahes_nollaenergiatalon_hankintamenettely%281358%29.

Lähes nollaenergiatalon toteuttaminen vaatii rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoinnin tavanomaista laajempaa yhteistyötä. Onnelanpolun hankesuunnittelu- vaiheessa järjestettiin Rakennuttaja- ja kiinteistöliitto Rakli Ry:n hankintaklinikka, joka kokosi kiinteistönomistajia, kaupungin edustajia, rakennusliikkeitä, palvelutuottajia ja suunnittelijoita etsimään yhdessä ratkaisuja energiatehokkaan senioriasumishankkeen kehittämiseksi. Hankintaklinikan kautta kilpailuun osallistuvat urakoitsijat saivat selkeän kuvan hankkeen tavoitteista ja hankintamenettelystä.

Onnelanpolun toteuttamismuodoksi valittiin hankintaklinikan aikana KVR-urakamenettely (kokonaisvastuurakentaminen), jossa rakennusurakoitsijalle annettiin kokonaisvastuu rakennuksen toimivuudesta sisältäen sekä suunnittelun että rakentamisen. Tilaajan vastuulle jäi tällöin hankkeen tavoitteiden asettaminen, toteutuksen valvonta ja käyttöönotto. Valinnan perusteena oli rakentamiseen liittyvän kokonaisvastuun yksilöiminen yhdelle toimijalle. Tätä hankintamuotoa voidaan suositella suurten lähes nollaenergiatalon tasoisten rakennusten hankintaan.

Hankintaklinikan jälkeen järjestettiin tarjouskilpailu, jonka lähtökohtana olivat tilaajan teettämät viitesuunnitelmat. Tarjouspyynnön liitteeksi laadittiin erillinen ohjeistus rakennuksen energiavaatimuksista ja tavoitteista. Tarjoajat ehdottivat omat ratkaisunsa, joilla asetetut toimivuus- ja laatuvaatimukset täytyvät. Tarjousten tuli vastata myös Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) hintakriteereihin.

Tarjouspyynnössä on tärkeää määrittää tarjousasiakirjojen määrä ja sisältö eri valintakriteerien osalta. Tämä nopeuttaa ja helpottaa tarjousten vertailua sekä selkeyttää tarjoajien työtä. Valintakriteerien valinnalla on suora kytkentä tarjousten sisältöön ja rakenteeseen.

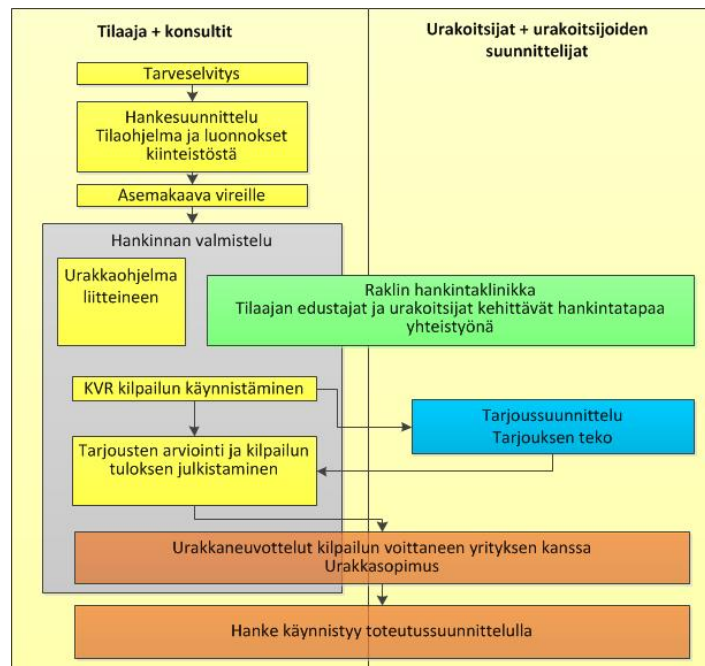
Arviointitaulukko painotuksineen tuki pisteytystä hyvin. Arviointeja suoritettaessa on tarpeellista kirjata perusteet, joilla pisteytyksiin on päästy jokaisen tar-

joajan osalta. Perusteisiin voidaan joutua palaamaan siinä vaiheessa, kun tulos esitetään kilpailun osallistujille ja joku osallistuja haluaa kuulla tarkemmin arvioinnin omalta kohdaltaan.

Arviointiryhmän on syytä käydä aluksi yhdessä arviointimenettely läpi, jotta kaikki jäsenet toimivat arvioinneissaan samalla periaatteella. Kun arviointien perustyö on tehty, kootaan eri jäsenten arvioinnit yhteiseen arvostelutaulukkoon ja tuloksesta keskustellaan. Kun tarjoukset on saatu selvään perusteltuun paremmuusjärjestykseen, voidaan siirtyä hintakuorten avausvaiheeseen. Jos kaksi laatupisteiltään parasta tarjousta on lähellä toisiaan, voi olla syytä tarkistaa, että laatuarvioinnit on tehty kaikkien kriteerien osalta samalla tavalla ja hyväksyä tulos laatukriteerien osalta sen jälkeen.

Hintakuorten avaamisen jälkeen saadaan selville tarjosten lopullinen paremmuusjärjestys. Eniten laatu- ja hintapisteitä saanut tarjous valitaan ensimmäiselle sijalle ja toiseksi eniten pisteitä saanut varasijalle urakkaneuvottelujen käynnistämiseksi.

Onnelanpolun hankintaprosessi on pääpiirteissään esitetty tässä luvussa sekä kuvassa 3.



Kuva 3. Onnelanpolun hankintamenettelyn prosessikuvaus.

4. Suunnitteluohjeet

Suunnitteluohjeen tarkoituksena on opastaa vanhusten palvelutalon toteuttamista lähes nollaenergiatalona. Raportissa kuvataan lähes nollaenergiapalvelutalon yleiskonsepti ja annetaan yksityiskohtaisempaa ohjeistusta lähes nollaenergiapalvelutalon arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnitteluun. Valaistusratkaisut käsitellään omana kokonaisuutenaan. Näiden lisäksi on tuotu esille myös muita Onnelanpolku-hankkeessa esille tulleita erityiskysymyksiä muun muassa lasisen atriumin ja aurinkopaneelien suunnittelusta.

Suunnitteluohje on julkaistu ARAn julkaisuna osoitteessa: http://www.ara.fi/fi-FI/ARAtietopankki/ARAn_julkaisut/ARAn_raportteja_julkaisusarja/Lahes_nolla-energiatalon_suunnitteluohjee%281359%29.

4.1 Keskeiset tulokset

Keskeisin havainto on, että energiatehokkaan kokonaisuuden aikaansaaminen ei onnistu rakennuksen muusta suunnittelusta, toteutuksesta ja käytöstä irrallaan tehtävillä energiaratkaisuilla. Pikemminkin voidaan sanoa, että huippuenergiatehokkaan kohteen toteuttaminen vaatii panostusta läpi koko rakennusprosessin. Jo esisuunnitteluvaiheessa energiatehokkuustavoitteiden on oltava selkeitä. Eri osapuolien kesken täytyy selkeästi määritellä projektin tavoitteet, varmistaa niiden tuleminen ymmärretyksi, sitouttaa osapuolet tavoitteisiin ja määritellä vastuut.

Kriittisin vaihe on rakennuksen varsinainen suunnittelu, sillä silloin päätetään suurin osa rakennuksen energiankulutuksesta koko sen elinkaaren ajalla. Toisaalta kustannukset, joita suunnitteluvaiheessa syntyy, edustavat vain hyvin pientä osaa koko elinkaaren kustannuksista. Siksi suunnitteluprosessissa tehtävät pienet lisäpanostukset selvityksiin ja huolelliseen suunnitteluun voivat olla koko rakennusprojektin kustannustehokkaimpia investointeja. Kustannusoptimi on kannattavinta etsiä punnitsemalla suunnittelu- ja rakennuskustannuksia suhteessa käytönaikaisiin säästöihin, kuten kuva 2 havainnollistaa.

Suunnitteluvaiheessa tehtäviä valintoja on syytä punnita niiden käytönaikaisten kumulatiivisten vaikutusten mukaisesti. Kustannuksiltaan kalliimpi suunnitteluratkaisu voi rakennuksen elinkaaren tai valitun investointijakson aikana muodostua edullisemmaksi. Monesti lisäkustannusta ei edes muodostu, vaan riittää, että energia-asiat on pidetty mielessä ja otettu huomioon läpileikkaavasti kaikessa suunnittelussa. Lähes nollaenergiatalon suunnittelussa korostuu kokonaisuuden

hallinta, jolloin pääsuunnittelun ja erikoissuunnittelun tulee liittyä saumattomasti toisiinsa.

Suomen olosuhteissa erityisen kriittisiä ovat lämpöhäviöt talvella. Rakentamismääräysten mukaan rakennetussa asuinrakennuksessa suurin osa energiankulutuksesta on lämmitysenergiaa. Tätä kuluerää on mahdollista pienentää nykyaikaisilla rakenneratkaisuilla ja tekniikalla.

Käytön aikana käyttäjän toiminta määrittää saavutettavan energiatehokkuuden. Hyväkin rakennus kuluttaa paljon energiaa, jos käyttäjä ei välitä rakennuksen oikeasta käytöstä eikä huolla sitä oikein. Lähes nollaenergiatalo tarjoaa suunnitelman mukaisella käytöllä hyvät sisäolosuhteet mahdollisimman vähällä energiankulutuksella.

Rakennuksen energiankulutusta on syytä seurata, jotta voidaan varmistua suunniteltuvaiheessa sovittujen tavoitteiden täyttymisestä. Mahdolliset poikkeamat kulutuksessa johtuvat joko rakennuksen suunniteltua alemmasta suorituskyvystä tai virheellisestä käytöstä. Kummassakin tapauksessa seuranta mahdollistaa ongelman syyn selvittämisen ja korjaavat toimenpiteet. Seurannan toteuttaminen tulee suunnitella ja vastuut ja mahdolliset korjausvelvoitteet määritellä jo tarjouspyyntövaiheessa.

Suunnitteluohjeessa mennään myös järjestelmien ja rakennusosien yksityiskohtiin niin Onnelanpolun kohdetta kuin yleistä energiatehokasta rakennusta ajatellen.

4.2 Huomioita tulevia projekteja ajatellen

Energiatehokkaan rakennuksen suunnittelu on kokonaisvaltaista. On tärkeää, että eri osapuolet rakennushankkeessa (rakennuttaja, arkkitehti, järjestelmien suunnittelijat, rakentaja, käyttäjä ym.) ovat varhaisessa vaiheessa mukana. Myös ohjeita laadittaessa kaikkien osapuolten näkökulmat ovat arvokkaita ja tarpeellisia toimivan ohjeistuksen varmistamiseksi.

Työvaiheiden järjestys on syytä pohtia alussa ottaen huomioon projektin kuluessa mahdollisesti tarvittavat välitulokset, esim. arkkitehtuurin vaikutus varjostuksiin ja aurinkoenergian käyttöön tai energiasimulointien vaikutus LVIS-ratkaisujen mitoitukseen ja suunnitteluun.

Yleinen sääntö hyvään tekniseen kirjoittamiseen, joka pätee myös tämän tapaisiin suunnitteluohjeisiin, on lukijakunnan mielessä pitäminen ja erityisesti se, onko kyseessä projektin sisäisiin tarpeisiin tehty raportti vai julkaistava teksti. Tässä tapauksessa toivottiin ohjetta, joka voisi toimia esimerkkinä ja ohjenuorana myös muissa hankkeissa, mikä tarkoitti että tekstin sisällössä tavoiteltiin havainnollisuutta ja tiettyä yleistettävyyttä, vaikka varsinaisena tutkimuskohteena olikin yksittäinen rakennus.

5. Purkuanalyysi

Onnelanpolku-projektissa laadittiin purkuanalyysi vanhojen palvelutalojen purkamisesta uudisrakentamisen tieltä. Projektissa tehtiin päätös, että vanhat rakennukset puretaan ja niiden tilalle rakennetaan uudet. Päätös perustui kustannusvertailuun, mutta se mahdollisti myös korkeamman energiatehokkuustason tavoittelun kohteessa kuin korjausrakentamisella olisi ollut mahdollista.

Tehtyn purkuanalyysin tarkoituksena oli dokumentoida pääpiirteittäin purkamisen kulku sekä tarjota osviittaa tuleville vastaaville rakennusprojekteille purkamisen suunnitteluun ja toteutukseen. Selvityksessä käsitellään purkamista koskevat lainsäädännön ja määräysten keskeiset kohdat. Se esittelee purkamisen valmistelun osapuolet, tehtävät ja vastuut sekä varsinaisen purkamisen menetelmät ja työvaiheet. Erityistä huomiota kiinnitettiin purkujätteen käsittelyyn, ja käsiteltyjen purkukohteiden jätteistä annettiin jaekohtaiset erittelyt.

Vastaavia purkuanalyysyjä tehtäessä on syytä kiinnittää huomiota dokumentoinnin ja varsinaisen purkutyön samanaikaisuuteen. Ideaalisesti analyysin valmistelu aloitetaan jo hyvissä ajoin ennen varsinaista purkamista, jolloin dokumentoinnissa on käytettävissä ajantasainen tieto sekä mahdollisuus kerätä purkutapahtumasta sellaisia tietoja, jotka muuten saattavat jäädä keräämättä. Onnelanpolku-projektissa analyysi laadittiin, kun purkaminen oli jo tapahtunut, mistä johtuen jouduttiin nojautumaan laajalti kirjallisuuteen, ja selvitys painottui enemmän yleiselle tasolle kuin juuri kyseisen projektin opetuksiin.

Purkuanalyysi on julkisesti saatavilla osoitteesta: http://www.ara.fi/fi-FI/ARAtietopankki/ARAn_julkaisut/ARAn_raportteja_julkaisusarja/70luvun_vanhusten_asuintalon_purkuanalyysi%281361%29.

6. Elinkaarikustannukset

Rakennuksen elinkaaren aikana kertyvät kustannukset ovat yksi merkittävimmistä tekijöistä, jotka on hyvä selvittää ennen investointipäätöstä. Elinkaarikustannuslaskennan avulla on mahdollista tarkastella kohteen elinkaaren aikaisia kustannuksia ja investoinnin taloudellista kannattavuutta. Vertailtaessa useampia kohteita keskenään laskentamenetelmä kannustaa valitsemaan energiatehokkaita ja -taloudellisia ratkaisuja sisältävän kohteen. Elinkaarikustannustarkastelu tarjoaa suunnittelijoille, ja myös asiakkaille, perusteluja esimerkiksi energiatehokkuusinvestoinneille, mikä kannustaa energiatehokkuutta parantavien rakenteiden ja laitteiden asentamiseen.

Käytännössä laskenta toteutetaan kahden tai useamman vaihtoehdoisen kohteen elinkaarikustannusten vertailuna. Tässä tutkimuksessa päädyttiin tarkastelemaan energiatarpeiden (sähkö ja kaukolämpö) ja ylläpitokustannusten vaikutuksia kokonaiselinkaarikustannuksiin. Syynä tähän oli se, että palvelutaloa oli jo alettu rakentaa, ts. elinkaarikustannuslaskennan kannalta olennaiset päätökset oli jo tehty, eikä valittuihin ratkaisuihin ollut siten enää mahdollista vaikuttaa. Vastaisuudessa elinkaarikustannusanalyysi tulisi toteuttaa hankkeen alkuvaiheessa, kuten tarjouskilpailuvaiheessa, jotta laskennan tuloksia olisi mahdollista hyödyntää päätöksenteon tukena valittaessa elinkaarikustannuksiltaan edullisinta vaihtoehtoa.

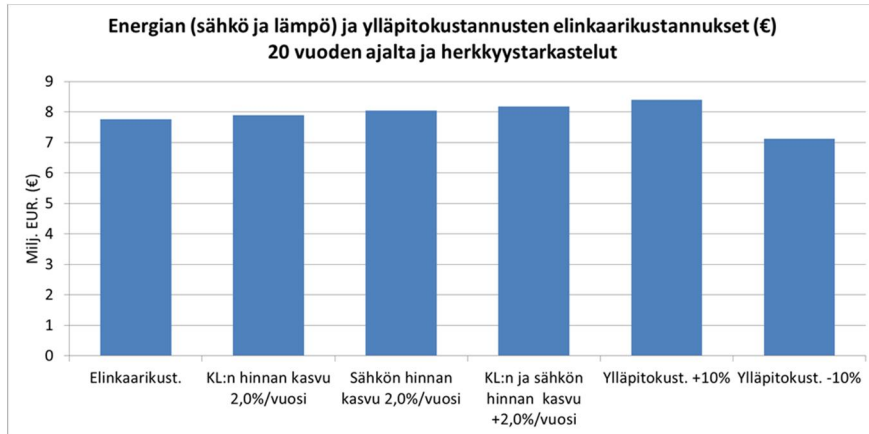
Elinkaarikustannuksia tarkasteltaessa oletetaan, että valitulla tarkasteluajanjaksoilla toimintaympäristössä ei tapahdu sellaisia muutoksia, joita nykyhetkellä ei voida tunnistaa ja ennustaa. Energiatehokkaat rakenteet, laitteet ja asennukset yhdessä oikeaoppisen käytön, huollon ja kunnossapidon kanssa realisoituvat rakennuksen elinkaaren matalampina käyttökustannuksina. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmien kannattavuus on vahvasti riippuvainen laatuvaatimuksista ja käyttäjäajoista.

Elinkaarikustannuslaskennan tarkasteluajaksi valittiin 20 vuotta. Tämä ei kuvaa rakenteiden, talotekniikan yms. käyttöikää, johon tutkimuksessa ei oteta kantaa. Elinkaarikustannuslaskennan tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on monia; jokaista kustannusta ja kustannukseen vaikuttavaa tekijää on mahdoton huomioida – etenkin, kun tarkastelu-aika on pitkä. Elinkaarikustannuslaskennan lopputuloksia on siis tulkittava harkiten.

Laskennan energiakulutuksen lähtöarvot perustuivat YIT:n laskelmiin (16.11.2012 päivitetty energiasuunnitelma). Suuntaa antavat ylläpitokustannukset

6. Elinkaarikustannukset

perustuivat VTT:n asiantuntija-arvioihin kustannuksista palvelutaloa vastaavissa kiinteistöissä. Näillä arvioiduilla lähtöarvoilla laskettuna palvelutalon elinkaarikustannukset 20 vuoden tarkasteluajalla ovat noin 7,7 miljoonaa euroa (Kuva 4).



Kuva 4. Palvelutalon elinkaarikustannukset ja herkkyystarkastelut 20 vuoden tarkasteluajalla.

Energianhinnan (sähkö ja kaukolämpö) kasvupaine tulevaisuudessa on ilmeinen. Yksin kaukolämmön hinnan 2,0 %:n vuotuinen kasvu kahdenkymmenen vuoden aikana kasvattaa elinkaarikustannuksia 1,8 % ja sähkön hinnan kasvu 3,7 %. Sekä sähkön että kaukolämmön hinnan kasvua voidaan pitää merkittävänä kannattavuuteen vaikuttavina riskitekijöinä. Tutkimuksen pitoaikana on käytetty 20 vuotta, ja Kaukolämmön asema Suomen energijärjestelmässä tulevaisuudessa -tutkimuksessa [Pöyry, 2011] on ennustettu kaukolämmön hinnan kohoavan vuoteen 2020 mennessä noin 20 prosentilla. Sähkön hintakehityksen arvellaan olevan maltillisempaa, koska sähköntuotantokapasiteetti tulee lähivuosina tuuli- ja ydinvoiman ansiosta lisääntymään. Toisaalta sähköveron kiristyminen vuonna 2014 aiheuttanee sähkön hinnalle kasvupaineita.

Merkittävä elinkaarikustannusten suuruuteen vaikuttava riski liittyy ylläpitokustannuksiin ja niiden kehittymiseen tulevaisuudessa. 10 %:n kasvu näissä kasvattaa palvelutalon elinkaarikustannuksia 8,1 %, kun tarkasteluajana on 20 vuotta. Jos ylläpitokustannuksissa on mahdollista säästää, ovat elinkaarikustannukset vastaavasti huomattavasti matalammat.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että elinkaarikustannuslaskennan tarkkuus on riippuvainen muun muassa lähtöarvojen tarkkuudesta sekä oletusten ja ennusteiden toteutumisesta. Esimerkiksi palvelutalon ylläpitokustannuksia on haasteellista arvioida tarkasti rakennuksen erikoisluonteen takia. Tulokset ovat siten suuntaa antavat. Pulakka ym. [2007] ovat arvioineet, että esimerkiksi 15 vuoden elinkaarella laskennan tarkkuustaso on $\pm 10\%$ ja 25–30 vuoden elinkaarella $\pm 25\%$. Tulosten tarkkuuteen vaikuttavat lisäksi käyttäjän toiminnan

jatkuvuus, energiakustannusten kehittyminen, huolto- ja kunnossapitokustannusten reaalin kehitys, käyttäjän toiminnan vaikutukset sekä ennakoimattomat, vaurioista aiheutuneet kunnossapitotarpeet.

7. Elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt

Tässä luvussa käsitellään kohteen elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia ja tarkastellaan yleisellä tasolla energiatehokkuusratkaisujen tehokkuutta kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta.

Energiatehokkuuden lisäämisen keinoina on perinteisesti nähty rakennuksen lämpöhäviöiden pienentäminen eristepaksuuksia kasvattamalla ja käyttämällä edistyneitä talotekniikkaratkaisuja. Onnelanpolun energiatehokkuusratkaisut sisältävät kuitenkin lämmöneristepaksuuksien kasvattamisen sijaan pääosin muita keinoja. Rakennuksen suunnitteluperiaatteena on tehdä rakennuksen ulkovaipasta tiivis ja lämpöä hyvin pitävä kokonaisuus. Energiasuunnitelman mukaisesti vaipan ominaisuuksiin keskittymisen lisäksi rakennuksessa kiinnitetään erityishuomiota energiatehokkaisiin ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmiin sekä erityisesti lämmönjakojärjestelmiin. Lisäksi rakennuksessa on sekä aurinkolämpö- että aurinkosähköjärjestelmät.

7.1 Käyttövaiheen energiankulutus

Onnelanpolun sähkön ostoenergia on yhteensä 424 745 kWh vuodessa. Tämän lisäksi kohteessa käytetään vuosittain paikalla tuotettua aurinkoenergiaa 5 900 kWh. Lämmön ostoenergiamäärä vuodessa on 425 141 kWh ja tämän lisäksi kohteessa käytetään uusiutuvaa lämpöenergiaa 130 000 kWh.

Rakennusmääräysten minimitason mukaisen kerrostalon vaatimus E-luvulle on 130 kWh/m², a. Laskennassa vertailutalon E-luvun oletetaan muodostuvan Onnelanpolkua vastaavalla jakaumalla (sähkö 70 %, lämpö 30 %).

Tällä laskentaoletuksella sähköenergian kulutuksen osuudeksi E-luvusta saadaan vertailurakennuksessa 91 kWh/m² ja lämpöenergian kulutuksen osuudeksi 39 kWh/m². Ottaen huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelman D3:n mukaiset energiamuotojen kertoimet (sähkö 1,7 ja lämpö 0,7), saadaan sähkön ostoenergian kulutukseksi vertailurakennuksessa 53,5 kWh/m² ja ostettavan lämmitysenergian kulutukseksi 55,7 kWh/m². Rakennustasolla nämä tarkoittavat 870 000 kWh sähkön ostoenergian vuosikulutusta ja 910 000 kWh lämmön ostoenergian vuosikulutusta.

Tuloksista nähdään Onnelanpolun käyttövaiheen ostoenergiankulutuksen olevan sekä sähkön että lämmön ostoenergian osalta noin 50 % vertailurakennusta pienemmät.

7.2 Käyttövaiheen kasvihuonekaasupäästöt

Onnelanpolku käyttää 50 vuoden elinkaarensa aikana yhteensä 21 GWh sähköenergiaa ja 21 GWh lämpöenergiaa. Vertailurakennuksen vastaavat lukuarvot ovat 44 GWh sähköenergiaa ja 46 GWh lämpöenergiaa. Onnelanpolun käyttövaiheen energiankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden aikana ovat noin 6 275 t CO₂-ekv. Vastaavasti vertailurakennuksen käyttövaiheen energiankulutus aiheuttaa noin 1 3273 t CO₂-ekv päästöjä rakennuksen 50 vuoden elinkaaren aikana.²

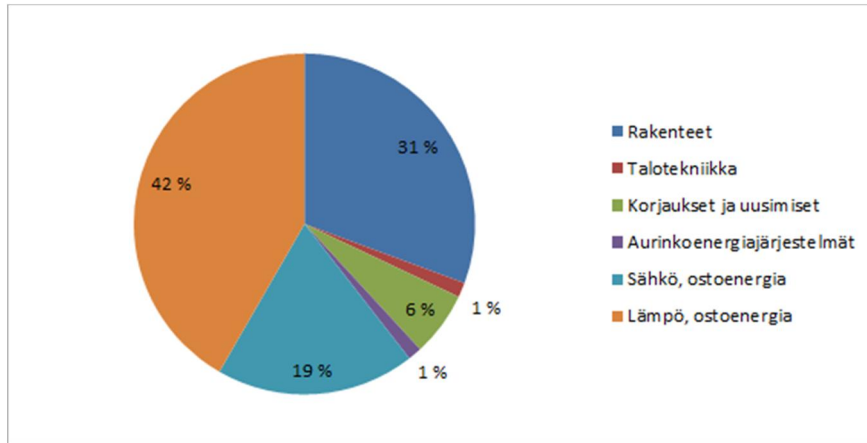
Tuloksista nähdään, että Onnelanpolun käyttövaiheen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 50 % vertailurakennusta pienemmät.

7.3 Elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt

Oheiseen kuvaan 5 on koottu koko Onnelanpolun 50 vuoden elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. Päästöjen kokonaismäärä on 10 370 t (CO₂-ekv), josta suurimman osan muodostaa elinkaarenaikainen lämmön ostoenergia (42 %). Toiseksi suurin päästölähde on sähkön ostoenergia (19 %). Rakennusmateriaalien kokonaisvaikutus päästöihin 50 vuoden elinkaaren aikana on yhteensä 39 %.

² Laskennassa käytetyt kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden ajalle (2014–2054) ovat 92 g/kWh sähkölle ja 203 g/kWh kaukolämmölle. Päästöprofiilien laskenta on esitetty tarkemmin julkaisussa Ruuska et al. (2013) Ympäristöministeriön raportteja 8, Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset.

7. Elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt



Kuva 5. Onnelanpolun kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen, elinkaari 50 vuotta.

Tarkastellussa kohteessa on rakennusmääräysten tasoa vastaavat ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteet. Rakennuksen hyvä energiatehokkuus on kohteessa pääosin kehittyneiden taloteknisten järjestelmien ansiota. Tuloksista nähdään, että talotekniikan materiaalien merkitys rakennuksen elinkaarenaikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin on vain vähäinen. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että edistyksellisen ja energiatehokkaan talotekniikan asentamisella voidaan vaikuttaa rakennuksen elinkaarenaikaiseen energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen merkittäväällä tavalla.

Vertailurakennuksen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat rakenteiden osalta 1 % pienemmät kuin Onnelanpolussa. Lisäksi taloteknisten järjestelmien kasvihuonekaasupäästöt ovat Onnelanpolkua 10 % pienemmät, ja kohde toteutetaan ilman aurinkopaneeleja.

Edellä listattujen erojen seurauksena vertailurakennuksen rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 5 % Onnelanpolun päästöjä pienemmät. Oheiseen taulukkoon 1 on koottu Onnelanpolun ja vertailurakennuksen 50 vuoden elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt.

Taulukko 1. Onnelanpolku ja vertailurakennus, elinkaarenaikaiset (50 v) kasvi-
huonekaasupäästöt (t CO₂-ekv).

	ONNELANPOLKU Päästöt (t, CO ₂ -ekv)	VERTAILURAKENNUS Päästöt (t, CO ₂ -ekv)
Korjaukset ja uusimiset		
Rakenteet	3 176	3 144
Talotekniikka	145	130
Korjaukset ja uusimiset	634	634
Aurinkoenergiajärjestelmät	136	0
Sähkö, ostoenergia	1 954	4 022
Lämpö, ostoenergia	4 322	9 251
Yhteensä	10 366	17 182

Taulukon 1 tuloksista nähdään, että Onnelanpolun elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 40 % vertailurakennusta pienemmät. Ero selittyy suurelta osin vertailurakennuksen suuremmalla sähkön ja lämmön ostoenergian tarpeella, kun materiaaleihin liittyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat samaa tasoa.

8. Laadun varmistaminen rakennusvaiheessa

8.1 Ilmatiiveysmittaukset

Rakennuksen tiiviydellä tarkoitetaan ulkoseinärakenteiden ja joissakin tapauksissa myös väliseinärakenteiden (esim. kerrostalot) ilmanpitävyyttä – miten hallitsemattomat ilmanvuodot rakenteiden läpi on ehkäisty. Rakennuksen ulkoseinärakenteiden ilmanpitävyydellä on tärkeä vaikutus lämpöihtiyyteen ja energiankulutukseen. Rakennuksen ulkovaipan läpi tulevat hallitsemattomat ilmanvuodot voivat aiheuttaa myös terveyshaittoja ja rakennevaurioita.

Rakennuksen hyvällä ilmatiiviydellä saavutetaan seuraavia tuntevia etuja:

- Energiankulutus vähenee.
- Rakenteista tulevat epäpuhtaudet vähenevät (mikrobit ym.).
- Vedontunne vähenee (vuotoilma rakenteista vähenee).
- Kostean sisäilman virtaus rakenteisiin vähenee (kosteusvaurioriski pienee).
- Ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde paranee (tuloilma virtaa iv-koneen kautta, eikä tule vuotoina rakenteista).
- Ilmanvaihto on paremmin hallinnassa (edellyttää tarkkaa ilmanvaihdon säätöä).
- Rakennusvaipan ääneneristävyys paranee.

Rakennuksen ilmavuotolukua tarvitaan lähtötietona mm. lämmöntarpeen laskennassa. Rakennusten ilmanpitävyyttä mitataan tiiviysmittauksella (mittauslaitteisto kuvassa 6). Siinä ulko- ja sisätilan välille aiheutetaan 50 Pa:n (Pascal) ali- ja yli-paine. Kun paine-eron (50 Pa) ylläpitämiseksi tunnin aikana tarvittava ilmavirta jaetaan tutkittavan tilan ilmatilavuudella, saadaan tulokseksi ilmanvuotoluku n_{50} (1/h) ja kun sama ilmavirta jaetaan rakennusvaipan alalla, saadaan tulokseksi ilmanvuotoluku q_{50} [$m^3/(h \cdot m^2)$].

Mitatussa palvelutalossa tiiviysmittaus päätettiin tehdä kaksiosaisena siten, että mitattiin yksittäisten huoneistojen lisäksi myös suurempi kokonaisuus eli yhden rakennusosaston kokonaistiiviys. Yksittäisten huoneistojen mittauksessa tarkasteltiin ulkovaipan lisäksi myös väliseinän välisiä vuotoja, erikoisesti asunnon ja rappu-

käytävän välisiä vuotoja. Yhden rakennussiiven tiiviysmittauksessa mukana oli ulkovaipan tiiviys ilman väliseiniä. Mittauksen aikana rakennuksen ilmanvuoto-
paikkoja etsittiin lämpökameraa ja merkisavua hyödyntäen. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 2.



Kuva 6. Tiiviysmittauslaitteisto (kuva ei ole kohteesta).

Taulukko 2. Ilmatiiveysmittauksen tulokset huoneistoissa ja koko C-siivessä.

asunto	n50 luku (1/h)	q50 luku (1/h)
4	0,9	0,75
17	0,65	0,56
82	0,6	0,39
96	0,75	0,45
109	0,46	0,35
165	0,4	0,32
195	0,39	0,29
223	0,38	0,29
C-siipi	0,45	1,52

8. Laadun varmistaminen rakennusvaiheessa

Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 (2007) mukaan hyvänä ilmapitävyysarvona voidaan pitää kerrostalossa arvoa 0,5–1,5 1/h. Kohteen tavoitteena oli tätäkin parempi arvo eli $n_{50} < 0,4$ 1/h.

Tavoitteeseen ei aivan päästy yhden rakennussiiven kokonaistiiviysmittauksessa. Mittausepävarmuus huomioiden oltiin kuitenkin tavoitteessa. Mittauksessa havaittiin ilmavuotopaikkoja mm. kerrosten liukuovissa, väliovissa muihin kerrokseen sekä ulko-ovien vuotoja.

Yksittäisten huoneistojen mittauksessa tavoite ei täytynyt joka huoneistossa. Tämä johtui osittain siitä, että kaikki huoneistot eivät olleet vielä mittaushetkellä lopullisessa tiiviydessään (erikoisesti huoneiston ja rappukäytävän välisen seinän osalta havaittiin vuotoja). Mittaushetkellä eri kerrokset olivat aivan eri valmistusvaiheessa. Ylimmät kerrokset olivat selvästi alimpia kerroksia valmiimpia. Tämä näkyy selvästi mittaustuloksissa, kun ylimmissä kerroksissa tavoitearvoon päästiin.

8.2 Lämpökamerakuvaus

Kohteen sisäpuolinen ja kattorakenteiden ulkopuolinen lämpökuvaus suoritettiin tiiveysmittausten yhteydessä 10.–12.3.2014. Tiiveysmittauksessa mitatut huone-tilat lämpökuvattiin ensin normaalissa käyttötilanteessa, jolloin mitattiin myös painesuhteet ja huone-tilojen suhteellinen kosteus. Kuvaus toistettiin 50 Pa:n alipaineessa. Mittausten aikana sisälämpötilat vaihtelivat välillä 20–26 °C (normaalitilanne) ja ulkolämpötila oli mittausten aikana 2–8 °C (taulukko 2). Mittauksia edeltävinä öinä ulkolämpötila oli laskenut ajoittain < 0 °C.

Mittausten tavoitteena oli selvittää rakenteiden lämpötekniinen toimivuus ja paikantaa mahdolliset ilmavuotokohtat. Mittausolosuhteet eivät olleet lämpökuvauksen kannalta parhaat mahdolliset, koska ulkoilman lämpötila muuttui yön ja aamun jälkeen. Ulko- ja sisäilman lämpötilaero oli n. 15–19 °C mittausten aikana. Myös auringonpaiste vaikutti joihinkin julkisivuihin erityisesti 12.3. tehtyjen tiiveysmittausten aikana.

Alipaineessa suoritettuna lämpökuvauksen aikana ilmavuotokohtat voidaan paikantaa rajoitettuna ympäristöään kylmempinä alueina. Alipaineessa tehtyjä havaintoja voidaan verrata normaaliolosuhteissa tehtyihin mittauksiin, jolloin ilmavuotokohtat voidaan erottaa mahdollisista kylmäsilloista. Suomessa ei ole määräyksiä alimmista sallituista pintalämpötiloista, mutta käytännössä lämpötekniinen toimivuus määritetään Asumisterveysohjeen [2003] ja -oppaan [2005], sekä Ratusuunnitteluohjeen [2005] mukaan. Alin sallittu pintalämpötila määritellään pintalämpötilaindeksin TI perusteella.

Rakennus oli mittausten aikana keskeneräinen, mikä tuli esille myös lämpökuvauksista. Lisäksi lämmitysjärjestelmä oli toiminnassa, mutta sitä ei ollut säädetty eikä tasapainotettu. Ilmanvaihtojärjestelmä ei ollut toiminnassa. Mitatut huone-tilat olivat mittaussuunnitelmissa 223, 195, 165, 96, 109, 82, 17, 4 ja 10. Huone-tila 10 toimi työmaatoimistona. Lisäksi kuvattiin ensimmäisen ja toisen kerroksen ulos johtavat liukuovet ja muut ulko-ovet sekä savunpoistoluukkuja ja

-ikkunoita niiltä osin kun ne olivat näkyvissä. Ovirakenteet eivät olleet kuvaushetkellä viimeistelyjä. Katolta kuvattiin savunpoistoluukkujen läpiviennit. Huoneistojen olosuhteet ovat taulukossa 3.

Taulukko 3. Huoneistojen lämpökamerakuvauksen olosuhteet.

Kohde	kuvaus- ajankohta (normaali- tilanne)	Sisäläm- pötila, °C normaali- tilanne	Paine- ero, Pa	Ulkoläm- pötila, °C	Sisäläm- pötila, °C 50 Pa:n ali- paine	Ulko- lämpö- tila °C
223	10.3,11:50-	20,5	+8*	5	20	4
195	12:15-	22,5	+7	6	22,5	4
165	12:25-	23,5	+1	6	22	5
96	12:35-	24,5	+2	6	24	6
109	12:50-	25,5	+1	6	25,5	6
82	13:00-	21,5	-2**	6	21	6
17	13:20-	21,5	-5	6	23	6
4	13:30-	21	-6	6	21,5	7
10	13:40	21	-2	6	22	7

*+= ylipaineinen ulkoilmaan nähden, **= alipaineinen ulkoilmaan nähden.

Alipainemittaukset tehtiin 11.3.–12.3. Normaalisissa käyttötilanteessa (tarkkaan ottaen se ei ollut lopullinen käyttötilanne koska ilmanvaihtojärjestelmä ei ollut toiminnassa ja lämmitysjärjestelmä ei ollut säädetty) painesuhdeprofiili noudattaa rakennuksen korkeutta – yläkerroksissa on lievä ylipaine ja alimmissa kerroksissa lievä alipaine. Mitatut tilat olivat myös pääsääntöisesti yllämpöisiä.

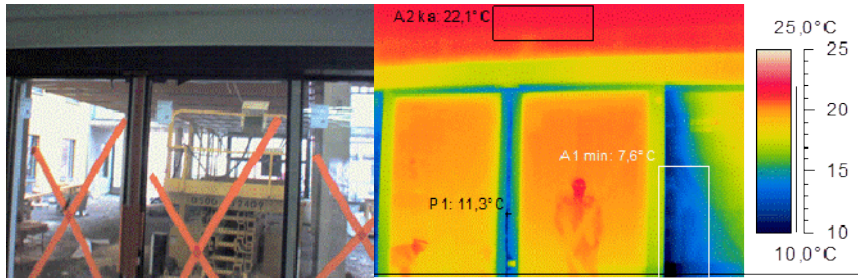
Normaalisissa käyttötilanteessa huoneiden ulkoseinärakenteissa ei havaittu erityisiä puutteita. Jos käytetään Asumisterveysohjeen ja Ratu-lämpökuvausohjekortin [Rakennusten lämpökuvaus] mukaisia kriteerejä, pintalämpötilaindeksiä $TI = 70\%$ ja $TI = 61\%$, ei alitettu huoneiloihin liittyvissä ulkoseinärakenteissa. Paikottaista tiivistekatkosten ja tiivisteiden aiheuttamaa ilmavuotoa esiintyi joissakin ikkunoissa ja parvekkeen ovissa.

Tiivysmittauksissa havaittiin kolmannen kerroksen huoneistojen 82–81 ja 96–95 väliseinissä ilmavuotoa, joka voitiin paikallistaa savuilla. Ilmavuotokohtina olivat sähkö- ja tiedonsiirtokaapelointien läpiviennit ja -rasiat. Koska kyseessä oli sisäinen ilmavuoto tilasta toiseen, sitä ei lämpökuvauksella voitu havaita koska ilmavuoto ei aiheuttanut pintalämpötilaeroja. Rakennuksen alimmat kerrokset olivat vielä keskeneräisiä, joten lopullinen tiiveystaso tulee paranemaan edellyttäen että läpiviennit tiivistetään huolellisesti. Myös muissa mitatuissa alimman kerroksen huoneistoissa esiintyy paikallisia läpivientien aiheuttamia sisäisiä ilmavuotokohtia, kuten huoneistoissa 4, 17 ja 10, joissa oli tilojen välistä ilmavuotoa, osittain rakenteiden keskeneräisyyden takia.

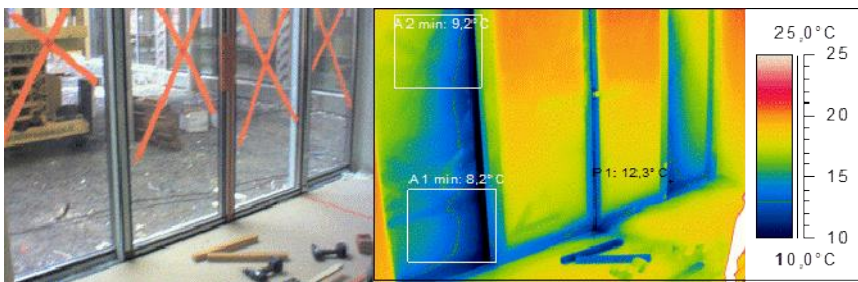
Mittauksissa ensimmäisen ja toisen kerroksen liukuovet sekä osa ulko-ovista eivät toimineet lämpöteknisesti asianmukaisella tavalla (kuvat 7, 8 ja 9).

8. Laadun varmistaminen rakennusvaiheessa

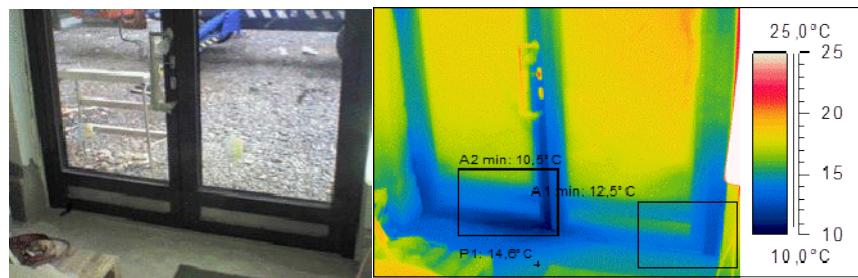
Ovien asennusta ei kuitenkaan ollut vielä viimeistelty, joten lopullista toimivuutta ei tämän tuloksen perusteella voida arvioida. Erityisesti alakerran ruokailutilojen lähellä oleva liukuovi saattaa aiheuttaa vedontunnetta, ellei sen toimivuutta ole varmistettu (kuvat 7 ja 8).



Kuva 7. Liukuoven yläosa (pohjakerros, ravintola).

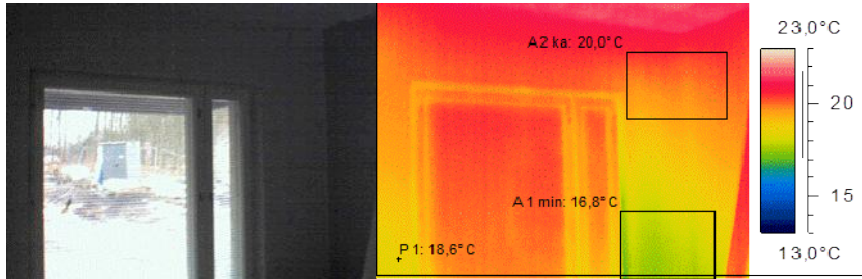


Kuva 8. Liukuoven alaosa.

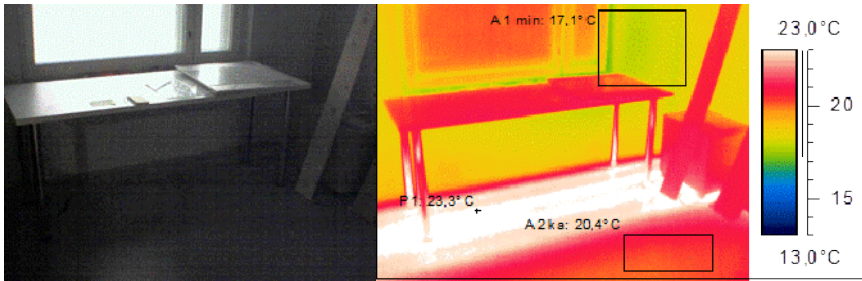


Kuva 9. Ulko-oven alaosa.

Huonetilan 10 (työmaatoimisto) ulkoseinän ja päätyseinän nurkassa oli ympäristöään kylmempi alue mutta tiiviysmittauksen aikana, kun aurinko oli vaikuttanut seinärakenteeseen, ei lämpötilaeroja havaittu (kuvat 10–11).

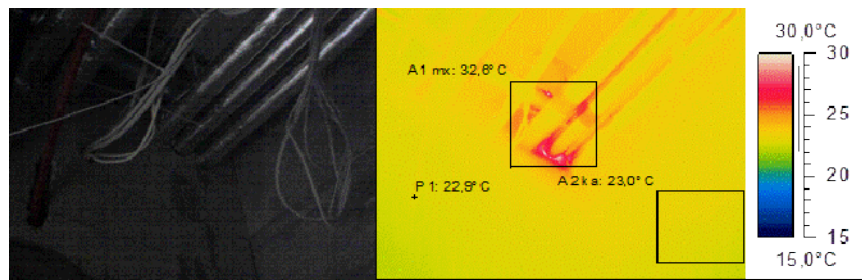


Kuva 10. Huonetila 10, ulkonurkka.



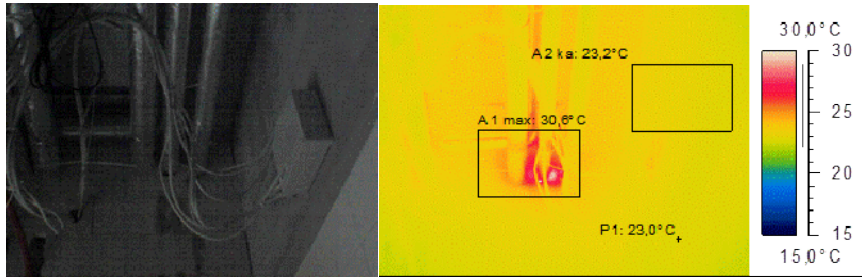
Kuva 11. Huonetila 10, ulkonurkka.

Lämmitysjärjestelmän säätämättömyyden takia huonelämpötilat olivat suhteellisen korkeita. Lämpökuvissa ulkoseinän lähellä olevat lattialämmitysputket erottuivat selvästi, kuten myös alhaalta päin kuvatusta huoneistojen välisestä välipohjasta. Kun rakennus on valmis, lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säädöillä varmistettaneen asianmukainen toimivuus. Heikoin ilmavuotoluku oli huoneistossa 4, jossa on maanvarainen lattia. Ilmavuodot olivat lähinnä rakennuksen sisäisiä ilmavuotoja, mutta ilmavuotoa oli jonkin verran parvekkeen oven tiivisteistä (kuvat 12, 13 ja 14).

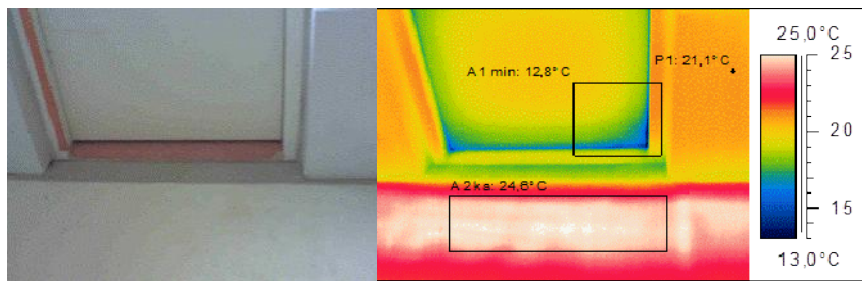


Kuva 12. Huoneisto 4, läpivienti. Lämpökamerakuvaus 50 Pa:n alipaineessa.

8. Laadun varmistaminen
rakennusvaiheessa



Kuva 13. Huoneisto 4, PH-keittön väliseinä. Lämpökamerakuva 50 Pa:n alipaineessa, vrt. edellinen kuva.



Kuva 14. Huoneisto 4, parvekkeen ovi. Kuva 50 Pa:n alipaineessa.

9. Yhteenveto, kokemukset ja projektista opittua

Lahden vanhusten asuntosäätiö rakennutti vuosina 2011–2014 lähes nollaenergiatasoisen vanhusten palvelukodin vanhuksille Lahden keskustaan. Talossa on noin 160 asuntoa, ruokala sekä palvelu- ja yhteistiloja. Asumisen pääteemana oli elinkaariasuminen, jolloin asukas pystyy asumaan samassa ympäristössä kunnon muuttuessa. Valtaosa asukkaista on heikkokuntoisia vanhuksia. Joukossa on myös dementiapotilaita, joille on varattu oma, turvallinen sisäpiha.

Rakennusteknisesti yhdeksi päätavoitteeksi asetettiin, että uudet rakennukset ylittäisivät merkittävästi voimassa olevien määräysten vaatimukset energiatehokkuudelle ja saavuttaisivat ns. lähes nollaenergiatalon tason. Ostoenergiankulutuksen tavoitteeksi asetettiin 60 kWh/m². Mittakaavassaan hanke oli Suomessa ainutlaatuinen.

Valittu huippuenergiatehokas ratkaisu perustuu monipuoliseen kaukolämmön hyödyntämiseen, rakennuksen energiankulutuksen minimointiin laite- ja valaistusratkaisuin sekä ilmais- ja hukkaenergiavirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Rakennuksen lämmitys- ja viilennys perustuvat matalaenergiaperiaatteeseen, eli lämmitys ja viilentäminen tuotetaan lähellä sisäilman lämpötilatasoa olevilla ratkaisuilla.

VTT osallistui projektissa seuraaviin osiin:

- hankintamenettelyohje
- suunnitteluohje
- purkuanalyysi
- elinkaarikustannusanalyysi
- elinkaaripäästöanalyysi
- rakennusaikainen laadun varmistaminen.

Projektissa laadittu hankintamenettelyohje rakennuttajille keskittyi erityisesti lähes nollaenergiatalon energiaratkaisujen hankintaan. Se perustuu Onnelanpolun hankintamenettelystä saatuihin kokemuksiin.

Onnelanpolun toteuttamismuodoksi valittiin kokonaisvastuurakentaminen eli KVR-urakkamenettely, jossa rakennusurakoitsijalle annettiin kokonaisvastuu rakennuksen toimivuudesta. Tämä sisältää sekä suunnittelun että rakentamisen. Tilaajan vastuulle jäi tällöin hankkeen tavoitteiden asettaminen, toteutuksen valvonta ja käyttöönotto. Valinnan perusteena oli rakentamiseen liittyvän

kokonaisvastuun yksilöiminen yhdelle toimijalle. Tätä hankintamuotoa voidaan suositella suurten lähes nollaenergiatalon tasoisten rakennusten hankintaan.

Urakoitsijan valinta perustui tarjouskilpailuun. Tarjouspyynnössä on tärkeää määrittää tarjousasiakirjojen määrä ja sisältö eri valintakriteerien osalta. Tämä nopeuttaa ja helpottaa tarjousten vertailua sekä selkeyttää tarjoajien työtä. Valintakriteerien valinnalla on suora kytkentä tarjousten sisältöön ja rakenteeseen.

Projektissa tehtiin suunnittelijoille ohjenuoraksi lähes nollaenergiatalon suunnitteluohje. Sen keskeisin havainto on, että energiatehokkaan kokonaisuuden aikaansaaminen ei onnistu rakennuksen muusta suunnittelusta, toteutuksesta ja käytöstä irrallaan tehtävillä energiaratkaisuilla. Pikemminkin voidaan sanoa, että huippuenergiatehokkaan kohteen toteuttaminen vaatii panostusta läpi kokonaisuusprosessin. Jo esisuunnitteluvaiheessa energiatehokkuustavoitteiden on oltava selkeitä. Eri osapuolien kesken täytyy selkeästi määritellä projektin tavoitteet, varmistaa niiden tuleminen ymmärretyksi, sitouttaa osapuolet tavoitteisiin ja määritellä vastuut.

Suunnitteluvaiheessa tehtäviä valintoja on syytä punnita niiden käytönaikaisten kumulatiivisten vaikutusten mukaisesti. Kustannuksiltaan kalliimpi suunnitteluratkaisu voi rakennuksen elinkaaren tai valitun investointijakson aikana muodostua edullisemmaksi. Monesti lisäkustannusta ei edes muodostu, vaan riittää, että energia-asiat on pidetty mielessä ja otettu huomioon läpileikkaavasti kaikessa suunnittelussa.

Rakennuksen lopullinen energiatehokkuus riippuu ratkaisevasti käyttäjän toiminnasta rakennuksen käytön aikana. Rakennuksen energiankulutusta on syytä seurata, jotta voidaan varmistua suunniteltuvaiheessa sovittujen tavoitteiden täytymisestä. Mahdolliset poikkeamat kulutuksessa johtuvat joko rakennuksen suunniteltua alemmasta suorituskyvystä tai virheellisestä käytöstä. Kummassakin tapauksessa seuranta mahdollistaa ongelman syyn selvittämisen ja korjaavat toimenpiteet. Seurannan toteuttaminen tulee suunnitella ja vastuut ja mahdolliset korjausvelvoitteet määritellä jo tarjouspyyntövaiheessa.

Onnelanpolku-hankkeessa purettujen rakennusten purkamisesta laadittiin purkuanalyysi, jonka tarkoituksena oli dokumentoida pääpiirteittäin purkamisen kulku sekä tarjota osviittaa tuleville vastaaville rakennusprojekteille purkamisen suunnitteluun ja toteutukseen. Selvityksessä käsitellään keskeiset kohdat lainsäädäntöä ja määräyksiä purkamista koskien. Se esittelee purkamisen valmistelun osapuolet, tehtävät ja vastuut sekä varsinaisen purkamisen menetelmät ja työvaiheet. Erityistä huomiota kiinnitettiin purkujätteen käsittelyyn ja käsiteltyjen purkukohteiden jätteistä annettiin jaakohtaiset erittelyt.

Projektin kustannukset arvioitiin elinkaarikustannusanalysissä. Se olisi aina syytä toteuttaa tarjouskilpailuvaiheessa, koska rakennuksen elinkaarikustannukset paljastavat rakennuksen todelliset käyttökustannukset korkojen vaikutukset mukaan lukien. Tällöin laskennan tuloksia olisi mahdollista hyödyntää päätöksenteon tukena jo urakan tarjouskilpailuvaiheessa. Elinkaarikustannus-tarkastelu tarjoaa suunnittelijoiden lisäksi myös asiakkaille perusteluita esimerkiksi energiatehokkuusinvestoinneille, mikä kannustaa energiatehokkuutta parantavien rakenteiden ja laitteiden asentamiseen. Tässä tutkimuksessa päädyttiin

tarkastelemaan energiatarpeiden (sähkö ja kaukolämpö) ja ylläpitokustannusten vaikutuksia kokonaiselinkaarikustannuksiin. Tutkimuksen arvioiduilla lähtöarvoilla laskettuna palvelutalon elinkaarikustannukset 20 vuoden tarkasteluajalla ovat noin 7,7 miljoonaa euroa. Merkittävä elinkaarikustannusten suuruuteen vaikuttava riski liittyy ylläpitokustannuksiin ja niiden tulevaisuuden kehitykseen. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että elinkaarikustannuslaskennan tarkkuus on riippuvainen muun muassa lähtöarvojen tarkkuudesta sekä oletusten ja ennusteiden toteutumisesta. Elinkaarikustannuslaskennan tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on monia, ja jokaista kustannusta ja kustannukseen vaikuttavaa tekijää on mahdoton huomioida – etenkin, kun tarkastelu-aika on pitkä. Elinkaarikustannuslaskennan lopputuloksia on siis tulkittava harkiten.

Onnelanpolun päästöistä tehtiin myös elinkaarianalyysi. Onnelanpolun 50 vuoden elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat 10 370 t (CO₂-ekv), josta suurimman osan aiheuttaa elinkaarenaikainen lämmön ostoenergia (42 %). Toiseksi suurin päästölähde on sähkön ostoenergia (19 %). Rakennusmateriaalien kokonaisvaikutus päästöihin 50 vuoden elinkaaren aikana on yhteensä 39 %. Elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 40 % tavanomaista vertailurakennusta pienemmät. Ero selittyy suurelta osin vertailurakennuksen suuremmalla sähkön ja lämmön ostoenergian tarpeella. Materiaaleihin liittyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat samaa tasoa molemmissa taloissa.

Tuloksista nähdään näin ollen, että talotekniikan materiaalien merkitys rakennuksen elinkaarenaikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin on varsin vähäinen. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että edistyksellisen ja energiatehokkaan talotekniikan asentamisella voidaan vaikuttaa rakennuksen elinkaarenaikaiseen energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen merkittäväällä tavalla. Aurinkosähkö- ja lämpöjärjestelmien päästöt ovat suhteellisen suuret. Silti näiden tuomat edut vältetyissä päästöissä havaittiin noin kymmenkertaisiksi niiden valmistuksen aiheuttamiin päästöihin verrattuna.

Rakennuksen laadun varmistamista tehtiin rakennusvaiheessa ilmatiiveysmittauksin sekä lämpökamerakuvausella. Hyvällä ilmatiiveydellä tavoitellaan useita etuja energiansäästöön, puhtaaseen huoneilmaan, vähäiseen vedontunteeseen, rakenteiden suojelemiseen, ilmanvaihdon hallintaan ja äänieristykseen liittyen. Kohteen tavoitteena oli ilmanpitävyysarvo $n_{50} < 0,4$ 1/h.

Mitatussa palvelutalossa tiiviysmittaus päätettiin tehdä kaksiosaisena siten, että yksittäisten huoneistojen lisäksi mitattiin myös suurempi kokonaisuus eli yhden rakennussiiven kokonaistiiviys. Yksittäisten huoneistojen mittauksessa tarkasteltiin ulkovaipan lisäksi myös väliseinän välisiä vuotoja, erikoisesti asunnon ja rappukäytävän välisiä vuotoja.

Tavoitteeseen ei aivan päästy yhden rakennussiiven kokonaistiiviysmittauksessa. Mittausepävarmuus huomioiden oltiin kuitenkin tavoitteessa. Mittauksessa havaittiin ilmavuotopaikkoja mm. kerrosten liukuovissa, väliovissa muihin kerroksiin sekä ulko-ovissa.

Rakennuksen toimivuudelle tulisikin asettaa kohteesta riippuen yksityiskohtaiset tavoitteet ja määrittää ne tekijät, menetelmät ja indikaattorit, joita rakennusvaiheiden aikana seurataan. Kysymyksessä on toimivuuden varmistusmenettelyn

(ToVa) soveltaminen³. Onnelanpolku-tyyppisessä kohteessa sisäolosuhteiden seuranta olisi erittäin tärkeää. Myös rakennuksen käytönaikaisessa monitoroinnissa tuli ottaa huomioon toimivuustavoitteet ja suunnitella rakennuksen mittarointi palvelemaan energia- ja kiinteistöhallinnan tavoitteita. Tällöin voidaan arvioida myös elinkaaritavoitteiden toteutumista.

Lähes nollaenergiatalon suunnittelussa keskeiseksi tekijäksi muodostuu huolellinen ja energiankulutuksen kokonaisvaltaisesti huomioiva suunnittelu, mikä vaatii hyvin toimivaa yhteistyötä ja korkeaa ammattitaitoa eri osapuolilta, etenkin rakennussuunnittelulta, tekniseltä suunnittelulta ja urakoitsijalta. Tätä tavoitetta voidaan edistää soveltamalla hankkeeseen kokonaisvastuurakentamista, jossa rakennusurakoitsijalle annetaan kokonaisvastuu rakennuksen toimivuudesta, joka sisältää sekä suunnittelun että rakentamisen. Sekä kustannuksissa että päästöissä on tarkastelu syytä ulottaa koko rakennuksen elinkaarelle rakentamisen aikaisen näkökulman sijaan. Onnelanpolun elinkaarianalyysi osoittaa, että elinkaaren kannalta käytönaikaiset päästöt ovat määräävässä asemassa verrattuna rakennusmateriaalien aiheuttamiin päästöihin. Teknisen ja taloudellisen tarkastelun lisäksi on tärkeää valvoa rakennusaikaista laatua, sillä sen merkitys tulevalle sisäympäristölle on ratkaiseva.

9.1 Rakentamisen aikainen laadunvarmennus

Uusien rakennusten ilmanpitävyys tulee mitata ennen käyttöönottoa. Mikäli rakennus on keskeneräinen, tulokset eivät vastaa valmiin rakennuksen tiiviyyttä. Tiiviys tulee mitata viimeistään käyttöönottoaiheessa, jotta mahdolliset puutteet voidaan korjata ajoissa. Koko rakennuksen ilmavuotoluku voidaan määrittää omaa ilmanvaihtojärjestelmää käyttäen, joka on huomattavasti yksinkertaisempaa isossa rakennuksessa kuin tiiviyskoepuhaltimen käyttö. Puutteena on mittauksen tarkkuus, joka on tiiviyskoepuhaltimella (blower-door) mitattua heikompi. Tulokset saattavat poiketa 10–15 % tiiviyskoepuhaltimella mitatusta. Omilla ilmanvaihtolaitteilla mitattu tulos antaa kuitenkin suuntaa antavan tuloksen, jota voidaan tarvittaessa muilla menetelmillä tarkentaa.

Asuinkerrostalojen suurimmat vuotokohteet ovat yleensä olleet porraskäytävissä (ulko-ovet, savupoisto, hissikuilu). Sisäisillä ilmavuodoilla ei ole kokonaistiiviyyteen nähden suurta merkitystä ellei vuotoreitti johda ulkoseinärakenteiden läpi (esim. sähköputkitukset), mutta sisäilman laadun kannalta niillä on suuri merkitys (hajut, käryt äänen kulkeutuminen).

Ilmavuotokohtat tulee aina paikantaa joko lämpökameralla tai merkkisavuilla. Ulkoseinärakenteiden ilmavuodot alipaineessa voidaan aina paikantaa lämpö-

³ Pietiläinen, Jorma; Kauppinen, Timo; Kovanen, Keijo; Nykänen, Veijo; Nyman, Mikko; Paiho, Satu; Peltonen, Janne; Pihala, Hannu; Kalema, Timo; Keränen, Hannu. 2007. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo, VTT. 173 s. + liitt. 56 s. VTT Tiedotteita – Research Notes; 2413 ISBN 978-951-38-6969-4; 978-951-38-6970-0 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>

kameralla kylmänä vuodenaikana vertaamalla niitä vielä ns. normaalissa käyttötilanteessa otettuihin lämpökuvuihin. Ilmavuotokohtien ympäristö jäähtyy normaaliolosuhteissa otettuihin kuviin verrattuna. Mikäli kyseessä on puhdas kylmäsilta, pintalämpötila ei merkittävästi laske alipaineessa. Usein kylmäsilat ja ilmavuodot liittyvät kuitenkin toisiinsa.

Normaali käyttötilanne edellyttää ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotusta, ja sisätilojen alipaine ulkoilmaan nähden tulee olla < 10 Pa. Jos alipaine tästä merkittävästi kasvaa, se voi aiheuttaa vetoa mikäli ilmavuodot ovat keskittyneet yhteen kohtaan, kuten parvekkeen oveen.

Tiiviissäkin rakenteessa keskittyneet ilmavuodot ja kylmät suuret pinnat aiheuttavat vetoa. Lisäksi sisäolosuhteet ja lämpöihtiivyyys riippuvat myös käyttäjistä – vanhemmat ja mahdollisesti liikuntarajoitteiset henkilöt saattavat kokea vetoa herkemmin kuin nuoremmat ja hyväkuntoiset ihmiset.

Palvelu- ja senioriasuintalojen sisäolosuhteiden tulisikin olla suunnitelmien mukaiset, ja rakennuksen monitorointi pitää olla sillä tasolla että sisäolosuhteet voidaan tilakohtaisestikin todentaa, mikäli mahdollista.

Onnelanpolun lämpökuvauksissa ei havaittu merkittäviä puutteita rakenteiden lämpöteknisessä toimivuudessa. Mittausolosuhteet eivät kuitenkaan olleet parhaat mahdolliset. Kohteessa täytyy kiinnittää huomiota suurien liukuovien ja ulko-ovien toimivuuteen.

Lähdeluettelo

- Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriö. Oppaita 2003-1. ISBN 952-00-1301-6. Helsinki 2003.
- Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysministeriö, kustantaja Ympäristö ja Terveys-lehti, Pori 2005.
- Paloniitty, S. & Kauppinen, T. 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Rakennusteollisuus RT ry. Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. ISBN 952-5472-44-2. Jyväskylä.
- Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen, J.M. & Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Espoo. VTT Tiedotteita – Research Notes 2409. Viitattu 5.12.2013. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>
- Pöyry. 2011. Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa. Helsinki: Pöyry. Energiateollisuus ry:n julkaisu 8/2011. Viitattu 5.12.2013. Saatavilla: http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon_asema_suomen_energiajarjestelmassa_tulevaisuudessa_poyrypdf.pdf
- Rakennusten lämpökuvaus. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus. RT-ohjekortti RT 1410850.
- Rakennusteollisuus RT ry. Ratu-suunnitteluohje 1213-S. Rakennuksen lämpökuvaus. Ohjetiedosto, Rakennustieto 2005.

Title	Nearly zero energy building for elderly Procurement, planning and implementation
Author(s)	Mari Sepponen, Pekka Tuominen, Antti Ruuska, Antti Knuuti, Jarmo Laamanen, Timo Kauppinen, Teemu Vesänen
Abstract	<p>The Lahti Foundation for Housing for the Elderly (Lahden vanhusten asuntosäätiö) had a nearly zero energy retirement home built in downtown Lahti in 2011–2014. The building has about 160 apartments (including for dementia patients) as well as a canteen and common areas. One of the main objectives of the new building was to go beyond building regulations' requirements for energy efficiency and reach the nearly zero energy building level. Considering the scale of the project, it was unique in Finland.</p> <p>The building complex was realized in phases by first demolishing the existing housing that was in a bad condition and then building the new home. The floor area of the building was doubled and the space use efficiency was improved.</p> <p>In addition to the practical implementation of the project, it also included preparing a model for future very energy efficient retirement homes supported by the Housing Finance and Development Centre (ARA) and the Finnish Innovation Fund (Sitra). The experiences relating to nearly zero energy buildings gained from the Onnelanpolku project were published in three reports in Finnish: Instructions for developers on the procurement of nearly zero energy buildings (Hankintamenetelyohje rakennuttajalle, ARAn raportteja 3/2013), Planning guide for a nearly zero-energy building (Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet, ARAn raportteja 2/2013) and Analysis of the demolition of a retirement home from the 70's (70-luvun vanhusten asuintalon purkuanalyysi, ARAn raportteja 1/2013).</p> <p>The energy solution in the building is based on the diverse use of district heat, high level of energy efficiency and the reuse of waste energy. Housing for the elderly entails special requirements for the indoor climate because the activity level and the metabolism are reduced with old age, and especially when some of the occupants are dementia patients. Therefore special care was given to ensure indoor thermal comfort (indoor temperature uniformity over the seasons, draft-free spaces and a comfortable heat distribution method) as well as good indoor air quality.</p> <p>This report is a summary of the Onnelanpolku project, including lessons learned concerning the procurement of nearly zero-energy house energy solutions, design and implementation. The report also provides summaries of the life-cycle emissions and the costs incurred and quality assurance measurements done during the construction phase.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8258-7(URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online)
Date	June 2014
Language	Finnish
Pages	36 p.
Name of the project	Lahden palvelutalo - Onnelanpolku
Commissioned by	Lahden vanhusten asuntosäätiö
Keywords	Nearly zero energy building, elderly home, procurement, life cycle costs, life cycle emissions.
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. +358 20 722 111

Nimeke	Lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo Hankinta, suunnittelu ja toteutus
Tekijä(t)	Mari Sepponen, Pekka Tuominen, Antti Ruuska, Antti Knuuti, Jarmo Laamanen, Timo Kauppinen, Teemu Vesänen
Tiivistelmä	<p>Lahden vanhusten asuntosäätiö rakennutti vuosina 2011–2014 lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelukodin vanhuksille Lahden keskustaan. Talossa on noin 160 asuntoa (osa dementia-asukkaille), ruokala sekä palvelu- ja yhteistiloja. Yhdeksi päätavoitteeksi asetettiin, että uudet rakennukset ylittäisivät merkittävästi voimassa olevien määräysten vaatimukset energiatehokkuudelle ja saavuttaisivat ns. lähes nollaenergiatalon tason. Hankkeen mittaluokan huomioiden se oli Suomessa ainutlaatuinen.</p> <p>Rakennuskokonaisuus toteutettiin purkamalla vaiheittain vanhat, huonokuntoiset asuntolat ja rakentamalla tilalle uusi palvelukoti. Rakennuksen kerrosala kasvoi liki kaksinkertaiseksi, eli tila lisääntyi ja sen käytön tehokkuus parani huomattavasti. Käytännön toteutuksen ohella hankkeessa valmisteltiin malli tulevaisuuden huippuenergiatehokkaalle palvelutalolle Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) ja Suomen itsenäisyyden juhlarahaston (Sitra) tuella. Onnelanpolun hankkeen kokemusten pohjalta julkaistiin kolme raporttia suuriin lähes nollaenergiataloihin liittyen: hankintamenettelyohje rakennuttajalle (ARAn raportteja 3/2013), suunnitteluohjeet (ARAn raportteja 2/2013) ja vanhan betonirakenteisen kerrostalon purkuanalyysi (ARAn raportteja 1/2013).</p> <p>Rakennuksen energiaratkaisu perustuu monipuoliseen kaukolämmön hyödyntämiseen, hyvään energiatehokkuuteen sekä ilmais- ja hukkaenergiavirtojen tehokkaan hyödyntämiseen. Ikäihmisten asuminen asetti erityisvaatimuksia sisäilmatolle, koska vanhemmiten aktiviteetti ja aineenvaihdunta pienenevät ja osalla asujilla on esimerkiksi dementiaa. Erityisenä tavoitteena oli siksi myös varmistaa sisäolosuhteiden terminen viihtyisyys (sisälämpötilojen tasaisuus eri vuodenaikoina, vedottomuus ja käyttäjien kannalta miellyttävä lämmönjakotapa) sekä sisäilman hyvä laatu.</p> <p>Tämä julkaisu on yhteenveto Onnelanpolku-hankkeessa kertyneistä kokemuksista ja opeista liittyen lähes nollaenergiatalon energiaratkaisujen hankintaan, suunnitteluun ja toteutukseen. Lisäksi raportissa on yhteenvetot elinkaaren aikaisista päästöistä ja kustannuksista, sekä rakentamisvaiheessa tehdyistä laadunvarmistusmittauksista.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8258-7 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)
Julkaisu-aika	Kesäkuu 2014
Kieli	Suomi
Sivumäärä	36 s.
Projektin nimi	Lahden palvelutalo - Onnelanpolku
Toimeksiantajat	Lahden vanhusten asuntosäätiö
Avainsanat	Nearly zero energy building, elderly home, procurement, life cycle costs, life cycle emissions.
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111