



Tampere-talo

Energiatehokkuuden parantaminen Total Concept -menetelmällä



Tilaaaja:	Tampereen kaupunki tilakeskus liikelaitos / Tampere-talo Osakeyhtiö, Yliopistonkatu 55, PL16 33101 Tampere
Hankkeen toteuttaja:	Bionova Oy, Hämeentie 17 A Helsinki
Päivämäärä:	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

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	5
3	Rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien tämänhetkinen tila	6
3.1	Rakennus ja sen muoto	6
3.2	Rakennuksen käyttö.....	10
3.3	Sisäilmasto.....	11
3.4	Rakennuksen vaippa.....	11
3.5	Tekniset järjestelmät.....	12
3.5.1	Ilmanvaihto.....	12
3.5.2	Lämmitys	12
3.5.3	Jäähdytys	13
3.5.4	Valaistus	13
3.4.5	Koneet	13
3.4.6	Vesihuolto ja lämmin talousvesi.....	14
3.4.7	Teknisten laitteiden valvonta- ja seurantarjestelmät.....	14
4	Energian ja resurssien käyttö.....	14
4.1	Energian ja resurssien käyttöä koskevat tilastot	14
4.2	Energiatohokkuusparannusten lähtökohta ja energian loppukäyttäjät	16
5	Hahmotellut energiansäästötoimenpiteet.....	21
5.1	Toimenpide 1 Eteläisen lasiseinän korvaaminen seinämällä laajennusosan luona	21
5.2	Toimenpide 2 Pohjoisen lasiseinän korvaaminen paremmilla ikkunoilla laajennusosan luona	22
5.3	Toimenpide 3 Etelä-sivun ikkunoiden korvaaminen (pääosin) energiatohokkaammilla	23
5.4	Toimenpide 4 Aurinkosähköjärjestelmän asennus katolle	24
5.5	Toimenpide 5 Nykyisten valaisimien vaihto tehokkaampiin LED-valaisimiin konserttisaleissa.....	25
5.6	Toimenpide 6 Valaistuksen vaihto LED-valoihin rakennuksen loppuissa tiloissa.....	26
5.7	Toimenpide 7 Elektroniset hanat työntekijöiden WC tiloihin.....	28
5.8	Toimenpide 8 Liiketunnistimet ja LED-valaisimet wc- ja pukuhuone-tiloihin.....	28
5.9	LTO lisääminen IV-koneisiin.....	30
6	Total Concept -menetelmään perustuva toimenpidepaketti	41
6.1	Kannattavuuslaskelmien syöttötiedot	41
6.2	Tulokset	41
7	Johtopäätökset	44

Liite 1. Pohjapiirustukset	45
Liite 2. Baselineen laskennan lähtötiedot	46
Liite 3. Energiansäästötoimenpiteiden lisätiedot	51

1 Tausta

Tampere-talo Oy:n keskeisenä tavoitteena on olla ekologisesti kestävä kongressikeskus. Tavoitteen saavuttamiseksi Tampere-talo pyrkii jatkuvasti parantamaan tilojensa energiatehokkuutta. Tähän tavoitteeseen liittyen Tampere-talo Oy päätti osallistua Total Concept -hankkeeseen saadakseen lisätietoa siitä, mitä energiatehokkuustoimenpiteitä olisi kannattavaa toteuttaa talon laajennuksen yhteydessä 2015. Hankkeen kautta Bionova Oy vastaa Total Concept -selvityksen toteuttamisesta Tampere-talossa.

Tampere-talo Oy:n puolesta yhteyshenkilönä toimi kiinteistöpäällikkö Marko Koivisto. Bionovan puolelta Panu Pasanen, Tytti Bruce sekä Pierre Stassen toteuttivat selvityksen.

2 Hankkeen laajuus ja menetelmät

Kiinteistön omistajan teettämän kunnostushankkeen päätavoitteet ovat tilojen laadun ja toimivuuden parantaminen palvelemaan uutta käyttötarkoitusta Muumimuseota sekä muita asiakasryhmiä. Toisena keskeisenä tavoitteena on parantaa Tampere-talon tilojen energiatehokkuutta.

Hankkeen tarkoituksena on toteuttaa Total Concept -menetelmän ensimmäinen vaihe¹ ja laatia toimenpidepaketti Tampere-talon energiatehokkuuden parantamiseksi talon laajennuksen yhteydessä (2015). Työ perustuu seuraaviin Total Concept -menetelmän ensimmäiseen vaiheeseen sisältyviin keskeisiin toimenpiteisiin:

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

Hankkeessa on käytetty seuraavia Tampere-talon edustajilta ja paikan päällä tehdyistä katselmuksesta saatuja taustatietoja:

- Rakennuspiirustukset (arkkitehtipiirustukset, rakennepiirustukset ja LVI-piirustukset, sähköpiirustukset)
- Käyttö- ja huolto-ohjeet (LVI)
- Kaukolämpöä koskevat kuukausittaiset energiatilastot 2008 – 2014
- Rakennuksen ylläpitoon ja vuokralaisen käyttöön liittyvän sähkönkulutuksen kuukausittaiset energiatilastot aikaväliltä 2009 – 2014
- Vedenkulutuksen vuotuiset tilastot aikaväliltä 2009 – 2014

¹ Lisätietoa Total Concept -menetelmästä on saatavana julkaisusta "The Total Concept method. Guidebook for implementation and quality assurance". 2014, www.totalconcept.info.

- Vuokralaisten, rakennusteknikon ja isännöitsijän haastattelut
- Aiemmat talosta tehdyt selvitykset (mm. IV ja aurinkoenergiatarkastelut)
- Tulevan remontin ja laajennuksen hankeselostus

Bionova on tehdyt kattavan energiakatselmuksen aikavälillä 8-11-2014. Johtuen rakennuksen suuresta koosta, rakennuksen energiatasetta ei ole simuloitu vaan tulokset perustuvat muutoin tehtyihin energialaskelmiin. Investointikululaskelmat perustuvat pääosin toimittajilta hankittuihin tietoihin.

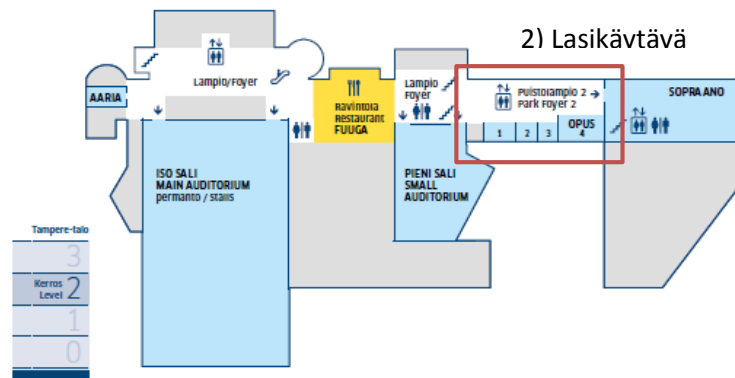
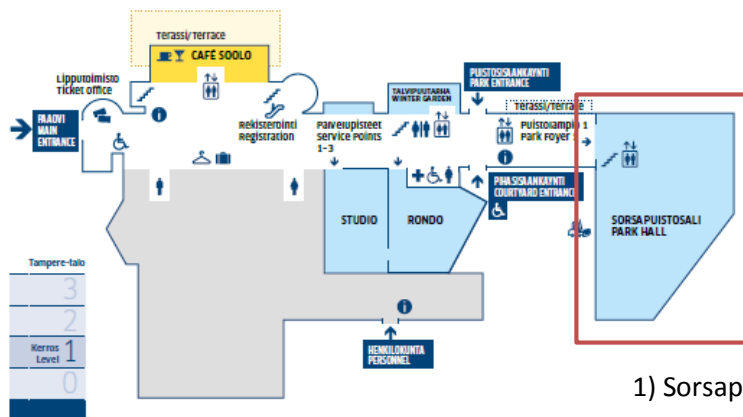
Raportti on jaettu seuraaviin osiin:

- 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

3 Rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien tämänhetkinen tila

3.1 Rakennus ja sen muoto

Tampere-talo on kongressikeskus ja musiikkitalo Tampereen keskustassa. Se on paikka kongressien, kokousten, messujen ja konserttien järjestämiseen tarjoten myös ravintola- ja kahvilapalvelut sekä tiloja teatterin sekä näyttelyjen tarpeisiin. Tampere-talo rakennettiin 1990 ja on kooltaan 28 000 m² ollen Pohjois-Euroopan suurin kongressikeskus. Teoriassa koko rakennuksen pinta-ala on lämmitettyä tilaa ilmanvaihtokonehuoneita lukuun ottamatta. Rakennuksen keskeiset asiakastilat kerroksittain on esitetty alla olevissa kuvaajissa.

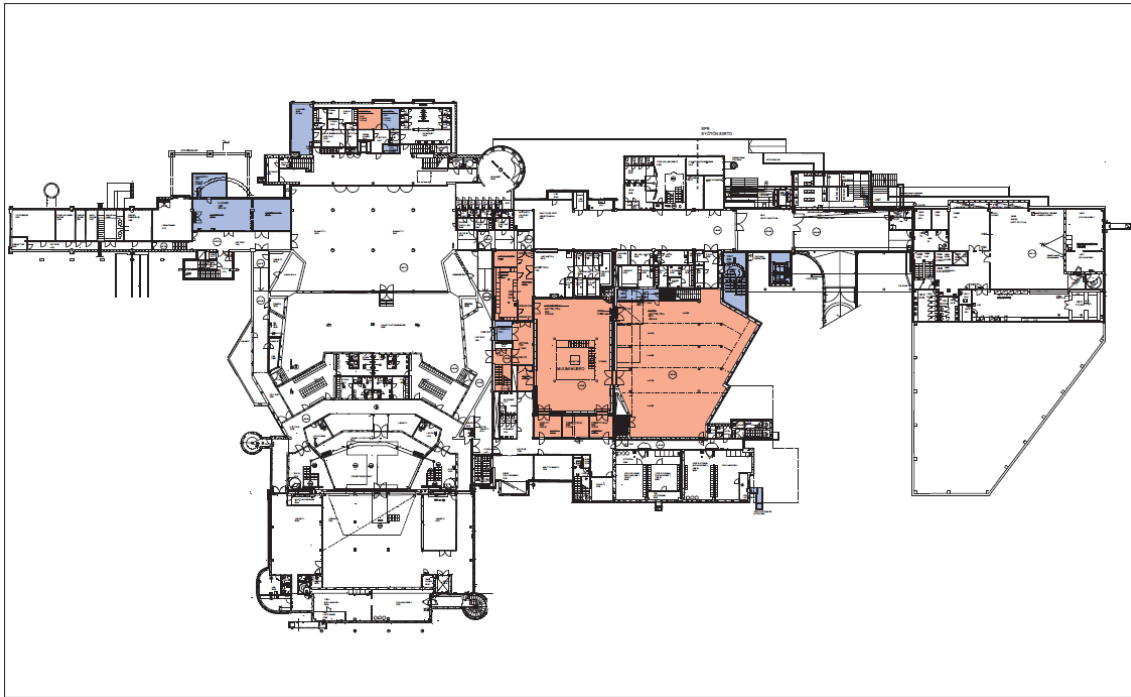


Pian rakennuksen valmistumisen jälkeen talon viereen rakennettiin Sorsapuistosali (kuvassa viite 1). Vuonna 2005 Sorsapuistosali yhdistettiin päärakennukseen lasitunnelilla (kuvassa viite 2). Vuonna 2011 Isossa salissa suoritettiin akustiikkaremontti.

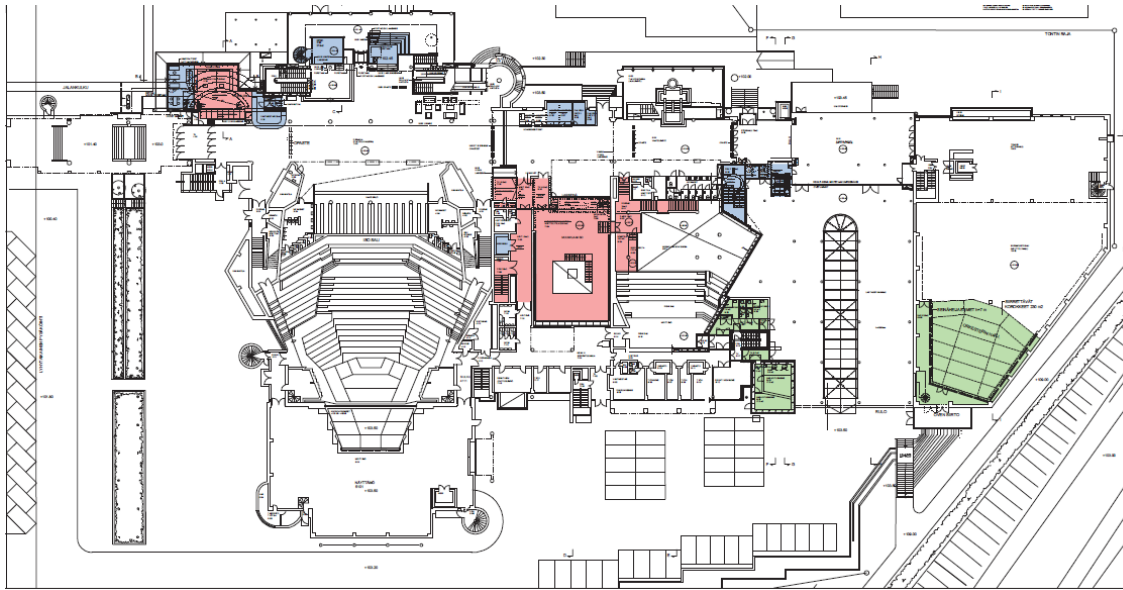
Rakennuksessa on tehty jatkuvaa parannustyötä energiatehokkuuden edistämiseksi ja tämän vuoksi edulliset ja helposti toteutettavat toimenpiteet on pitkälti tehty. Näihin lukeutuvat mm. veden kulutuksen rajoittaminen hanojen rajoittimilla, LED-valoihin siirtyminen suurimassa käytössä olevissa tiloissa, jäähdytysjärjestelmän muuttaminen

kaukojäähdytykseksi ja IV-järjestelmän käytön mukainen manuaalinen ohjaus. Johtuen rakennuksen suojelluista rakenteista ja rakennustekniikan sijoittelusta esimerkiksi salien alle kellariin ja katon sisälle monet muissa rakennuksissa helposti toteutettavat toimenpiteet, kuten lämmön talteenoton lisääminen IV-koneisiin ovat huomattavan vaikeasti toteutettavissa. Tämä rajoittaa mahdollisuuksia löytää kannattavien energiaparannuksia.

Tampere-talon tulevan remontin myötä taloon muuttaa muumimuseo Muumilaakso, jolle remontoidaan yhteensä 1020 m² laajuiset tilat nykyisen Rondon ja Studion kohdalta rakennuksen kellari- ja ensimmäisestä kerroksesta. Muumilaakso edellyttää taidemuseorakentamisen vaatimusten mukaisia erikoistiloja, joissa on kattava, automaattinen, koneellinen ilmastointi ilmankosteuden ja lämpötilan kontrolloimiseksi. Käyttötarkoitustaan muuttavat tilat on esitetty alla olevassa kuvassa.

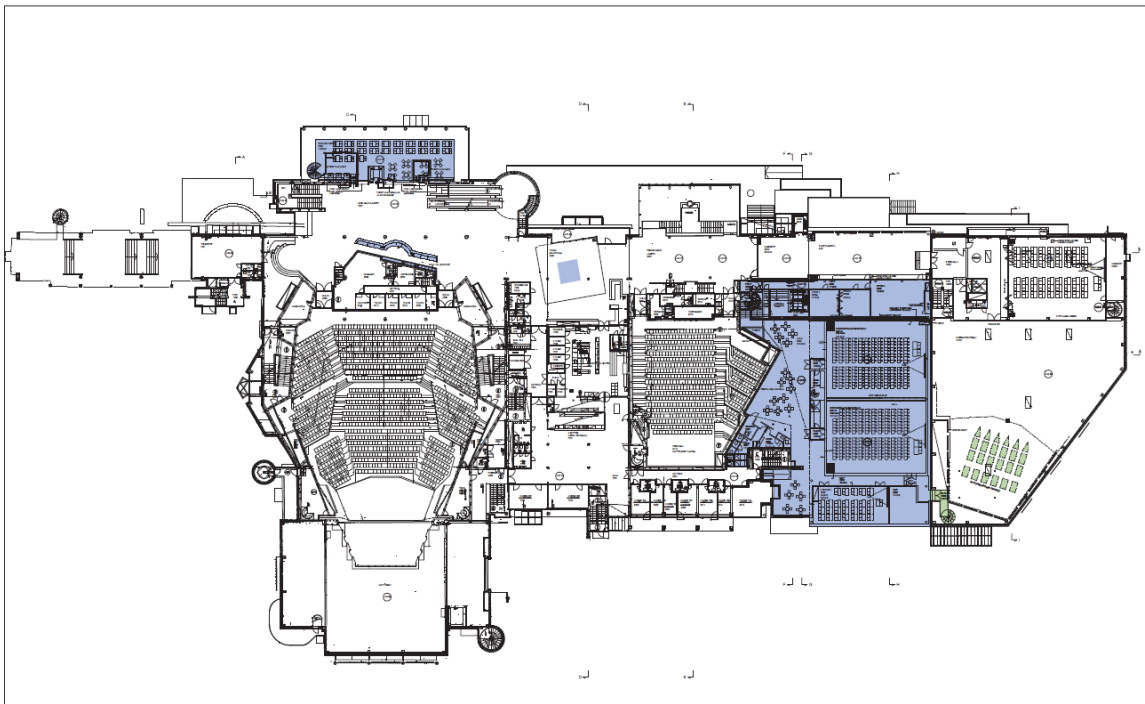


Kuva: kellarikerroksen museoksi muutettavat tilat (punaisella).



Kuva: 1-kerroksen museoksi muutettavat tilat (punaisella).

Samassa yhteydessä talon tiloja lisätään 800 m² monitoimitilalla sekä rakentamalla nykyiseen ravintola Sooloon välipohja, jolla lisätään toisen kerroksen ravintolatilaa. Monitoimitila sekä rakennettava ravintolan välipohjatila on esitetty alla olevassa kuvassa. Toiminnallisessa uudistushankkeessa myös pieneen saliin toteutetaan puku- ja takatilat. Lisäksi Tampere-talon ohjelmaosastolle rakennetaan lisätoimistotiloja.



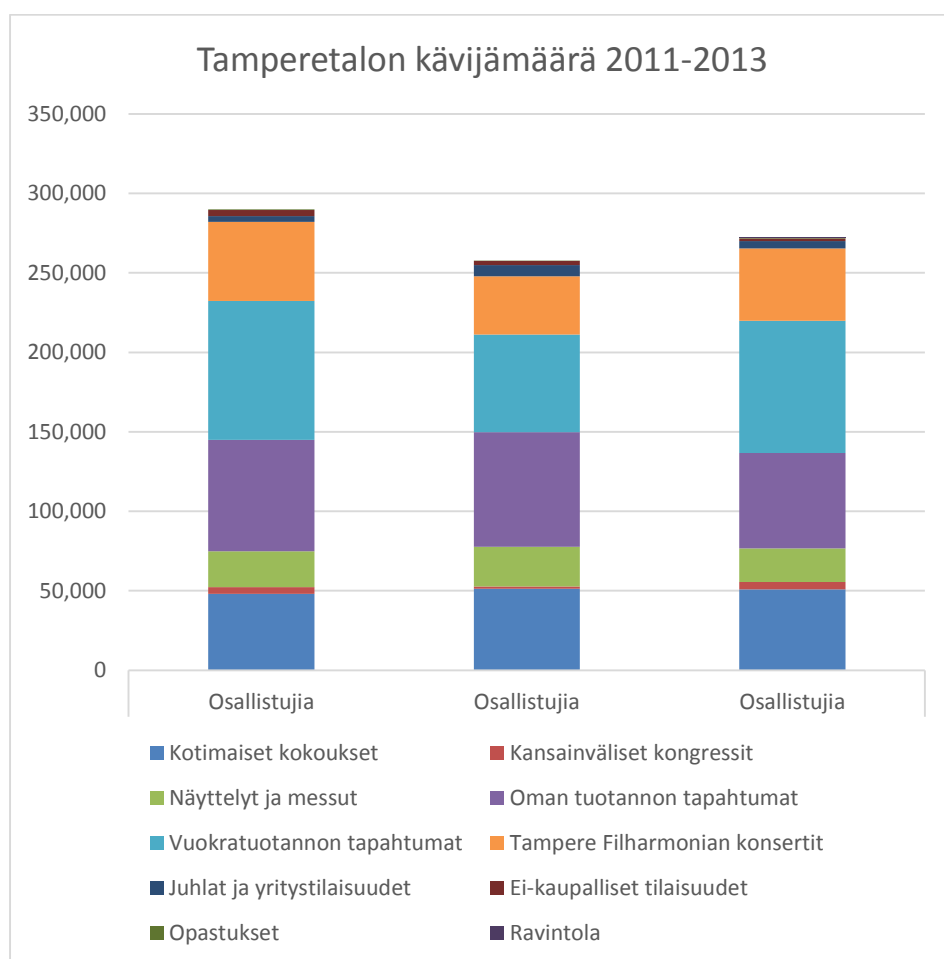
Kuva: 2-kerroksen laajennusosa (oikealla) sekä lisättävä ravintolavitrinin välipohja (ylhällä).

Edellä mainituista toimenpiteistä laajennusosan tarkastelu on rajattu tämän hankkeen ulkopuolelle, mutta nykyisen osan toiminnalliset muutokset on huomioitu energiankulutuksen perustasoa laskettaessa.

3.2 Rakennuksen käyttö

Rakennusta käytetään tällä hetkellä kongressi- ja messukeskuksena sekä konsertti- ja harjoituspaikkana. Tilassa järjestetään myös luentoja sekä näytelmiä. Talossa on ravintola sekä kahvila, jotka ovat avoinna yleisölle työaikojen puitteissa. Tulevaisuudessa taloon avataan pysyvä museo sekä uusi ravintola talon pohjakerrokseen. Tilojen nykyinen käyttö on erittäin vaihtelevaa eri käyttötarkoituksista sekä -ajoista johtuen. Eri tilojen käyttö myös vaihtelee merkittävästi vuosittain. Tämän vuoksi esimerkiksi valaistuksen ja ilmanvaihdon mallintaminen on erittäin hankalaa, sillä tilojen käytölle ei ole olemassa luotettavaa keskimääräistä käyttöä kuvaavaa käyttöaika. Laskennassa käytetyt käyttöajat perustuvat eri tilojen historiallisen käytön perusteella tehtyyn käyttöaika-arvioon. Tehdyt arviot on esitetty yksityiskohtaisesti IV-koneita ja valaistusta koskevissa osiossa.

Kävijämäärätilastot eri tilaisuustyypeittäin on esitetty alla olevassa kuvaajassa.



3.3 Sisäilmasto

Tällä hetkellä sisäilmasto on tyydyttävä koko rakennuksessa. Talvella lämpimät ilmassat nousevat pohjakerroksesta rakennuksen ylempiin kerroksiin rakennuksen aulassa ja tämä luo vedon tunnetta sekä energian kulutusta aulan alakerroksien lämmittämisessä. Kesällä eteläsiiven ilma lämpenee huomattavasti samalla kun kellarikerrosta joudutaan lämmittämään. Sisällä konferenssi- ja konserttitilojen ilmanlaatu ja lämpötila on taattu työntekijöille ja vieraille standardien mukaiseksi. Rakennuksen jäähdytysjärjestelmää on parannettu 2014 siirtymällä kaukojäähdytykseen.

3.4 Rakennuksen vaippa

Rakennuksen vaippa on alkuperäinen rakennusvuosien (1990, 1992, 2005) mukaan. Ulkoseinärakenteet ovat betoni sandwich elementeistä kivivillaeristyksellä (125 – 175 mm). Talon fasadi on keraamista tiiltä, lasia ja Kurun graniittia. Katon rakenne on tehty ontelolaatoista polystyreeni eristeellä ja bitumiviimeistelyllä. Ikkunoita on rakennuksessa laaja kirjo (lasiseinät, avattavat / kiinteät ikkunat, alumiini- / puukarmit). Rakennuksen uudempien osien osalta rakenteita on tarkasteltu rakennepiirustusten perusteella. Sen sijaan alkuperäisten rakenteiden osalta on rakenteiden koostumusta jouduttu osittain arvioimaan. Myös laskennassa käytetyt rakenteiden U-arvot perustuvat rakenteen perusteella tehtyihin arvioihin.

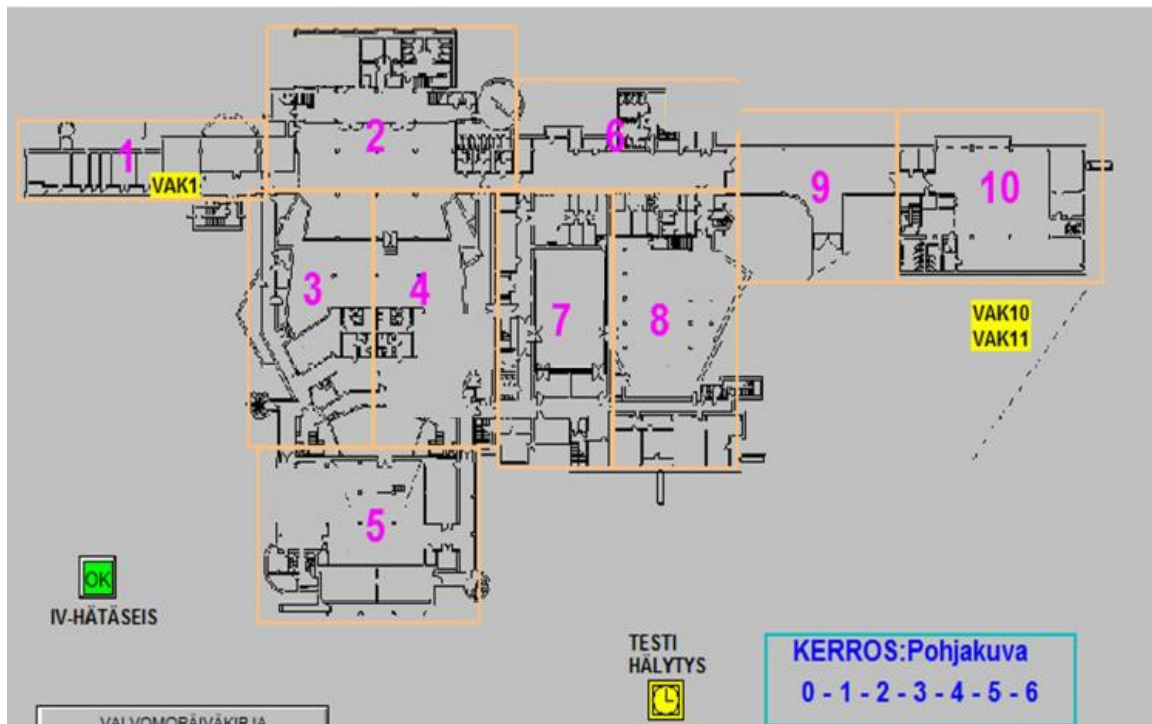
Rakenteet	U-arvo	Lähde
Seinät (rak.vuosi 1989)	Noin 0,28	Arvioitu rakenteen perusteella ja kirjallisuudesta (Lähde: VTT)
Katot (rak.vuosi 1989)	Noin 0,22	Arvioitu rakenteen perusteella ja kirjallisuudesta (Lähde: VTT)
Ikkunat	Noin 2,1	Arvioitu rakenteen perusteella ja kirjallisuudesta (Lähde: VTT)
Seinät (rak.vuosi 2005)	Lasiseinät alle 1,4, muut 0,23-0,25	Rakennuspiirustukset
Katot	Alle 0,16 (puolilämpimät tilat 0,3)	Rakennuspiirustukset
Ikkunat	1,4	Rakennuspiirustukset

Rakennuksen vaippa on Museoviraston suojelema, joten muutokset rakenteeseen ja ulkonäköön ovat mahdottomia. Vaippa on myös hyväkuntoinen. Tämän vuoksi tarkastelussa keskityttiin parannusten osalta ikkunoihin, joissa parannukset olisivat mahdollisia suojeltuun ulkonäköön puuttumatta.

3.5 Tekniset järjestelmät

3.5.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokoneet ovat suurimmaksi osaksi alkuperäisiä. 119 konetta on jaettu 10 ilmastointialueeseen rakennuksen eri tiloihin, jotka on esitetty alla olevassa kuvassa. Järjestelmä toimii erilaisilla ilman virtausmäärillä. Vain viiteen koneeseen on asennettu lämmöntalteenottojärjestelmä. Ilmanvaihtokoneisto pystyy vastaamaan nykyvaatimuksiin sisäilmaston osalta, mutta on osa laitteista tulossa käyttöikänsä päähän. Järjestelmän uusimisesta on laadittu suunnitelmia, mutta niitä ei ole vielä toteutettu.



Ilmanvaihtoa ohjataan manuaalisesti siten, että se ajastetaan toimimaan rakennuksen suunnitellun käytön/tilaisuuksien mukaan. Tämän vuoksi ilmanvaihdolle ei ole olemassa säännönmukaisia käyttöaikoja vaan käyttöajat vaihtelevat suuresti riippuen kunakin vuonna rakennuksessa olevista tilaisuuksista ja tilojen käytöstä. Tämän vuoksi ilmanvaihtojärjestelmän käyttöajojalle jouduttiin tekemään historialliseen käyttöön perustuvat oletukset. Tässä hyödynnettiin pohjana aiemmin Resce -hankkeen osana 2014 tehtyä ”Tampere-talon ilmanvaihdon energiatehokkuusselvitys” -työtä. Ilmanvaihtokoneiden yksityiskohtaiset tiedot on esitetty liitteessä 2.

Tulevan remontin myötä osion 7 ja 8 ilmanvaihto muutetaan vastaamaan uuden käyttötarkoituksen (museo) mukaisia ilmanvaihtotarpeita.

3.5.2 Lämmitys

Rakennus on lämmitetty kaukolämmöllä käyttäen vesikiertoisia lämpöpattereita sekä tuloilman lämmitystä. Lämmitysjärjestelmä on alkuperäinen talon rakennusvuodelta.

Suuressa talossa lämmön/kylmääntarpeet sijoittuvat usein eri puolille taloa ja rakennusta saatetaan lämmittää ja jäähdyttää samanaikaisesti. Pääaulassa on olemassa lämmön siirto kolmannelta kerroksesta ala-aulaan. Myös muita mahdollisuuksia lämmön siirtoon eri osioiden välillä on selvitetty, mutta niiden rakentamiskustannukset ovat osoittautuneet liian korkeiksi. Cafe Soolon tuleva rakennettava välipohja tulee todennäköisesti vähentämään ilman kerrostumista pääaulassa.

3.5.3 Jäähdytys

Vuoteen 2014 asti rakennusta jäähdytettiin kahdella sähköisellä jäähdytyskoneella. Ne poistettiin käytöstä liitettäessä rakennus kaukokylmäverkkoon. Kaukojäähdytykseen siirtymisen myötä jäähdytyspattereihin ei tehty muutoksia vaan järjestelmä luotiin siten, että kaukojäähdytyksen lämpötilaa pienennetään tarvittaessa korotuspumpun avulla.

Kaukokylmän seurantatieto oli käyttöönoton jälkeisinä kuukausina virheellistä, joten johtopäätösten tekeminen datasta oli epätarkkaa. Keittiöllä, kahvilalla ja ravintolalla on omat kylmäkoneet jääkaappeja ja pakastimia varten.

3.5.4 Valaistus

Alkuperäiseen rakennukseen verrattaessa on valaistus muuttunut eniten. Noin 70% kaikista 5700 lampusta ovat vaihdettu LED-valoihin viimevuosien aikana ja vaihtotyö jatkuu yhä. Valoja on vaihdettu pikkuhiljaa eri puolille taloa. Suuressa konserttisalissa valaistukselle asetetut vaatimukset ovat tehneet lamppujen vaihdon LED-tekniikkaan mahdolliseksi vasta vähän aikaa sitten. Soveltuvat, korvaavat LED-valaisimet ovat jo löydetty ja vaihto on suunniteltu lähitulevaisuuteen.

Tällä hetkellä valaistuksessa ei ole minkäänlaista automaatiota. Monet valot esimerkiksi varastoissa, vessoissa ja käytävissä ovat päällä koko ajan. Tunnistinvalojen lisäämistä hankaloittaa se, että asiakaskokemuksen on hyvin tärkeää, etteivät valot sammu silloin, kun tiloissa on ihmisiä.

Ilmanvaihtokoneiden yksityiskohtaiset tiedot on esitetty liitteessä 2.

3.4.5 Koneet

Rakennuksessa on erittäin vaihteleva kanta erilaisia sähkölaitteita kahvinkeitimestä aina äänijärjestelmän vahvistinjärjestelmiin. Eri laitteiden tai edes laiteryhmiä kulutusta on hyvin hankala arvioida, koska minkäänlaista jaoteltua sähkönmittausta ei ole käytössä. Keittiöllä on lista kaikista sen koneista ja laitteista ja niiden kulutuksista, mutta niiden kulutusta on vaikea mallintaa, koska niiden käyttö vaihtelee hyvin suuresti riippuen rakennuksen käyttötilanteista ja työntekijöiden, muusikoiden ja vieraiden määrästä talossa.

3.4.6 Vesihuolto ja lämmin talousvesi

Rakennus on kaupungin vesihuollon piirissä ja veden kulutus kirjataan ylläpidon toimesta. Lämpimän käyttöveden kulutukselle lisättiin mittarointi kesällä 2014. Rakennuksen käyttäjien arvioiden mukaan noin 35 % käyttövedestä on lämmitetty. Käyttövesi lämmitetään kaukolämmöstä.

Rakennuksen hanoista 20 % on vaihdettu elektronisiin. Loppuihin 80 %:iin on asetettu virtausrajoittimet kevään 2013 aikana.

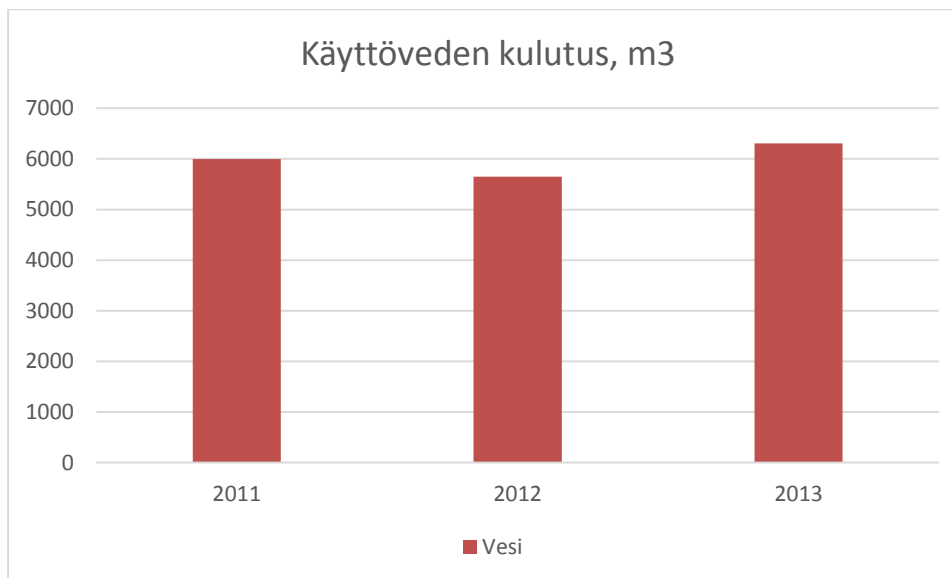
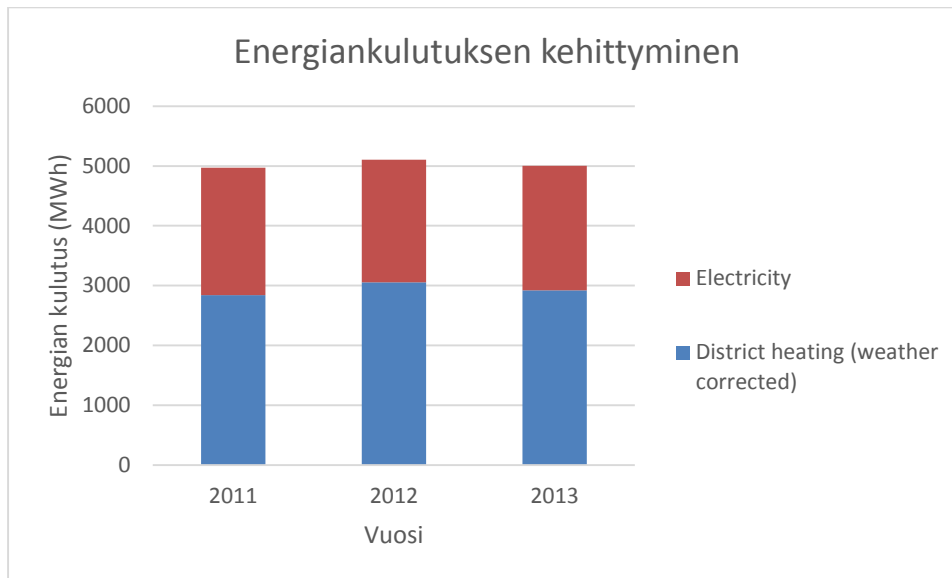
3.4.7 Teknisten laitteiden valvonta- ja seurantajärjestelmät

Ilmanvaihtoa, lämmitystä ja sähköjärjestelmiä valvotaan reaaliajassa Schneider Electricin tietokoneohjelmistolla. LVI-järjestelmiä säädetään manuaalisesti ja ne ajastetaan päivittäin tulevan ja suunnitellun käytön mukaisesti. LVI-järjestelmiin ei ole minkäänlaisia automaattista säätöä. Talon teknikoiden on säädettävä järjestelmä joko jäähdyttämään tai lämmittämään rakennusta tarpeen mukaan. Taloa myös joudutaan lämmittämään ja jäähdyttämään osittain samanaikaisesti. Kuukausittaiset tilastot sekä huoltoaikataulut ovat tallennettuna rakennuksen huoltoportaaliin internetissä. Ainoastaan koko kiinteistön sähkönkulutus ja kaukolämmön kulutus mitataan. Alimittarointia ei toistaiseksi ole.

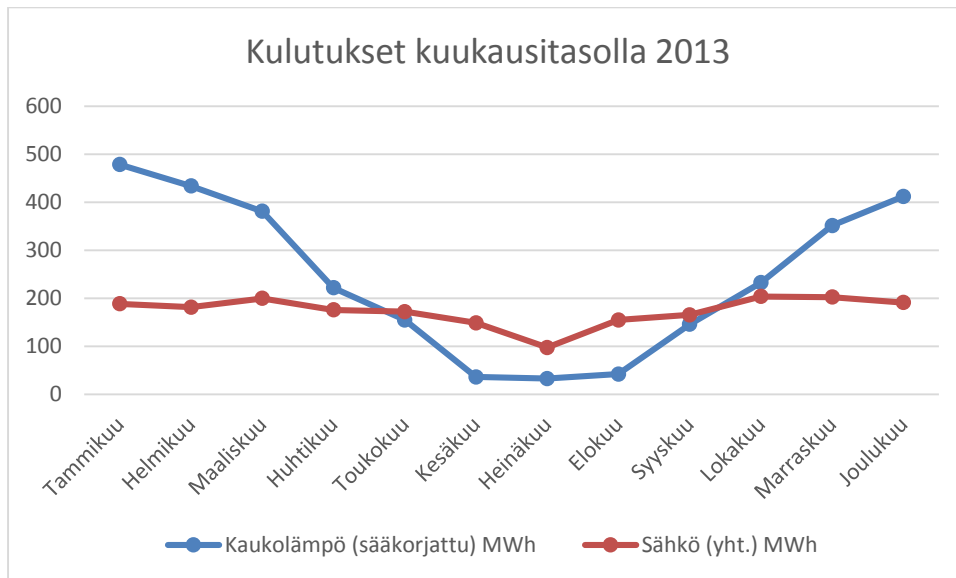
4 Energian ja resurssien käyttö

4.1 Energian ja resurssien käyttöä koskevat tilastot

Alla on esitetty mittauksiin perustuvat kaukolämmön ja sähkön kokonaiskulutukset vuosina 2011-2013. Mittauksiin liittyvistä tuloksista on Tampere-talon toimesta poistettu mittauksista johtuneita virheitä. Kaukolämmön osalta data on sääkorjattu.



Alla olevassa kuvassa on esitetty Tampere-talon kulutusten jakautuminen eri kuukausille 2013.



Rakennuksessa ei ole alimittarointia käyttäjä-/kiinteistösähkölle eikä eri osien lämmön kulutuksille. Myöskään lämpimän käyttöveden kulutusta ei mitattu vielä 2013. Vaan erillinen mittausta lisättiin vasta kesällä 2014 tehtyjen muutosten yhteydessä.

4.2 Energiatehokkuusparannusten lähtökohta ja energian loppukäyttäjät

Jotta energiatehokkuusparannusten vaikutuksia voitaisiin arvioida, on tunnettava rakennuksen nykytila. Tampere-talon osalta mitatut tulokset vuodelta 2013 tai 2014 eivät kerro rakennuksen nykykulutusta, sillä rakennukseen on tehty jatkuvalla tasolla teknisiä muutoksia. Vuoden 2014 kesällä rakennukseen asennettiin kaukojäähdytys, joka otettiin käyttöön elokuussa. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä järjestelmän korotuspumpun asetukset eivät toimineet suunnitellulla tavalla, mikä aiheutti järjestelmän asentamisen jälkeisille kuukausille (syys-loka) merkittävän lisäyksen sähkönkulutukseen. Tämä on nyt korjattu, mutta tämän vuoksi mitattuja sähkön kulutuksia vuodelta 2014 ei voida hyödyntää järjestelmän asennuksen jälkeisen sähkönkulutuksen arvioinnissa. Lisäksi elokuussa vaihdettiin TK62-kone. Lisäksi rakennukseen on vuoden 2014 aikana asennettu virtausrajoittimia hanoihin ja suihkuihin, otettu käyttöön muutama vedetön pisuaari sekä lisätty LED-valojen määrää.

Jotta rakennuksen nykytila pystyttiin huomioimaan energiatehokkuusparannusten laskennassa, sille laskettiin ensin uusi energiankulutuksen perustaso perustuen 2014 tekniseen tilanteeseen. Edellinen vuosi, kun kokonaiskulutusdataa oli saatavissa vuoden jokaiselta kuulta, oli 2013, joka otettiin laskelmien lähtökohdaksi, mutta korjattiin vuonna 2014 tehdyillä teknisten järjestelmien muutoksilla. Mikäli rakennus ja sen järjestelmät

olisivat vuoden 2013 kokonaiskulutusmittausjakson aikana olleet vuoden 2014 teknisellä tasolla, olisi kokonaisenergiankulutus ollut 4952 MWh tai 174,6 kWh/m².

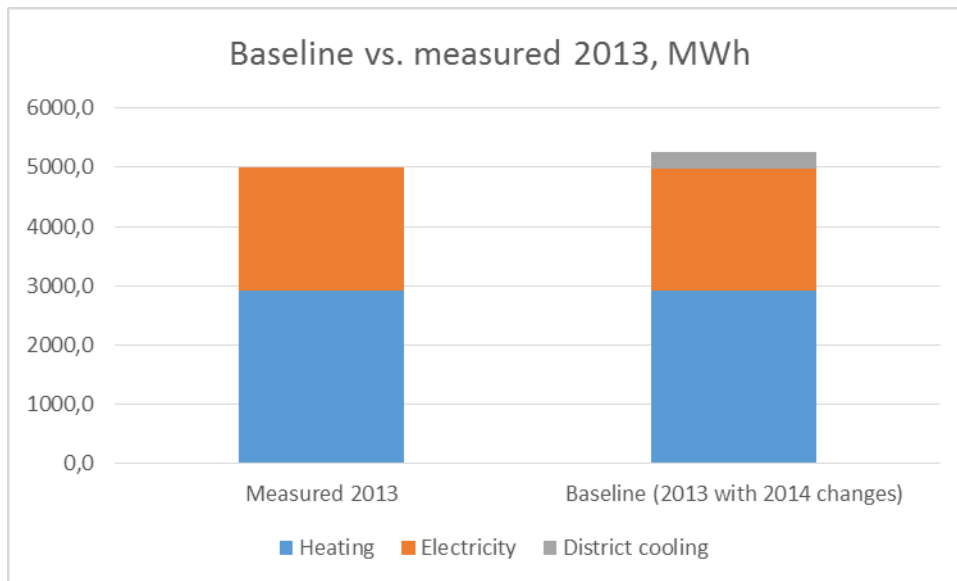
Remontin yhteydessä rakennuksen käyttötarkoitus tulee osittain muuttumaan museoksi, mikä aiheuttaa lisääntyneitä vaatimuksia ilmanvaihdolle. Koska koneet joudutaan korvaamaan käyttötarkoituksen muutoksen vuoksi, on niiden korvaaminen minimi vaatimustason IV-koneilla laskettu mukaan uuteen energiankulutuksen perustasoon, jolloin koneisiin asennettaisiin lainsäädännön vaatimusten mukainen vuosihyötysuhteeltaan 45 % patterilämmöntalteenotto ja SFP-luvultaan vähintään 2 kW/m³/s järjestelmä.

Museoksi muuttuvan tilan korvattavat IV-koneet ovat TK71 ja TK73. Energiankulutuksen laskennassa näiden käyttöajaksi oletettiin museon aukiolo-aika (8 h joka päivä), jona muuttuvasti säädettävät laitteet toimivat keskimäärin 75 % teholla. Muuna aikana tehoksi oletettiin 25 %. Molempien laitteiden mitoitusilmavirta on 2 m³/s.

IV-koneiden lisäksi museotilaan lisätään remontissa vakioilmastointikoneet VI71, VI72 ja VI73. Laskennassa VI71 ja VI2 ilmavirraksi oletettiin 0,5 m³/s ja tehoksi 20,5 kW. VI73 ilmavirraksi oletettiin 1 m³/s ja tehoksi 30 kW. Kaikkien koneiden oletettiin olevan päällä jatkuvasti.

Museotilan lisäksi rakenteeltaan muuttuvaan kahvila/ravintola Soolon IV-kone TK 21 joudutaan uusimaan remontin myötä. Koneen osalta merkittävä muutos syntyy myös siitä, että aiemmin tilan kone on ollut lähinnä lämmityskäytössä talvisaikaan. Remontin jälkeiseksi koneen käyttöajaksi oletettiin keskimäärin 9 tuntia päivässä ja ilmavirraksi 2,8 m³/s.

Uutta energiankulutuksen perustasoa, jossa on huomioitu 2014 muutokset sekä tuleva käyttötarkoituksen muutos on alla olevassa kuvassa verrattu 2013 mitattuun tasoon.



Rakennuksen energian kulutuksen jakautuminen eri loppukäyttäjiin selvitettiin laskennallisesti. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa sekä kuvissa.

Vaihtelevista ja manuaalisesti ohjatuista käyttöaikatauluista johtuen arvio sisältää merkittäviä oletuksia tilakohtaisista käyttöajoista, valaistustarpeesta ja IV-koneiden käyntiajoista.

Ilmanvaihtokoneiden osalta tarkempi selvitys ulotettiin 50 merkittävän kokoiseen koneeseen. Ne laskettiin historialliseen dataan perustuvien arvioitujen keskimääräisten käyntiaikaprofiilien ja konekohteisten tehontarpeiden perusteella. Pienempien, alle 1 m³/s koneiden osalta laskelmat tehtiin kahdessa kategoriassa seuraavilla käyttöhenkilökunnan kanssa tehdyillä oletuksilla:

- Pienimmät alle 0,5 m³/s koneet käyvät jatkuvasti täysillä, koneiden teho skaalattu keskimääräisen koneen mukaan
- Suuremmat 0,5-1 m³/s koneet käyvät jatkuvasti puoliteholla, koneiden teho skaalattu keskimääräisen koneen mukaan

Valaistuksen sähkönkulutus saatiin arvioitujen käyttöaikaprofiilien ja lamppukohtaisten tiedossa olevien energiaprofiilien perusteella. Käyttöaikaprofiilit on esitetty liitteessä 2. Ravintolan sähkönkulutus arvioitiin karkeasti RakMK 2013 mukaiseen ravintoloiden keskimääräiseen sähkönkulutukseen perustuen.

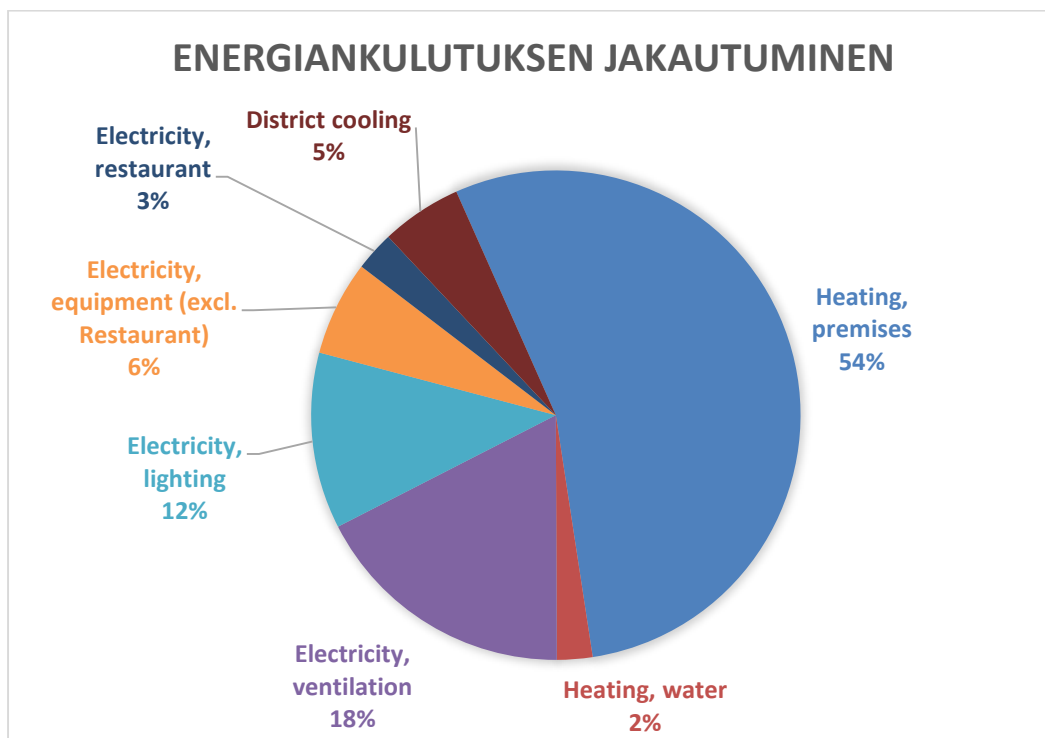
Rakennuksen vaihtelevasta käytöstä ja laajasta sähkölaitteiden kirjosta johtuen luotettavaa ja työn tavoitteiden kannalta tarkoituksenmukaista laskelmaa koneille ja laitteille oli mahdotonta saada. Tämän vuoksi sähkölaitteiden kulutus on arvioitu hyvin karkeasti muiden kulutusten perusteella sekä liikerakennusten keskimääräisten kulutusten perusteella. Valittu taso vastaa laite-energiankulutukseltaan energialuokaltaan

hyvätasoista liikerakennusta (Lylykangas et. Al. Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus. 2013).

Vedenkäyttötilastot toimitti Tampere-talo perustuen heidän omaan seurantaansa. Kokonaisvedenkulutus vuonna 2013 oli 6306 m³ ja veden kulutus on noin 29 / litraa per kävijä tai 35 litraa per käyttäjäpäivä. Toisaalta veden kulutukseen vaikuttaa se, että kiinteistön hanoihin ja suihkuihin asennettiin virtausrajoittimet keväällä 2014. Johtuen mittausjaksolla tapahtuneista huuhteluista ja kausittaisesta vaihtelusta, vedenkulutuksen tilastojen perusteella ei voitu tehdä johtopäätöksiä muutoksen vaikutuksista. Kirjallisuuslähteiden perusteella virtauksen rajoitus voi johtaa 10-20 % veden säästöihin. Tämän perusteella oletettiin, että rajoitettujen hanojen ja suihkujen vaikutus niiden vuoden 2013 veden kulutukseen on karkeasti noin 15 %. Lämpimän käyttöveden kulutuksesta ei ollut vielä olemassa mittaroitua dataa. Käyttöhenkilöstön arvioiden ja 2014 muutamalta kuukaudelta saatujen mittaustulosten perusteella lämpimän käyttöveden kulutukseksi tästä arvioitiin 35% kokonaisvedenkulutuksesta. Koska hanojen vesimäärä on nimenomaan lämmintä käyttövettä vaikuttaa muutos eniten niihin.

Kaukokylmän kulutus arvioitiin 2014 elo-, syys- ja lokakuussa toteutuneiden kulutusten perusteella. Jäähdytysjärjestelmään kuuluvan korotuspumpun vaikutusta kokonaissähkönkulutuksesta ei eroteltu, sillä se riippuu pumpun tulevasta ohjaustavasta ja sen vaikutus kokonaisuuden kannalta arvioitiin vähäiseksi.

Kokonaisenergiankulutus	4976 MWh	176 kWh/brm ²
Lämmitys	3050 MWh	108 kWh/brm ²
<i>Tilat</i>	2930 MWh	103 kWh/brm ²
<i>Vesi</i>	130 MWh	5 kWh/brm ²
Sähkö	2050 MWh	72 kWh/brm ²
<i>Jäähdytys</i>	0 MWh	0 kWh/brm ²
<i>Ilmanvaihto</i>	950 MWh	33 kWh/brm ²
<i>Valaistus</i>	630 MWh	22 kWh/brm ²
<i>Koneet ja laitteet (pl. ravintola)</i>	340 MWh	12 kWh/brm ²
<i>Ravintola</i>	140 MWh	5 kWh/brm ²
Kaukokylmä	290 MWh	10 kWh/brm ²
Veden kulutus	6230 m³	



5 Hahmotellut energiansäästötoimenpiteet

Rakennuksen arkkitehtuuri ja sille asetetut suojelumääräykset pienentävät merkittävästi liikkumavaraa toimenpiteiden valinnassa. Lisäksi toimenpiteitä valitessa on otettu huomioon rakennusten käyttäjän tarve pitää rakennus jatkuvasti ainakin osittain käytössä. Tämän vuoksi toimenpiteitä ei ole kasattu suurempiin kokonaisuuksiin vaan ne on jaoteltu pieniin osiin, jolloin niitä voidaan arvioida eri remonttilaajuuksissa.

5.1 Toimenpide 1 Eteläisen lasiseinän korvaaminen seinämällä laajennusosan luona

Toimenpiteen tyyppi	Rakenteiden parantaminen
Laskennallinen säästö: sähkö	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	7,3 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	400 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Säästö yhteensä:	400 €/a
Investointi	21 200 €
Taloudellinen laskentajakso	30 vuotta

Nykytila:

Rakennuksen yhdeksäs osa eli yhdyskäytävä Sorsapuistosalin (osat 10 ja 11) ja päärakennuksen välillä. Käytävä on rakennettu 2005 ja sen molemmat seinämät ovat lasia. Rakennepiirustusten mukaan lasiseinän U-arvo on 1,4 W / m²K.

Toimenpiteen kuvaus:

Uuden laajennusosan rakentamisen yhteydessä etelän puoleinen lasiseinä muuttuu uuden osan seinäksi. Tällä muutoksella tulee olemaan merkittävä vaikutus vanhan osan energiankulutukseen, sillä uuden korvaavan seinän energiatehokkuus tulee olemaan merkittävästi parempi. Koska uusi laajennusosa on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle, tarkasteltiin toimenpiteen vaikutusta vanhaan osaan siten, että lasiseinä oletettiin korvattavan suoraan uudella ulkoseinällä. Toimenpiteessä rakennettavan uuden seinän U-arvo on 0,17 W/m².

Energia ja kustannussäästöt:

Remontoitavan seinän pinta-ala on 43,7 m² (mitattu arkkitehtipiirustuksista). Rakennepiirustusten perusteella vanhan lasipinnan U-arvo on 1,4 /m²K. Uuden

seinäpinnan U-arvoksi valittiin 0,17 W/m²K, mikä vastaa rakennusmääräysten osan D3 vaatimustasoa. Seinän investointikustannuksiksi arvioitiin 21 000 € perustuen vastaavan ulkoseinärakenteen keskimääräisiin kustannuksiin (Haahtela). Toimenpiteellä saavutettava vuotuinen energiansäästö on 7,3 MWh/a, ja kustannussäästö 520 €/a.

5.2 Toimenpide 2 Pohjoisen lasiseinän korvaaminen paremmilla ikkunoilla laajennusosan luona

Toimenpiteen tyyppi	Rakenteiden parantaminen
Laskennallinen säästö: sähkö	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	15,4 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	860 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Säästö yhteensä:	860 €/a
Investointi	128 000 €
Taloudellinen laskentajakso	30 vuotta

Nykytila:

Rakennuksen yhdeksäs osa eli yhdyskäytävä Sorsapuistosalin (osat 10 ja 11) ja päärakennuksen välillä. Käytävä on rakennettu 2005 ja sen molemmat seinämät ovat lasia. Rakennepiirustusten mukaan lasiseinän U-arvo on 1,4 W / m²K.

Toimenpiteen kuvaus:

Alkuperäiset käytävän lasiseinän ikkunat korvataan moderneilla nelilasisilla ikkunoilla, mikä vähentää merkittävästi lämpöhäviötä lasipinnan läpi. Toimenpide myös vähentää riskiä siitä, että hyvin eristetyn uuden lisäosan ja vanhan rakennusosan välille syntyy vetoa. Toimenpide on toteutettavissa samanaikaisesti uuden lisäosan rakentamisen kanssa, jolloin remontointiajasta ei synny lisähaittaa rakennuksen käytölle.

Energia- ja kustannussäästöt:

Tämän hetkisen lasiseinän U-arvo on rakennepiirustusten perusteella 1,4 W/m²K. Korvaavien modernien ikkunoiden U-arvoksi on arvioitu 0,8 W/m²K perustuen valmistajien tietoihin. Ikkunapinnan pinta-ala on arkkitehtipiirustuksiin perustuen 195 m². Näihin tietoihin perustuen toimenpiteestä syntyy 15,4 MWh vuotuinen säästö lämmitysenergian kulutuksessa, mikä vastaa 1 100 €/a. Investointikustannus on noin 128 000 € perustuen ikkuna valmistajien tietoihin sekä Haahtela ohjelmalla laskettuun purku ja -asennuskustannusarvioon.

5.3 Toimenpide 3 Etelä-sivun ikkunoiden korvaaminen (pääosin) energiatehokkaammilla

Toimenpiteen tyyppi	Rakenteiden parantaminen
Laskennallinen säästö: sähkö	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	37,7 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	2100 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Säästö yhteensä:	2 100 €/a
Investointi	145 000 €
Taloudellinen laskentajakso	30 vuotta

Nykytila:

Rakennuksen pääosa valmistui 1990 ja sen ikkunat ovat saman ikäiset. Etelä-julkisivulla (rakennuksen osa 8) nykyisten ikkunoiden U-arvoksi on rakenteen ja aikakauden tyyppillisten rakenteiden U-arvojen perusteella arvioitu, että ikkunan ja karmin arvo 2,1 W/m²K (Lähde: VTT). Tiloissa on vetoa todennäköisesti johtuen ikkunarakenteen heikosta energiatehokkuudesta.

Toimenpiteen kuvaus:

Toimenpiteessä etelä-julkisivun ikkunat korvataan energiatehokkailla ikkunoilla. Uusien nelilasisten ikkunoiden U-arvo on 0,8 W/m²K. Korvattavan pinnan merkittävä koko johtaa vastaavasti myös merkittäviin energiansäästöihin.

Energia- ja kustannussäästöt:

Korvattava ikkunapinta on pinta-alaltaan 214 m² (laskettu arkkitehtipiirustuksista). Syntyvä energiansäästö on 38 MWh/a. Investointikustannukseksi on arvioitu 145 000 €, mikä sisältää uudet ikkunat, vanhojen ikkunoiden purun, sekä uusien asennuksen. Ikkunoiden ja karmien hintatiedot perustuvat valmistajien tietoihin, asennus ja purkukustannukset on arvioitu keskimääräisillä tiedoilla (lähde: Haahtela). Tilojen käytöstä pois olemisen kustannuksia ei ole huomioitu. Purkukustannuksiin voi liittyä merkittäviä epävarmuuksia.

5.4 Toimenpide 4 Aurinkosähköjärjestelmän asennus katolle

4a) 500 m2 aurinkopaneeleita

Toimenpiteen tyyppi	Energialähteiden muutos
Laskennallinen säästö: sähkö	45 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	4 100 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Laskennallinen säästö: jäähdytys	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Säästö yhteensä:	4 100 €/a
Investointi	70 000 €
Taloudellinen laskentajakso	25 vuotta

4b) 1000 m2 aurinkopaneeleita

Toimenpiteen tyyppi	Energialähteiden muutos
Laskennallinen säästö: sähkö	90 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	8 200 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Laskennallinen säästö: jäähdytys	
Laskennallinen kustannusvaikutus	
Säästö yhteensä:	8 200 €/a
Investointi	139 000 €
Taloudellinen laskentajakso	25 vuotta

Nykytila:

Kaikki rakennuksen kuluttama sähkö ostetaan verkosta.

Toimenpiteen kuvaus:

Rakennuksen katolle asennetaan 200 aurinkopaneelia, mikä kattaa noin 500 m² tai 400 aurinkopaneelia joka kattaa noin 1000 m² rakennuksen katosta. Paneelien tarkat suuntaukset ja asennuspaikat ovat selvitystyön alla.

Energia- ja kustannussäästöt:

Valmistajan (Cencorp) arvioiden perusteella 500 m² aurinkopaneelit tuottavat 50 kWp huipputehon. Tämän perusteella vuotuinen sähkön säästö olisi 45 MWh, joka vastaa 4050 €. Järjestelmän investointikustannus on 70 000 €, mikä kattaa laitteiston sekä asennuksen.

Vastaavan 1000 m² kokoisen ja 90 MWh tuottavan järjestelmän hinta on 139 000 €, mikä kattaa laitteiston sekä asennuksen.

5.5 Toimenpide 5 Nykyisten valaisimien vaihto tehokkaampiin LED-valaisimiin konserttisaleissa

Toimenpiteen tyyppi	Valaisimien vaihto
Laskennallinen säästö: sähkö	105 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	9 600 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	-91 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	- 5 000 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	28 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	750 €/a
Säästö yhteensä:	5 300 €/a
Investointi	176 000 €
Taloudellinen laskentajakso	15 vuotta

Nykytila:

Läpi rakennuksen, monet alkuperäisistä valaisimista, erityisesti halogeenit, on korjattu LED-lampuilla tai energiansäästölampuilla. Molempien konserttisalien (suuri sali rakennuksen pääosan alueilla 3 & 4 sekä pieni sali osassa 8) valaistukseen käytetään kuitenkin alkuperäisiä halogeenilamppuja. Pääsyy lamppujen vaihtamattomuudelle on salien valaistustarpeessa sekä käytettyjen valaisimien pistokkeissa. Tavanomaiset LED-valot, jotka sopisivat valaisimen kantaan, eivät tarjoa riittävästi valoa ja voimakkaampitehoiset eivät sovi valaisimiin. Salien toimivuuden kannalta keskeistä on myös, että valoilla säilytetään riittävä valaistusteho ilman valaisemattomia kohtia ja sekä valon väri, jotta arkkitehtuurinen ilme säilyy.

Toimenpiteen kuvaus:

Pilottien ja valaisimien kehityksen kautta Tampere-talolle on löydetty LED-pohjainen valaisinratkaisu, joka tarjoaa riittävän tehon sekä soveltuvan valaistuksen siten, että uudet valonlähteet soveltuvat olemassa olevaan järjestelmään. Toimenpiteessä molempien konserttisalien valot korvataan tämän uuden ratkaisun mukaisilla valaisimilla.

Energia- ja kustannussäästöt:

Auditointiin ja sähkösuunnitelmiin perustuen valaisimien määräksi todettiin 387 kappaletta. Tampere-talon edustajien mukaan piloteissa käytetyn valaisimen yksikköhinta on 375 € ja asennuskustannus on noin 80 €/valaisin, mikä aiheutuu hankalasti korkealla sijaitsevasta asennuspaikasta. Tämän perusteella investointikustannus on 455 €/valaisin ja kokonaisuudessaan 176 000 €.

Johtuen suuren salin käytöstä sekä asiakastilaisuuksiin että orkesterin harjoitteluun, salin valaistus on päällä suurimman osan päivästä. Analyysien perusteella salin keskimääräiseksi käyttöprofiiliksi arvioitiin 11 h/päivä ja 312 päivää vuodessa. Pienen konserttisalin käyttöaste arvioitiin alemmaksi, 8 tuntia päivässä, 5 päivää viikossa ja 50

viikkona vuodessa. Näihin käyttöaikoihin perustuen energiansäästö on noin 105 MWh sähköä vuodessa, joka vastaa 9 450 €.

Johtuen halogeenivalojen korkeasta lämpöhukasta, vaihto LED-valoihin vähentää valaistuksen aiheuttamaa lämpökuormaa ja siten lisää lämmitystarvetta. Halogeenivalon lämpökuorma on noin 85 % kulutetusta sähköenergiasta, kun vastaava osuus LED-valolle on 30 % (lähde: Ensto Lighting CO2 calculator). Ero lämmityskaudella syntyvässä lämpökuormassa on 91 MWh, mikä vastaa noin 6 500 € vuodessa. Toisaalta, niinä kuukausina, jolloin tarvitaan rakennuksen viilennystä, vähentynyt lämpökuorma vähentää viilennystarvetta. Lämpökuorman pienentymisestä kesä-, heinä-, ja elokuun aikana johtuvan viilennystarpeen pienennyksen laskettiin olevan keskimäärin 28 MWh tai 2 100 €/vuodessa.

5.6 Toimenpide 6 Valaistuksen vaihto LED-valoihin rakennuksen loppuissa tiloissa

Toimenpiteen tyyppi	Valaisimien vaihto
Laskennallinen säästö: sähkö	174 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	15 900 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	-142 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	- 7 900 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	48 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	1 300 €/a
Säästö yhteensä:	9 300 €/a
Investointi	81 300 €
Taloudellinen laskentajakso	15 vuotta

Nykytila:

Noin 70 % talon kaikista 5700 valaisimesta on muutettu LED-lampuiksi viimevuosien aikana.

Toimenpiteen kuvaus:

Toimenpiteessä kaikki jäljellä olevat loisteputki halogeeni tai hehkulamppuvalaisimet muutetaan energiatehokkaiksi LED-valaisimiksi. Lopuiksi tiloiksi lasketaan muut kuin konserttisaleissa (toimenpide 5) sekä WC- ja pukuhuonetilat (toimenpide 8).

Energia- ja kustannussäästöt:

Energia-auditoinnin perusteella noin 1700 yhteensä 5700 valaisimesta ovat vielä alkuperäisiä loisteputkia, halogeenivaloja ja hehkulamppuja. Valaisimien käyttöaikojen arvioimiseksi tilat jaettiin kahteen perusryhmän julkisiin ja näyttelytiloihin sekä toimistoihin ja henkilökunnan tiloihin. Ensimmäisen käyttöajaksi arvioitiin aukioloaikojen, auditointihuomioiden ja IV-koneiden käyttöaikojen perusteella

keskimäärin noin 11 tuntia päivässä 312 päivänä viikossa. Toimisto- ja henkilökunnan tilojen käyttöajaksi arvioitiin 8 tuntia päivässä 312 päivänä viikossa käyttöasteella 0,65.

Valaisimien vaihto säästää noin 174 MWh sähköenergiaa, joka vastaa 15 700 € vuodessa. Lämpökuorman vähenemisen vaikutus lämmitykseen ja viilennystarpeeseen laskettiin vastaavasti kuin on kuvattu toimenpiteessä 5. Lämpökuorman vähenemisen negatiivinen vaikutus vuodessa on noin 140 MWh tai 10 200 €. Vähentyneestä jäähdystarpeesta aiheutuva säästö on 48 MWh tai 3 500 €.

Valaisimien suuresta määrästä ja vaihtelusta johtuen investointikustannukset laskettiin käyttäen keskimääräistä valotyyppikohtaista kustannusta eri tyyppisille ja tehoisille valaisimille. Käytetyt luokat ja kustannustiedot on esitetty alla olevassa taulukossa. Lisäksi valaisimien vaihdolle laskettiin työn aiheuttama kustannus. Lamppujen keskimääräiseksi vaihtoajaksi arvioitiin Tampere-talon henkilökunnan arvioiden perusteella 15 min. Kaikkiaan toimenpiteen kustannukseksi laskettiin 81 500 €.

Lamppujen tyypit	Vastaava LED teho, W	Hinta €/kpl
Loisteputki 80- 100 W	60	60
Loisteputki 50-70 W	30	30
Loisteputki 20-40 W	22	22
Kompakti loisteputki 10-20 W	8	8
Halogeeni 120-150 W	24	24
Halogeeni 70-90 W	12	12
Halogeeni 30-50 W	8	8
Hehkulamppu 30-40 W	8	8

5.7 Toimenpide 7 Elektroniset hanat työntekijöiden WC tiloihin

Toimenpiteen tyyppi	lämpimän käyttöveden tuotanto
Laskennallinen veden säästö	170 m ³ /a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	390 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	4,9 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	270 €/a
Kokonaissäästö	660 €/a
Investointikustannus	18 400 €
Taloudellinen laskentajakso	25 vuotta

Nykytila:

Rakennuksen 182 hanasta 38 on korvattu elektronisilla hanoilla. Näistä 32 sijaitsee yleisövessoissa Ison salin, Aulan, Fugan, Vitriinin, VIP-tilojen ja Basson ympäristössä ja 6 työntekijöiden ruokalassa. Loput on siroteltu ympäri pesutiloja, pukuhuoneita ja palvelutiloja. 66 WC:istä sijaitsee työntekijöiden tiloissa. Kaikkiin tavanomaisiin hanoihin on vuoden 2014 aikana asennettu virtausrajoittimet.

Toimenpiteen kuvaus:

Tässä toimenpiteessä kaikki rakennuksen työntekijöiden tiloissa osioissa 7 & 8 sijaitsevien WC:iden hanat (yhteensä 66 kappaletta), jotka eivät vielä ole elektronisia hanoja.

Energia- ja kustannussäästöt:

Vaihdettavien 66 hanan veden kautta virtaavan veden kulutusta arvioitiin valittujen tilojen käyttäjämäärien eli henkilökunnan määrän (noin 100 henkeä) sekä henkilökunnan tiloissa vierailevien esiintyjien ja muiden vierailijoiden määrän (noin 50 henkeä) perusteella. virtaukseksi rajoittimen jälkeen arvioitiin 0,17 l/s (Oras Oy) ja keskimääräisen käsienspesun kestoksi 15 s. Näiden perusteella vedenkulutukseksi nykyisten hanojen läpi virtaavan veden kulutukseksi saatiin 408 m³ vuodessa, mikä vastaa noin 6 % kokonaiskulutuksesta. Elektronisten hanojen keskimääräinen virtaus on 0,1 l/s (Oras Oy). Tämän perusteella säästöä veden kulutuksessa syntyisi noin 170 m³ /vuosi, mikä vastaa veden lämmitysenergiassa 4,9 MWh.

Valmistajan tietojen mukaan (Oras) hanayksikön hinta on 220 € ja asennuskustannus 60 € perustuen asennusaikaan.. Kokonaisinvestointikustannus on 18 400 €.

5.8 Toimenpide 8 Liiketunnistimet ja LED-valaisimet wc- ja pukuhuone-tiloihin

Toimenpiteen tyyppi	Valaisimien vaihto
Laskennallinen säästö: sähkö	10,5 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	960 €/a
Laskennallinen säästö: lämmitysenergia	- 7,1 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	-390 €/a
Laskennallinen säästö: jäähdytys	1,3 MWh/a
Laskennallinen kustannusvaikutus	30 €/a
Säästö yhteensä:	600 €/a
Investointi	5 600 €
Taloudellinen laskentajakso	15

Nykytila:

Valaistuksen ohjaus tapahtuu manuaalisesti. Valot laitetaan päälle talon auetessa ja käännetään pois päältä sen sulkeutuessa. Valaistuksen keskitetty ohjaaminen ei ole mahdollista, sillä tarvittavia sähkökytkentöjä ei ole.

Pukuhuoneiden valaistuksen ohjaus tapahtuu manuaalisesti. Energia-auditoinnissa havaittiin, että valot olivat useissa pukuhuoneissa päällä jatkuvasti.

Toimenpiteen kuvaus:

Toimenpiteessä WC-tilojen valaistuksen ohjaus muutetaan toimimaan automaattisesti WC:n ovella olevaan liiketunnistimeen perustuen yleisötiloissa sekä joissakin henkilökunnan WC tiloissa. Yhteensä 16 alueella havaittiin olevan potentiaalisia energiansäästökohteita liiketunnistimella. Näitä ovat suuremmat WC-ryhmät esimerkiksi aulaissa tai lähellä suuria konserttisaleja sekä henkilökunnan ruokalassa. Kunkin sensorin asetukset valaistuksen päälläoloajaksi voidaan asettaa erikseen. Toimenpiteessä sopivaksi ajaksi on oletettu 20 minuuttia liikkeen havaitsemisesta.

Pukuhuoneiden osalta liiketunnistimet asennetaan suurempien pukuhuoneiden oville käyttäen kohtuullista aikaviivettä. Auditoinnin perusteella havaittiin 9 potentiaalista sijaintia liiketunnistimille. Toimenpiteellä vähennetään valaistuksen päälläoloaikaa

Liiketunnistimien lisäksi toimenpiteen osana laskettiin myös tilojen loisteputki valaisimien vaihtaminen LED-pohjaisiin.

Laskelmissa olevat tilat on esitetty liitteessä 3 olevissa kuvissa.

Energia- ja kustannussäästöt:

Kävijöiden määrää WC tiloissa päivittäin ei tilastoida, jonka vuoksi kustannuslaskelmien pohjana on käytetty kytkin ja valaisin valmistajilta saatuja keskimääräisiä tietoja. Konservatiivinen arvio valaistustarpeen vähenemiseksi on 45 %. Lasketuilla alueilla, vuotuiseksi sähkönkulutuksen muutokseksi laskettiin 10,5 MWh sähkön säästö vuosittain. Toisaalta lämmön kulutus kasvaa noin -7 MWh/a ja vastaavasti jäähdytystarve pienenee 1,3 MWh/a.

Valaisimien oletetut kustannukset vastaavat toimenpiteessä 7 esitettyjä. Energia-auditoinnin perusteella havaittiin, että tilojen valaisimet ovat eri kokoisia loisteputkia. Yhden liiketunnistimen hinnaksi arvioitiin 30 € ja kokonaisasennus ja -johdotuskustannusten olevan 2,2 kertaa liiketunnistimen hinta (lähde: Finzeb). Näin laskien kokonaisinvestoinniksi saatiin 5590 €, josta liiketunnistinten osuus on noin 1650 € ja LED-valaisimien 3940 €.

5.9 LTO lisääminen IV-koneisiin

Tässä kappaleessa on käsitelty toimenpiteet, jotka liittyvät lämmöntalteenoton lisäämiseen IV-koneisiin, joko nykyisten koneiden remontoimien tai uusien IV-koneiden asentamisen kautta. Kuhinkin koneeseen liittyvät kustannukset ja vaikutukset on kuitenkin esitetty erillisissä kappaleissaan omina toimenpiteinään, sillä eri koneiden vaikutukset eroavat merkittävästi toisistaan. Lisäksi kaikkien koneiden samanaikainen remontointi ei ole mahdollista talon ollessa käytössä, jonka vuoksi paketin toimeenpanoa joudutaan jaksottamaan eri vuosille.

Erikseen tarkasteltujen IV-koneet ovat ilmavirrastaan yli 1 m³/s.

5.9.1 Toimenpide 9.1 LTO:n lisääminen suuren salin IV-koneisiin

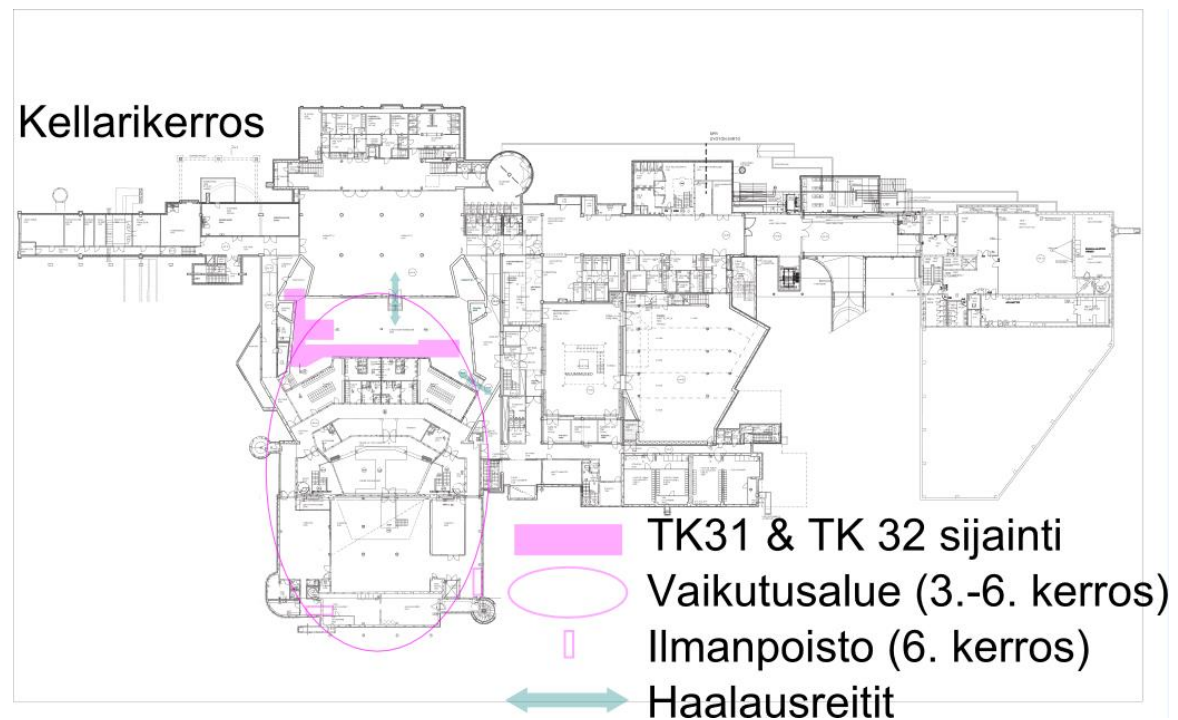
Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö	520 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	29 600 €/a
Investointikustannus	180 000€
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Tällä hetkellä suuren konserttisalin IV-koneet (TK31+PF31.01 & TK32+PF.01) ovat alkuperäiset 1990-luvulta eikä niissä ole lainkaan lämmön talteenottoa. Näin ollen lämpö suuren salin poistoilmavirrasta karkaa kokonaisuudessaan rakennuksen ulkopuolelle. Koneet ovat lähellä käyttöikänsä päätä. Haasteena on kuitenkin koneiden sijoitustapa. Tuloilmakoneet sijaitsevat salin alla kellarissa. Konehuone on jo nykyisellään hyvin ahdas eikä sitä ole mahdollista laajentaa. Lisäksi tilaan ei ole suoraa reittiä ulkoa ja sisäreitti on ahdas, joten korvaavat tekniikka voidaan tuoda tilaan ainoastaan osissa. Näiden haasteiden vuoksi todennäköisin mahdollinen ratkaisu koneiden elinkaaren päättyessä on niiden kunnostus. Poistoilmakoneet sijaitsevat salin katon sisällä. Myöskään tähän tilaan ei ole olemassa huoltoreittiä, mutta koneiden korvaaminen voisi olla mahdollista esimerkiksi poistoilma-aukkoa suurentamalla.

Toimenpiteen kuvaus:

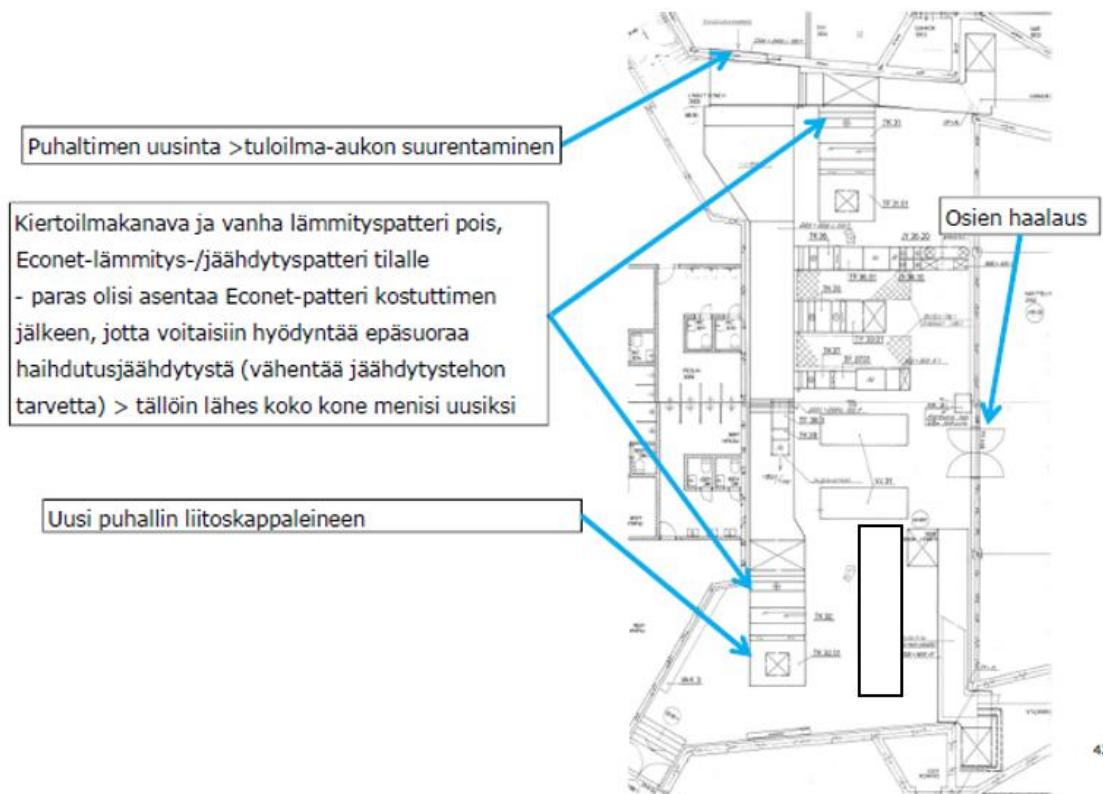
Toimenpiteessä nykyisiin IV-koneisiin (TK31+PF31.01 & TK32+PF.01) asennetaan Econet-nestekiertoinen LTO-järjestelmä. Koska tuloilmakoneet sijaitsevat kellarissa ja poistoilmakoneet suuren salin katossa (6 krs) järjestelmä vaatii toimiakseen siirtokanavien rakentamista tilojen välille. Lisäksi järjestelmä vaatii tuloilma-aukon suurentamisen, jotta poistoilmapuhallin voidaan uusia. Kiertoilmakanava ja vanha lämmityspatteri poistetaan.



Energia- ja kustannussäästöt:

Econet-laitteiston hinta on valmistajatietojen mukaan 40 000 € ja asennuskustannusten on arvioitu olevan noin 12 000 € (Ramboll) pois lukien järjestelmän osien haalauksen ja rakenneavausten aiheuttamat kustannukset. Remontin yhteydessä muutostöissä syntyy useita tavanomaisesta asennuksesta poikkeavia lisäkustannuksia, joita ovat mm.:

- Konetta ei ahtaiden tilojen vuoksi ole mahdollista tuoda tilaan kokonaisena. Paikalla tapahtuvan kokoamisen lisäkustannukset ovat Tampere-talon henkilöstön aiempien kokemusten perusteella noin 20 % tavanomaista asennusta suuremmat.
- Econet putkistot pystytään viemään läpi olemassa olevien nousukuilujen, mutta putkiston lisäys aiheuttaa silti jonkin verran lisäkustannuksia.
- Tuloilma-aukkoa joudutaan suurentamaan ja puhallin uusimaan
- Jos Econet patteri asennetaan kostuttimen jälkeen, joudutaan koneeseen tekemään suuria muutoksia. Lopullinen toteutustapa on harkittava samalla koneen remontoinnin suunnittelun kanssa.



Kuva: TK31/32 Econet patterit. (muokattu alkuperäislähteestä lähteestä Ramboll)

Sijainnista johtuen olemassa olevien rakenteiden muutosten ja siirtojen aiheuttamien kustannusten arvioitiin lisäävän nostavan laitteistokohtaiset asennuskustannukset noin 50 000 €. Näin ollen kahden laitteiston aiheuttamat kustannukset nousevat kokonaisuudessaan 180 000 €.

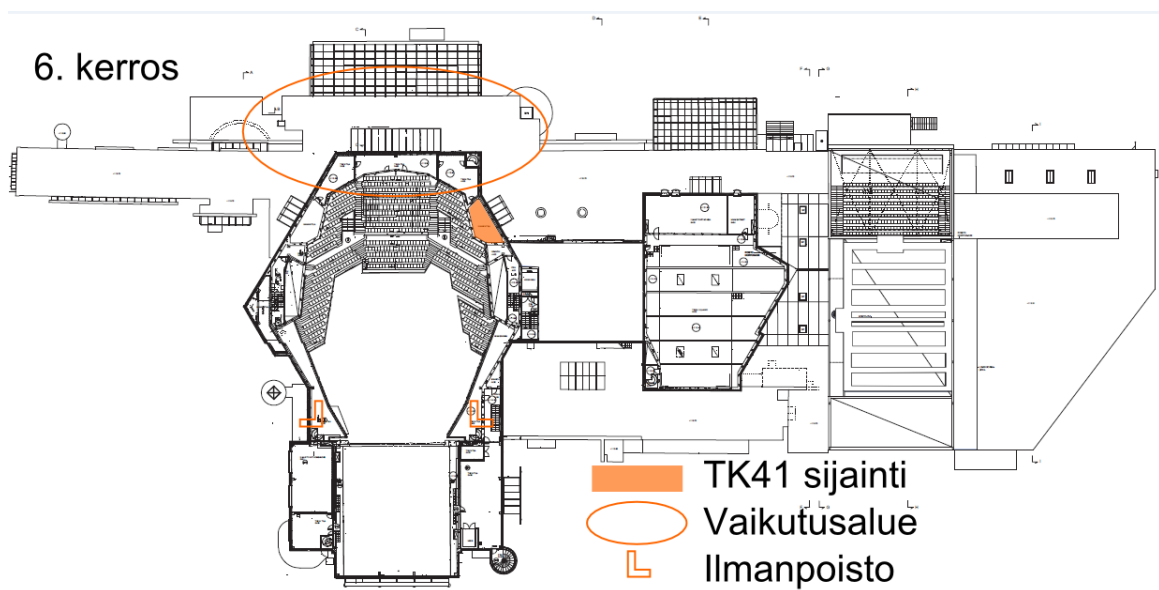
Muutoksen energiansäästöpotentialiaali on merkittävä. Nykyisiin käyttöaikoihin perustuvalla keskimääräisellä käyttöajalla laskettuna vuotuinen energiansäästö on 260 MWh/a.

5.9.2 Toimenpide 9.2 LTO:n lisääminen suuren salin lämpiöiden (osa 2) IV-järjestelmään

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö	50 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	2 800 €/a
Investointikustannus	67 000 €
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Koneet TK41, PF41.01 ja PF41.02 palvelevat lämpiöitä osan kaksi 1., 2. ja 3. kerroksessa. Järjestelmä on alkuperäinen eikä siinä ole lämmöntalteeottoa. Laitteet ovat tulossa elinkaarensa päähän. Tuloilmapuhallin TK 41 sijaitsee ison konserttisalin päällä, poistoilmakone PF41.0 sijaitsee salin kaakkoiskulmassa ja PF41.02 neljännessä kerroksessa salin koilliskulmassa.



Toimenpiteen kuvaus:

Toimenpiteessä nykyisiin IV-koneisiin TK41, PF41.01 ja PF41.02 asennetaan Econet-nestekiertoineen LTO-järjestelmä yhdellä patterilla/koneella. Tilojen ahtauden vuoksi toimenpiteeseen valittiin yksi patterinen LTO-järjestelmä. Tarkemmassa suunnittelussa kannattaa kuitenkin myös selvittää tehokkaamman 2-patterisen järjestelmän lisäämisen mahdollisuudet, jolloin LTO:n tehokkuus saataisiin noin 80 %.

Energia- ja kustannussäästöt:

Econet-laitteiston hinta on valmistajatietojen mukaan 31 000 € ja asennuskustannusten on arvioitu olevan noin 12 000 € (Ramboll) pois lukien järjestelmän osien haalauksen ja rakenneavausten aiheuttamat kustannukset.

Koneet sijaitsevat ison salin eri kulmissa jolloin lämmönvaihtoputkien etäisyydeksi tulisi noin 45 m (tulokone sijaitse ison Sali yläpuolella, 6. kerroksen lounaiskulmassa ja poistot ison salin kaakkoiskulmassa 6. kerroksessa ja 4. kerroksessa ison salin koilliskulmassa 4. kerroksessa). Johtuen reittien lisäämisestä kahdelle etäällä sijaitsevalle poistoilmakoneelle sekä järjestelmän lisäämisen vaatimista muista muutostöistä ja ahtaiden tilojen aiheuttamista kasaustöistä asennuksen kokonaiskustannusten on arvioitu olevan kolme kertaa tavanomaisia kustannuksia suuremmat, yhteensä 36 000 €. Näin ollen kokonaisinvestointi on 68 000 €.

Nykyisiin käyttöaikoihin perustuvalla keskimääräisellä käyttöajalla laskettuna vuotuinen energiansäästö on 50 MWh/a.

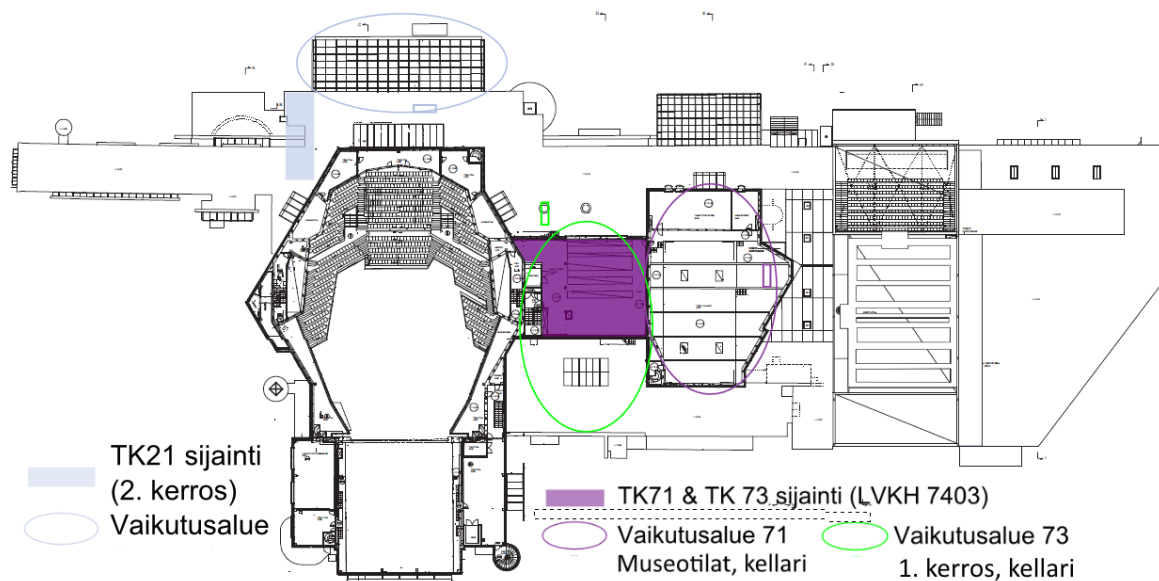
5.9.3 Toimenpide 9.3 tehokkaampien koneiden valinta tilamuutosten yhteydessä vaihdettavien koneiden tilalle

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen lämmönsäästö	169 MWh/a
Laskennallinen sähkönsäästö	3 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	9 700 €/a
Investointikustannus	13 600€
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Koneet TK71 and PF71.0102 ovat tähän asti palvelleet harjoitussali Rondo rakennuksen 7 osassa. Koneet TK73 and PF73.01 ovat palvelleet pientä konserttisalia. Järjestelmät ovat alkuperäiset eikä niissä ole lämmöntalteeottoa. Laitteet ovat tulossa elinkaarensa päähän. Tuloilmapuhaltimet TK 71 ja TK73 sijaitsevat konehuoneessa 7403 neljännessä kerroksessa ja poistoilmakoneet osan 8 katolla (noin kerros 4). Tilan käyttötarkoitus tulee muuttumaan museoksi laajennusosan rakentamisen myötä ja nykyisten koneiden tarjoamat ilmamäärät eivät ole tähän riittävät.

Kone TK 21 palvelee vitriinin kahvila/ravintola Sooloa ja se joudutaan vaihtamaan välipohjan lisäämisen ja tilan kaksikerroksiseksi muuttamisen myötä. Uudistuksessa järjestelmän kone korvataan Tulo/poistoilmakoneella (2,8 m³/s) sekä yhdellä erillispoistolla (0,06 m³/s). Näistä tulo-/poistokoneen LTO:n tehokkuutta voidaan parantaa.

**Toimenpiteen kuvaus:**

Koska koneet joudutaan korvaamaan käyttötarkoituksen muutoksen vuoksi, on niiden korvaaminen minimi vaatimustason IV-koneilla laskettu mukaan uuteen energiankulutuksen perustasoon, jolloin koneisiin asennettaisiin lainsäädännön vaatimusten mukainen vuosihyötysuhteeltaan 45 % lämmöntalteenotto ja SFP-luvultaan vähintään 2 kW/m³/s järjestelmä.

Toimenpiteessä nämä perustason IV-konejärjestelmät korvataan paremmilla pyörivällä lämmön talteenotolla varustetuilla tulo/poistokoneilla, joiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 80 % ja SFP-luku 1,8 kW/m³/s.

Energia- ja kustannussäästöt:

Energiankulutuksen laskennassa uusien koneiden käyttöajaksi oletettiin museon aukiolo-aika (8 h joka päivä), jona muuttuvasti säädettävät laitteet toimivat keskimäärin 75 % teholla. Muuna aikana tehoksi oletettiin 25 %. Molempien laitteiden mitoitusilmavirta on 2 m³/s. Tämän perusteella syntyviksi lämmönsäästöksi saatiin 104 MWh/a ja sähkön säästöksi 3,34 MWh.

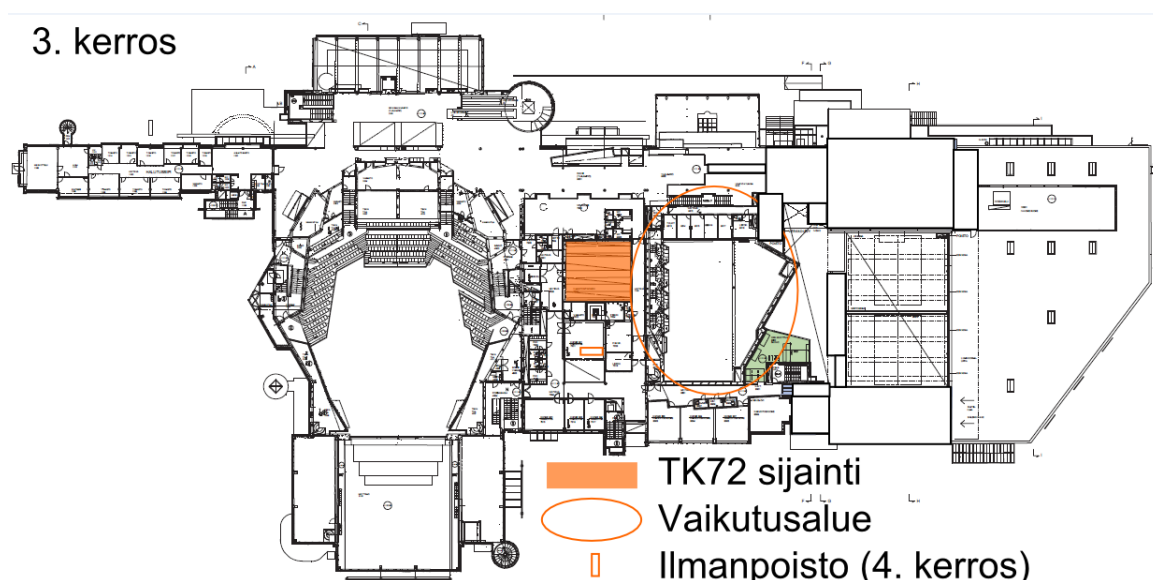
Kustannuksista huomioitiin ainoastaan paremman LTO- ja sähkö tehokkuuden tuomat lisäkustannuksia perustasoon verrattuna. Kustannuksia arvioitiin Fläktwoodsien sekä Finzeb selvityksen tietojen perusteella. Kaikkien koneiden LTO:n ja sähkötehokkuuden parantamisen kustannuksiksi per kone arvioitiin 7 000 e eli yhteensä 21 000 e. Asennuskustannusten ei arvioitu kasvavan merkittävästi.

5.9.4 Toimenpide 9.4 LTO:n lisääminen Pienen konserttisalin IV-koneeseen

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö	161 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	9 000 €/a
Investointikustannus	69 000€
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Koneet TK72 and PF72.01 palvelevat pientä konserttisalia. Järjestelmä on alkuperäinen eikä siinä ole lämmöntalteeottoa. Laitteet ovat tulossa elinkaarensa päähän. Molemmat koneet sijaitsevat samassa konehuoneessa osan 7403 neljännessä kerroksessa, johon kuljetaan huoltohissin kautta.



Toimenpiteen kuvaus:

Toimenpiteessä nykyiset koneet korvataan uudella koneella, jossa on tehokas 4-patterinen LTO, jolla saavutetaan noin 82 % tehokkuus (esim. Fläktwoods Econet). Koneiden sijainnin puolesta myös pyörivällä LTO:lla varustetun IV-koneen lisääminen olisi mahdollista. Kostutustarpeen vuoksi koneessa kuitenkin päädyttiin patteriratkaisuun. Ratkaisun osalta tarkemmassa suunnittelussa on varmistettava nelipatterisen järjestelmän mahtuminen, joka vaatii muutoksia poistoilmakoneen sijoittelun osalta, sillä sen nykyinen sijainti on kahden patterin lisäämiselle ahdas.

Energia- ja kustannussäästöt:

Uusien koneiden hinta on arvioitu Fläktwoods Econet-järjestelmän kustannusten mukaan ja investoinnin on arvioitu olevan tämän kokoiselle koneelle 42 000 €. Ramboll on

arvioinut asennuskustannusten olevan yksipatteriselle järjestelmälle arvioitu olevan noin 6 000 € (Ramboll), minkä arvioidaan tuplaantuvan lisäpattereiden myötä 12 000. Johtuen ahtaista tiloista ja oviaukkojen oletetaan aiheuttavan kokoamiskustannuksia noin 20 % tavanomaista enemmän. Lisäksi toisen patterin mahdollistamisen poistoon arvellaan lisäävän kustannuksia vastaavasti. Näin ollen asennuksen kokonaiskustannuksiksi saadaan noin 17 000 €, joka tekee kokonaisinvestoinniksi 69 000 €.

Nykyisiin käyttöaikoihin perustuvalla keskimääräisellä käyttöajalla laskettuna (keskimäärin 5 h / päivä) vuotuinen energiansäästö on 161 MWh/a.

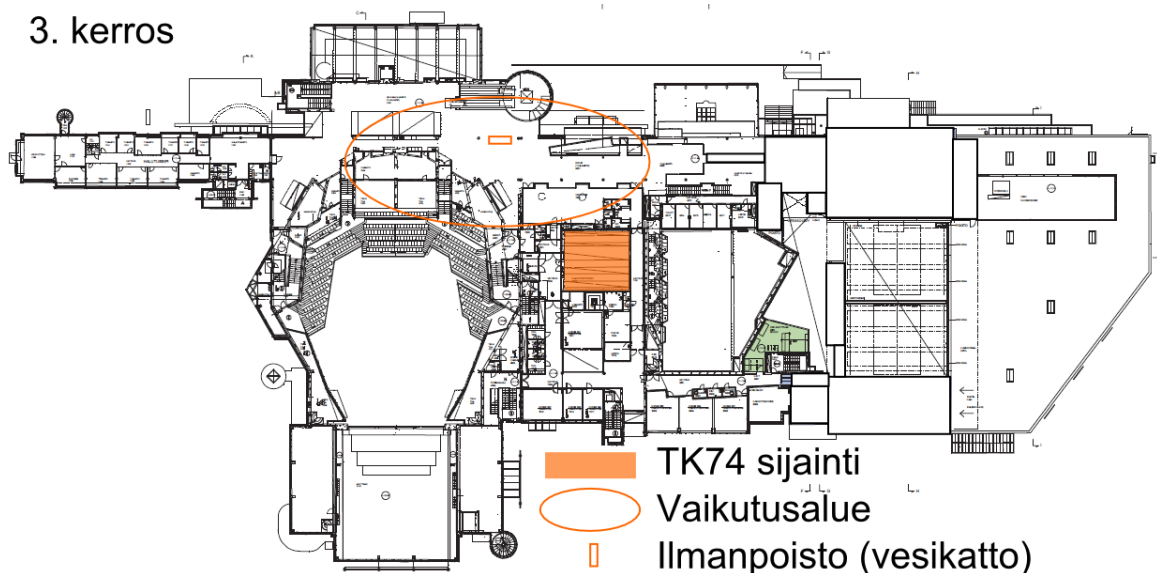
5.9.5. Toimenpide 9.5 LTO:n asentaminen ravintolan IV-koneeseen

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö	90 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	5 000 €/a
Investointikustannus	43 000 €
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Koneet TK 74 ja PF4.01 palvelevat ravintolaa toisessa ja kolmannessa kerroksessa ja koneissa ei tällä hetkellä ole lämmön talteenottoa. Koneet alkavat olla elinkaarensa päässä. Koneet sijaitsevat eri tiloissa noin 20 metrin päässä toisistaan (tulo sijaitsee IV-konehuoneessa 7403 ja poisto 6-osan vesikatolla).

3. kerros



Toimenpiteen kuvaus:

Koska tulo- ja poistokoneet sijaitsevat eri tiloissa valittiin LTO järjestelmäksi patteri LTO. Toimenpiteessä nykyisiin koneisiin lisätään nelipatterinen Econet-järjestelmä, jolla

saavutetaan noin 82 % LTO tehokkuus. 4-patterisen järjestelmän mahtuminen tiloihin on vielä varmistettava tarkemman suunnittelun yhteydessä. Koneiden tuontireitti tiloihin ei todennäköisesti ole erityisen haastava.

Energia- ja kustannussäästöt:

Uusien koneiden hinta on arvioitu Fläktwoods Econet-järjestelmän kustannusten mukaan ja investoinnin on arvioitu olevan tämän kokoiselle koneelle 30 000 €. Ramboll on arvioinut asennuskustannusten olevan yksipatteriselle järjestelmälle noin 6 000 € (Ramboll), minkä arvioidaan tuplaantuvan lisäpattereiden myötä 12 000 €. Oletetaan aiheuttavan lisäkustannuksia noin 20 % tavanomaista enemmän. Näin ollen asennusten kokonaiskustannuksiksi saadaan noin 15 000 €, joka tekee kokonaisinvestoinniksi asennuskustannusten oletetaan kaksinkertaistuvan tavanomaiseen nähden. Näin ollen kokonaisinvestointi on 45 000 €.

Oletetulla käyttöajalla 9-17 viitenä päivänä viikossa ja 2,9 m³/s poistovirtauksella järjestelmällä saavutetaan 93 MWh lämmönsäästö vuosittain.

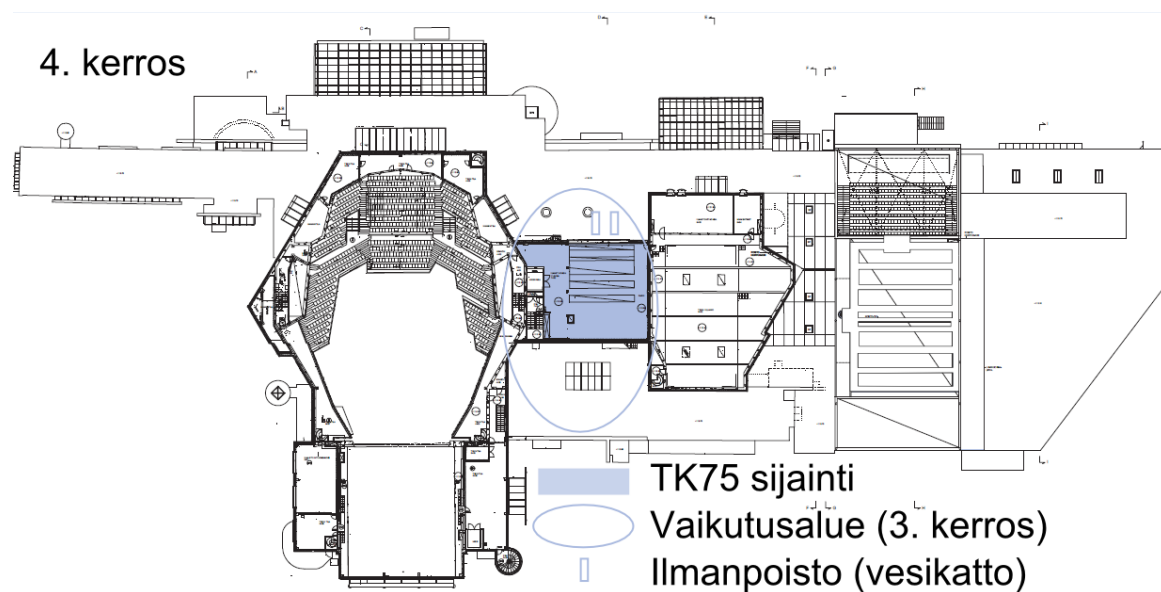
5.9.6 Toimenpide 9.6 LTO:n asentaminen keittiön IV-koneeseen

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö	72 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	4 020 €/a
Investointikustannus	56 000 €
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Keittiöaluetta palvelevissa IV-koneissa TK75, PF75.01 ja PF75.02 rakennuksen toisessa kerroksessa ei ole tällä hetkellä lämmön talteenottoa. Koneet alkavat olla elinkaarensa päässä ja näin ollen ne on uusittava lähiaikoina. Keittiön suuresta lämmöntuotannosta johtuen talteenottopotentiali on merkittävä.

Tuloilmakone TK75 sijaitsee konehuoneessa 7430, joka on helposti saavutettavissa huoltohissillä. Poistokoneet sijaitsevat alueen 7 katolla, jolloin ne ovat suoraan tuloilmakoneen yläpuolella.



Toimenpiteen kuvaus:

Tuloilmakoneeseen ja poistoista toiseen lisätään lämmöntalteenotto patterit. Järjestelmän on pystyttävä käsittelemään rasvaista ja likaista poistoilmaa, jonka vuoksi siihen tarvitaan suodatusjärjestelmä. Tämä rajoittaa myös lämmöntalteenoton teknisiä ratkaisumahdollisuuksia. Valitun ratkaisun lämmöntalteenoton tehokkuus on 37 %. Toteutuksen kustannuksia lisää se, että kone joudutaan tuomaan nykyisestä sijainnistaan kerrosta alaspäin.

Energia- ja kustannussäästöt:

Pyydettyjen tarjousten perusteella koneen hinta on noin 26 000 €, rasvanpoistosuodattimen hinnaksi tulee 12 000 € ja koneen asennuksen kustannukset sijainnin muutos mukaan lukien ovat noin 18 000€. Näin ollen koko järjestelmämuutoksen kustannukset nousevat 56 000 €.

LTO:n läpi kulkevan poistovirran suuruus on 1,5 m³/s ja koneen käyttöaika keskimäärin 15,5 h/a. Tämän perusteella lämmönsäästöksi saatiin 72 MWh/a.

5.9.7 Toimenpide 9.7 Huippuimureiden korvaaminen energiatehokkaammilla

Toimenpiteen tyyppi	Tekniset järjestelmät: IV
Laskennallinen energiansäästö, sähkö	8 MWh/a
Laskennallinen vuotuinen kustannussäästö	7 200 €/a
Investointikustannus	52 500€
Taloudellinen laskentajakso	20 vuotta

Nykytila:

Rakennuksen pienikokoisista huippuimureista useat ovat elinkaarensa päässä. Vanhojen puhaltimien sähkötehokkuus on huomattavasti uusia heikompi ja näin ollen puhaltimien sähkönkulutusta olisi mahdollista pienentää asentamalla uudet tehokkaammat koneet.

Toimenpiteen kuvaus:

Rakennuksen melko pienet, ilmavirraltaan 0,5 - 1 m³ huippuimurit sekä muutama suuremmista koneista korvataan nykyaikaisilla tehokkaammilla puhaltimilla.

Toimenpiteessä vaihdettaviksi on laskettu seuraavat koneet, joissa ei ole lämmöntalteenottoa:

Isommat koneet (ilmavirta 0,50 - 1 m ³ /s)				pyörivät puoliteholla			
Alue	Tunnus	Sijainti	Vaikutusalue	Ilmavirta m ³ /s	Teho kW	Puhallintyyppi	Käyntiaika vuodessa t/a
1	KK11	Tuulikaappi 1102	Tuulikaappi 1102	0,67	0,18		8760
	KK12	Tuulikaappi 1101	Tuulikaappi 1101	0,67	0,18		8760
3	TF35.01	LVKH 3006	Orkesterin sos.tilat	0,46	0,18	Huippuimuri	8760
	PF35.01	Vesikatto	Orkesterin sos.tilat	0,4	0,18		8760
	PF36.01	Vesikatto osa 1	Toimistot	0,5	0,18	Huippuimuri	8760
	PF36.03	Vesikatto	Tekn. tilat kellarikerros	0,35	0,18	Huippuimuri	8760
	PF37.01	Vesikatto	Sos.tilat	0,48	0,18	Huippuimuri	8760
	PK31	Tekn. tila 4403	Ohjaamo osa 3.4	0,3	0,18	Huippuimuri	8760
	PK43	Vesikatto osa 3.4	Proj. huone osa 3.4 5.krs	0,4	0,18	Huippuimuri	8760
5	PF51.01	Vesikatto osa 5	Varasto tekn. tilat 1./k, ylläm.	2	0,9	Huippuimuri	36,00
	PF51.02	Vesikatto osa 5	Näyttämö, yllämmön hallinta	2	0,9	Huippuimuri	36,00
	PK51	Vesikatto osa 5	Näyttämö, yllämmön hallinta	3	0,95	Huippuimuri	36,00
	PK52	Vesikatto osa 5	Näyttämö, yllämmön hallinta	3	0,95	Huippuimuri	36,00
	KK52	1.krs	Lastaussillan ovi	0,67	0,18		8760
6	TF64.01	Ivkh 8403	Valvomot/tulkit	0,45	0,18		8760
	KK62	Tuulikaappi 6130	Tuulikaappi 6130	0,67	0,18		8760
	KK63	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	KK64	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	KK65	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	PK62	Vesikatto osa 6	Projektorihuone (kohdepoisto)	0,8	0,18	Huippuimuri	8760
	PK81	Vesikatto osa 8	Himmenninkoneh. 8404	0,8	0,18	Huippuimuri	8760

Energia- ja kustannussäästöt:

Pyydettyjen tarjousten perusteella yhden koneen vaihdon hinta on noin 2 500 € ja tällä saavutetaan keskimäärin 30 % lasku sähkön kulutuksessa. Tämän ja yläpuolella olevassa taulukossa esitettyjen käyttöaikojen perusteella sähkön säästökseen saadaan 8 MWh/a ja kustannuksiksi 52 500 €.

6 Total Concept -menetelmään perustuva toimenpidepaketti

6.1 Kannattavuuslaskelmien syöttötiedot

Kannattavuuslaskelmissa käytettiin seuraavia energian hintatietoja:

- Kaukolämmön kokonaiskustannus 0,06 €/kWh
- Sähkön kokonaiskustannus 0,09 €/kWh
- Kaukojäähdytyksen kustannus 0,03 €/MWh
- Veden kokonaiskustannus 2,3 €/m³

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. Kustannuksissa ei huomioida kustannuksia, jotka aiheutuvat toiminnallisten vaatimusten vuoksi tehtävistä muutoksista.

6.2 Tulokset

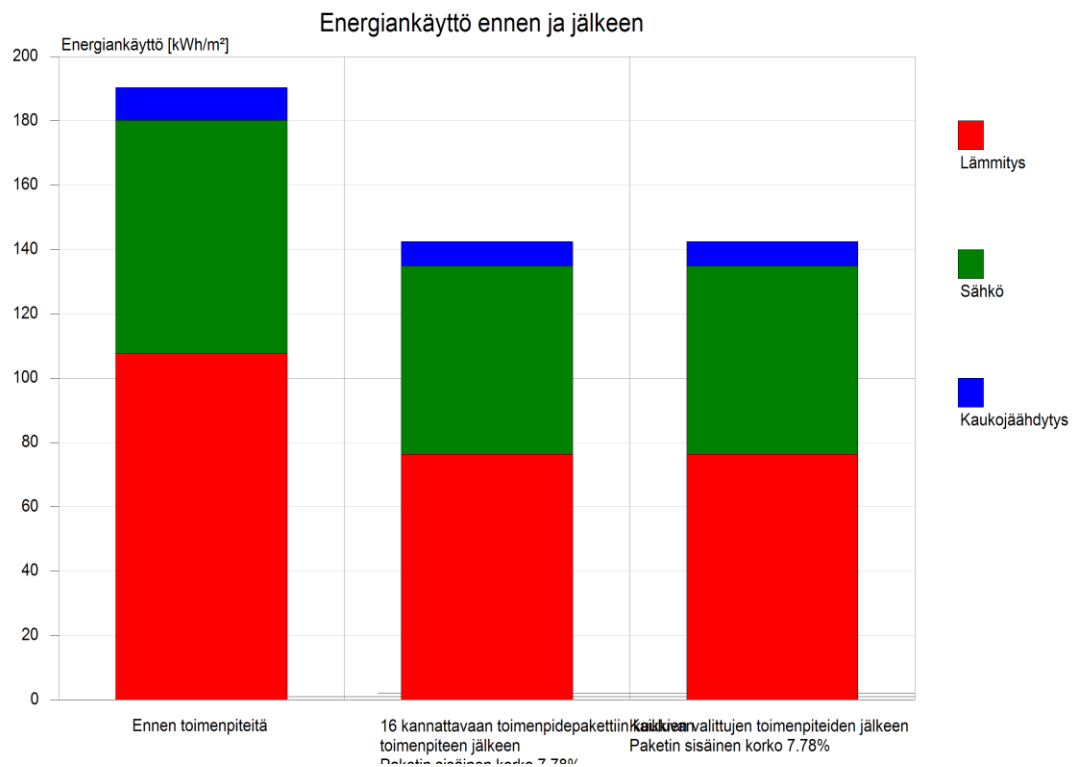
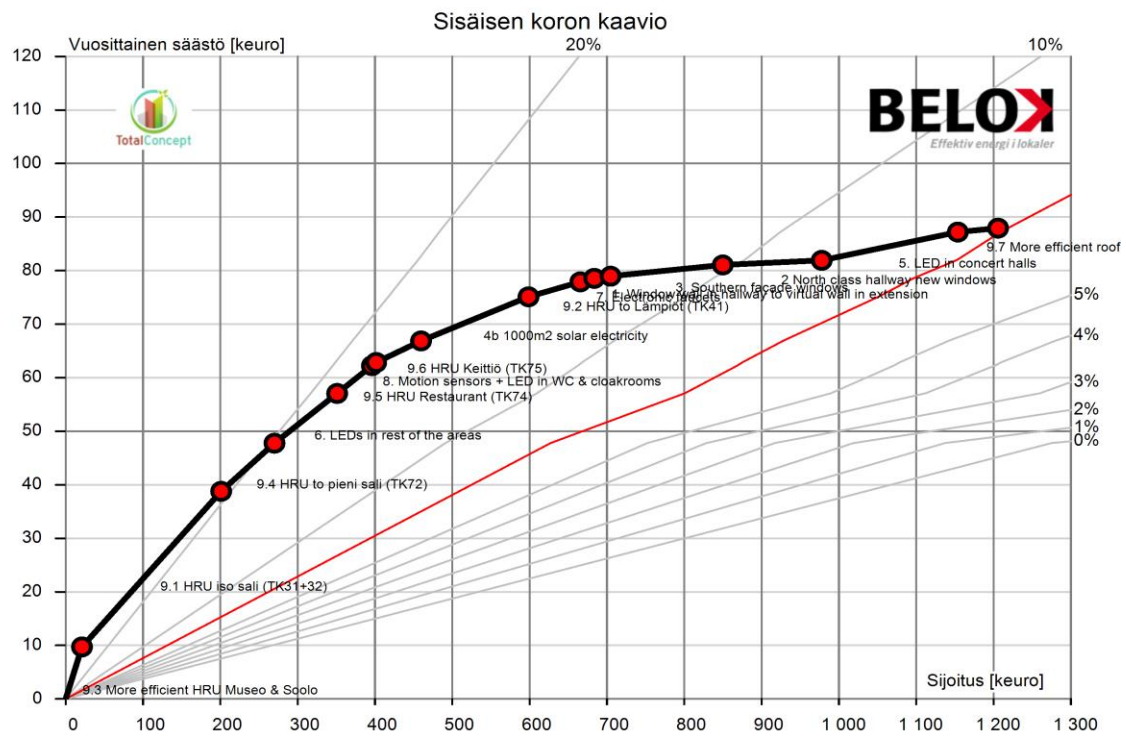
Toimenpide paketti on esitettynä alapuolella sisäisen korkokannan menetelmä-diagrammissa. Yksittäiset toimenpiteet on lisäksi kuvattu alla olevassa taulukossa.

Vaihtoehtoisista toimenpiteistä aurinkopaneelijärjestelmälle tässä paketissa on valittu esitettäväksi vaihtoehto, jossa paneeleita lisätään 1000 m².

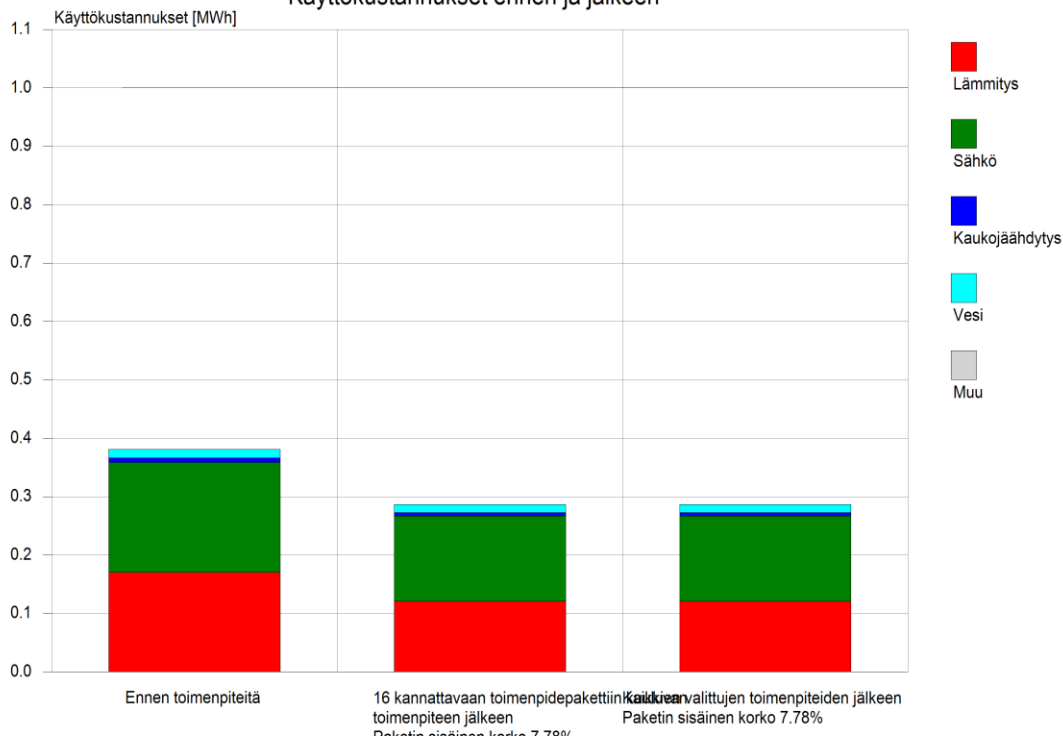
Toimenpidepaketin investointikustannukset ovat yhteensä 1,2 M€ ja saavutettavat vuosittaiset säästöt 94 000 €/a. Koko toimenpidepaketin sisäiseksi korkokannaksi saatiin 7,78 %, mikä on hieman asetettua tavoitetta 7 % suurempi.

Saavutettavat vuosittaiset energiansäästöt ovat:

- Lämmön säästö 890 MWh/a
- Sähkön säästö 390 MWh/a,
- Kaukojäähdytysäästöt 42 MWh/a



Käyttökustannukset ennen ja jälkeen



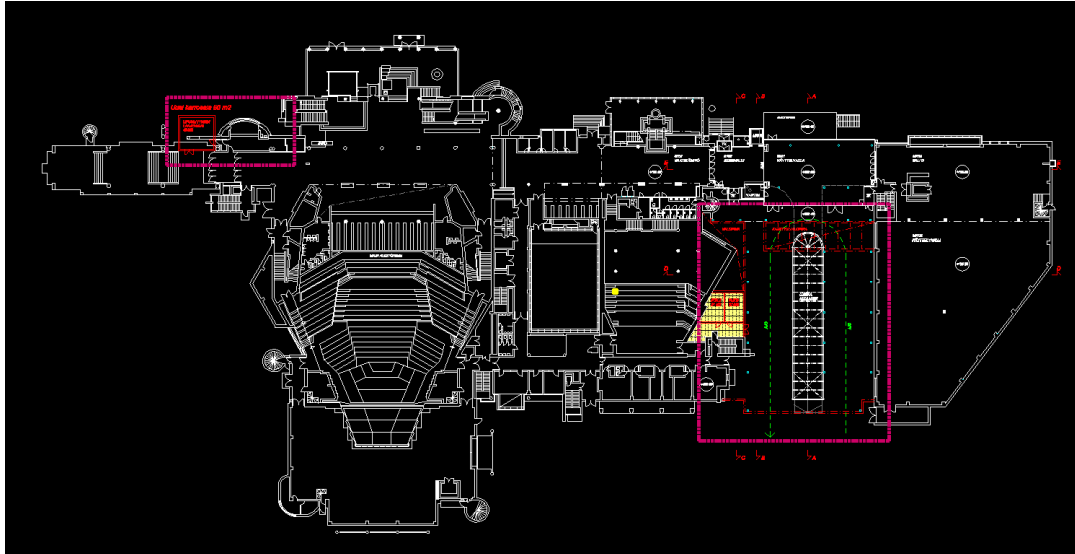
Measure		Investment cost keuro	Cost saving keuro/Vuosi	Energy saving MWh/Vuosi
1	9.3 More efficient HRU Museo & Soolo	21	9	172
2	9.1 HRU iso sali (TK31+32)	180	29	520
3	9.4 HRU to pieni sali (TK72)	69	8	161
4	6. LEDs in rest of the areas	81	9	80
5	9.5 HRU Restaurant (TK74)	45	5	93
6	8. Motion sensors + LED in WC & cloakrooms	5	0	4
8	9.6 HRU Keittiö (TK75)	58	4	72
9	4b 1000m2 solar electricity	139	8	90
10	9.2 HRU to Lämpööt (TK41)	67	2	50
11	7. Electronic faucets	18	0	4
12	1. Window wall in hallway to virtual wall in extension	21	0	7
13	3. Southern façade windows	145	2	37
14	2 North class hallway new windows	128	0	15
15	5. LED in concert halls	176	5	42
16	9.7 More efficient roof ventilators	52	0	8
-	Summa	1205	88	1357

7 Johtopäätökset

Total Concept -analyysi osoitti, että kohteessa on merkittävää potentiaalia vähentää energiankulutusta taloudellisesti kannattavasti. Tämän kautta Tampere-talo on tulevan laajennuksensa yhteydessä valmis etenemään toiseen vaiheeseen eli paketin toteuttamiseen.

Rajoituksia toimenpidepaketin toteutukselle kuitenkin aiheuttaa se, että kohde tulee koko remontin ajan olemaan suurimmalta osin käytössä. Tämän vuoksi koko pakettia ei voida toteuttaa kerralla vaan tulevan remontin yhteydessä mukaan tullaan ottamaan ne toimenpiteet, jotka on mahdollista toteuttaa käytön häiriintymättä. Loput toimenpiteet tullaan jakaman tuleville vuosilla.

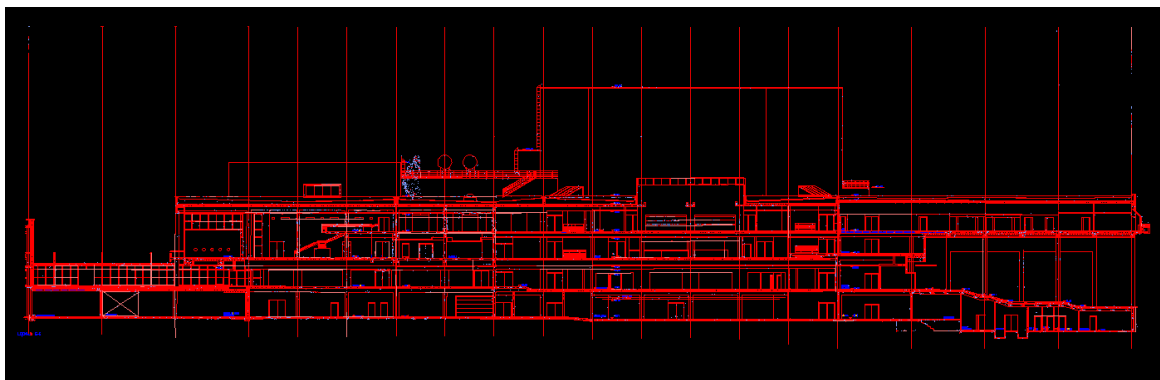
Liite 1. Pohjapiirustukset



Kuva 1. Ensimmäisen kerroksen pohjapiirros. Etelä on kuvan alareunassa.



Kuva 2. Julkisivu pohjoisesta.



Kuva 3. Kerrosleikkaus pohjoisesta.

Liite 2. Baselinen laskennan lähtötiedot

Valaistuksen osalta selvitettyjen käyttöaikojen suurista vaihteluista ja virhemarginaaleista johtuen tilakohtaiset käyttöajat päädyttiin mallintamaan jakamalla alueet muutamaa keskeiseen tilatyyppeihin. Valitut keskimääräiset käyttöprofiilit rakennuksen eri osissa on esitetty alla olevassa taulukossa.

Tilatyyppe	Aikataulu	Taustaoletukset
Julkiset tilat	11 tuntia päivässä, 312 päivää vuodessa = 3432 t/v	Aukioloajat arkisin 07:00 - 20:00
Iso sali	11 tuntia päivässä, 312 päivää vuodessa = 3432 t/v	Orkesterin harjoitukset päivittäin + tapahtumat
Pieni sali	8 tuntia päivässä, 5 päivää viikossa, 50 viikkoa vuodessa = 2000 t/v	IV:n ohjauksen mukaan
Toimistot + henkilöstötilat	11 tuntia päivässä, 5 päivää viikossa, 52 viikkoa vuodessa, käyttöaste 0,65 = 1866 t/v	D3: toimistorakennuksien käyttö

Ilmavirrastaan yli 1 m²/s IV-koneiden sijainnit, oletetut käyttöajat, virtaukset ja tehot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Alue	Tunnus	Vaikutusalue	Sijainti	Tulo 1	Tulo 2	Poisto 1	Poisto 2	Teho puhallin 1	Teho puhallin 2	Käynti aika yht.
				m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	kW	kW	h/a
2	TK21	Iso vitriini	osa 2, klr	1,5	1			0,95	0,12	4179
	PF21.01	Iso vitriini	osa 2, vesikatto			1,5	1	0,9	0,18	
3	TK31	Iso Sali	osa 3, 4, klr	10	6,67			16		3000
	PF31.01	Iso Sali	osa 3, 4, 6. krs			10		10		3000
	TK32	Iso Sali	osa 3, 4, klr	10	6,67			16		3000
	PF32.01	Iso Sali	osa 3, 4, 6. krs			10		10		3000
	TK33	näyttelytila	osa 3, 4, klr	2,7	1,35			3	0,4	3744
	PF33.03	näyttelytila, huoltotila	osa 2, klr			1,3	0,65	2	0,3	3744
	PF33.02	näyttelytila	osa 3, 4, 4. krs			0,9	0,45	0,37	0,05	3744
	TK34	orkesterisynnyys	osa 3, 4, klr	2	1			4	0,5	0
	TK36	kongressitoimistot	osa 3, 4, klr	1,68	0,84			3	0,4	6240
	PF36.01	toimistot	osa 1, vesikatto			0,8	0,4	0,9	0,18	6240
	TK37	kellarilämpö	osa 3, 4, klr	1,01	0,5			1,5	0,25	4992
	PF37.01	kellarilämpö	osa 2, vesikatto			0,96	0,48	0,9	0,18	4992
	TK38	IV-konehuone 3006	osa 3, 4, klr	1	0,5			0,95	0,12	0
	PF38.01	IV-konehuone 3006				1	0,5	0,37	0,05	0
4	TK41	iso lämpö	osa 3, 4, 6. krs	8,6	4,3			11	0	1872
	PF41.01	lämpö 1. - 3. krs	osa 3, 4, 6. krs			2,5	1,25	3	0,4	1872
	PF41.02	vaatetila	osa 3, 4, 4. krs			1,5	0,75	0,95	0,12	2496
	PF41.03	lämpö 2. krs	osa 2, vesikatto			1,5	0,75	0,95	0,12	2496
	PF41.04	lämpö 3. krs	osa 2, vesikatto			1	0,5	0,75	0,1	2496
	PK41	IV-konehuone 6.krs				1		0,55		0
	PK42	himmekonehuone	osa 3, 4, vesikatto			1,3		0,33		24
5	TK51	näyttämö / kuorotila	osa 5, 4. krs	3,2	1,6			4	0,5	36
	PF51.01	näyttämö	osa 5, vesikatto			2	1	0,9	0,18	36
	PF51.02	näyttämö	osa 5, vesikatto			2	1	0,9	0,18	36
	TK52	näyttämön tekn. Tilat	osa 5, 4. krs	1,8	0,9			2	0,3	9360
	PF52.01	tekn. Tilat, klr	osa 5, 4. krs/ katto			1,2	0,6	0,9	0,18	9360
	PK51	näyttämö	osa 5, vesikatto			3		0,95		25
	PK52	näyttämö	osa 5, vesikatto			3		0,95		25
6	TK61	pieni vitriini	osa 6, klr	1	0,75			1,5	0,45	7020
	PF61.01	pieni vitriini	osa 6, 4. krs			1	0,75	1	0,3	72
	TK62	pieni lämpö	osa 6, 4. krs	3,62	1,81			8	1,1	1872
	PF62.01	pieni lämpö	osa 6, 4. krs			2,4	1,2	2	0,3	1872
	PF65	varavoimakonehuone				8,3	4,15	5,5	0,85	0
	PK65	huoltokäytävä	osa 7, vesikatto			3	1,5	2	0,37	384

Alue	Tunnus	Vaikutusalue	Sijainti	Tulo 1	Tulo 2	Poisto 1	Poisto 2	Teho puhallin 1	Teho puhallin 2	Käynti aika yht.
				m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	kW	kW	h/a
7	TK71	näyttelytila Rondo	osa 7, 4. krs	2,5	1,25			5,5	0,85	4992
	PF71.01	näyttelyt. pieni/Rondo	osa 8, vesikatto			2,5	1,25	0,8	0,13	4992
	TK72	pieni Sali	osa 7, 3. krs	6	4			10	3,3	3744
	PF72.01	pieni Sali	osa 7, 4. krs			6	4	6	2,2	4992
	TK73	harjoitussali / studio	osa 7, 4. krs	1,3				3		4992
	PF73.01	harjoitussali / studio	osa 7, 4. krs			1,3	0,65	1,5	0,25	4992
	TK74	ravintola	osa 7, 3. krs	3,15	1,57			4	0,5	6864
	PF74.01	ravintola, VIP	osa 6, vesikatto			2,9	1,45	0,8	0,13	6864
	TK75	keittiö	osa 7, 4. krs	1,7	1,33			3	1	10296
	PF75.01	keittiö	osa 7, vesikatto			2,7	1,8	2	0,9	10296
	TK75	Huuvan reunapuhallus		1,7	1,33			3	1	
	PF75.02	astianpesu	osa 7, vesikatto			1	0,5	0,9	0,18	10296
	TK76	harjoitussalit	osa 7, 3. krs	3				1,6		0
	PF76.01		osa 7, 4. krs			1,3	0,44	3	0,4	
	TK77	esiintyjät, toimistot	osa 7, 3. krs	5,3	3,8			10	3,3	
	PF77.01	esiintyjät, toimistot	osa 7, 4. krs			2,9	1,6	4,5	1,5	
	PK71					0,9				
10	TK101	Näyttelyhalli		10	6,67			22		4992
	PF101.01	Näyttelyhalli				9,55		16		4992
	PF101.02	Näyttelyhalli				2		2,2		4992
	TK102	Näyttelyaulat, opukset 1-4		4,5				7,5		4992
	PF102.01	Näyttelyaulat, opukset 1-4				4,2		5,5		4992
	TK103	Basso, Villi ja Sopraano		2,85				5,5		4992
	PF103.01	Basso, Villi ja Sopraano				2,85		4		4992

Isommat koneet (ilmavirta 0,50 - 1 m³/s)				pyörivät puoliteholla			
Alue	Tunnus	Sijainti	Vaikutusalue	Ilmavirta m³/s	Teho kW	Puhallintyyppi	Käyntiaika vuodessa t/a
1	KK11	Tuulikaappi 1102	Tuulikaappi 1102	0,67	0,18		8760
	KK12	Tuulikaappi 1101	Tuulikaappi 1101	0,67	0,18		8760
3	TF35.01	LVKH 3006	Orkesterin sos.tilat	0,46	0,18	Huippuimuri	8760
	PF35.01	Vesikatto	Orkesterin sos.tilat	0,4	0,18		8760
	PF36.01	Vesikatto osa 1	Toimistot	0,5	0,18	Huippuimuri	8760
	PF36.03	Vesikatto	Tekn. tilat kellarikerros	0,35	0,18	Huippuimuri	8760
	PF37.01	Vesikatto	Sos.tilat	0,48	0,18	Huippuimuri	8760
	PK31	Tekn. tila 4403	Ohjaamo osa 3.4	0,3	0,18	Huippuimuri	8760
4	PK43	Vesikatto osa 3.4	Proj. huone osa 3.4 5.krs	0,4	0,18	Huippuimuri	8760
5	PF51.01	Vesikatto osa 5	Varasto tekn. tilat 1./k	2	0,9	Huippuimuri	36,00
	PF51.02	Vesikatto osa 5	Näyttämö	2	0,9	Huippuimuri	36,00
	PK51	Vesikatto osa 5	Näyttämö	3	0,95	Huippuimuri	25,00
	PK52	Vesikatto osa 5	Näyttämö	3	0,95	Huippuimuri	25,00
	KK52	1.krs	Lastaussillan ovi	0,67	0,18		8760
6	TF64.01	Ivkh 8403	Valvomot/tulkit	0,45	0,18		8760
	KK62	Tuulikaappi 6130	Tuulikaappi 6130	0,67	0,18		8760
	KK63	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	KK64	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	KK65	Tuulikaappi 6103	Tuulikaappi 6103	0,67	0,18		8760
	PK62	Vesikatto osa 6	Projektorihuone (kohdepoisto)	0,8	0,18	Huippuimuri	8760
7	PF77.04	Vesikatto	Sos. tilat 1.-3.krs	0,3	0,18	Huippuimuri	8760
	PF77.05	Vesikatto	Sos. tilat K.-3-krs	0,275	0,18	Huippuimuri	8760
	PF77.06	Vesikatto	?	0,35	0,18	Huippuimuri	8760
	KK71	Tuulikaappi 7102	Tuulikaappi 7102	0,67	0,18		8760
8	PK81	Vesikatto osa 8	Himmenninkoneh. 8404	0,8	0,18	Huippuimuri	8760

Pienemmät ilmavirraltaan alle 0,5 m³/s IV-koneet.

Pienemmät koneet			
Tunnus	Ilmavirta	Keskiarvioitu teho	Puhallintyyppi
PK11	0,42	0,2	
PK12	0,28	0,2	
PK13	0,2	0,2	Huippumuri
SK11	0,18	0,2	Hormipuhallin
SK12	0,08	0,2	Hormipuhallin
TF22.01	0,35	0,2	
PF22.01	0,35	0,2	Huippumuri
PK21	0,2	0,2	Huippumuri
PK23	0,4	0,2	Huippumuri
PF33.01	0,5	0,2	Huippumuri
PF33.02	0,5	0,2	Huippumuri
PF36.02	0,16	0,2	Huippumuri
PF36.04	0,23	0,2	Huippumuri
PF41.05	0,27	0,2	Huippumuri
PF41.06	0,2	0,2	Huippumuri
PK42	0,2	0,2	Huippumuri
PK45	0,25	0,2	Huippumuri
KK41	0,16	0,2	Hormipuhallin
PF52.02	0,13	0,2	Huippumuri
PF52.03	0,46	0,2	Huippumuri
KK53	0,12	0,2	Hormipuhallin
PK53	0,3	0,2	Huippumuri
PK54	0,472	0,2	
PK55	0,306	0,2	
PK56	0,1	0,2	
PF62.02	0,45	0,2	Huippumuri
PF62.04	0,4	0,2	Huippumuri
PF62.05	0,4	0,2	Huippumuri
PF62.06	0,45	0,2	Huippumuri
TF63.01	0,5	0,2	
PF63.01	0,23	0,2	Huippumuri
PF63.02	0,15	0,2	Huippumuri
PF64.01	0,2	0,2	Huippumuri
PF64.02	0,12	0,2	Huippumuri
PF64.03	0,39	0,2	Huippumuri
PF64.04	0,25	0,2	Huippumuri
PK61	0,3	0,2	Huippumuri
PK63	0,5	0,2	Huippumuri
PK64	0,25	0,2	Huippumuri
PF74.02	0,25	0,2	Huippumuri
TF75.02	0,2	0,2	Hormipuhallin
PF75.02	0,3	0,2	Huippumuri
PF75.03	0,082	0,2	Huippumuri
PF76.02	0,195	0,2	Huippumuri
PF77.02	0,25	0,2	Huippumuri
PF77.03	0,17	0,2	Huippumuri
PK72	0,2	0,2	Huippumuri
PK73	0,04	0,2	Huippumuri
PK74	0,3	0,2	Huippumuri
PK75	0,3	0,2	
KK81	0,08	0,2	Hormipuhallin
PK91	0,35	0,2	

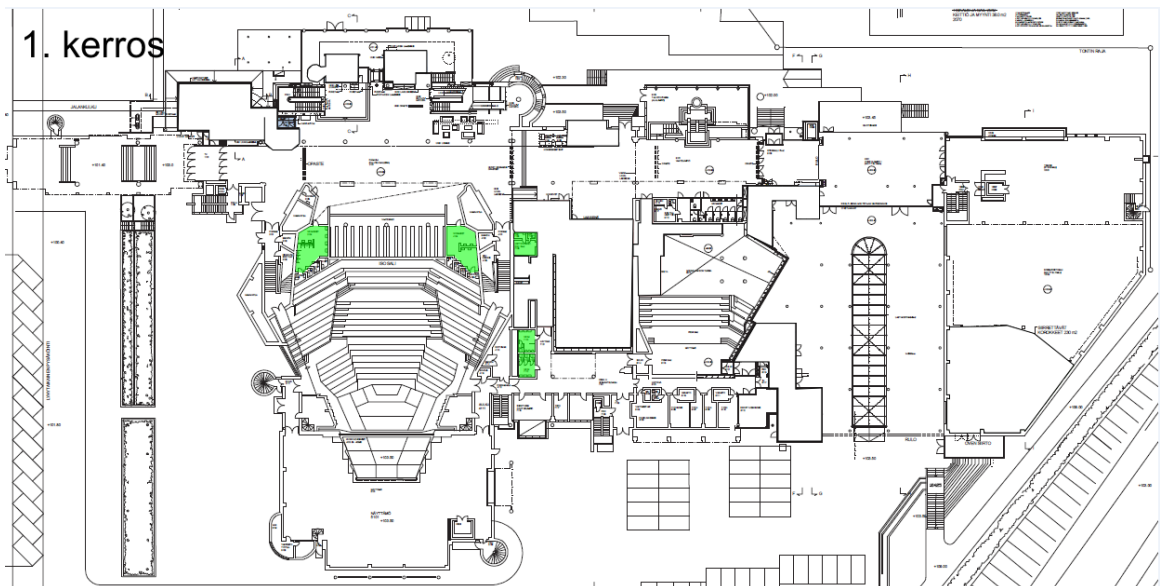
Liite 3. Energiansäästötoimenpiteiden lisätiedot

Toimenpide 8. Mukaan energiansäästötoimenpiteeseen lasketut tilat.

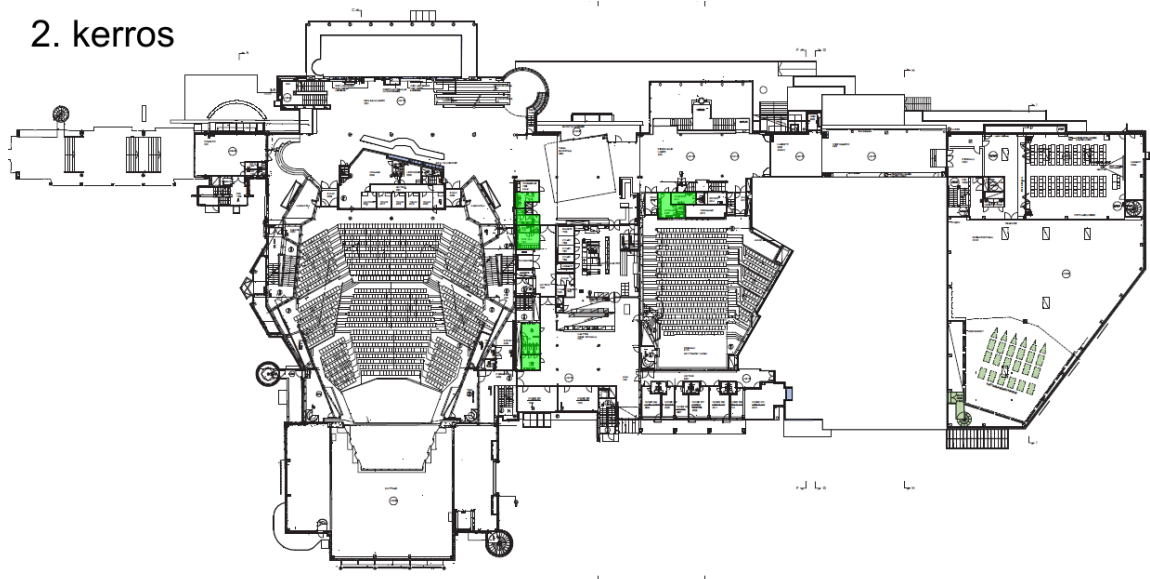
Kellarikerros



1. kerros



2. kerros



3. kerros

