



# Oulun keskustan terveysasema, Suomi

## Energiatehokkuuden parantaminen Total Concept -menetelmällä



<b>Tilaja:</b>	Oulun kaupungin tilakeskus
<b>Hankkeen toteuttaja:</b>	Bionova Oy
<b>Versio:</b>	Versio 1
<b>Päivämäärä:</b>	24.4.2015

Raporttimalli on laadittu osana hanketta ”Total Concept -menetelmä muiden kuin asuinrakennusten energiankulutuksen huomattavaa vähentämistä varten”, jota tuetaan Älykäs energiahuolto Euroopassa -ohjelmalla. Sopimuksen numero: IEE/13/613/SI2.675832  
Hankkeen verkkosivusto: [www.totalconcept.info](http://www.totalconcept.info)

Versio 1.1, lokakuu 2014



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**Vastuuvapauslauseke**

*Tekijöillä on täysi vastuu tämän julkaisun sisällöstä. Julkaisu ei välttämättä heijasta Euroopan unionin mielipidettä. EACI ja Euroopan komissio eivät vastaa tässä julkaisussa olevien tietojen käytöstä.*

## Sisällysluettelo

1	Tausta .....	5
2	Hankkeen laajuus ja menetelmät .....	7
3	Rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien tämänhetkinen tila .....	9
3.1	Rakennus ja sen muoto .....	9
3.2	Rakennuksen käyttö.....	10
3.3	Sisäilmasto.....	11
3.4	Rakennuksen vaippa.....	12
3.4	Tekniset järjestelmät.....	12
3.4.1	Ilmanvaihto.....	12
3.4.2	Lämmitys.....	13
3.4.3	Jäähdytys .....	13
3.4.4	Valaistus .....	14
3.4.5	Koneet .....	14
3.4.6	Vesihuolto ja lämmin talousvesi.....	14
3.4.7	Teknisten laitteiden valvonta- ja seurantarjestelmät.....	15
4	Energian ja resurssien käyttö.....	16
4.1	Energian ja resurssien käyttöä koskevat tilastot .....	16
4.2	Energiatehokkuusparannusten lähtökohta ja energian loppukäyttäjät.....	16
	Rakennuksen tasoa nostavat toimenpiteet .....	19
5	Hahmotellut energiansäästötoimenpiteet.....	20
5.1	Toimenpide 1 Pääaulan ovet ja ikkunat vaihtoon.....	20
5.2	Toimenpide 2 Vesihanojen vaihto.....	21
5.3	Toimenpide 3 Päärakennuksen yläpohjan eristäminen.....	22
5.4	Toimenpide 4 Julkisivun eristäminen.....	23
5.5	Toimenpide 5 LED sisävalaistus .....	24
5.6	Toimenpide 6 Uusittu tehokkaampi LTO IV01-, IV05- ja IV06-koneisiin.....	25
5.7	Toimenpide 7 CO2 ohjaus ja uudet puhaltimet IV02 ja puhaltimien uusinta IV03 .....	26
5.8	Toimenpide 8 IV04 LTO, tehokkaammat puhaltimet ja tarpeenmukainen ohjaus.....	27
6	Total Concept -menetelmään perustuva toimenpidepaketti .....	29
6.1	Kannattavuuslaskelmien syöttötiedot.....	29
6.2	Tulokset.....	30
7	Johtopäätökset .....	33
	Liite 1: Rakenteiden U-arvot .....	34
	Liite 2: Ilmavaihtojärjestelmien tekniset tiedot .....	36

Liite 3: Rakennuksessa toimivat sähkölaitteet .....	36
Liite 4: Valaistusmäärät .....	37

# 1 Tausta

Tämän raportin on kirjoittanut Bionova Oy osana projektia The BTC, BELOK Total Concept”, jota tukee Nordic Innovation. Projektin tavoitteena on edistää Total Concept –metodin käyttöä kolmessa pohjoismaassa: Tanskassa, Ruotsissa ja Suomessa. Total Concept –metodin alkuperäisen kehitystyön on tehnyt BELOK Group, joka koostuu 17 Ruotsin suurimmasta ei-asuttavien kiinteistöjen omistajaorganisaatiosta.

Total Concept on metodi, jolla parannetaan ei-asuttavien rakennusten energiatehokkuutta systemaattisella lähestymistavalla. Tavoitteena on saavuttaa maksimaalinen taloudellisesti kannattava energiansäästö. Metodissa luodaan yksittäisiä energiatehokkuustoimenpiteistä koostuva toimenpidepaketti, joka kokonaisuutena täyttää kohteen omistajan asettaman kannattavuusvaatimukset. Kannattavuuden saavuttamisen edellytyksenä on, että koko toimenpidepaketti toteutetaan.

Projektisuunnitelman mukaisesti Total Concept –metodi tullaan toteuttamaan valituissa ei-asuttavassa rakennuksessa Suomessa ja muissa osallistuvissa maissa. Tämän perusteella metodia ja sen kaupallisia edellytyksiä kehitetään eteenpäin. Suomesta valittiin pilottirakennuksiksi tässä raportissa käsitelty Oulun kaupungin omistama Oulun keskustan terveysasema sekä Tampereen kaupungin omistama Tampere-talo.

Tässä raportissa on esitetty Total Concept –metodin ensimmäisen vaiheen tulokset. Ensimmäisessä vaiheessa kohteesta tehdään yksityiskohtainen energia-auditointi, jossa pyritään löytämään mahdollisimman monia toimenpiteitä, joilla voidaan säästää energiaa. Toimenpiteiden energiansäästöt lasketaan, niiden investointikustannukset arvioidaan ja näiden tietojen perusteella toimenpiteistä kootaan toimenpidepaketti, joka kokonaisuutena täyttää rakennuksen omistajan / investorin kannattavuusvaatimukset.

Työ kohteen parissa alkoi lokakuussa 2014. Projektissa ovat olleet mukana seuraavat henkilöt:

Osallistuja	Yhteystiedot
<i>Bionova Oy</i>	
Tytti Bruce	tytti.bruce@bionova.fi
Pierre Stassen	pierre.stassen@bionova.fi
<i>Oulun kaupungin tilakeskus:</i>	
Timo Ojanperä	timo.ojanpera@ouka.fi
Riikka Vesteri	riikka.vesteri@ouka.fi

## 2 Hankkeen laajuus ja menetelmät

Tämän projektin tavoitteena on toteuttaa Total Concept-metodin ensimmäinen vaihe ja muodostaa toimenpidepaketti, jolla parannetaan terveysasemana toimivan kohderakennuksen energiatehokkuutta. Kiinteistön omistajan teettämän remontin päätavoitteena on parantaa rakennuksen sisäilmaolosuhteita ja tilojen käytettävyyttä vastaamaan paremmin kohteen käyttäjän tulevia tarpeita sekä parantaa energiatehokkuutta. Rakennuksen nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä ei täysin vastaa rakennuksen käyttäjien tarpeita ja sisäilmastovaatimuksia. Lisäksi rakennuksen rakenteet ovat vaativat kunnostusta. Rakenteita ei myöskään ole eristetty nykynormien vaatimalla tavalla.

Työ perustuu seuraaviin Total Concept -menetelmän ensimmäiseen vaiheeseen sisältyviin keskeisiin toimenpiteisiin:

- Rakennuksen perustietojen ja teknisten tietojen kokoaminen
- Energiakatselmus ja energiansäästötoimenpiteiden hahmottelu
- Investointikustannusten arviointi
- Energialaskelmat
- Tuottavuuslaskelmat ja toimenpidepaketin laatiminen

Hankkeessa on käytetty seuraavia Oulun kaupungin tilakeskuksesta, arkistosta ja paikan päällä tehdyistä katselmuksesta saatuja taustatietoja:

- Rakennuspiirustukset (arkkitehti-, sähkö- ja LVI-piirustukset).
- Vuoden 2009 ikkunaremontin hankesuunnitelma ja piirustukset
- Kaukolämpöä koskevat kuukausittaiset energiatilastot (mitatut arvot, jotka on korjattu normaalivuoden perusteella) aikaväliltä 2008 – 2014.
- Rakennuksen kokonaissähkökulutuksen kuukausittaiset energiatilastot aikaväliltä 2008 – 2014.
- Vedenkulutuksen kuukausittaiset tilastot aikaväliltä 2008 – 2014.
- Vuonna 2008 tehty energiakatselmus ja siihen koskeva raportti (Schneider Electric).
- Henkilökunnan, rakennusteknikon ja isännöitsijän haastattelut

Tytti Bruce ja Pierre Stassen tekivät energiakatselmuksen paikan päällä marraskuussa 2014. Rakennuksen energiatase on simuloitu simulaatiotyökalun Riuskan avulla. Investointikustannuslaskelmat perustuvat mm. Rakennustiedon KlaraNet-järjestelmään, Finzebin kustannuslaskelmiin sekä tuotevalmistajilta pyydettyihin arvioihin.

Raportti on jaettu seuraaviin osiin:

- Rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien tämänhetkinen tila  
*Rakennuksen tämänhetkistä tilaa, rakennuksen käyttöä, sisäilmastoa ja teknisiä järjestelmiä koskeva yhteenveto.*
- Energian ja resurssien käyttö  
*Yleiskatsaus rakennuksen tämänhetkisestä energiankäytöstä ja rakennuksen energiataseesta simulaatio-ohjelmalla laskettuna. Lähtökohtien määrittäminen.*

- Hahmotellut energiansäästötoimenpiteet  
*Yleiskatsaus hahmotelluista energiansäästötoimenpiteistä ja niiden arvioituista energian- ja kustannussäästöistä.*
- Total Concept -menetelmään perustuva toimenpidepaketti  
*Kannattavuuslaskelmien tulokset: kiinteistön omistajan tai asiakkaan kannattavuusvaatimukset täyttävän toimenpidepaketin tarkat tiedot, kokonaisinvestointikustannukset ja lasketut kokonaisenergian- ja -kustannussäästöt toimenpidepaketin toteuttamisen jälkeen.*
- Johtopäätökset  
*Johtopäätökset hankkeesta, jolla toteutetaan Total Concept -menetelmän ensimmäisen vaihe.*

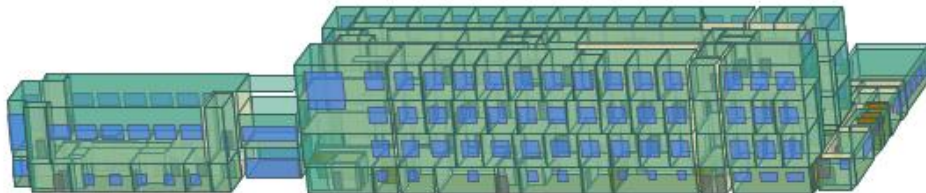


### 3 Rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien tämänhetkinen tila

Luvussa kuvataan rakennuksen tämän hetkistä tilaa, sen toimintaa ja teknisiä laitteita energiakatselmuksesta saatujen havaintojen ja muiden lähtötietojen perusteella. Luku on jaettu alalukuihin, joissa eritellään rakennusta ja sen käyttöä koskevat taustatiedot, sisäilmasto-olosuhteet, rakennuksen vaippa, ilmanvaihto, lämmitysjärjestelmä, jäähdytysjärjestelmä, kiinteistöautomaatio, valaistus ja koneet.

#### 3.1 Rakennus ja sen muoto

Rakennus rakennettiin alunperin 1934 kouluksi Oulun keskustaan. Rakennuksen eteläinen osa on kolmikerroksinen ja sisältää lisäksi puolittain maanalaisen kellarin. Pohjoinen osa on kaksikerroksinen eikä siinä ole kellaria. Nämä kaksi osaa on yhdistetty pääsisäänkäynnillä ja portaikolla rakennuksen keskiosassa. Rakennusta laajennettiin eteläsivun puolelta rakentamalla sille kanttiini vuonna 1952. Vaikka kyseessä teknisesti on yksi rakennus, seuraavissa kappaleissa eteläistä ja pohjoista osaa aulan molemmin puolin käsitellään osin erikseen ja tällöin niihin viitataan termeillä etelä-osa ja pohjoisosa.



Kuva 1: Oulun terveysaseman rakennemalli.. Pohjoinen on vasemmalla



Rakennuksen nykyinen bruttoala on 5 303 m<sup>2</sup> ja huoneala 4 288 m<sup>2</sup>. Kokonaistilavuus on 19 560 m<sup>3</sup>. Viimeisin merkittävä remontti suoritettiin 1980, jolloin rakennus muutettiin terveysasemaksi. Osia IV-laitteista on korjattu/uusittu 1980, 1997, 2000 ja 2005 (kts. Kappale 3.4). 2009 rakennukseen asennettiin uudet ikkunat ja 2012 osaan rakennuksen huoneista asennettiin sähköiset jäähdytyslaitteet (kts. Kappale 3.4.3).

### **3.2 Rakennuksen käyttö**

Rakennuksen omistaa Oulun kaupunki ja sitä hallinnoi Oulun tilakeskus. Rakennuksen tämänhetkinen pääkäyttötarkoitus on terveysasema, joka kattaa sosiaalipalveluita ja psykologin vastaanottotiloja, hammaslääkäritiloja sekä laboratorion. Lisäksi rakennuksen pohjoisessa osassa sijaitsevassa liikuntahalli on vuokrattu miekkailukerhon käyttöön. Kellarissa toimiva keittiö ei enää ole käytössä ruoan valmistukseen vaan ruoka tuodaan jakelukeittiöstä joka tarjoillaan ruokalassa. Noin puolet kellarin tiloista käsittää

nykyisellään käyttämättöminä olevia kylmätiloja ruoan varastointiin. Rakennuksen pinta-alan jakautuminen eri käyttötarkoituksiin on esitetty alla olevassa kuvaajassa.

Käyttötarkoitus	Osa kokonaispinta-alasta (%)
Toimisto- ja käsittelyhuoneet	61 %
Hammashoito	4 %
Laboratorio-osasto	6 %
Liikuntahalli	6 %
Keittiö ja ruokahalli	9 %
Kellarissa sijaitsevat varastot	14 %

Kuva 2: Rakennuksen käytön jakautuminen.

Terveysasema on avoinna maanantaista perjantaihin. Laboratorio-osasto on auki 7:00-15:00, muun rakennuksen avoinnaoloajat ovat 08:00-17:00. Terveysasemalla työskentelee 90 ihmistä. Asiakkaiden määrä vaihtelee päivittäin. Vuosittain terveysasemalla vierailee noin 50 000 potilasta.

Rakennuksen käyttö tulee tulevaisuudessa muuttumaan. Koska tulevasta käyttäjästä ei ole vielä tietoa, energiatehokkuuden parantamisen lähtökohdaksi päätettiin yhdessä rakennuksen omistajan kanssa ottaa rakennuksen nykyinen käyttö. On kuitenkin huomattava, että tuleva käyttö voi vaikuttaa joidenkin toimenpiteiden kannattavuuteen.

### 3.3 Sisäilmasto

Rakennuksen sisäilmastoa ei ole virallisesti arvioitu, mutta sitä voidaan yleisesti pitää riittävänä toimistokäyttöä ajatellen.<sup>1</sup> Valaistustasot todettiin riittäviksi rakennuksen eri käyttötarkoituksille.<sup>2</sup> Toisaalta joidenkin rakennuksen käyttäjien mukaan ilmanlaadussa oli ongelmia joissakin rakennuksen osissa.

Laboratoriotiloissa jäähdytysjärjestelmä ei ole ollut riittävä kattamaan vierailijoiden ja elektronisten laitteiden aiheuttamaa lämpökuormaa. On todennäköistä, että ilmavirta ei ole riittävällä tasolla näissä tiloissa. Rakennuksen etelä-sivulla lämpötilan vaihtelut eri vuodenaikoina eivät vastaa käyttäjien mukavuusvaatimuksia. Huoneet kuumenevat kesäisin, kun taas talvisin, jotkut työntekijät ovat tarvinneet lisälämmittämiä huoneisiinsa.

Viilennystarpeen kattamiseksi rakennukseen asennettiin 2012 sähköiset jäähdytyslaitteet 19 huoneeseen mukaan lukien laboratorio sekä rakennuksen etelä-reunalla sijaitsevat hammaslääkäritilat. Laitteiden vaikutusta sisäilmastoon ei ole arvioitu.

<sup>1</sup> See annex 1: Valaistus voimakkuudet

<sup>2</sup> See annex 2: Huonelämpötilat

### 3.4 Rakennuksen vaippa

Kaikki alla kuvatut rakennetyypit perustuvat rakennuksen piirustuksiin.

Rakennuksen nykyinen vaippa koostuu suurimmaksi osaksi kantavasta rakenteesta. Rakennuksen alkuperäisen osan ulkoseinät on tehty 60 cm paksusta tiilestä ja laajennusosan 50 cm paksusta. Katto on tasainen 3-kerroksinen betoni rakenne, joka on lämpöeristetty 35 cm ilmaraolla ja 10 cm hiekkaa.<sup>3</sup> Se on päällystetty kaksikerroksisella bitumikermillä. Moderni lämpöeristys puuttuu kokonaan.

Ruokala osa rakennettiin 1952 ja sen seinät on rakennettu kahdesta kerroksesta tiiltä (1 tiili ulkopuolella ja ½ tiiltä sisällä). Tilikerrosten välissä on 5 cm mineraalivillakerros. Joillakin alueilla sisäpinnoitteen alla on lisäksi 5 cm paksu korkkilevy. Ruokalan kattorakenteesta ei ole varmuutta, mutta se on todennäköisesti tehty betonilevystä, jonka päällä puurakenne tukee metallikatetta. Eriste on todennäköisesti puulevyä tai sahanpurua.

Alapohja koostuu betonilaatasta, jota ei ole eristetty. Perustukset on tehty paikallavaluna ja vedenersityskerroksista ei ole tietoa. Toisaalta rakennuksessa ei ole merkkejä kosteudesta.

Rakennuksen rakenteiden perusteella sen ilmapitävyyden arvioitin olevan varsin heikko,. Laskelmissa valittiin käytettäväksi tiiveyttä  $n_{50} = 3,0$ , joka vastaa melko heikkotasoisista asuinkerrostaloa tai toimistoa.

2009 lähes kaikki rakennuksen ikkunat vaihdettiin uusiin. Uusien ikkunoiden ja niiden karmien kokonais U-arvo on 1,1 W/m<sup>2</sup>K valmistajan piirustusten mukaan. Lasin g-arvo on 57 %.<sup>4</sup>

Yksityiskohtainen rakenteiden kuvaus ja niiden lasketut U-arvot on esitetty liitteessä 1.

### 3.4 Tekniset järjestelmät

#### 3.4.1 Ilmanvaihto

Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä koostuu kuudesta koneesta. Tekniset yksityiskohdat kustakin koneesta on esitetty liitteessä 2.

IV01 ja IV05 palvelevat rakennuksen pääosan toimistoja sekä hoito- ja hammaslääkärihuoneita. IV01 palvelee ensimmäistä ja kolmatta kerrosta iV05 palvelee toista kerrosta. Koneet asennettiin 1997. Nämä koneet käyvät jatkuvasti ja niiden käyntiä ohjataan poistoilman CO<sub>2</sub> pitoisuuden avulla. Molemmissa on lämmöntalteenottokuutio, jonka lämmöntalteenoton tehokkuudeksi laskettiin 45 %. IV01 on rakennuksen tärkein ilmanvaihtoyksikkö 3,75 m<sup>3</sup>/s suunnitellulla ilmapirralla. IV05:n suunnitteluilmavirta on

<sup>3</sup> See annex 3: Vesikaton rakenne

<sup>4</sup> See annex 5: Fenestra\_energiatekn\_ominaisuudet.pdf

1,5 m<sup>3</sup>/s. Molemmat koneet sijaitsevat samassa huoneessa rakennuksen kolmannessa kerroksessa.

IV02 kattaa urheilusalin rakennuksen pohjoisen osan ensimmäisessä kerroksessa. 1878 asennetun koneen ohjaus on toteutettu kaksinopeutisena pysyvällä ilmavirralla eikä siinä ole lämmöntalteenottoa. Käyttöhenkilöstön mukaan konetta käytetään 8:00-21:45 täydellä teholla ja muuna aikana puoliteholla. Ajastin mahdollistaa koneelle manuaalisen tehostuksen urheilusalin ollessa käytössä. Suunnitteluilmavirta on 0,82 m<sup>3</sup>/s.

IV03 palvelee laboratoriotiloja rakennuksen alimmassa kerroksessa. Kone on vastaava kuin IV2, se on myös asennettu 1978 eikä koneessa ole lämmöntalteenottoa. Kone pyörii tällä hetkellä jatkuvasti täydellä nopeudella 0,25 m<sup>3</sup>/s ilmavirralla. Koneen liian heikko teho on todennäköisesti syynä laboratoriotilojen käyttäjien puolesta heikoksi arvioituun ilmanlaatuun. Kone sijaitsee pohjakerroksessa samassa huoneessa kuin IV02.

IV04 on rakennuksen kellarikerroksessa sijaitsevien keittiön ja ruokalan ilmastointikone. Se on asennettu 1988 eikä siinä ole lämmöntalteenottoa. Koneen käyttöajat ovat seuraavat: ma-pe 02:00-03:00, 06:00-16:00 ja 22:00-23:00 sekä la-su 08:00-10:00 ja 22:00-23:00. Kone suunniteltiin ja asennettiin aikana, jolloin keittiötä käytettiin vielä ruoan valmistukseen. Vuodesta 2009 eteenpäin keittiö on toiminut ainoastaan tiskaukseen ja ruoan tarjoiluun ja säilytykseen; ruoan valmistus tapahtuu keskuskeittiössä. Konetta ajetaan nykyisin murto-osalla alkuperäisestä 3,75 m<sup>3</sup>/s suunnitteluilmavirrasta, Lämmöntalteenoton puuttuminen johtaa merkittäviin lämpöhäviöihin.

IV06 palvelee varastuhuoneita rakennuksen eteläisen osan kellarissa. Se on uusi kone, asennettu 2005, ja sitä ohjataan taajuusmuuttajalla. Koneen suunnitteluilmavirta on 0,45 m<sup>3</sup>/s ja se pyörii maanantaista perjantaihin 7:30-16:30 täydellä teholla ja 05.00-07:39 sekä 16:30-18:00 puoliteholla. 45 % tehokkuudeltaan olevaa lämmöntalteenottoa lukuunottamatta kone vastaa nykystandardeja.

### **3.4.2 Lämmitys**

Rakennus on kytketty paikalliseen kaukolämpöverkkoon. Verkon lämmönvaihdin sijaitsee keittiön vieressä kellarissa rakennuksen etelä-osassa. Auditoinin perusteella sen uskotaan olevan hyvässä kunnossa. Rakennuksen tilat lämmitetään kahdella vesipatteriverkostolla. Lämmönkulutus mitataan lämmön sisääntulossa eikä rakennuksessa ole alimittarointia. Lämmitysjärjestelmän havaittiin olevan hyvin tasapainotettu ja verkoston lämpötilojen vastaavat eri puolilla rakennusta.

### **3.4.3 Jäähdytys**

Vuodesta 2012 eteenpäin rakennuksen huoneista 19 on asennettu sähköinen jäähdytyslaite estämään ylikampanemista. Laboratoriotiloissa sijaitsevat kaksi konetta on kytketty jäähdytysyksikköön rakennuksen pohjoisen osan länsipuolella. 17 muuta yksikköä palvelevat pääosin hammaslääkärihuoneita rakennuksen eteläisen osan toisessa

kerroksessa ja ne on kytketty katolla olevaan jäähdytysyksikköön. Kylmä aineena käytetään R 410 A:ta.

#### **3.4.4 Valaistus**

Valaistus järjestelmä koostuu pääosin loisteputki- ja kompakteista loisteputkivalaisimista. Valaistusta käytetään pääosin tilojen yleisvalaisuun ja se on kirkasta. Loistelamppuvalaisimissa on käytetty elektronisia liitäntälaitteita. Toimistohuoneissa käyttäjät ohjaavat valaistusta itse. Käytövien valaistusta ohjataan aikaohjelmoidulla automaatiojärjestelmällä. Aikaohjauksen ulkopuolella valot voidaan aktvoida manuaalisesti.

Ulkovalaistus on toteutettu pääasiassa pylväs- ja seinäasenteisilla kaasupurkauslamppuvalaisimilla. Ulkovalaistusta ohjataan hämäräkytkimen ja rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelman perusteella. Päivänvalo-ohjaus on energiataloudellinen ohjaustapa ja johtaa noin 4000 tunnin vuotuiseen käyttöaikaan.

#### **3.4.5 Koneet**

Rakennuksen pääportaikossa on hissi. Jokaisessa huoneessa on omat IT-järjestelmä, joka yleisesti koostuu tietokoneesta, näytöstä ja tulostimesta. Käytävillä on lisäksi yhteensä viisi kopiokonetta. Neljässä henkilökunnan lepotilassa on tavainomainen keittiövarustus (kahvinkeitin, vedenkeitin, mikro, uuni ja jääkaappi). Lepotilojen laitteet ovat vanhoja.

Hammaslääkärintiloissa jokaisessa huoneessa sijaitsee moottoroitu hammaslääkäriin tuoli sekä erikoisvalaisin. Keskellä rakennuksen etelä-osan toista kerrosta on sterilisointihuone, jossa on useita hyöryllä toimivia pesukoneita varusteiden puhdistukseen sekä kaksi työaikana jatkuvasti käyvää kompressoria, joilla tuotetaan hammaslääkäriin välineiden tarvitsema paine. Myös rakennuksen pohjoisosassa laboratorioissa on sterilointivälineitä sekä sentrifugi.

Keittiössä on suuri määrä keittiökoneita, mutta vain muutamia käytetään nykyisin päivittäin. Kaksi kylmiötä on käytössä jatkuvasti ja astianpesukonetta käytetään noin neljä tuntia päivittäin. Laitteisto on nykyaikaista.

Täydellinen listaus koneista ja niiden oletetuista energiankäytöistä on esitetty raportin liitteessä 3.

#### **3.4.6 Vesihuolto ja lämmin talousvesi**

Vesi lämmitetään kaukolämmöstä omalla lämmönvaihtimellaan. Lämpimän veden osus vedenkulutuksesta on laskettu vuonna 2008 tehdystä energiakatselmusta. Lämminkäyttöveden lämmitysenergian tarpeeksi oli silloin arvoitu 50 MWh vuodessa. Energiakatselmuksessa annettiin ehdotuksia lämminkäyttöveden kulutuksen laskemiseen. Tässä raportissa lämminkäyttöveden lämmitysenergian tarpeen on arvioitu olevan 45 MWh vuodessa. Arvio on keittiön käytön muutosta johtuen 6 % pienempi kuin vuonna 2008.

#### **3.4.7 Teknisten laitteiden valvonta- ja seurantajärjestelmät**

Rakennuksen valvonta- ja seuranta tapahtuu manuaalisesti paikanpäältä samoin kuin kulutusseuranta. Schneider Electric vastaa laitteistojen valvonnasta, ohjauksesta ja mitattujen arvojen säätökorjauksesta. Kulutusseuranta ja vuosiraportit ovat saatavilla Schneider Electricin intranetistä.

Paikan päällä, Pekka Orava vastaa kiinteistön ylläpidosta.

## 4 Energian ja resurssien käyttö

Alimittaroinnin ja sitä kautta puuttuessa tarkkoja tietoja energiankulutuksesta rakennuksen eri alueilla rakennuksen energiankulutus simuloitiin AutoCAD/MagiCAD sekä Riuska ohjelmistoilla aiemmin kuvattuun taustadataan perustuen. Mallinnuksessa hyödynnettiin mahdollisimman paljon todellista dataa rakennuksesta. Silloin kun tämä ei ollut mahdollista käytettiin oletuksia, jotka on kuvattu alla olevissa kappaleissa.

### 4.1 Energian ja resurssien käyttöä koskevat tilastot

Rakennuksen energiankulutus vuosina 2008 – 2014 on esitetty kuvaajassa alapuolella. Kulutusseuranta taphuu manuaalisesti kuukausittain Schneider Electricin toimesta, joka myös korjaa datan vastaamaan kuukauden sääolosuhteita ja kokoaa sen vuositason yhtevedoksi.

Rakennuksen kokoon suhteutettu energian kokonaiskulutus on hieman alle **211 kWh/brm<sup>2</sup>**: lämmön kulutus neliötä kohden on **146 kWh/brm<sup>2</sup>** ja sähkönkulutus **65 kWh/brm<sup>2</sup>**.

Muuttamalla tämä primäärienergiaksi ja käyttämällä jakajana nettoalaa tulosta voidaan verrata suomen rakennusmääräyskokoelman mukaiseen arvoon toimistorakennuksille. Rakennuksen primäärienergiankulutus on 260 kWh/netto-m<sup>2</sup>. Uusilta toimistorakennuksilta vaadittu minimi E-lukuvaatimus on 170 kWh/netto-m<sup>2</sup>. Tästä voidaan päätellä, että rakennuksen nykyinen energiankulutus on keskitasolla rakennuksen ikä huomioiden. Tavanomaiseen toimistorakennukseen verrattuna tulosta muuttava suuri urheilusali ja kellaritilat. Toisaalta koko rakennuksessa ei ole jäähdytystä ja keittiötilat ovat nykyisin pienellä käytöllä, mikä pienentää sähkönkulutusta moneen toimistoon verrattuna.

Vuoden 2008 energiankulutuksen vähentyminen on seurausta Schneider Electricin kyseisen vuoden lopussa suorittamasta energia-auditoinnista. Tällöin muutettiin useiden IV-koneiden toimita-aikataulua, pienennetty kaukolämmön veden tilavuusvesivirtaa vastaamaan todellista käyttöä sekä muutettiin yleissähkötariffi 2-aikaiseksi pienjännitetehotariffiksi, mikä pienensi sähkökustannuksia. Lisäksi vuodesta 2009 eteenpäin keittiö on pääosin käyttänyt enää kolmea viilennystilaa ja tiskauslinjastoa. Myös ilmanvaihdon ohjaus on muutettu vastaamaan uutta vähentynyttä ilmanvaihtotarvetta.

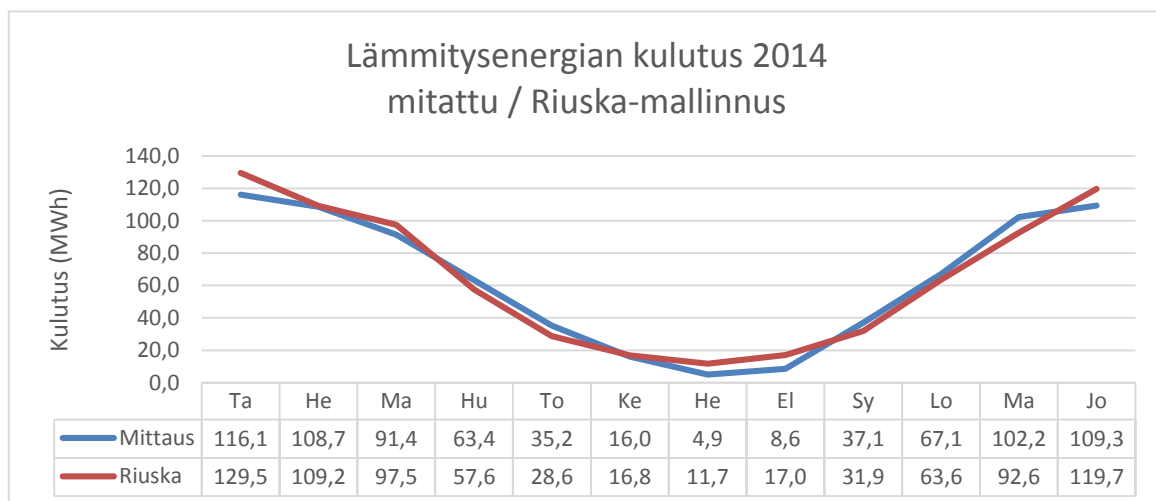
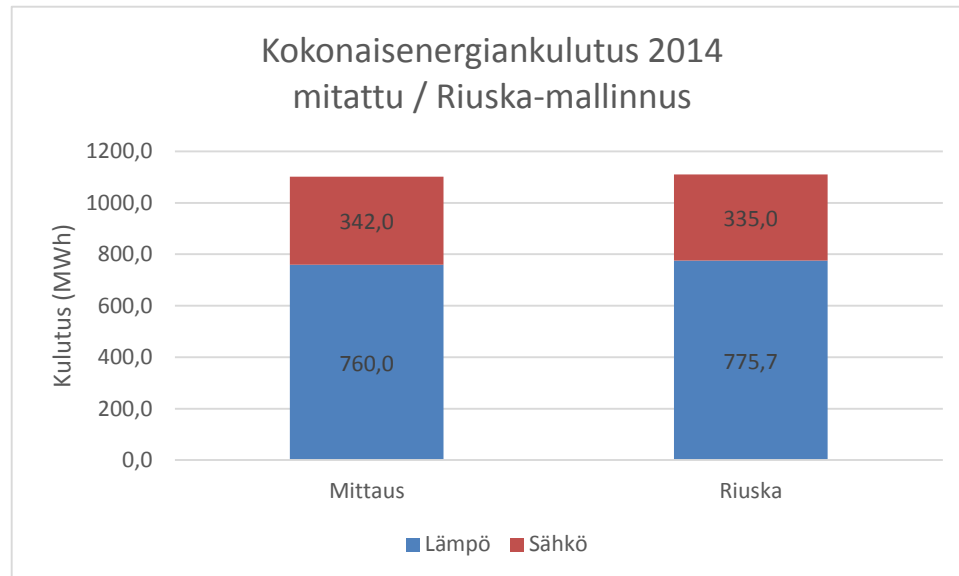
### 4.2 Energiatehokkuusparannusten lähtökohta ja energian loppukäyttäjät

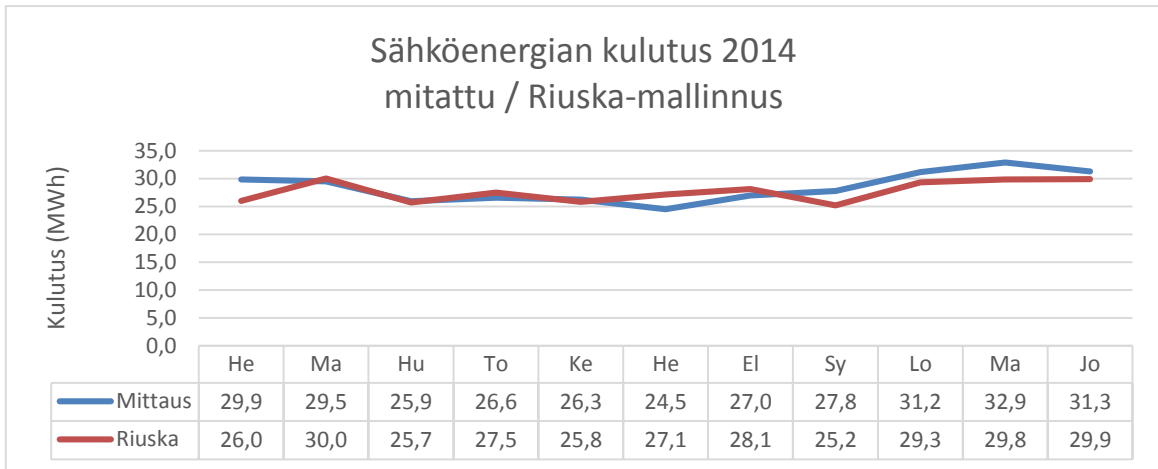
Koska kaukolämmölle, sähkölle ja veden kulutukselle on rakennuksessa vain yhdet päämittarit eri osa-alueiden energiankulutukset jouduttiin määrittämään laskennallisesti.



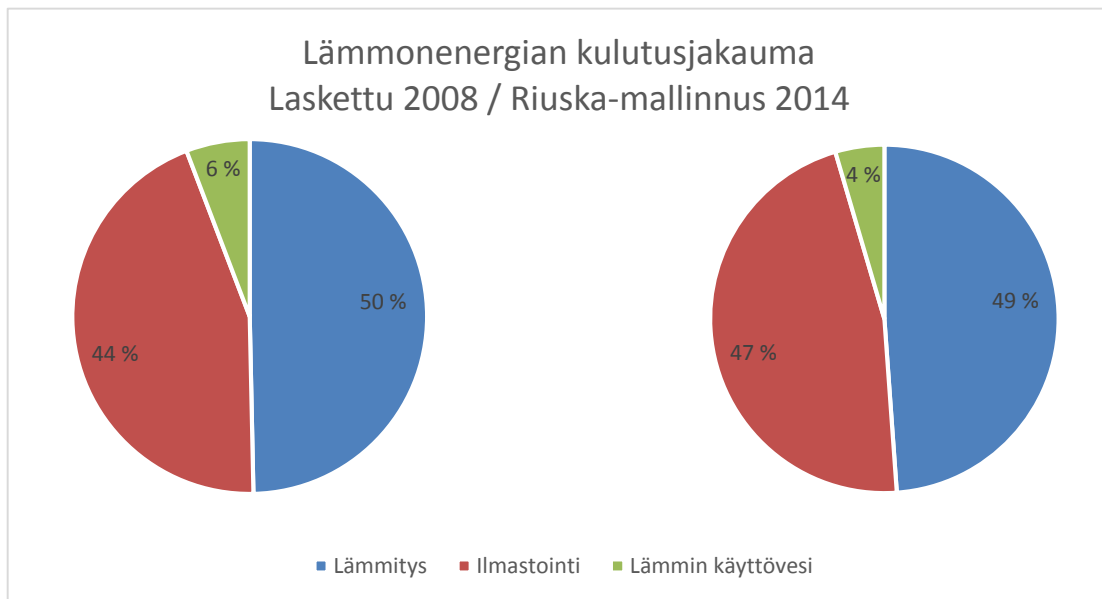
Tämä toteutettiin simuloimalla rakennus dynaamisesti AutoCAD/MagiCAD ja Riuska ohjelmistoja hyödyntäen. Luotu malli toimi kappaleessa 5 esitettyjen energiatehokkuuden parannusten lähtökohtana.

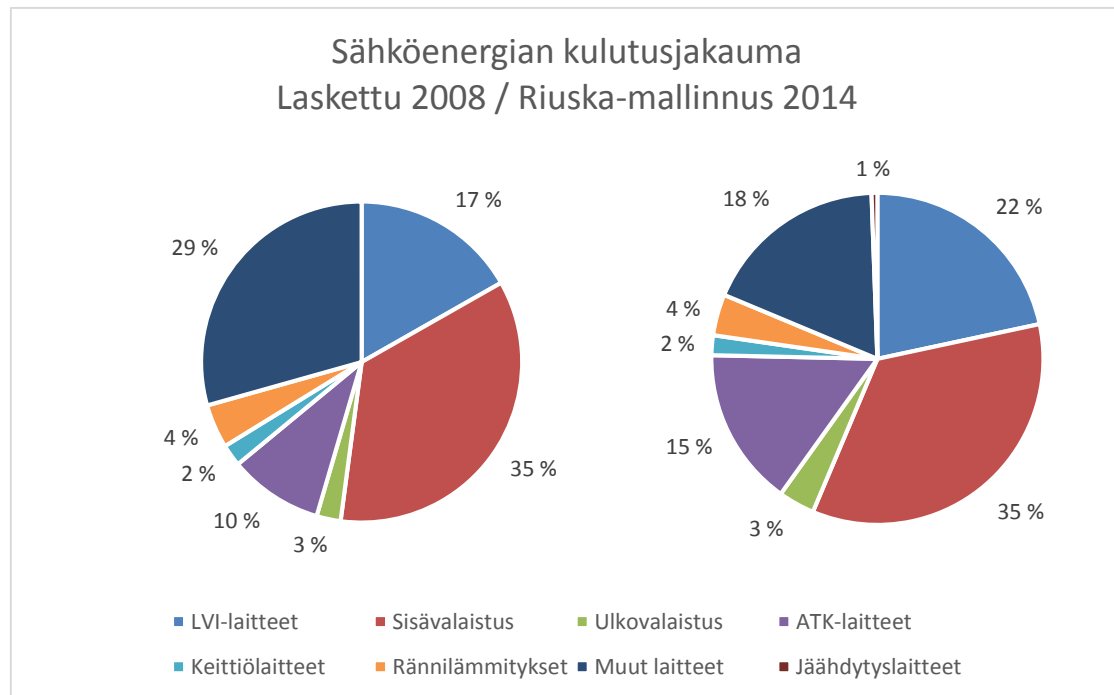
Ero mallinnetun ja mitatun kokonaisenergiankulutuksen välillä on merkityksetön (noin 8,7 MWh), mutta ja myös kuukausittaisessa tarkastelussa erot jäävät melko pieniksi. Tarkastelun tarkkuustaso todettiin riittävän luotettavaksi pohjaksi jatkolaskelmille.





Ilmanvaihdon ja eri ilmanvaihtokoneiden arvioidun energiankulutuksen todettiin olevan yhdenmukainen Schneider Electricin 2009 ehdottamien ja toteutettujen muutosten kanssa. Valaistuksen osalta todettiin, että Riuskan mallinnus saattaa johtaa hieman todellisuutta suurempiin kulutuksiin. Lämpimän käyttöveden energiantarpeen oletettiin laskeneen 45 MWh vuonna 2014 vuoden 2008 50 MWh verrattuna. Oletuksen taustalla on keittiön käyttötarpeen muutos, jonka oletettiin vähentäneen kulutusta.





### Rakennuksen tasoa nostavat toimenpiteet

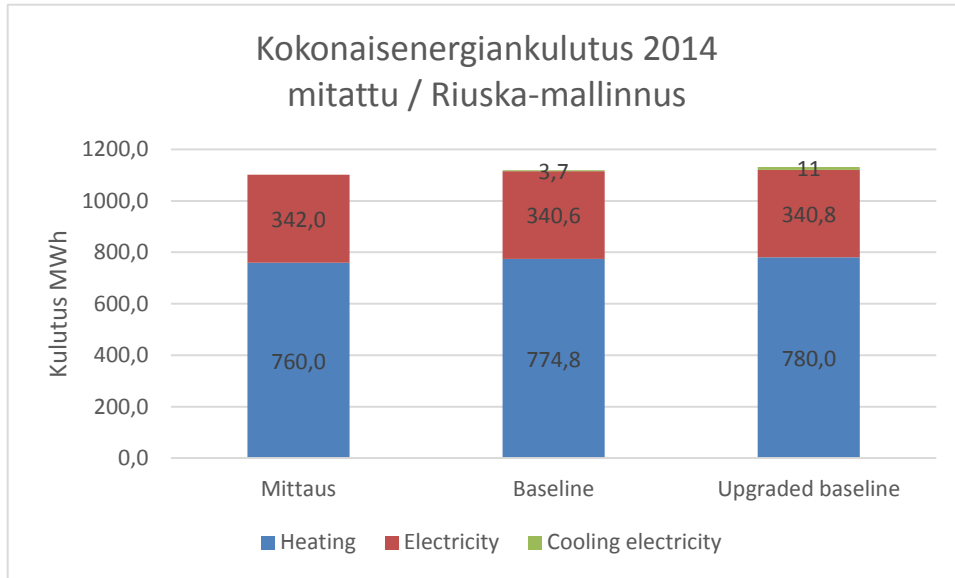
Rakennuksen mallinnuksen yhteydessä havaittiin, että lämpötilat rakennuksen eteläpäässä nousevat yli mukavuusvaatimusrajojen. Havaintoa vahvistivat käyttäjien kommentit liian korkeista kesälämpötiloista kesäkuukausien aikana.

Keskeinen syy korkeiden lämpötilojen taustalla on se, ettei ilmanvaihtojärjestelmä sisällä viilennystä. Toisaalta aurinko paistaa esteettä rakennuksen eteläosiin läpi päivän, mikä mahdollistaa tilojen kuumentumisen. Riuskan mallinnuksen mukaan niinkin korkeita lämpötiloja kuin 33 astetta havaittiin joissakin tiloissa.

Jotta rakennuksessa voidaan varmistaa toimivat työskentelyolosuhteet olisi suositeltavaa asentaa lisäjäähdytysjärjestelmä niihin 40 huoneeseen, joiden havaittiin lämpenevän huomattavasti yli suositeltujen rajojen kesäkuukausina. Lisämittaukset tulevana kesänä ovat suositeltavia eri tilojen viilennystarpeen varmistamiseksi ja sopivan järjestelmän löytämiseksi.

Tässä laskelmassa jäähdytystarve huomioitiin lisäämällä vastaavia jäähdytysyksiköitä kuin rakennuksessa on jo käytössä: Toshiba RAS-10PKVP-ND. Tällöin uudet yksiköt olisi mahdollista yhdistää olemassa olevaan viilennysyksikköön rakennuksen katolla. On kuitenkin huomattava, että jos yksiköiden määrä kolminkertaistetaan tämän laskelman mukaisesti (19:sta 59:ään) viilennysyksikkö joudutaan todennäköisesti vaihtamaan. Tällöin voisi olla kannattavaa tarkastella uudelleen koko järjestelmää ja tarkistaa soveltuisiko vesipohjainen vapaajäähdytysjärjestelmä rakennukseen.

Tämä rakennuksen tason parannus nostaisi sähkön kulutusta noin 11 MWh olettaen että uusien viilennyslaitteiden tehokkuus (COP) olisi noin 4,5. Vastaavasti kaukolämmön kulutus nousisi hieman pääosin huoneiden lämmitystarpeen aamuisin kasvettua hieman. Tämän vaikutuksen arvioidaan olevan noin 7,4 MWh. Kokonaisuudessaan tämä merkitsisi 1082 € kasvua vuosikustannuksiin.



Toimenpiteen tyyppi	Jäähdytysjärjestelmän parannus
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	-4,5 MWh/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	-11 MWh/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	-1082 €/a
Investointikustannus	€
Taloudellinen laskentajakso	30

## 5 Hahmotellut energiansäästötoimenpiteet

Tekniset ja taloudelliset yksityiskohdat energiansäästötoimenpiteistä on esitetty alla olevissa kappaleissa. Toimenpiteiden yhteenveto on esitetty osassa 6.2.

### 5.1 Toimenpide 1 Pääaulan ovet ja ikkunat vaihtoon

Toimenpiteen tyyppi	Rakennuksen vaippa
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	1,9 MWh/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	0 MWh/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	90 €/a

Investointikustannus	15 500 €
Taloudellinen laskentajakso	30

### Lähtötilanne

Rakennuksen pääaulan ovet ja kolme isoa ikkunaa porrashuoneessa ovat vanhoja. Sekä ovien että ikkunoiden U-arvoiksi on arvioitu 2,77 W/m<sup>2</sup>.K. Tämän seurauksena pääaulan ja porrashuoneen lämpötehokkuus on heikko ja aula on vetoinen.

### Toimenpiteen kuvaus

Toimenpide koostuu molemmanpuoleisien pääovien vaihdosta sekä kolmen porrashuoneen ikkunan vaihdosta. Ikkunat korvataan nykyaikaisilla kolmelasisilla ikkunoilla korvataan , joiden U-arvo on 1 W/m<sup>2</sup>.K. Rakennuksen ilmeen säilyttämiseksi ovet joudutaan korvaamaan vastaavanmuotoisilla ovilla jotka koostuvat puusta ja suurimmalta osalta lasipaneeleista, joiden U-arvo on 1,3 W/m<sup>2</sup>.K.

### Energia ja kustannussäästöt

Ovien ja ikkunoiden vaihto säästää noin 1,9 MWh/a mikä merkitsee 91 € vuosittaista säästöä.

### Investointikustannus

Ikkunoiden ja ovien investointikustannukset arvioitiin keskiarvotietoihin perustuen (Haahtela). Kokonaisinvestointikustannus on noin 15.500 €: 3 500 € ikkunoille ja 12 100 € oville.

## **5.2 Toimenpide 2 Vesihanojen vaihto**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	6,8 MWh/a
Laskettu vedensäästö:	234 m <sup>3</sup> /a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	1 200 €/a
Investointikustannus	15 000 €
Taloudellinen laskentajakso	20 <sup>5</sup>

### Lähtötilanne

Tällä hetkellä kaikki rakennuksen hanta ovat tavanomaisia käyttäjän kontrolloimia yksiotehanoja. Hanojen kautta kulutettava vesimäärä arvioitiin rakennuksen henkilömäärän sekä toimistorakennusten tunnetun veden käyttäjäprofiilin perusteella<sup>6</sup>. Oletuksena oli, että kukin käsien peru kestää 15 sekuntia ja kahvikupin tms. Pesu 20 sekuntia. Hanojen kautta

<sup>5</sup> Oras LCC assessment by Bionova. 2011.

<sup>6</sup> Source: German Ministry of Construction. 2011.

tapahtuvaksi veden kulutukseksi arvioitiin 447 m<sup>3</sup> joka on noin 24 % koko rakennuksen vedenkulutuksesta. Lisäksi oletettiin joka toisen potilaan pesevän käyteensä käytinsä aikana.

### Toimenpiteen kuvaus

Toimenpiteessä rakennuksen 40 hanaa vaihdetaan elektronisiin. Mukaan otettiin seuraavia tiloja: WC:t, hoituhuoneet, laboratoriot, hammaslääkärin tilat ja henkilöstön lepotilat. Joitakin yksittäisiä vähän käytettyjä hanoja on saattanut jäädä tarkastelun ulkopuolelle. Hammaslääkäin tilojen osalta hanojen todennäköisesti tavanomaista suurempaa käyttöä ei huomioitu sen vuoksi, että toiminnot tulevat muuttamaan pois rakennuksesta kahden vuoden sisällä. Myöhemmässä suunnitteluvaiheessa voidaan vielä tehdä lisätarkastelua siitä, mitkä hanat valitaan vaihdettavaksi. Lista huomioituista huoneista on tämän raportin liitteessä 10.

### Energia ja kustannussäästöt

Olettaen, että nykyisten hanojen virtausmäärä on 0,21 l/s ja uusien hanojen keskimäärin, saavutettavat säästöt nousevat 234 m<sup>3</sup>vuosittain. Jos tämä vesimäärä lämmitetään noin 30°C, tämä merkitsee 6,8 MWh säästöä tain noin 15 % vuosittaisesta lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Nykyisellä veden ja kaukolämmön hinnalla syntyvät säästöt ovat noin 1200 €/a. Tämä konservatiivinen arvio on todennäköisesti vielä suurempi, jos hanat asennetaan oikeisiin tiloihin, kun hammaslääkärin tiloihin ja hoituhuoneisiin.

### Investointikustannus

Valmistajien tietoihin perustuen elektronisten hanojen kustannus on noin 306 €/yksikkö ja asennuskustannus noin 70 €/yksikkö, minkä pohjalta toimenpide aiheuttaa yhteensä noin 15 000 € kustannukset.

## **5.3 Toimenpide 3 Päärakennuksen yläpohjan eristäminen**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	42 MWh/a
Laskettu säästö: kaukolämpö	1.970 €/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	-1 MWh/a
Laskettu säästö: sähkö	-70 €/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	1900 €/a
Investointikustannus	450.000 €
Taloudellinen laskentajakso	30

### Lähtötilanne

Rakennuksen pääosan katon rakenne koostuu betonilaatasta, ilmaraosta, toisesta betonilaatasta, hiekkakerroksesta ja ylimmästä betonilaatasta ennen bitumipintakerrosta. Nykyisen rakenteen U-arvoksi arvioitiin 0,43 W/m<sup>2</sup>.K, mikä on huomattavasti nykystandardeja suurempi.

#### Toimenpiteen kuvaus

Toimenpiteessä nykyinen bitumipinta poistetaan ja korvataan polyuretaanilevyllä. Katto eristetään 300 mm:lla mineraalivillaa ja väliin lisätään tuuletus. Ylin kerros eristetään ohuella eristekerroksella sekä katetaan bitmilla.<sup>7</sup> Rakenteen arvioitu U-arvo remontin jälkeen on 0,12 W/m<sup>2</sup>.K. Uuden rakenteen tarkempi kuvaus löytyy liitteestä 11.

#### Energia ja kustannussäästöt

Toimenpitee säästää lämpöä noin 42 MWh, mutta kasvattaa sähkönkulutusta noin 1 MWh/a. Tämä merkitsee noin 1 800 € säästöjä vuosittain.

#### Investointikustannus

Oulun Kattocenterin tekemien alustavien arvioiden pohjalta kokonaisinvestointi tulee olemaan 400.000 ja 500.000 € välillä. Lopullinen hinta riippuu nykyisen katon rakenteesta, joka voidaan arvioida ainoastaan tekemällä rakenneavaus. Tässä raportissa toimenpiteen kustannuksiksi arvioitiin 450 000 €.

## **5.4 Toimenpide 4 Julkisivun eristäminen**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	88,4 MWh/a
Laskettu säästö: kaukolämpö	4.150 €/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	-1,4 MWh/a
Laskettu säästö: sähkö	-100 €/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	4.050 €/a
Investointikustannus	200.000 €
Taloudellinen laskentajakso	30

#### Lähtötilanne

Rakennuksen seinät on tehty tiilestä, joka on 60 cm paksu rakennuksen alkuperäisessä osassa ja 50 cm eteläisessä osassa. Rakenteessa ei ole erillistä lämmöneristettä, ja U-arvo vaihtelee rakenteen pääosalle välillä 0,57 ja 0,67 W/m<sup>2</sup>.K.

#### Toimenpiteen kuvaus

<sup>7</sup> Methods and concepts for sustainable renovation of Buildings. VTT. p. 72.

Toimenpiteessä rakenteeseen lisätään uusi eristekerros ja rappaus. Rakenteellisten rajoitteiden sekä rakennuksen suojellun julkisivun vuoksi eristekerroksen paksuudeksi oletettiin 200 mm. Tämä laskisi rakenteen U-arvon noin 0,17 – 0,18 W/m<sup>2</sup>.K.

#### Energia ja kustannussäästöt

Simuloitu energiansäästö on noin 88 MWh/a, joka vastaa 4000 € säästöjä vuosittain. €.

#### Investointikustannus

Investointi arvioitiin keskiarvokustannusten perusteella käyttäen Rakennustiedon KlaraNet työkalua. Tämän perusteella julkisivuremontin hinnaksi arvioitiin noin 200 000 €. Hinnassa on huomioitu nykyisen rakenteen purku sekä uusien rakenteiden (villa, tuulensuoja ja kolmikerrosrappaus) materiaalien ja asennuksen hinta. Tarvittavia telineitä, rakennuksen suojausta, kuljetuksia ja muita ulkosia kustannuksia ei huomioitu.

## **5.5 Toimenpide 5 LED sisävalaistus**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	-16,3 MWh/a
Laskellinen säästö: kaukolämpö	-760 €/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	33,6 MWh/a
Laskellinen säästö: sähkö	2.550 €/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	1,78 €/a
Investointikustannus	43.000 €
Taloudellinen laskentajakso	15

#### Lähtötilanne

Nykyinen valaistusjärjestelmä koostuu pääosin loisteputki- ja kompaktiloisteputkivalaisimista. Valaistusta käytetään pääosin yleisvalaistuksena ja valaistus on auditoinnissa todettu kirkkaaksi. Nykyiden valaistuksen neliökohtaisen energiankulutuksen on arvioitu olevan noin 15 W/ m<sup>2</sup> toimistohuoneissa ja 10 W/m<sup>2</sup> käytävillä ja porrashuoneissa. Arvioin pohjana on käytetty auditoinnissa todettuja nykyisten valaisimien tehoja ja määriä. Liitteessä 5 on annettu tyypilliset huonetyyppikohtaiset valaistusmäärät.

Toimistohuoneissa henkilökuntaa huolehtii valaistuksen ohjauksesta manuaalisesti. Käytävillä valaistusta ohjataan automaattisella järjestelmällä. Ohjelmoitujen aikojen ulkopuolella valot voidaan aktivoida manuaalisesti.

#### Toimenpiteen kuvaus



Toimenpiteessä suurimpaan osaan päivittäin käytössä olevista tiloista lisätään LED-valaistus. Näitä tiloja ovat toimistot ja hoituhuoneet lukuunottamatta hammaslääkäritiloja, pääkeittiö ja ruokala, käytävät, henkilökunnan lepotilat ja keittiöt. Nykyaikaisten LED-valaisimien virrankulutuksen perusteella (kuten on tarkemmin kuvattu liitteessä 8) valaistuksen tarvitsema energiankulutus putoaa keskimääräin puoleen muutoksen myötä.

Toimenpiteessä ei ole huomioitu tiloja, joissa on erityisiä valaistustarpeita, kuten hammaslääkärin huoneet. Lisäksi ennen valaistusremonttia olisi suositeltavaa analysoida valaistustarve työtiloissa vielä asiaan erityisesti tarkoitettulla ohjelmistolla kuten Dialux.

#### Energia ja kustannussäästöt

Toimenpiteellä voidaan säästää noin 33,6 MWh sähköä vuosittain. Koska LED-valaisimet tuottavat vähemmän lämpöä kuin loisteputket, rakennuksen lämmitystarve kasvaa toimenpiteen myötä noin 16,3 MWh/a. Vaikutus jäähdytystarpeeseen todettiin merkityksettömäksi. Kaikkiaan toimenpide säästää 1 800 € vuosittain.

#### Investointikustannus

Laskettujen noin 900 valaisimen hankinnan ja vaihtamisen kustannukset ovat noin 43 000 €. Tarkempi investointikustannusten jako on esitetty liitteessä 5.

## **5.6 Toimenpide 6 Uusittu tehokkaampi LTO IV01-, IV05- ja IV06-koneisiin**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	77,3 MWh/a
Laskellinen säästö: kaukolämpö	3.630 €/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	0 MWh/a
Muut mahdolliset säästöt	0 €/a
Kokonaissäästöt	3.630 €/a
Investointikustannus	40.000 €
Taloudellinen laskentajakso	20

#### Lähtötilanne

Edellisen energia-auditoinnin aikana koneiden IV01, IV05 ja IV06 lämmön tateenoton tehokkuudeksi arvioitiin 45%. IV01 ja IV05 asennettiin 1998 ja IV06 2005.

#### Toimenpiteen kuvaus

Kaikkiin kolmeen laskettuun koneeseen tuodaan nykyaikainen lämmöntalteenotto yksikkö. IV-kone valmistaja Kojan mukaan koneeseen soveltuvalla LTO-yksikön korvauksella voidaan saavuttaa 72 % LTO-hyötysuhde.

### Energia ja kustannussäästöt

Tehokkaammalla lämmöntalteenotolla saavutetaan 77,3 MWh kaukolämmön tai 3 600 € säästö vuosittain.

### Investointikustannus

Uusien LTO-yksiköiden asennuksen ja laitteiden kustannukset ovat yhteensä 40 000 € valmistana (Koja) arvion mukaan.

## **5.7 Toimenpide 7 CO2 ohjaus ja uudet puhaltimet IV02 ja puhaltimien uusinta IV03**

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskellinen energiansäästö: kaukolämpö	10,9 MWh/a
Laskellinen säästö:	510 €/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	6 MWh/a
Muut mahdolliset säästöt	450 €/a
Kokonaissäästöt	960 €/a
Investointikustannus	21 000 €
Taloudellinen laskentajakso	20

### Lähtötilanne

Nykyisten koneiden sähkötehokkuus arvioitiin koneiden valmistusajankohdan keskiarvoihin perustuen. Koska koneet IV02 ja IV03 on rakennettu 1978 niiden tehokkuus n kaukana nykyisistä puhaltimista eli ne kuluttavan paljon sähköä tarvittavan ilmamäärän siirtämiseen. Arvioidut konekohtaiset SFP-luvut on esitetty liitteessä 8.

IV02 ja IV03 myös toimivat kaksinopeutisina: puoliteho ja täysteho ja niitä pyöritetään aikaohjelman mukaan. Tämän tyyppinen ohjaustapa ei mahdollista koneen hienosäätöä vastaamaan sisäilmaolosuhteisiin.

### Toimenpiteen kuvaus

Toimenpiteessä koneiden IV02 ja IV03 tulo- ja poistopuhaltimet korvataan uusilla tehokkaammilla. Koneissa on yhteensä viisi puhallinta: tulopuhaltimet koneissa IV02 ja IV03, yksi poistopuhallin koneessa IV03 ja kaksi koneessa IV02. Nykyisten koneiden valmistajan Kojan mukaan soveltuvat tehokkaammat puhaltimet löytyvät esimerkiksi Kojan PM-puhallin sarjasta.

IV02: osalta siirtyminen käytön mukaiseen ohjaukseen voisi vähentää energiankulutusta merkittävästi sillä koneen palvelualue urheiluhalli on käytössä hyvin vaihtelevasti Miekkailuseuran harjoitusten ajoittuessa iltoihin ja viikonlopuille. Nykyisin kone toimii varmuuden vuoksi täydellä teholla kaikkina arkipäivinä 8:00-22:00 ja muulloin puoliteholla. Koneessa on mahdollisuus manuaaliseen tehostukseen salista käsin.

Käyntiaika ei vastaa nykyistä käyttöä. Salin vaihtelevan käytön vuoksi koneen ohjaus salin CO<sub>2</sub>-pitoisuuden olisi perusteltua ja voisi säästää merkittävästi koneen energiankulutusta. Toisaalta se parantaisi myös salin käytettävyyttä ilmanvaihdon reagoitessa muuttuvaan käyttöön. Koneen osalta laskennassa on oletettu, että salin keskimääräinen täyden käytön aika laskee noin kolmannekseen nykyisistä asetuksista eli 4,5 tuntiin päivittäin.

Kone IV03 ei nykyisellä käytöllä tarvitse ohjaustavan muutosta sillä sitä joudutaan päivisin käyttämään jatkuvasti täydellä teholla ilmanlaadun varmistamiseksi, jolloin merkittäviä säästöjä ei ole mahdollista saavuttaa. Käytön muuttuessa tilannetta koneen osalta voi olla järkevää tarkastella uudelleen. Jos vastaava käyttö jatkuu tulevaisuudessa, kone on suositeltavaa vaihtaa suurempaan.

#### Energia ja kustannussäästöt

Toimenpiteellä saavutetaan noin 10,9 MWh säästö kaukolämmössä ja 6 MWh säästö sähkössä, mikä merkitsee 960 € vuosisäästöä.

#### Investointikustannus

Toimenpiteen kokonaisinvestointi on noin 21 000 €. Tämä kattaa uusien puhaltimien kustannukset IV 02:een (à 3.500 €), yhden CO<sub>2</sub>-anturin ja taajuusmuuttajan IV02:een sekä IV03:n kaksi uutta puhallinta (à 3 500 €).

## **5.8 Toimenpide 8 IV04 LTO, tehokkaammat puhaltimet ja tarpeenmukainen ohjaus**

### Lähtötilanne

IV04-kone palvelee keittiötä ja ruokalaa rakennuksen kellarikerroksessa. Kone asennettiin 1988 ja siinä ei ole lämmöntalteenottoa. Kone suunniteltiin ja asennettiin aikana, jolloin rakennuksen keittiössä laitettiin tarjottavat ruoat. Vuodesta 2009 eteenpäin keittiötä on käytetty ainoastaan muualla valmistetun ruoan tarjoiluun, tiskaamiseen ja ruoan säilytykseen. Alkuperäisestä mitoitusilmavirrasta 3,75 m<sup>3</sup>/s vain osa on tällä hetkellä käytössä. Järjestelmässä syntyy suuria energiahäviöitä erityisesti lämmöntalteenoton ja suuren ilmavirran vuoksi.

### Toimenpiteen kuvaus: paremmat puhaltimet ja tarpeenmukainen ohjaus

Ruokalan nykyiset aukioloajat (11:00-15:00) ovat noin puolet IV:n käyttöajasta (06:00-16:30). Myös keittiön suurimmat käyttöajat mukailevat ruokalan aukioloaikoja käytön alkaessa hieman aiemmin ja päättyessä hieman myöhemmin. Tämän perusteella on oletettu, että tarpeenmukaisella ohjauksella ilmanvaihdon tarve vähenisi noin puoleen nykyisestä. Toimenpiteessä IV-koneeseen lisätään taajuusmuuttaja ja järjestelmään tuodaan CO<sub>2</sub>-mittaus ruokasalin poistopuhaltimeen. Keittiön osalta järkevä mittaus on lämpötila.

### Alternative A: Yksipatterinen lämmöntalteenotto (Econet, 2 patteria)

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	148,3 MWh/a
Laskellinen säästö: kaukolämpö	6.970 €/a
Laskellinen energiansäästö: sähkö	10,8 MWh/a
Laskellinen säästö: sähkö	820 €/a
Muut mahdolliset säästöt	€/a
Kokonaissäästöt	7.790 €/a
Investointikustannus	51.000 €
Taloudellinen laskentajakso	20

#### Toimenpiteen kuvaus

Toimenpiteessä on mukana aiemmin kuvattu ohjaustavan muutos ja puhaltimien vaihto.

Yksinkertaisen patteripohjaisen LTO-järjestelmän lisääminen kahteen katolla sijaitsevaan poistoyksikköön ja tuloilmakoneeseen vähentäisivät merkittävästi lämpöhäviöitä. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi nestekiertoisella (35 % etyleeni-glykoli) Fläktwoods Econet järjestelmällä, jolla saavutetaan 60 % hyötysuhde.

#### Energia ja kustannussäästöt

Automaattisella ohjauksella, uusilla puhaltimilla ja LTO:lla saavutettavat lämmön säästöt ovat noin 148 MWh/a, joka vastaa 7 000 € säästöjä vuosittain. Saavutettavat sähkönkulutuksen säästöt ovat noin 11 MWh/a tai 800 €. Kaikkiaan toimenpiteellä saavutetaan 7 800 € vuosittaiset säästöt.

#### Investointikustannus

Koko järjestelmän lisäämisen kustannukset ovat noin 51 000 €. Investointikustannukset on arvioitu vastaavan kokoisen järjestelmän perusteella: Kustannukset jakautuvat seuraavasti: investointi 25 000 € ja asennukset 12 000 €. Kolme puhallinta maksavat noin 10 500 (Koja) ja taajuusmuuttaja noin 2 500 €. CO2-ohjaus lisää kustannuksia noin 1000 €.

### Alternative 2: Kaksipatterinen lämmöntalteenotto (Econet 4 patteria)

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät
Laskettu energiansäästö: kaukolämpö	165 MWh/a
Laskellinen säästö: kaukolämpö	7.750 €/a
Laskellinen energiansäästö: sähkö	10,8 MWh/a
Laskellinen säästö: sähkö	820 €/a
Muut mahdolliset säästöt	€/a

Kokonaissäästöt	8.600 €/a
Investointikustannus	63.000 €
Taloudellinen laskentajakso	20

### Toimenpiteen kuvaus

Edellisessä vaihtoehdossa kuvatun LTO-järjestelmän tehokkuutta on mahdollista nostaa 60 % yli 80 % Fläktwoods Econet Premium (35 % etyleeni-glykoli), jossa konekohtaisesti käytetään kahta lämpöpatteria. Tässä vaihtoehdossa on analysoitu kyseisen toimenpiteen tehokkuutta.

### Energia ja kustannussäästöt

Automaattisella ohjauksella, uusilla puhaltimilla ja LTO:lla saavutettavat lämmön säästöt ovat noin 165 MWh/a, joka vastaa 7 800 € säästöjä vuosittain. Saavutettavat sähkönkulutuksen säästöt ovat noin 11 MWh/a tai 800 €. Kaikkiaan toimenpiteellä saavutetaan 8 600 € vuosittaiset säästöt.

### Investointikustannus

Koko järjestelmän lisäämisen kustannukset ovat noin 63 000 €. Investointikustannukset on arvioitu vastaavan kokoisen järjestelmän perusteella: Kustannukset jakautuvat seuraavasti: investointi 37 000 € ja asennukset 12 000 €. Kolme puhallinta maksavat noin 10 500 (Koja) ja taajuusmuuttaja noin 2 500 €. CO<sub>2</sub>-ohjaus lisää kustannuksia noin 1000 €.

## **6 Total Concept -menetelmään perustuva toimenpidepaketti**

### **6.1 Kannattavuuslaskelmien syöttötiedot**

Energianhinnat perustuvat Oulun kaupungin antamiin hintatietoihin..

- Kaukolämpö: 47,08 €/MWh
- Sähkö:
  - Kiinteä liittymämaksu: 640,80 €/a
  - Käyttökustannus: 76 €/MWh (painotettu keskiarvo kesä-, ja talvihinnoista)
- Vesi: 3,60 €/m<sup>3</sup>
  - Puhdas vesi: 1,52 €/m<sup>3</sup>
  - Jätevesi: 2,08 €/m<sup>3</sup>

Käytetty energianhinnan nousuennuste on 4,6 % ja oletettu inflaatio 2 %, jolloin energian hinnan nousu yli inflaation on 2,6 %.

Taloudellisena laskenta-aikana käytettiin 30 vuotta.

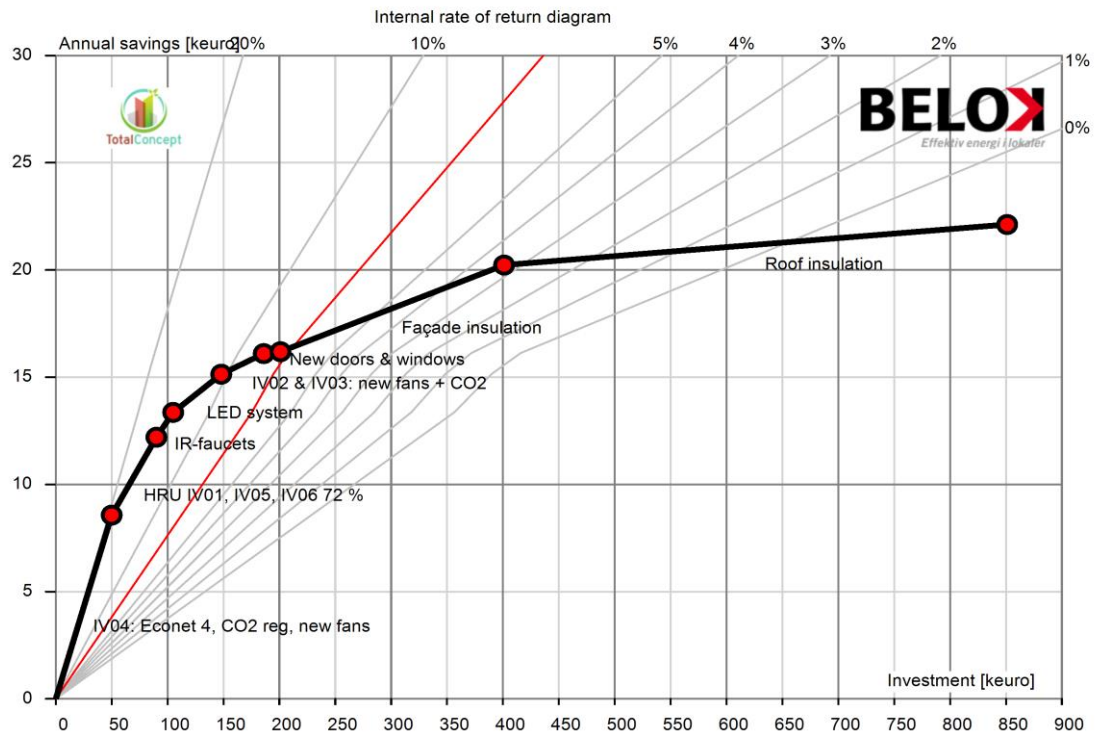
Omistajan tuottovaatimus kannattavalle paketille on 7 %. Kustannuksissa huomioidaan materiaalien ja asennuksen kustannukset sekä olemassa olevien rakenteiden vaihto. Suunnittelunkustannuksia ei huomioida. Tarkempi kustannuserittely on esitetty toimenpiteittäin.

## 6.2 Tulokset

Edellä esitetyt toimenpiteet koottiin toimenpidepaketiksi, jolla tavoiteltiin suurimman kannattavan remonttilaajuuden löytämistä. Kannattavassa paketissa osa toimenpiteistä voi erillisinä olla omistajan tuottovaatimusta kannattavampia, mutta kokonaisuutena yhdessä kannattavampien toimenpiteiden kanssa tuottovaatimus saavutetaan.

Paketin kasaamisen myötä osoittautui, että osa tarkasteulluista toimenpiteistä ei mahdu rakennuksen omistajan tuottovaatimukset täyttävään toimenpidepakettiin. Näin ollen tulokset on alla esitetty kahdessa taulukossa, joista toinen kuvaa tuottovaatimukset täyttävää paketin osaa ja toinen kaikista toimenpiteistä koottua pakettia. Kannattavasta paketista ulos jääneiden toimenpiteiden toteutus riippuu rakennuksen omistajan kiinnostuksesta sijoittaa energian kulutuksen vähentämiseen.

Toimenpiteen numero	Toimenpiteen kuvaus	Säästö						Yhteensä €/a	Investointi €/a
		Lämpö		Sähkö		Vesi			
		MWh/a	€/a	MWh/a	€/a	m3/a	€/a		
1	LTO IV04: Econet 4 coils	165	7800	10,8	820	-	-	8600	63000
2	Uusi LTO IV01, IV05, IV06	77,3	3600	-	-	-	-	3600	40000
3	Vesihanojen vaihto	6,8	350	-	-	234	850	1200	15000
4	LED-sisävalaistus	-16,3	-760	33,6	2600	-	-	1800	43000
5	Uudet puhaltimet IV02 + IV03	10,9	510	6	450	-	-	1000	21000
6	Pääaulan ovet ja ikkunat vaihtoon	1,9	90	-	-	-	-	90	15500
7	Julkisivun eristäminen	88,4	4200	-1,4	-100	-	-	4100	200000
8	Yläpohjan eristäminen	42	2000	-1	-70	-	-	1900	450000

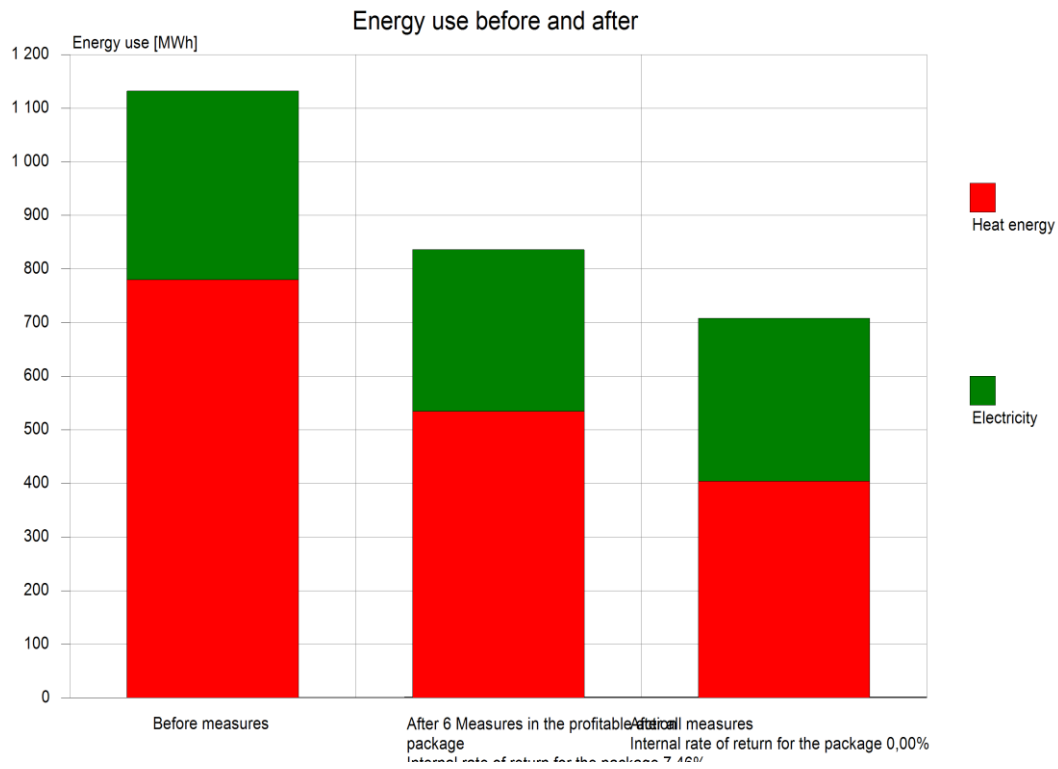


### ***Kannattava toimenpidepaketin laajuus***

Laskettu energiansäästö: lämmitys	275 MWh/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	50 MWh/a
Laskettu veden säästö:	234 m <sup>3</sup> /a
Kokonaissäästö	16.200 €/a
Kokonaisinvestointi	205.000 €
Taloudellinen laskentajakso	30
Sisäinen korkokanta	7 %

### ***Koko paketti***

Laskettu energiansäästö: lämmitys	376 MWh/a
Laskettu energiansäästö: sähkö	48 MWh/a
Laskettu veden säästö:	234 m <sup>3</sup> /a
Kokonaissäästö	22.146 €/a
Kokonaisinvestointi	846.500 €
Taloudellinen laskentajakso	30
Sisäinen korkokanta	0





## 7 Johtopäätökset

Tämän projektin tavoitteena oli tehdä Total Concept -metodin vaiheen 1. analyysi ja muodostaa toimenpidepaketti Oulun keskustan terveystaseman energiatehokkuuden parantamiseksi. Analyysin tuloksena löydettiin toimia joilla on merkittävää energiansäästöpotentiaalia ja joille voidaan toimenpidepakettina saavuttaa Oulun kaupungin vaatimusten mukainen 7 % tuotto. Raportti luo pohjan sille, että Oulun kaupunki voi edetä seuraavaan vaiheeseen eli toimenpiteiden toteuttamiseen.

Kannattavimmat toimenpiteet liittyvät rakennuksen talotekniikkaan. Kaikkein kannattavimmiksi todettiin ilmanvaihtoon liittyvät toimenpiteet, jossa järjestelmän lämpötehokkuutta edistetään lämmöntalteenottojen lisäämisellä koneisiin sekä niiden tehostamisella, koneiden sähkötehokkuuden parantamisella sekä ohjauksen tehostamisella. Lisäksi kannattaviin toimenpiteisiin lukeutuvat valaistuksen ja vesihanojen parannukset. Tulokset osoittavat, että kannatavalla paketilla on mahdollista saavuttaa 26 % energiansäästöt.

Osa analysoiduista toimenpiteistä jouduttiin jättämään paketin ulkopuolella kannattamattomina. Näihin lukeutuvat rakenteelliset muutokset rakennuksen kattoon ja ulkoseiniin. Jos nämä toimenpiteet toteutettaisiin, saavutettava energiansäästö olisi kuitenkin mahdollista nostaa 37 %:iin.

Kannattamattomuuteen vaikuttavat sekä Oulun kaupungin alhainen kaukolämmön hinta sekä se, että rakenteet eivät ole vielä elinkaarensa päässä vaan uusiminen tehtäisiin vain energiatehokkuuden parantamiseksi. Jos rakennuksen vesikatto tai ulkopinta jouduttaisiin uusimaan rakenteellisista syistä muuttuisivat investoinnin todennäköisesti kannattaviksi. Tämän vuoksi loppujen on erittäin suositeltavaa huomioida nämä toimenpiteet, kun rakennuksen ulkoseinää tai yläpohjaa korjataan seuraavan kerran.

## Liite 1: Rakenteiden U-arvot

Seinät	Päärakennus				
<b>Seinän rakenne</b>	US 02			Pinta-ala	1852,2
<i>sisältä ulospäin</i>					
Materiaali	Vastuus	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämpökapasiteetti	Tiheys
	(m <sup>2</sup> .K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m <sup>3</sup> )
Tiili (reikä)	1,58	600	0,38	900	1325
Rappaus	0,02	15	1000	840	1600
		<b>615</b>			
<b>Seinän rakenne</b>	US 023			Pinta-ala	494,4
<i>sisältä ulospäin</i>					
Materiaali	Vastuus	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämpökapasiteetti	Tiheys
	(m <sup>2</sup> .K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m <sup>3</sup> )
Tiili (reikä)	1,32	500	0,38	900	1325
Rappaus	0,02	15	1000	840	1600
		<b>515</b>			

Seinät	Ruokala				
<b>Seinän rakenne</b>	Ruokala US			Pinta-ala	130,8
<i>sisältä ulospäin</i>					
Materiaali	Vastuus	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämpökapasiteetti	Tiheys
	(m <sup>2</sup> .K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m <sup>3</sup> )
Korkki	1,11	50	0,045	1900	120
Tiili (reikä)	0,71	270	0,38	900	1325
Mineraalivilla 4	1	50	0,05	840	30
Tiili (reikä)	0,36	135	0,38	900	1325
		<b>505</b>			
<b>Seinän rakenne</b>	Ruokasalin US			Pinta-ala	36,2
<i>sisältä ulospäin</i>					
Materiaali	Vastuus	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämpökapasiteetti	Tiheys
	(m <sup>2</sup> .K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m <sup>3</sup> )
Tiili (reikä)	1,58	67,5	0,38	900	1325
Mineraalivilla	1	50	0,05	840	30
Tiili (reikä)	0,71	270	0,38	900	1325
Graniitti	0,05	150	2,9	890	2750
		<b>537,5</b>			

<b>Katot</b>	<b>Päärakennus</b>				
<b>Katon rakenne</b>	Rakentee RoofSlab Kerros 3 (päärakennus)				
	Kirjastoty YP Oulu, Oulun KTA vesikatto				
<i>sisältä ulospäin</i>	Katon pinta-ala yhteensä			1180,3	m2
<b>Materiaali</b>	<b>Vastuus</b>	<b>Paksuus</b>	<b>Lämmönjohtavuus</b>	<b>Lämpökapasiteetti</b>	<b>Tiheys</b>
	(m2.K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m3)
Betoni	0,06	100	1,7	840	2500
Ilmaväli 30	0,18	-	-	-	-
Betoni	0,06	100	1,7	840	2500
Hiekka	1,33	200	0,15	800	1600
Betoni	0,06	100	1,7	840	2500
Bitumi	0,13	20	0,16	1700	1300
<b>Katot</b>	<b>Ruokala</b>				
<b>Katon rakenne</b>	Rakentee RoofSlab Kellari (päärakennus)				
	Kirjastoty YP Oulu 2, Oulu KTA ruokala				
<i>sisältä ulospäin</i>	Katon pinta-ala yhteensä			205,9	m2
<b>Materiaali</b>	<b>Vastuus</b>	<b>Paksuus</b>	<b>Lämmönjohtavuus</b>	<b>Lämpökapasiteetti</b>	<b>Tiheys</b>
	(m2.K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m3)
Betoni	0,06	100	1,7	840	2500
Ilmaväli 10	0,18	-	-	-	-
Mineraaliv	3	150	0,05	840	30
Ilmaväli 10	0,18	-	-	-	-
Teräslevy	0	5	14,9	477	7900
<b>Alapohjat</b>					
<b>Katon rakenne</b>	Rakentee RoofSlab Kerros 3 (päärakennus)				
	Kirjastoty Oulun KTA alapohja				
<i>sisältä ulospäin</i>	Alapohjan pinta-ala yhteensä			1349,2	m2
<b>Materiaali</b>	<b>Vastuus</b>	<b>Paksuus</b>	<b>Lämmönjohtavuus</b>	<b>Lämpökapasiteetti</b>	<b>Tiheys</b>
	(m2.K/W)	(mm)	(W/m.K)	(J/K.kg)	(kg/m3)
Pintamate	0,05	2,5	0,5	840	150
Betoni 3	0,06	100	1,7	840	2400
Hiekka	1	150	0,15	800	1600
Betoni 2	0,09	150	1,7	920	2400
Perusmaa	3,2	-	-	-	-

## Liite 2: Ilmavaihtojärjestelmien tekniset tiedot

IV-kone	Rakennusvuosi	Virta		SFP	Painehäviö		Puhaltimen tehokkuus				LTO	Käyntiaika vuodessa
		min m <sup>3</sup> /s	max m <sup>3</sup> /s		Tulo Pa	Poisto Pa	Tulo %	Poisto %	Tulo kW	Poisto kW		
IV01	1998	1,5	1,5	2,6	900	900	70	70	2,0	2,0	45	[8760 h] IV01 & IV 03: ma - su 0-24 (100 %)
IV02	1978	0,2	0,2	3,3	1000	1000	60	60	0,3	0,3	0	[6935 h] IV02: ma-su 8 - 22 (100 %), muuten (50%)
IV03	1978	0,3	0,3	3,1	1000	1000	65	65	0,5	0,5	0	[8760 h] IV01 & IV 03: ma - su 0-24 (100 %)
IV04	1988	2,3	2,3	2,6	900	900	70	70	2,9	2,9	0	[3705 h] IV04: ma-pe: 2-3, 6-16.30, 22-23; la-su: 8-10, 22-
IV05	1998	1,0	1,0	3,0	900	900	60	60	1,7	1,7	45	[2871 h] IV05: ma - pe 6-17
IV06	2005	0,4	0,4	2,5	800	800	65	65	0,5	0,5	45	[2871 h] IV06: ma - pe 7-16 (100 %), 5-7 & 16-18 (50%)

## Liite 3: Rakennuksessa toimivat sähkölaitteet

Lämpökuormat	Tila	W		Vuosiakataulu (energiasimulointi)	MWh/v
Sähkölämmityspatteri	309/1	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	309/2	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	304/1	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	308/2	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	308/3	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	304/3	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	307/2	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	304/2	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	308/1	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	307/3	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	309/3	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sähkölämmityspatteri	307/1	1000	265	[0265 h] Sähkölämmityspatteri - talvi ma-pe 09-11, 13-16 (100%)	0,3
Sterilisointilaitteet	231	37000	1044	[1044 h] Sterilisointilaitteet	38,6
Mikro	236	1200	261	[0261 h] Mikroaaltouuni	0,3
Mikro	174	1200	261	[0261 h] Mikroaaltouuni	0,3
Kopiokone	303	50	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Kopiokone	306	50	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Keittiölaitteet	44	6200	1044	[1044 h] Tiskikone, 4h/pv (100%)	6,5
Jääkaappi	236	115	8760	[8760 h] ma-su 24h (100%)	1,0
Jääkaappi	174	115	8760	[8760 h] ma-su 24h (100%)	1,0
Jääkaappi	44	370	8760	[8760 h] ma-su 24h (100%)	3,2
Jääkaappi	44	370	8760	[8760 h] ma-su 24h (100%)	3,2
Jääkaappi	320	230	8760	[8760 h] ma-su 24h (100%)	2,0
Hammaslääkärituoli	216	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	217	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	220	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	227	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	254	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	221	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	226	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	224	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	245	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	253	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
Hammaslääkärituoli	223	95	1175	[1175 h] ma-pe 08-17 (50%)	0,1
				Yhteensä	60,8

## Liite 4: Valaistumäärät

Model room	Toimisto 307	Room area	16,2 m <sup>2</sup>	Number of rooms	87
		Current situation		Improved situation	
Number of luminaires		Lamp type	Power	Lamp type	Power
3		Fluorescent tube	58	LED tube	30
2		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	246 W	Total power	134 W
		Power per unit area	15,2 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	8,3 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	136	<b>Yhteistila</b>	<b>Room area</b>	26,8 m <sup>2</sup>	
Luminaires		Current situation		Improved situation	
		Lamp type	Power	Lamp type	Power
3		Fluorescent tube	28	LED tube	12
5		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	264 W	Total power	146 W
		Power per unit area	9,9 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	5,4 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	174	<b>Yhteistila</b>	<b>Room area</b>	12,1 m <sup>2</sup>	
Luminaires		Current situation		Improved situation	
		Lamp type	Power	Lamp type	Power
3		Fluorescent tube	28	LED tube	12
5		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	264 W	Total power	146 W
		Power per unit area	21,9 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	12,1 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	47	<b>Aula</b>	<b>Room area</b>	28,1 m <sup>2</sup>	
Luminaires		Current situation		Improved situation	
		Lamp type	Power	Lamp type	Power
4		Fluorescent tube	18	LED tube	12
6		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	288 W	Total power	180 W
		Power per unit area	10,2 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	6,4 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	44	<b>Keittiö</b>	<b>Room area</b>	57,8 m <sup>2</sup>	
Luminaires	Lamps/luminaires	Current situation		Improved situation	
		Lamp type	Power	Lamp type	Power
15	2	Fluorescent tube	58	LED tube	30
		Total power	870 W	Total power	450 W
		Power per unit area	15,0 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	7,8 W/m <sup>2</sup>

<b>Model room</b>	Käytävä 321	<b>Room area</b>	48,3 m <sup>2</sup>	<b>Number of rooms</b>	25
		Current situation		Improved situation	
Number of luminaires		Lamp type	Power	Lamp type	Power
0		Fluorescent tube	58	LED tube	30
13		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	468 W	Total power	286 W
		Power per unit area	9,7 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	5,9 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	237	Taukotila	<b>Room area</b>	27,2 m <sup>2</sup>	
		Current situation		Improved situation	
Luminaires	Lamps/luminaire	Lamp type	Power	Lamp type	Power
2		Fluorescent tube	28	LED tube	12
4		Fluorescent tube	36	LED tube	22
2	2	Fluorescent panel	28	LED-panel	18
		Total power	312 W	Total power	184 W
		Power per unit area	11,5 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	6,8 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	320	TA/Yht.	<b>Room area</b>	22,2 m <sup>2</sup>	
		Current situation		Improved situation	
Luminaires		Lamp type	Power	Lamp type	Power
14		Fluorescent tube	58	LED tube	30
8		Fluorescent tube	36	LED tube	22
		Total power	1100 W	Total power	596 W
		Power per unit area	49,5 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	26,8 W/m <sup>2</sup>
<b>Room</b>	48	Ruokasali	<b>Room area</b>	168,6 m <sup>2</sup>	
		Current situation		Improved situation	
Luminaires	Lamps/luminaire	Lamp type	Power	Lamp type	Power
4	8	Compact fluorescent tube	21	LED bulb	12
2		Fluorescent tube	18	LED tube	12
7	2	Fluorescent tube	58	LED tube	30
		Total power	1520 W	Total power	828 W
		Power per unit area	9,0 W/m <sup>2</sup>	Power per unit area	4,9 W/m <sup>2</sup>