



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TAPIO KESKITALO
ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT VALINNAT TOIMIS-
TORAKENNUSTEN PERUSKORJAUSTEN SUUNNITTELUPRO-
SESSISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Hannu Ahlstedt
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 8. huhtikuuta
2015

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

KESKITALO, TAPIO: Energiatehokkuuteen vaikuttavat valinnat toimistorakennusten peruskorjausten suunnitteluprosessissa

Diplomityö, 124 sivua, 12 liitesivua

Kesäkuu 2015

Pääaine: Talotekniikka

Tarkastaja: professori Hannu Ahlstedt

Avainsanat: korjausrakentaminen, energiatehokkuus, 4/13-asetus

Kaikki Suomen rakennukset kuluttavat noin 40 prosenttia Suomen energiankulutuksesta. Prosenttiosuus on vastaava myös muualla Euroopassa. Tämän suuren energiankulutuksen takia olemassa olevien rakennusten energiankulutukseen on tulevaisuudessa kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. EU on pyrkinyt direktiiveillään vähentämään energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. EU on asettanut direktiiveihinsä tavoitteet, jotka valtiot ovat kirjanneet kansallisiin lainsäädäntöihinsä. Tämä on myös ohjannut Suomen rakentamismääräysten muutoksia.

Työn tarkoituksena on tutkia, miten ympäristöministeriön tekemä 4/13-asetus vaikuttaa toimistorakennusten peruskorjaushankevaiheiden suunnitteluun. Työssä tarkastellaan myös päivittyneitä tehtäväluetteloita, joita voidaan käyttää peruskorjauksen suunnittelun apuna. Lisäksi työssä käydään läpi muita kansallisia ja kansainvälisiä rakentamista ohjaavia määräyksiä ja asetuksia sekä energiatehokkuuden parantamisessa huomioitavia kustannustarkasteluita.

Tutkimuskohteina käytettiin kahta laajalti peruskorjattua toimistorakennusta. Näiden avulla tarkasteltiin vaihtoehtoisia toimenpiteitä, joilla 4/13-asetuksen eri vaatimukset toteutettaisiin. Samalla tarkasteltiin toimenpiteet, jotka olivat taloudellisesti kannattavia kyseisillä rakennuksilla. Näiden pohjalta korjaustoimenpiteistä ja laajuuksista pyrittiin löytämään kustannustehokkaimmat tavat toteuttaa 4/13-asetuksen vaatimukset. Energiasimuloinnin apuna käytettiin Riuska-ohjelmistoa.

Tutkimuskohteiden avulla huomattiin, että energiatehokkuuden parantaminen Helsingin ydinkeskustan rakennuksilla on usein rajallista ja energiatehokkuuteen on huomioitava esimerkiksi suojeltujen kohteiden asettamat haasteet. Toimistorakennusten merkittävimmät energiantehokkuuden parantamismahdollisuudet ovat talotekniikan puolella. Talotekniikkaa uusimalla ja rakennuksen ilmanvuotolukua parantamalla saavutetaan 4/13-asetuksen vaatimus, joka toteuttaa kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun pienentämisen. Mikäli talotekniikkaa ei uusita kuin paikoitellen, asetuksen vaatimus kannattaa toteuttaa rakennusosakohtaisesti. 4/13-asetuksen vaatimuksesta olisi hyvä kirjata tavoite jo projektin suunnittelun alkuvaiheessa. Tämän tavoitteen tarvitsemia tarkasteluita ja laskelmia pitäisi sisällyttää projektin eri vaiheisiin.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

KESKITALO, TAPIO: Choices affecting energy performance in undergoing renovation planning processes of office buildings

Master of Science Thesis, 124 pages, 12 Appendix pages

June 2015

Major: Building Services Engineering

Examiner: Professor Hannu Ahlstedt

Keywords: undergoing renovation, energy performance, 4/13 degree

The buildings in Finland consume circa 40 percent of the country's total energy consumption. This percentage is similar also elsewhere in Europe. Due to this substantial consumption, in the future the energy consumption of existing buildings must be paid more attention to. The European Union aims at reducing both energy consumption and carbon dioxide emissions with its directives. EU has set the objectives in the directives, and the member states then have written these objectives into their national legislation. This has also governed the formation of Finnish building regulations.

The aim of this thesis is to study how the Ministry of the Environment decree 4/13 affects the planning of office building renovation project phases. The updated task lists that can be used as an aid in renovation planning are also examined. In addition, other national and international building regulations and decrees are investigated together with the budgetary reviews that are taken into account when improving energy efficiency.

The research subjects include two widely renovated office buildings. Using these two examples, different alternative methods to achieve various requirements of the decree 4/13 were observed. At the same time, the most economic methods for these buildings were explored. Based on these, the goal was to find the most cost-effective methods for the renovation scale and procedures, in order to fulfill the requirements of the decree 4/13. Riuska software was used for energy simulation.

By way of these research subjects it was noted that the possibilities of improving the energy efficiency in the buildings located in Helsinki city center are often limited, and the challenges posed by for example cultural heritage sites have to be taken into consideration in regard to energy efficiency. The most significant ways to improve energy efficiency in office buildings can be found in building services engineering. By renewing building services and improving the building's air-tightness value, the decree 4/13 requirement of the decrease of the total energy consumption (E-value) is met. If the building services are renewed only partially, the decree requirement should be implemented individually for each structural element. The decree 4/13 requirement should be recorded as an objective already in the first phases of the project planning. The considerations and calculations required by this objective should be included in the different phases of the project.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:n avustuksella. Työn ohjaajina ovat toimineet Kari Seitaniemi ja Erkki Immonen Maaskolasta. Työn tarkastajana on toiminut professori Hannu Ahlstedt.

Haluan kiittää Helsingin yliopistoa ja Senaatti-kiinteistöjä, jotka tarjosivat mielenkiintoiset tarkastelukohteet. Kiitokset kuuluvat myös kohteissa toimineille suunnittelutoimistoille Ramboll Finland Oy:lle, Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:lle sekä A-Insinöörit Oy:lle, joilta sain apua työn energiatarkasteluihin.

Suuret kiitokset Kari Seitaniemelle ja Erkki Immoselle työn mahdollistamisesta sekä hyvästä ja kärsivällisestä ohjauksesta. Kiitos Hannu Ahlstedtille työn tarkistamisesta ja kommentoinnista.

Lämpimät kiitokset vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet vuosien varrella. Erityiskiitos kuuluu vaimolleni Kaisalle, joka on auttanut, motivoinut ja kannustanut pitkään jatkuneen työn kirjoittamisessa.

Helsingissä 17.6.2015

Tapio Keskitalo

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tavoitteet.....	2
1.2	Työn rakenne ja rajaus	3
2.	RAKENNUSTEN ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA -DIREKTIIVIT	4
2.1	Valtakunnalliset direktiivit ja tavoitteet	4
2.2	Suomen energiankulutus ja energiamääräykset	7
2.2.1	Rakentamismääräyskokoelma.....	12
2.2.2	E-luku.....	14
2.2.3	E-luvun määrittäminen olemassa olevalle rakennukselle	15
2.2.4	Energiatodistus.....	21
2.2.5	Sisäilmastoluokitus	23
2.2.6	Lähes nollaenergiarakentaminen.....	25
2.3	Rakennusten ympäristöluokitukset	26
3.	RAKENNUSTEN KORJAUSRAKENTAMISEN MÄÄRÄYKSET.....	28
3.1	Energiakorjausten minimivaatimukset.....	29
3.1.1	Rakennusosakohtainen vaatimus (U-arvo)	30
3.1.2	Energiatehokkuusvaatimus (kWh).....	31
3.1.3	Kokonaisenergiavaatimus (E-luku).....	31
3.1.4	Teknisten järjestelmien vaatimukset.....	33
3.2	Huomioitavia asioita rakennusluvan hakemisessa	34
4.	KANNATTAVUUSLASKELMAT	37
4.1	Kannattavuuslaskennan menetelmät	38
4.1.1	Takaisinmaksuajan menetelmä	39
4.1.2	Nykyarvo- eli diskonttausmenetelmä.....	39
4.1.3	Muut investointilaskentamenetelmät ja -tarkastelut	40
4.1.4	Herkkyystarkastelu.....	41
4.2	EU:n jäsenvaltioiden toimittama kustannustehokkuuden tarkastelu energiatehokkuuden parantamiseksi.....	41
4.3	Kustannusoptimaalisuuden laskenta	43
5.	RAKENTAMISHANKKEEN VAIHEET JA SUUNNITTELU.....	46
5.1	Tehtäväluetteloiden uudistunut rakenne.....	48
5.2	Tehtäväluettelon TATE12 rakenne	49
5.2.1	Hankkeen tarve ja valmistelu (tarveselvitys, hankesuunnittelu ja suunnittelun valmistelu)	51
5.2.2	Suunnittelutehtävät (ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutus-suunnittelu, rakennuslupatehtävät).....	51
5.2.3	Rakentamistehtävät (rakentamisen valmistelu ja rakentaminen)....	53
5.2.4	Suorituksen hyväksyminen (käyttöönotto ja takuu-aika).....	53
5.3	Korjausrakentamisen vaiheet	54

6.	ESIMERKKIKOHTEIDEN TAUSTAT JA KORJAUSTOIMENPITEET	59
6.1	Toimistot sekä niiden energiankulutukset ja korjaustoimenpiteet	59
6.1.1	Tyypilliset 1900-luvun rakennusten rakenteet ja rakenteiden odotetut tekniset käyttöiät	62
6.1.2	Mahdolliset energiansäästötoimenpiteet	65
6.2	Tutkimuskohde 1 ja siihen suunnitellut korjaustoimenpiteet.....	68
6.2.1	Lähtötilanne ennen peruskorjausta ja rakennuksen korjaustarve...	69
6.2.2	Hankesuunnitelma.....	72
6.2.3	Luonnossuunnitelma / toteutussuunnitelma.....	74
6.3	Tutkimuskohde 2 ja siihen suunnitellut korjaustoimenpiteet.....	75
6.3.1	Lähtötilanne ennen peruskorjausta ja rakennuksen korjaustarve...	76
6.3.2	Hankesuunnitelma.....	78
6.3.3	Toteutussuunnitelma	80
7.	ASETUKSEN VAATIMUKSIEN TÄYTTÄMINEN.....	82
7.1	Tutkimuskohteen 1 energiatarkastelut ja suunnitteluvaiheiden energiamääräysten toteutuminen	82
7.1.1	Rakennusosakohtainen vaatimus (U-luku)	82
7.1.2	Energiatehokkuusvaatimus (kWh).....	83
7.1.3	Kokonaisenergiavaatimus (E-luku).....	84
7.2	Tutkimuskohteen 2 energiatarkastelut ja suunnitteluvaiheiden energiamääräysten toteutuminen	85
7.2.1	Rakennusosakohtainen vaatimus (U-luku)	85
7.2.2	Energiatehokkuusvaatimus (kWh).....	86
7.2.3	Kokonaisenergiavaatimus (E-luku).....	87
8.	VAIHTOEHTOISTEN KORJAUSTOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUS-TARKASTELUT	88
8.1	Perusvertailutaso	88
8.2	Kohteiden yhteiset korjaustoimenpidetarkastelut	90
8.3	Tutkimuskohteen 1 korjaustoimenpidetarkastelut	93
8.4	Tutkimuskohteen 2 korjaustoimenpidetarkastelut	97
8.5	Tarkasteluissa huomioitavat kohdat	100
9.	ERI VAATIMUKSIEN TYÖMÄÄRÄT PROJEKTIN ALKUVAIHEISSA	102
9.1	Tarkasteluihin varatut ajat ennen rakennuslupaa	102
9.2	Tarkastelut rakennusluvan jättämisen jälkeen.....	106
10.	YHTEENVETO	109
	LÄHTEET.....	112

LIITE A: Aleksanterinkadun laskentatiedot

LIITE B: Eteläesplanadin laskentatiedot

LIITE C: Toimistorakennusten energiatehokkuuden luokitteluasteikko

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Diskonttokorko	Korko, jonka avulla voidaan verrata eri aikojen rahan arvoa nykyhetkeen.
Diskonttotekijä	Kerroin, joka ilmaisee tulevaisuudessa saatavan rahayksikön laskentahetken mukaisen käyvän arvon eli nykyarvon. Diskonttotekijä lasketaan diskonttokoron avulla.
E-luku	Energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen os-toenergian laskennallinen ominaiskulutus. Laskenta suoritetaan rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti. Ominaiskulutuksella tarkoitetaan vuotuista kulutusta ja se ilmoitetaan yksikössä kWh/m ² .
Energiamuoto	Aine tai energia, jota voidaan käyttää tuottamaan mekaanista työtä tai lämpöä tai ylläpitämään kemiallista tai fysikaalista prosessia. Tällaisia energiamuotoja ovat esimerkiksi sähkö ja fossiiliset energianlähteet.
Energiamuodon kerroin	Eri energianlähteillä olevat painotuskertoimet, jotka huomioidaan E-luvun laskennassa.
Energiatodistus	Rakennuksen energiatehokkuudesta kertova lakisääteinen todistus. Energiatodistus perustuu E-lukuun, jonka avulla määritetään energiatehokkuusluokka A-G. Näistä A on paras.
g-arvo	Auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin, joka kertoo ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisevyyden.
Ilmanvuotoluku, n ₅₀ ja q ₅₀	Ilmoittaa rakennuksen tiiviyyden. Ilmanvuotoluku mitataan ilmatilavuuden vaihtuvuutena 50 Pa (Pascal) ali- tai ylipaineella. Luku voidaan ilmoittaa ilmatilavuuden vaihtuvuutena tuntia kohti eli yksikössä 1/h, jolloin puhutaan n ₅₀ -luvusta. Ilmoitettaessa ilmanvuotoluku q ₅₀ kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tuntia kohti ja yksikkönä käytetään m ³ /(hm ²).
Kastepiste	Lämpötila, jossa ilman vesihöyry tiivistyy vedeksi eli kondensoituu.

Kylmäsilta	On talon vaipan kohta, josta lämpöä vuotaa ulos muuta rakennetta paremmin. Tällaisia kohtia ovat rakennuksen kulmat ja rakenteiden liitoskohdat.
Riuska	Olosuhde- ja energiasimulointiohjelma, joka laskee rakennuksen tietomallin (BIM) avulla rakennuksen ja sen tilojen lämpötekniisiä käyttäytymisiä erilaisilla kuormilla ja sääolosuhteilla. Progman Oy myy Riuska-ohjelmaa osana MaggiCAD Comfort and Energy -pakettia.
SFP-luku	Kertoo ilmastointijärjestelmän ominaissähkönkulutuksen. SFP-luku antaa lukuarvon, kuinka paljon sähkötehoa ilmanvaihto tarvitsee yhtä ilmavirtayksikköä kohti. Luku ilmoitetaan yksikössä kWh/(m ³ /s).
U-arvo	Rakenteen tai rakennusmateriaalin lämmönläpäisykerroin, joka ilmoitetaan yksikössä W/(m ² K).
Takaisinmaksuaika	Vuosina ilmoitettu aika, jonka kuluessa tulojen kasvattamisella tai menojen vähentämisellä investointi maksaa hankintakustannuksensa.
TATE	Lyhenne sanoista talotekniikan tehtäväluettelo. Tehtäväluettelo on tarkoitettu talonrakennuksen suunnittelutehtävien sisältöjen ja laajuuksien määrittämiseen hankkeiden eri vaiheissa.
Uusiutuva energia	Energianmuoto, joka on muista kuin fossiilisista lähteistä peräisin olevaa energiaa kuten esimerkiksi tuuli- ja aurinkoenergiaa, ilma- ja maalämpöenergiaa, biomassaa ja biokaasua.

DIREKTIIVIT JA STANDARDIT

2009/28/EY	RES, Uusiutuvien energialähteiden edistämistä koskeva direktiivi
2009/125/EY	Ekosuunnittelu- ja tuotemerkintädirektiivit
2010/31/EU	EPBD, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
2011/305/EU	CPR, Rakennustuoteasetus
2012/27/EU	EED, Energiatehokkuusdirektiivi
EN ISO 13790	Lämmityksen ja jäähdytyksen energiatarpeen laskentaa käsittelevä standardi
EN 15603	Rakennusten kokonaisenergiankäyttöä käsittelevä standardi
EN 15459	Rakennusten energiajärjestelmien taloudellisuuden arviointimenetelyjä käsittelevä standardi

1. JOHDANTO

Euroopan parlamentti ja neuvosto julkaisi vuonna 2010 energiatehokkuusdirektiivin EPBD (Energy Performance Buildings Directive). Tavoitteet kirjattiin direktiiviin 2010/31/EU. Direktiivin tavoitteena on saavuttaa sekä energiankulutukselle että hiilidioksidipäästöille 20 prosentin vähennykset vuoteen 2020 mennessä. Vähennystavoitteiden lisäksi uusiutuvan energian osuus on oltava EU:n laajuisesti 20 prosenttia. (Euroopan unioni 2010)

Kaikki Suomen rakennukset kuluttavat noin 40 prosenttia Suomen energiankulutuksesta. Tämän takia olemassa olevien rakennusten energiankulutukseen on tulevaisuudessa kiinnitettävä enemmän huomiota. Suomen ympäristöministeriö teki EU:n ohjeistuksesta asetuksen 4/13 energiatehokkuuden parantamiselle korjaus- ja muutostöissä. Asetus astui voimaan syyskuussa 2013. Energiatehokkuutta on parannettava, mikäli se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti mahdollista ja järkevää. Määräysten mukaan energiatehokkuuden parantamiseen on kolme eri vaihtoehtoa:

1. Rakennusosakohtaiset vaatimukset (U-arvo)
2. Energiatehokkuusvaatimukset (kWh/m²)
3. Kokonaisenergiavaatimukset (E-luku)

Rakennusosakohtaisessa vaatimuksessa parannetaan vain korjattavan tai uusittavan rakennusosan tai -järjestelmän energiatehokkuutta sille asetetun vaatimuksen verran. Tällöin esimerkiksi ikkunoiden osalta U-arvovaatimus on 1,0 W/(m²K) tai parempi. Vastaavasti muidenkin korjattavien ulkovaipan rakenteiden tulisi täyttää U-arvoille asetetut vaatimukset. Ilmanvaihdon osalta vaatimuksiin on asetettu lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi 45 prosenttia ja SFP-luvun rajaksi 2 kW/(m³/s) (Euroopan unioni 2010).

Energiatehokkuusvaatimuksessa on annettu raja-arvo, jota vähemmän rakennuksen on kulutettava energiaa. Energiankulutus mitataan yksikössä kWh/m², ja nämä arvot on annettu rakennusluokittain. Kokonaisenergiavaatimuksessa rakennuksen E-lukua on parannettava rakennusluokalle asetetun arvon verran. Toimistorakennuksilla E-lukua tulisi parantaa vähintään 30 prosenttia eli $E_{\text{vaadittu}} \leq 0,7 * E_{\text{laskettu}}$. (Euroopan unioni 2010)

Käytännön hankkeissa on havaittu, että korjausrakentamisessa valitaan rakennusosakohtaiset vaatimukset täyttävä vaihtoehto helppouden ja selkeyden takia. Rakennuksen energiatehokkuus- ja kokonaisenergiavaatimusten täyttäminen edellyttäisi rakennuksen energiankulutusten laskemisen ennen ja jälkeen remontin. Rakennuttajat ja

suunnittelijat eivät ole varanneet resursseja näiden tarkastelujen ja laskentojen suorittamiseen, minkä takia tilaajan paras etu jää pohtimatta.

Tehtäväluettelot on tehty talonrakennushankkeiden suunnittelutehtävien tueksi. Tehtäväluettelot sisältävät tavanomaisimmat suunnittelutehtävät ja niiden ohjeelliset tulokset. Käytännön hankkeista on havaittu, että rakennushankkeiden eri vaiheet eivät erotu toisistaan selkeästi. Osittain tästä syystä loppuvuodesta 2013 julkaistiin uudistuneet rakennushankkeiden tehtäväluettelot. Tällöin tehtäväluetteloiden vaihejako uudistettiin, ja esimerkiksi luonnossuunnittelu on päivitetty yleissuunnitteluksi. Lisäksi on lisätty valmisteluvaiheita. (RT-kortisto 2013a)

Uudistuneet tehtäväluettelot tuovat omat haasteensa rakennushankkeisiin. Lisäksi tehtäväluettelot eivät anna täysin selkeää kuvaa korjaushankkeiden energiatehokkuuden vaatimuksista ja tarvittavista energia- ja kannattavuustarkasteluista. Eri energiatehokkuusvaatimukset edellyttävät hieman erilaisia lähtötietoja ja suunnitteluprosesseja. Kaikki energiatehokkuustarkastelut on merkitty talotekniikan tehtäväluettelon lisätehtäviin, joista rakennuttajan täytyy valita tehtävät korjaushankekohtaisesti.

1.1 Työn tavoitteet

Diplomityön tavoitteena on muodostaa selkeä näkemys, kuinka suunnittelijoiden tulisi huomioida korjausrakentamisen uudistuneet energiamääräykset julkisten toimistorakennusten peruskorjauksien eri vaiheissa. Ymmärtämällä energiamääräysten eri vaihtoehdot ja niiden edellyttämät suunnitteluprosessit suunnittelijat pystyvät tuottamaan laadullisesti paremman lopputuloksen. Vastaavasti tilaajan tarkempi prosessin ymmärtäminen auttaa suunnittelun ohjauksessa ja kilpailutuksessa. Samalla tilaaja osaa vaatia suunnitelmilta tarvittavat tiedot ja asiat suunnitelmista ja selvityksistä.

Osa tilaajista tekee itse hankesuunnitelman, mikä on tärkein vaihe korjaushankkeen lopullisen onnistumisen kannalta. Hankesuunnitteluvaiheessa tulee tarkastella vaihtoehtoisia ratkaisukokonaisuuksia. Mitä tarkemmin hankekohtaiset tavoitteet on kirjattu hankesuunnitelmaan, sitä lähemmäksi niitä on mahdollisuus päästä. (Pulakka et al. 2014) Uudistuneen talotekniikan tehtäväluettelon TATE12 jaon mukaan LVI-suunnittelija kiinnitetään hankkeeseen usein vasta ehdotussuunnitteluvaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa erikoissuunnittelijoiden tehtävät on merkitty TATE12:n mukaan valinnaisiksi lisätehtäviksi. Diplomityön avulla saadaan selville, pitäisikö päätös korjausrakentamisen energiamääräysten vaihtoehdoista tehdä peruskorjauskohteen hankesuunnitteluvaiheessa vai vasta ehdotussuunnitteluvaiheessa.

1.2 Työn rakenne ja rajaus

Energiatehokkuuden kannattavimpien toimenpiteiden tarkasteluita on tehty jonkin verran asuinrakennuksille, joita on suurin osa Suomen rakennuskannasta. Asuinrakennuksia vähemmälle huomiolle ovat jääneet julkiset rakennukset, jotka toimivat esimerkkeinä ja suunnannäyttäjinä yksittäisille henkilöille.

Erilaisten korjaustoimenpideyhdistelmien avulla tarkastellaan, miten saadaan E-lukuvaatimuksen tai energiatehokkuusvaatimuksen täyttävä vaihtoehto. Eri vaihtoehtoja tarkastelemalla löydetään kannattavin vaatimukset täyttävä toimenpide. Työn tutkimuskohteiden avulla pyritään saamaan mahdollisimman hyviä sovellettavissa olevia taloteknisistä ratkaisuja.

Työn tutkimuskohteiksi saatiin kaksi toimistorakennusta, jotka edustavat Helsingin ydinkeskustan yleistä rakennuskantaa. Kohteisiin valmistui vuosien 2014-2015 aikana laajat korjausrakentamisurakat, joiden avulla tavoiteltiin energiatehokkaita ja tilatehokkaita rakennuksia. Kun peruskorjataan Helsingin ydinkeskustassa sijaitsevia toimistorakennuksia, säästöjä ei voida juurikaan hakea rakenteista kuten ulkoseinien lisälämmöneristämisestä. Tällöin mahdolliset säästötoimenpiteet löytyvät talotekniikan puolelta.

Korjausrakentamisvaihtoehtojen prosessit tarvitsevat eri määrän ajallista ja näin ollen myös rahallista panostusta. Työn avulla pyritään nostamaan selkeästi esille kriittisimmät kohdat korjausrakentamisen suunnittelun vaiheista. Tutkimustyön avulla saadaan selville eri vaihtoehtojen edellyttämät prosessit ja tarvittavat lähtötiedot sekä eri vaiheiden vaatimat työmäärät. Nämä auttavat varaamaan resursseja ja selvittämään, missä vaiheessa eri päätökset tulisi tehdä.

2. RAKENNUSTEN ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA -DIREKTIIVIT

Energian hinnan nousun seurauksena on entistä kannattavampaa rakentaa energiatehokkaita rakennuksia. Lisäksi teollisuuden kehityksen myötä energiatehokkaat materiaalit ja rakenteet pystytään valmistamaan kustannustehokkaammin kuin aikaisemmin.

Vuonna 1973 energian hinta, etenkin öljyn hinta nousi merkittävästi, kun öljyn toimittajamaat Lähi-Idässä rajoittivat öljynvientiä sotien takia. Tämän jälkeen joulukuussa 1973 Suomen valtioneuvosto julkisti laajan energiasäästöohjelman. (Yle 2006) Rakennuksen energiatehokkuusvaatimuksia tiukennettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa vuonna 1976, jonka jälkeen ne ovat joka vuosikymmenellä kiristyneet entisestään.

Rakennusten energiatehokas korjaaminen on osa rakennuksen normaalia korjausrakentamista ja päivittäistä kunnossapitoa. Kun jokin rakennuksen osa tai järjestelmä on tullut elinkaarensa päähän, on usein kannattavampaa tarkastella energiatehokkaamman kohteen rakentamista, koska tällöin voidaan saavuttaa rahallisia säästöjä pitkällä aikavälillä.

2.1 Valtakunnalliset direktiivit ja tavoitteet

Maapallon lämpötila on noussut, ja tätä nousua on pyritty estämään hiilidioksidipäästöjen ja energian kulutuksen vähentämisellä. Vähentämistä tavoitellaan erilaisilla kansainvälisillä ja kansallisilla säädöksillä. Yhdistyneiden kansakuntien Kioton sopimuksen tavoitteena on säilyttää maailmanlaajuisesti alle 2 °C lämpötilan nousu. Tähän tavoitteeseen on sitouduttu vähentämällä hiilidioksidipäästöjä, mikä on mahdollista pienentämällä energiankulutusta ja lisäämällä uusiutuvista energianlähteistä peräisin olevaa energiaa. (Euroopan unioni 2010)

Rakennukset kuluttavat 40 % kaikesta energiasta Euroopan unionin alueella. Tämän takia rakennusten energiatehokkuuden parantamisella on merkittävä vaikutus energiankulutukseen ja kasvihuonepäästöjen määrään. (Euroopan unioni 2010; REHVA 2014)

Kansainvälistä energiatehokkuuslainsäädäntöä ohjaa rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD (Energy Performance Buildings Directive). Euroopan Unioni julkaisi energiatehokkuusdirektiivin tavoitteet ensimmäisen kerran vuonna 2002. Myöhemmin Euroopan parlamentti ja neuvosto kirjasi tavoitteet direktiiviin 2010/31/EU, joka päivityksellään kumosi direktiivin 2002/91/EY. Päivityksessä tarkennettiin ja yksinkertaistet-

tiin energiatehokkuustavoitteita. (REHVA 2014; Euroopan parlamentti 2014) Energiatehokkuusdirektiivin mukaan vuoden 2020 jälkeen kaikkien uudisrakennusten tulee olla lähes ”nolla energiataloja”. Tämä tarkoittaa sitä, että ostoenergia on lähes olematon ja rakennuksen energiankulutus on passiivirakennuksen tasoa. (RIL 265 2013) Jäsenvaltioiden on luotava omat kansalliset määräykset lähes nolla energiarakentamiseen.

Euroopan Unioni on asettanut energiatehokkuusdirektiivissä useita pitkän ajan tavoitteita. Vuoteen 2020 mennessä kasvihuonepäästöjen on pienennettävä vähintään 20 % vuoden 1990 tasoon verrattuna. (REHVA 2014) EU:n asettaman ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteena on vähentää energiankulutusta 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä, kun energiankulutusta verrataan vuoden 1990 tasoon. Lisäksi vähintään 20 % energiankulutuksesta tulee saada uusiutuvista energianlähteistä vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi jokaiselle maalle on määritelty omat tavoitteet uusiutuvan energian käytöstä. Suomelle asetettiin 38 % energian käyttötavoite. Nämä vuoteen 2020 mennessä saavutettavat energiankulutus- ja päästötavoitteet tunnetaan EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan 20-20-20 -tavoitteena. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014a)

Energiatehokkuusdirektiivit ovat Euroopan Unionin jäsenvaltioille tarkoitettuja lainsäädäntöohjeita. Niiden tarkoituksena on antaa toimintaohjeita kansallisille lainsäätäjille. Ne eivät suoraan muuta jäsenvaltioiden lainsäädäntöä, vaan jäsenmaiden päättäjät määrittelevät itse direktiivien toteuttamismuodot ja -keinot. Jos valtion lainsäädäntö täyttää jo ennestään direktiivien vaatimukset, ei lainsäädäntö tarvitse toimenpiteitä. (Motiva 2014a)

Uusiutuvalla lähienergialla tarkoitetaan paikallisesti ja pienimuotoisesti tuotettua energiaa. Tällaisia lähienergiamuotoja ovat aurinko- ja bioenergia, maa- ja ilmalämpöpumput sekä tuuli- ja vesivoima. Uusiutuvaa lähienergiaa voidaan tuottaa rakennuskohdittain, rakennusryhmäkohtaisesti tai lähialueellisesti. Uusiutuvalla lähienergialla tavoitellaan hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ja hiilijalanjäljen pienentämistä. Lisäksi lähienergia edistää aluepoliittisia tavoitteita ja parantaa huoltovarmuutta lyhyiden etäisyyksien ansiosta. (RIL 265 2013)

Uusiutuvan energian käytön edistämisdirektiivi 2009/28/EY (RES) on tullut kansainväliseen lainsäädäntöön 5.12.2010. (Soimakallio et al. 2010) Direktiivi edellyttää, että jäsenvaltioiden on sisällytettävä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian tavoittelu rakennussäännöksiin ja -määräyksiin 31.12.2014 mennessä. (Euroopan unioni 2009a) Direktiivin tavoitteet on sisällytetty myöhemmin uudempaan energiatehokkuusdirektiiviin 2010/31/EU (EPBD).

1970-luvun energiakriisillä oli opettava merkitys tarkasteltaessa eri alueiden energiatuotantojen riippuvuutta. Mikään alue ei saisi olla yhden energiatuotannon tai toimittajan varassa. (Huoltovarmuus 2014) Nykyajan energian jakeluverkkojen tavoitteiden tulisi olla vaatimusten mukaiset, ja tarvittaessa jakeluverkkojen pitäisi muuttua energia-

tarpeiden vaihtuessa. Uusiutuvalla lähienergialla saavutetaan myös huoltovarmuutta lyhyiden energian siirtomatkojen ansiosta. Energiatehokkuuden parantamisen lisäksi EU:n keskeisenä tavoitteena on energian huoltovarmuuden korostaminen. Huoltovarmuudella tavoitellaan alueiden haavoittuvuuden pienentämistä mahdollisten energia-toimitushäiriöiden aikana ja niiden jälkeen. Euroopan laajuisten energiaverkkojen huoltovarmuutta tavoitellaan TEN-E (Trans-European energy networks) -ohjelman avulla. (Euroopan unioni 2015; Työ- ja elinkeinoministeriö 2014a)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU liitteessä I määritellään tekijöitä ja näkökohtia, jotka vaikuttavat rakennusten energiatehokkuuden määrittämiseen eurooppalaisten standardien ohella. Direktiivin toimesta jäsenvaltioiden oli tehtävä energiatehokkuutta määrittelevä laskentamalli. Direktiivin liitteessä II määrätään, että toimivaltaiset viranomaiset ja valvojat tarkastavat rakennusten energiatodistusten laskentaperiaatteet ja lähtötietojen oikeellisuuden. Liitteen III avulla Euroopan komissio velvoittaa huomioimaan kustannusoptimaalisten ja taloudellisten toimenpiteiden lähtökohdat. (Euroopan unioni 2010)

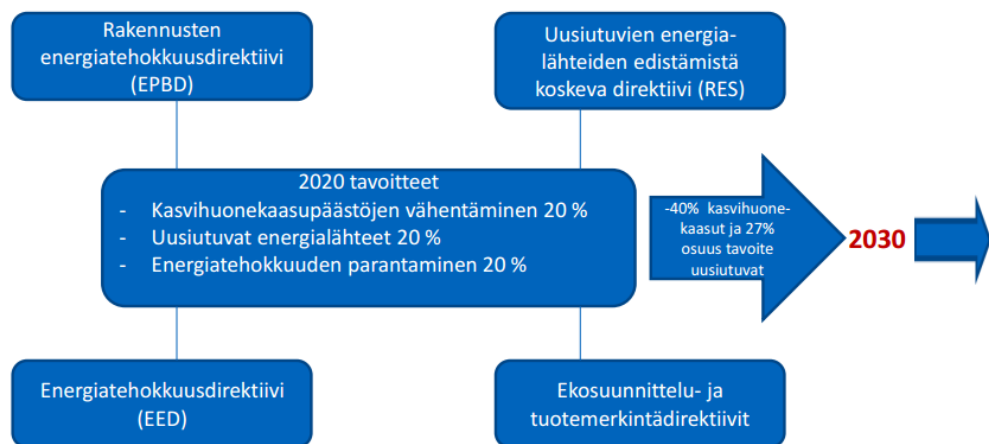
Euroopan komissio antoi tammikuussa 2012 rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä 2010/31/EU täydentävän asetuksen N:o 244/2012. Asetuksessa tarkennetaan muun muassa kustannuslaskelmissa käytettäviä menetelmiä sekä kustannusoptimaalisten tasojen määrittämisvaatimuksia. Jäsenvaltioiden oli tehtävä näiden mukaiset määräykset, joiden oli astuttava voimaan 9. kesäkuuta 2013. (Euroopan unioni 2012b) Suomessa Ympäristöministeriö julkaisi asetuksen 4/13, joka astui voimaan 1. kesäkuuta 2013. Tämän asetuksen avulla tavoitellaan rakennusten energiatehokkuuden parantamista korjaus- ja muutostöissä. (Ympäristöministeriö 2013b)

Energiatehokkuusdirektiivi (EED) astui voimaan 4.12.2012. Energiatehokkuusdirektiivi on julkaistu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2012/27/EU. Se korvasi energiapalveludirektiivin (2006/32/EY) ja CHP-direktiivin (2004/8/EY), joissa tavoiteltiin sähkön ja lämmön yhteistuotannon edistämistä. Energiatehokkuusdirektiivillä tarkennettiin ja muutettiin rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä 2010/31/EU ja ekologisen suunnittelun direktiiviä 2009/125/EY. Energiatehokkuusdirektiivi edellytti lainsäädännön tulevan voimaan kansallisesti viimeistään 5.6.2014. (Motiva 2014a; Euroopan unioni 2012c)

Euroopan komissio arvioi 30.6.2014, kuinka jäsenvaltiot onnistuivat direktiivin energiansäästötavoitteissa. Jos toimet eivät riittäneet, komissio esitti sitovia tavoitteita jäsenvaltioille. Ympäristöjärjestöjen arvioiden mukaan olisi ollut kustannustehokkaampaa, että komissio olisi esittänyt sitovat tavoitteet jäsenvaltioille. Euroopan komissio on arvioinut, että nykyisillä toimilla saavutettaisiin vain puolet energiansäästötavoitteista. (WWF et al. 2104)

Jäsenvaltioita suositellaan käyttämään ja noudattamaan CEN-standardeja energia-tarkasteluissa ja laskelmissa (Euroopan unioni 2012a). CENin Tekninen raportti (TR), CEN/TR 15615 on niin sanottu ”Umbrella Document”. Se on laadittu kuvaamaan EPBD-standardien liittymistä toisiinsa. Lisäksi tekninen raportti esittää standardien välistä hierarkiaa. (IEE-CENSE 2009) Teknisiä raportteja on julkaistu vuosina 2006, 2008 ja 2014. Näiden sisältöjä tarkennettiin uusimpaan vuonna 2014 tehtyyn versioon vastaamaan voimassa olevia standardeja. Lisäksi standardissa EN 15603:2008 esitetään energialaskelmien yleinen rakenne ja määrittellään energiatehokkuuteen liittyviä määritelmiä (SFS-EN 15603 2008). Energiatarpeen laskentaa käsittelee lisäksi standardi EN 13790, jossa tarkastellaan lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta kuukausitasolla.

EU:n komissio on asettanut pitkän aikavälin tavoitteena 40 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksen vuoteen 2030 mennessä. Tämän lisäksi tavoitteena on käyttää uusiutuvia energialähteitä keskimäärin vähintään 27 % sekä parantaa energiatehokkuutta 27 %. (Ympäristöministeriö 2014a). Vuoteen 2050 mennessä päästöjen vähennystavoitteena on pidetty 80-95 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Näille pitkän aikavälin tavoitteille on annettu nimeksi energia- ja ilmastotiekartta 2050. (Energy in Europe 2011) Direktiivien tavoitteet vuosille 2020-2030 havainnollistetaan kuvan 1 avulla.



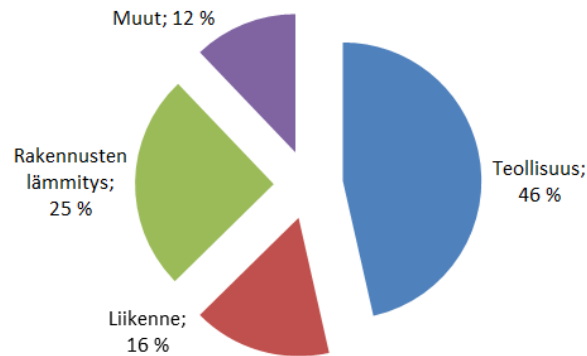
Kuva 1. EU:n tavoitteet vuosille 2020-2030 (Ympäristöministeriö 2014b).

Euroopan unionin direktiivejä tarkennetaan ja arvioidaan uudelleen vuosien 2015 ja 2016 aikana. Samalla tarkastellaan tulevaisuuden tavoitteiden muodostumista. (Ympäristöministeriö 2014b)

2.2 Suomen energiankulutus ja energiamääräykset

Suomessa rakennusten lämmitys on kuluttanut useiden vuosien ajan kokonaisenergiasta neljänneksen. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014a) Tämä rakennusten lämmitys käsittää asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen. Rakennukset kuitenkin kuluttavat Suomessa arviolta noin 40 % koko energiankulutuksesta, kun mukaan lasketaan asuin- ja palvelurakennusten lämmitysenergian lisäksi teollisuus- ja kiinteistösähkö sekä ra-

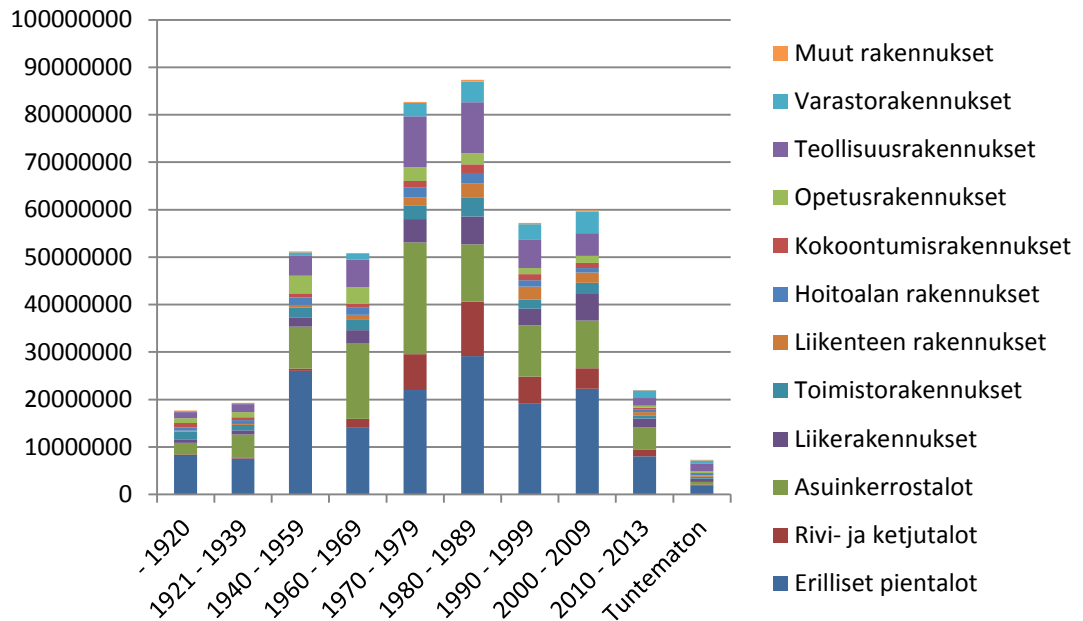
kennustarvikkeiden valmistuksen ja rakentamisen energiankulutukset. Suuri osa rakennusten energiankäytöstä muodostuu siis käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen lisäksi energiaa kuluu merkittävästi tuotantorakennusten lämmitykseen ja rakennusten kiinteistö- ja huoneistosähköön. (Heljo et al. 2005) Suomen energiankulutuksen jakauma on esitetty tarkemmin kuvassa 2.



Kuva 2. *Energian loppukäyttö sektoreittain vuonna 2013 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014a).*

Suomi on yksi pohjoisimmista Euroopan maista. Ruotsin rakennuskannasta 71 % ja Norjan rakennuskannasta 58 % sijaitsee etelämpänä kuin Suomi. (Kauppinen 2013a) Tästä syystä rakennusten energiankulutuksesta kuluu merkittävä osa rakennusten käytön aikaiseen kulutukseen kuten lämmitykseen ja valaistukseen. Energiatohokkuutta on pyrittävä Suomessa parantamaan näillä osa-alueilla.

Suomessa oli vuoden 2013 lopussa lähes 1,5 miljoonaa rakennusta, joista asuinrakennuksia oli 85 %. Valtaosa näistä on erillisiä pientaloja. Tarkemmin rakennustyyppit ja rakennusvuodet eri vuosikymmenillä selviävät kuvasta 3. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014d) Asuinrakennusten lukumäärä on siis suuri, minkä takia niiden energiankulutukseen tulisi kiinnittää paljon huomiota. Asuinrakennukset kuluttavat hieman yli puolet Suomen netto-ostoenergiasta. Palvelurakennukset ja tuotantorakennukset kuluttavat molemmat neljänneksen netto-ostoenergiasta. Palvelusektori ja julkinen sektori kuluttavat siis noin puolet siitä minkä kotitaloudet. (Vehviläinen et al. 2010; Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014c; Ympäristöministeriö 2014c) Palvelu- ja tuotantorakennusten energiankulutukset ovat suhteessa huomattavasti suuremmat kuin asuinrakennusten. Tämän takia niiden energiankulutukseen on hyvä kiinnittää huomiota.



Kuva 3. Suomen rakennuskannan kerrosala (m²) rakennustyypeittäin ja rakennusvuoden mukaan (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014d).

Merkittävä osa Suomen rakennuksista on rakennettu vuosien 1950-1990 välillä (Rakennusperintö 2014). Näiden rakennusten korjausrakentaminen on alkanut jo 2000-luvulla, ja nämä rakennukset tarvitsevat yhä enemmän korjaustoimenpiteitä lähitulevaisuudessa.

Vuonna 1990 Suomen fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käytön hiilidioksidipäästöt olivat 53 miljoonaa tonnia. Vuosina 2011-2013 hiilidioksidipäästöt olivat 52, 46 ja 47 miljoonaa tonnia. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014e) Jotta EU:n asettama tavoite vuoteen 2020 mennessä toteutuu, pitäisi vuoden 1990 hiilidioksidipäästöistä saada vähennettyä 20 %. Näin ollen päästöjen pitäisi olla alle 42 miljoonaa tonnia vuoteen 2020 mennessä.

Yhtenä Suomen kansallisena energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on saavuttaa uusiutuvan energian osuudeksi 38 % vuoteen 2020 mennessä (RIL 265 2013). Euroopan unionin asettama tavoite on saavuttaa 20 % osuus uusiutuvalla energialla. Vuonna 2012 uusiutuvan energian osuus primäärienergiantuotannosta oli 31,6 % ja vuonna 2011 se oli 28 %. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014f) Ruotsille asetettu tavoite on 49 % ja Norjalle 67,5 %. Suomen uusiutuvan energiankäytön tavoite on suurempi kuin muiden Euroopan valtioiden Latviaa, Ruotsia ja Norjaa lukuun ottamatta. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014g)

Suomessa sähkön nettotuonti on noin 20 % kokonaiskulutuksesta. Tuontienergiasta noin $\frac{3}{4}$ tulee Pohjoismaista ja loput Venäjältä. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014h) Tämä ei kasvata sähkön osalta huoltovarmuutta, koska Suomi on melko riippuvainen

muiden maiden sähköntuotannosta. Suomessa kuitenkin pyritään lisäämään sähköntuotantoa ydinvoiman avulla.

Kansainvälisessä Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä 2010/31/EU on tavoitteita, jotka jäsenvaltioiden on saavutettava omassa lainsäädännössään rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Suomikin on lupautunut noudattamaan näitä tavoitteita ja tarvittaessa muokkaamaan omaa lainsäädäntöään tavoitteiden saavuttamiseksi. Näin ollen Suomen rakennusten energiatehokkuutta koskevalla lainsäädännöllä tavoitellaan rakennusten energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian edistämistä sekä energiakulutuksien ja hiilidioksidipäästöjen vähentämistä (Ympäristöministeriö 2014d). Lainsäädännön tavoitteena oli saavuttaa kustannusoptimaalinen ratkaisu, joka ei heikentäisi rakennusten sisäilmasto-olosuhteita, turvallisuutta ja suunniteltua käyttötarkoitusta. (Euroopan unioni 2010)

Rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä säännöksiä on kirjattu sekä yksittäisiin lakeihin että maankäyttö- ja rakennuslakiin. Maankäyttö- ja rakennuslaissa energiatehokkuutta koskevat pykälät ovat 117 a-117 g. Näissä pykälissä ei kuitenkaan määritellä kovinkaan tarkkoja rajoja ja lukuarvoja energiatehokkuudelle. Pykälissä viitataan ympäristöministeriön laatimiin rakentamismääräyskokoelmaan ja määräyksiin, joissa on määriteltä tarkempia arvoja ja vaatimuksia.

Yksittäisiä lakeja on asetettu sekä energiatodistuksille että energiatodistusten laatijoiden pätevyyksille. Suomen lait julkaistaan julkisella Finlex-sivustolla, joka on oikeusministeriön omistama oikeudellisen aineiston julkinen ja maksuton Internet-palvelu (Finlex 2014). Rakennuksella tulee olla energiatodistus, jonka avulla rakennusten energiatehokkuuksia voidaan vertailla keskenään. Energiatodistus tuli pakolliseksi portaittain kaikille rakennuksille 1.6.2013. (Ympäristöministeriö 2014d)

Rakentamismääräyskokoelmassa määritellään uudisrakentamista koskevat energia-vaatimukset. Ympäristöministeriö ylläpitää ja uudistaa rakentamismääräyskokoelmaa lainsäädännön ja kansainvälisten direktiivien sitä vaatiessa. Suomen ohjeet ja määräykset julkaistaan rakentamismääräyskokoelmassa. (Ympäristöministeriö 2014d) Aikaisemmin korjausrakentamisessa on sovellettu vaihtelevasti rakentamismääräyskokoelmaa, mutta jatkossa sille pyritään luomaan omat yksiselitteiset määräykset. Uusimpana määräyksenä on tullut korjausrakentamista koskeva energiatehokkuuden parantamisasetus.

Ympäristöministeriö teki EU:n ohjeistuksesta energiatehokkuuden parantamiselle korjaus- ja muutostöissä asetuksen 4/13, ja se astui voimaan kaikille rakennuksille 1.9.2013. Ympäristöministeriön asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa muutetaan rakennuksen käyttötarkoitusta tai tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan toteutettavia luvanvaraisia korjaus- ja muutostöitä. (Ympäristöministeriö 2013b; Ympäristö 2014a) Aikaisemmin energiatehokkuuden tavoittelu on ollut rakennuttajan omalla vastuulla, vaikka Suomen eri kuntien rakennusvalvonnat ovatkin vaatineet eri-

laisia minimikorjausvaatimuksia. 4/13-asetuksen avulla korjaus- ja muutostöiden energiatehokkuusvaatimukset yhtenäistyivät.

Työ- ja elinkeinoministeriö voi myöntää energiatukea yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille, mikäli nämä parantavat rakennuksen uusiutuvan energian käyttöä, energian säästöä tai energiatuotannon tehostusta. Energiatukea on myös mahdollista saada vähentämällä energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja. Jokainen hakemus tarkastellaan hankekohtaisesti. Energiatuen myöntämisellä pyritään edistämään uuden energia-tekniikan käyttöä. (RIL 265 2013)

Kaikilla energiamääräyksillä pyritään saavuttamaan Suomen ilmastotavoitteet vuoteen 2020 mennessä, sekä pidemmällä aikavälillä vuoteen 2050 mennessä. (Ympäristöministeriö 2014e) Hallituksen ilmastotavoitteena on vähentää kasvihuonekaasuja 80-95 % vuoteen 2050 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014b)

Vuonna 2012 laaditun laajan tutkimusskenaarion mukaan Suomessa saataisiin säästettyä 6 prosenttia energiankulutuksesta ja 10 prosenttia hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2030 vastaavat luvut olisivat 13 ja 24 prosenttia. Kuitenkin vuonna 2013 tehdyn tarkennetun perusskenaarion mukaan Suomi olisi saavuttamassa EU:n asettamat 20 prosentin tavoitteet vuoteen 2020 mennessä. Energia- ja ilmastotiekartan tähtäämät tavoitteet asetetaan vuoteen 2050, mutta näiden toteutuvien arvioiden tekeminen on haastavaa ja epävarmaa voimakkaasti muuttuvan energiainfrastruktuurin takia. (Kauppinen 2013a; Työ- ja elinkeinoministeriö 2012) Tarkkojen toteutuvien energiasäästöjen määrittäminen on työlästä, koska yhdessä vuodessakin arviot voivat muuttua paljon johtuen teollisuuden muutoksista.

Energiamääräyksiä uudistetaan jatkuvasti, jotta lainsäädännön energiatehokkuusvaatimukset täyttävät kansainväliset direktiivit ja asetukset. Hallitus on esittänyt eduskunnalle 5.6.2014 uudeksi ilmastolaiksi esitystä HE 82/2014 vp (Suomen hallitus 2014). Lain on tarkoitus astua voimaan pian vuoden 2015 eduskuntavaalien jälkeen. (Valtioneuvosto 2014)

Vaikka viranomaiskäytössä olevat rakennukset ja muut julkiset rakennukset kuluttavat vähemmän energiaa kuin asuinrakennukset, julkiset rakennukset ovat enemmän esillä kuin asuinrakennukset. Tämän takia julkisten rakennusten on toimittava edelläkävijöinä ja näytettävä mallia energiatehokkuuden parantamisessa. Etenkin asiakkaiden mielikuvat voivat syntyä tunnetasolla, ja näin ollen onkin pyrittävä luomaan positiivinen kuva energiatehokkuudesta ja energiaystävällisyydestä. Eri asetusten ja määräysten avulla energiatehokkuuden tavoittelusta pyritään saamaan luontevaa. Tuet ja määräykset edistävät toivottavasti ympäristömyönteistä ajattelua.

Korjausrakentaminen on voimakkaiden uudistusten kohteena. Vuonna 2012 talonrakennusyrietykset korjasivat rakennuksia noin 5,6 miljardilla eurolla. Uudisrakentamiseen käytettiin hieman enemmän 7,6 miljardia euroa. (Suomen virallinen tilasto 2014j) Ra-

kennusten ja tavaroiden koko elinkaaren hiilijalanjälkeen ja energiatehokkuuteen kiinnitetään jatkossa yhä enemmän huomiota. Ei vain riitä tarkastella käytön aikaista energiankulutusta vaan energiaa ja luonnonvaroja kuluu paljon myös tuotteen valmistamiseen ja hävittämiseen.

2.2.1 Rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevien säädäntöjen yleiset ja tekniset vaatimukset sekä lupa- ja viranomaismenettelyt. Rakentamista koskevia tarkentavia säädöksiä ja ohjeita on koottu ympäristöministeriön ylläpitämään Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Määräykset ovat velvoittavia, kun taas ohjeet antavat suosituksia, jotka eivät ole pakollisia. Muitakin kuin ohjeissa esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, kunhan ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset ja määräykset. (Ympäristöministeriö 2015)

Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat nykyisellään pääasiassa uudisrakentamista. Korjaus- ja muutostöissä määräyksiä on sovellettu vain niiltä osin kuin rakennustoimenpiteen laajuus, laatu ja rakennuksen muutettu käyttötapa ovat edellyttäneet. (Ympäristöministeriö 2015) Rakennusmääräyskokoelmia uudistetaan siirtymäaikana 2013-2017. Uudistuksella pyritään muun muassa selkeyttämään suunnittelutehtävien jakoa, säädösten vähimmäisvaatimuksia ja määräysten vaikutusalueita. Jokaisesta uudesta asetuksesta ilmenee suoraan, koskeeko se uudisrakentamista vai korjaus- ja muutostöitä. Siirtymäaikana nykyisiä rakentamismääräyskokoelman osia sovelletaan kuten tähänkin asti, jos toimenpiteille ei ole vielä annettu omia vaatimuksia. (Ympäristöministeriö 2014f; Ympäristöministeriö 2015) Ympäristöministeriön 4/13-asetus energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on ensimmäinen uudenmallinen asetus koskien rakentamismääräyksiä. (Rakennustieto 2013) Lisäksi ympäristöministeriö julkaisee oppaita ja pitää koulutuksia, jotta säädöksiin saavutettaisiin valtakunnallisesti yhtenäiset tulkinnat. (Ympäristöministeriö 2014f)

Suomen rakentamismääräyskokoelma jaetaan kahdeksaan osaan:

- A Yleinen osa
- B Rakenteiden lujuus
- C Eristykset
- D LVI ja energiatalous
- E Rakenteellinen paloturvallisuus
- F Yleinen rakennussuunnittelu
- G Asuntorakentaminen
- Eurokoodit.

Rakentamismääräyskokoelman yleisen osan määräyksissä ja ohjeissa käsitellään rakennushankkeen kulkua. A1-osassa käsitellään valvontaa ja teknistä tarkastusta. Toisessa osassa määritellään rakennushankkeeseen osallistuvien suunnittelijoiden ja suunnit-

telmien vaatimuksia. Kantavien rakenteiden suunnittelussa voidaan käyttää vaihtoehtoisesti joko rakentamismääräyskokoelman B-osan määräyksiä tai eurooppalaisia Eurocode-standardeja yhdessä niiden kansallisten soveltamisasiakirjojen kanssa. (Rakennustieto 2006)

Osissa C ja D on julkaistu LVI-suunnitteluun ja energiatalouteen liittyvät määräykset ja ohjeet. C-osassa käsitellään rakenteiden eristyksiä ääni-, kosteus- ja lämpötekniisesti. D1- ja D2-osat sisältävät rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistojen sekä ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet. D3 ja D5 osiin on kerätty rakennusten energiatehokkuuteen ja talouteen liittyvät määräykset. Niissä käsitellään rakennusten energiatehokkuuslaskelmia. Osien D3 ja D5 avulla selviää myös uudisrakennusten energiatehokkuuden minimaatimukset ja energiatodistuksen laskennan taustalla oleva teoria. Rakennusmääräysten asettamien rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot ovat parantuneet vuosien saatossa merkittävästi. Voimassa olevien vuonna 2012 julkaistujen määräysten mukaiset U-arvot ovat noin 20-30 prosenttia 1970-luvun arvoista. Rakentamismääräysten päivittämisen yhteydessä U-arvoja on tiukennettu, ja arvojen parannukset ovat olleet keskimäärin 10-20 prosenttia.

Rakenteiden paloturvallisuudesta on annettu määräyksiä osassa E1. Muuten E-osassa on vain ohjeita liittyen esimerkiksi ilmanvaihtolaitteistojen, savuhormien ja eri tilojen paloturvallisuuteen. F-osan kahdessa määräyksessä käsitellään yleisten tilojen suunnittelua. Näissä määritellään tilojen käyttöturvallisuutta, kulkureittien kokotietoja sekä tiloihin tulevien muiden turvalaitteiden määräyksiä. Asuinrakennusten tilojen vähimmäiskokovaatimuksia on enemmän G1-osassa.

Eurokoodit (Eurocode) ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Näiden noudattaminen eri maissa vaatii kansainvälisten liitteiden täydentämistä. Suomessa ympäristöministeriö laatii liitteet eurokoodien pohjalta. Eurokoodi-sarja koostuu 58 osasta. Suomessa sarjan julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS. (Ympäristöministeriö 2014g) Lisäksi rakentamismääräyksiin liittyy oppaita ja erilaisia laskennan aputaulukkoita. Näiden ympäristöministeriön julkaisemien informaatioaineistojen tarkoituksena on selventää määräyksiä ja helpottaa niiden tulkitsemistä. (Rakennustieto 2006)

Rakennustuotteille, joille on asetettu vaatimuksia rakentamismääräyskokoelman säädöksissä, voidaan myöntää tyyppihyväksyntä. Nämä tarkemmat tyyppihyväksyntäasetukset julkaistaan omana erillisenä määräyskokoelmanaan. (Ympäristöministeriö 2014f) Euroopan parlamentti teki 2009/125/EY direktiivin, jossa määrätään CE-merkinnän vaatimuksesta. CE-merkintä astui voimaan 1.7.2013. Sen alaisuuteen kuuluvat rakennustuotteet, joille on harmonisoitu tuotestandardi (hEN). CE-merkintä ei koske suurinta osaa LVI-tuotteista, joten osan tuotteista suunnittelu, myynti ja käyttö jatkuvat samaan tapaan kuin ennen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on todettava tuotteen kelppoisuus kyseiseen käyttökohteeseen. (Euroopan unioni 2009a) Vielä ei ole yksimielises-

ti päätetty, toimittaako suunnittelija vai rakennuttaja tyyppihyväksyntäkelpoisuustodistukset tilaajalle.

2.2.2 E-luku

Koko rakennuksen tai rakennuksen osan kokonaisenergiankulutukseen perustuva E-luku määritetään energiatodistusta tai korjausrakentamisen E-luvun vaatimusta varten. Laskenta noudattaa pääosin ympäristöministeriön asetusta 2/11, joka on julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3. (Ympäristöministeriö 2013a) E-luku määritetään käyttötarkoituksiluokittain. Käyttötarkoitukseluokkia on yhdeksän, ja ne ovat samat kuin uudisrakentamisessa käytettävät luokat. Käyttötarkoitukseluokat on jaettu seuraavasti: erilliset pientalot, rivi- ja ketjutalot, asuinkerrostalot, toimistorakennukset, liikerrakennukset, majoitusliikerrakennukset, opetusrakennukset ja päiväkodit, liikuntahallit ja sairaalat. (Ympäristöministeriö 2013a)

Energialaskennan lähtöarvot määritetään rakennuksen teknisille järjestelmille ja rakennuksen ominaisuuksille. Laskennan lähtöarvot määritetään käyttäen apuna rakennuksen suunnitteluarvoja, muita asiakirjoja, kuten rakennuksen piirustuksia tai tietomalleja, tai tarkastuksen yhteydessä selvitettyjä arvoja. Jos laskennassa käytettävien rakennusosien tai teknisten järjestelmien lähtöarvoja ei ole saatavilla tai selvitettävissä, käytetään rakennusluvan vireilletulovuoden mukaisia oletusarvoja. Useat laskennassa käytettävät ominaisarvot määräytyvät rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaan. (Ympäristöministeriö 2013a)

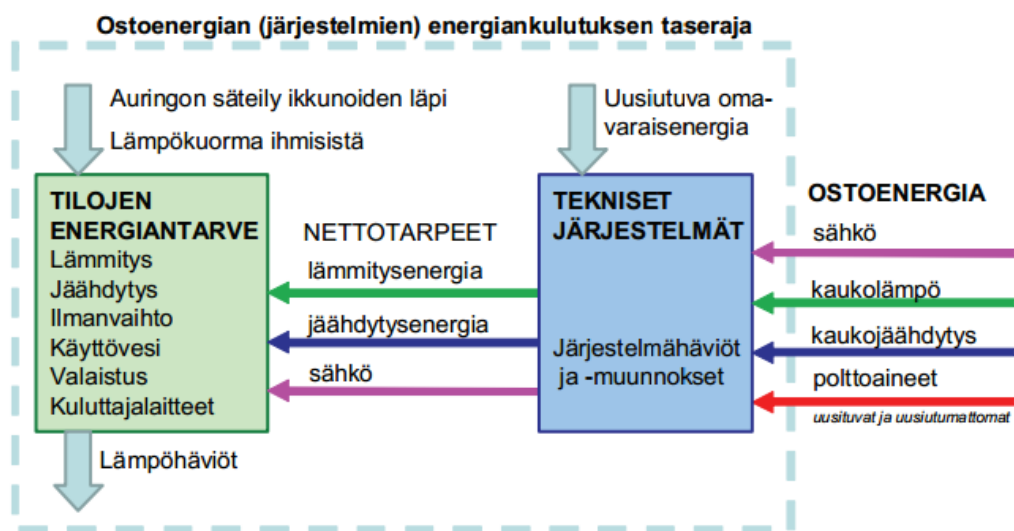
Rakennuksen E-luku saadaan selville määrittämällä laskennallisesti vuotuinen osatoenergia ja huomioimalla eri energiamuotojen kertoimet. (Ympäristöministeriö 2013a) Energiamuotojen kertoimina käytetään valtioneuvoston 9/2013 asetuksen arvoja (Finlex 2013)

- Sähkö 1,7
- Kaukolämpö 0,7
- Kaukojäähdytys 0,4
- Fossiiliset polttoaineet 1,0
- Uusiutuvat polttoaineet 0,5

Energiamuotojen kertoimilla otetaan huomioon energiankulutukseen vaikuttavat luonnonvarojen käytöt rakennuksen elinkaaren aikana. Tämän avulla kuluttajia pyritään ohjaamaan entistä energiatehokkaampiin ratkaisuihin. Energiamuotojen kertoimien arvot perustuvat primäärienergiakertoimiin, joilla on suora yhteys energiatuotannon hiilidioksidipäästöihin. Energiamuotojen kertoimet vaihtelevat eri EU-maiden välillä. Merkittävimpänä erona on 2,5-energiamuotokerroin, joka on käytössä useassa Euroopan maassa Suomea lukuun ottamatta. (Ympäristöministeriö 2011)

Uusiutuva omavarainen energia, kuten aurinko- tai tuulienergia, huomioidaan energialuvun laskennassa vähentämällä energialähteistä saatu energia tilojen energiatarpeesta. Näin ollen ostoenergian määrä laskee. Uusiutuvasta omavaraisesta energiasta otetaan huomioon vain se osuus, joka pystytään käyttämään rakennuksessa hyödyksi. (Ympäristöministeriö 2013a)

Rakennuksen ostoenergia määräytyy rakennuksen energiankulutuksen mukaan. Energiankulutukseen vaikuttavat lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmät sekä kuluttajalaitteet ja valaistus. Laskenta suoritetaan rakennusmääräyskokoelman D3 mukaisilla rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitukseluokan mukaisilla standardikäyttöillä. (Ympäristöministeriö 2013a) Ostoenergian määrää ja kulutuksen laskentaa havainnollistaa kuva 4.



Kuva 4. Ostoenergiankulutuksen taseraja (Ympäristöministeriö 2013a).

2.2.3 E-luvun määrittäminen olemassa olevalle rakennukselle

Kaikki E-luvun laskennan energiankulutukset voidaan määrittää tarkemmin eri tuotteiden ominaisuuksien perusteella. Jos laskennan lähtöarvojen määrittäminen tapauskohtaisesti ei onnistu riittävän tarkasti, voidaan käyttää taulukoista saatuja arvoja, jotka ovat rakennuskohtaisesti ja järjestelmän tyypeittäin eriteltyjä arvioita.

Energialaskennan lähtötiedot määritetään RakMk D3:n lukujen 3 ja 4 avulla. Mitoituslämpötilana käytetään säävyöhykkeen I säätietoja, jotka on määritetty Helsinki-Vantaan lentoaseman mukaan. Rakennuksen ulkoilmavirran määrä, lämmitys- ja jäähdytysrajat määräytyvät käyttötarkoitukseluokan mukaan. (Ympäristöministeriö 2012b) Käyttötarkoitukseluokka määrää lisäksi sisäiset lämpökuormat ja niiden käyttöasteet. Tilojen standardikäytöt ja sisäiset lämpökuormat löytyvät RakMk D3 taulukosta 3.

Rakennuksen tai rakennusosan lämmitettävä nettopinta-ala määritetään kerrostasoalojen summana niin, että kerrostason pinta-ala määräytyy ulkoseinien sisäpintojen mukaan. (Ympäristöministeriö 2013a) Jos lämmitetyn nettopinta-alan määrittäminen on vaikeaa, voidaan arvioida nettoalan pinta-alaksi 90 % lämmitetystä bruttoalasta. (Ympäristöministeriö 2013a) Puolilämpimät tilat, esimerkiksi ullakko ja varastot käsitellään kuten lämpimät tilat. Lämmittämättömät tilat eivät kuulu tarkasteluun ja niiden pinta-alaa ei huomioida laskentaan. (Ympäristöministeriö 2013c) Aivan kuin nettopintaalojen määrittämisessä myös rakennusosien pinta-alojen määrittämiseen käytetään rakennuksen kokonaissisämittoja. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan karmirakenteen ulkomittojen perusteella ja näiden pinta-alat vähennetään rakennusosista, joihin ikkunat ja ovet on sisällytetty. (Ympäristöministeriö 2013a)

Jos rakenteiden lämmönläpäisykertoimia ei saada selville asiakirjoista tai niitä ei voida määrittää, käytetään rakennusluvan aikaan voimassa olleita vaatimuksia. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet on koottu vuosittain taulukkoon 1. (Ympäristöministeriö 2013a)

Taulukko 1. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet [W/m^2K]
(Ympäristöministeriö 2013a).

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Ikkunoille tulee määrittää g -arvo, joka kuvastaa ikkunaosan auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa. Ikkunoiden g -arvo saadaan tuotetiedoista. Mikäli tuotetietoa ei ole saatavana, käytetään arvoa 0,6. Käytettäessä auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerrointa $F_{\text{läpäisy}}$ voidaan käyttää RakMk D5:n arvoa 0,5. (Ympäristöministeriö 2013a) Ikkunoiden ilmansuuntaukset on määritettävä, mikäli ei käytetä mallinnusohjelmaa, jossa ohjelma määrittää itse eri ilmansuuntiin olevat rakenteiden pinta-alat.

Kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt voidaan määrittää vanhoista asiakirjoista, joista saadaan rakenteiden välisten liitosten ominaislämpöhäviöt ja pituudet. Vaihtoehtoisesti kylmäsiltojen ominaislämpöhäviöiden arviointiin voidaan käyttää RakMk D5 kohdassa 3 esitettyjen taulukoiden arvoja. Kylmäsiltojen lämpöhäviöiden vaikutus voidaan määrittää yksinkertaisesti olemassa oleville rakennuksille lisäämällä 10 prosenttia ulkovaipan johtumishäviöihin. (Ympäristöministeriö 2013a)

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak} voidaan määrittää SFS-standardien mukaan tai valitsemalla RakMk D5/2012 taulukon 5.6 rakennustyyppiä parhaiten vastaava arvo. Eri osista koostuvasta rakennuksesta lämpökapasiteetille voidaan määrittää painotettu keskiarvo pinta-alojen avulla. (Ympäristöministeriö 2012c) Tehollinen lämpökapasiteetti kertoo, kuinka paljon energiaa sitoutuu rakennuksen rakenteisiin. Lämpökapasiteetti ilmoitetaan rakennuksen neliötä kohden.

Rakennuksen tiivyyttä kuvaa ilmanvuotoluku q_{50} . Luku kertoo, kuinka monta kertaa ilma vaihtuu tunnissa rakennuksen vaipan vuotojen takia, kun sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero on 50 Pa. Rakennuksen vaippaan lasketaan mukaan ala- ja yläpohja. Pieni ilmanvuotoluku takaa säästöjä lämmityskustannuksissa. (Vertia 2014) Ilmanvuotoluku määritetään mittaustuloksista, vanhoista energiaselvityssuunnitelmista tai rakennuksen ajantasaisista asiakirjoista. Jos ilmanvuotolukua ei ole saatu määritettyä, käytetään taas rakennusluvan vireilletulon mukaisia arvoja, jotka on koottu taulukkoon 2. (Ympäristöministeriö 2013a)

Aikaisemmin on käytetty ilmanvuotolukuna n_{50} arvoa, joka kuvaa ilmanvaihtuvuutta rakennuksen ilmatilavuuteen nähden. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saadaan kertomalla rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50} rakennuksen ilmatilavuudella ja jakamalla se ulkovaipan pinta-alalla.

Taulukko 2. Rakennusvaipan ja rakennuksen ilmanvuotoluku (Ympäristöministeriö 2013a).

Rakennusluvan vireilletulovuosi	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	
Rakennuksen ilmanvuotoluku q_{50}									4,0

Rakennuksille, joissa on jäähdytysjärjestelmä, laskennallinen kokonaisenergiankulutus määritetään dynaamisella laskentamenetelmällä eli aikariippuvalla tarkastelulla. Muille rakennuksille tai niiden osille laskennallinen kokonaisenergiankulutus voidaan määrittää vaihtoehtoisesti dynaamisella laskentamenetelmällä tai kuukausitason laskentamenetelmällä. Jos jäähdytys on vain yksittäisissä tiloissa, dynaamista laskentaa ei tarvitse suorittaa. (Ympäristöministeriö 2013a) Kuukausitason laskenta voidaan suorittaa rakennusluokille 1 ja 9. Luokka 1 sisältää pien-, rivi-, ketju- ja hirsitalot. Luokkaan 9 kuuluvat muihin luokkiin kuulumattomat. Dynaamista laskentaa käytetään pääpiirteittäin luokkien 2-8 rakennuksille. (Energiatodistuskoulu 2014)

Ilmanvaihdon käyntiaikoina ja ilmamäärinä käytetään RakMk D3:n kohdan 3 käyttötarkoitukseluokan mukaisia arvoja. Ilmamäärät ovat RakMk D3 taulukon 2 standardikäytön mukaiset. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve määritetään rakennuksen asiakirjojen tai tarkastuskierroksella selvinneiden tietojen avulla. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan laskea laitteen tietojen avulla käyttäen ympäristöministeriön laatimaa Excel-pohjaista RakMk D3 LTO-laskinta. Laitteen vuosihyötysuhde on aina pienempi kuin laitteen lämpötilasuhde (Vertia 2014). Jos ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta ei saada muuten määritettyä, käytetään taulukon 3 mukaisia hyötysuhteita. (Ympäristöministeriö 2013a)

Taulukko 3. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde (Ympäristöministeriö 2013a).

Rakennusluvan vireilletulovuosi	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Vuosihyötysuhde	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	30 %	30 %	45 %	45 %

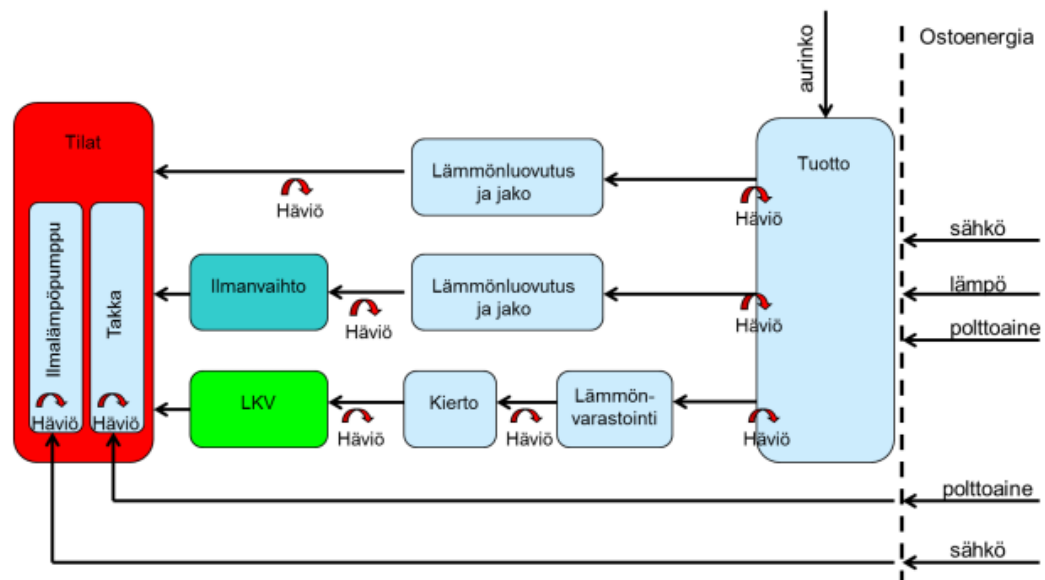
Ilmanvaihdon osalta täytyy määrittää järjestelmän ominaissähköteho eli SFP-luku, johon kuuluu puhallinten ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutukset. Mikäli järjestelmän ominaissähkötehoa ei saada määritettyä, käytetään taulukon 4 mukaisia arvoja. Lämpötilan nousuksi puhaltimessa huomioidaan tuloilmapuhaltimen ominaissähköteho RakMk D5 kohdan 7 mukaisesti. Koko ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku voidaan mää-

rittää jakamalla kaikkien ilmanvaihtojärjestelmien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho [kW] koko järjestelmän mitoitusjäteilmavirralla [m^3/s] (Mäkinen & Railio 2004).

Taulukko 4. Ilmanvaihdon ominaissähkötehot (Ympäristöministeriö 2013a).

Ilmanvaintojärjestelmä	Rakennusluvan vireilletulovuosi	
	-2012	2012 -
Painovoimainen	0,0 kW/(m^3s)	0,0 kW/(m^3s)
Koneellinen poisto	1,5 kW/(m^3s)	1,0 kW/(m^3s)
Koneellinen tulopoisto	2,5 kW/(m^3s)	2,0 kW/(m^3s)

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus määritetään tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeesta. Häviöitä muodostuu lämmönluovutuksessa, lämmönsiirrossa sekä lämmönvarastoinnissa. Nämä häviöt määräytyvät lämmitysjärjestelmästä ja sen toteutuksesta. Kuvassa 5 on esitetty lämmitysjärjestelmän periaate ja häviöiden syntymiskohdat. (Ympäristöministeriö 2012c)



Kuva 5. Lämmitysjärjestelmän häviöiden huomiointikohdat (Ympäristöministeriö 2012c).

Tilojen tarvitsema nettolämmitysenergia määräytyy muun muassa rakenteiden lämpöhäviöstä, vuotoilmasta ja ilmanvaihdon tuloilman lämmittämisestä. Tämä nettoenergia jaetaan lämmitysratkaisun hyötysuhteella, joka voidaan valita RakMk D5 taulukosta 6.2, mikäli tarkempia arvoja ei ole määritetty tai saatavissa (Ympäristöministeriö

2012c). Mikäli rakennuksen vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän säätöventtiilit ovat valtaosin käsikäyttöisiä, taulukosta saadut arvot kerrotaan 0,9:llä. (Ympäristöministeriö 2013a)

Lämmönsiirrosta aiheutuvat lämpöhäviöt voidaan määrittää RakMk D5 taulukon 6.1 ohjeellisten ominaislämpöhäviöiden avulla (Ympäristöministeriö 2012c). Taulukon mukaan tai taulukkoa tarkemmin määritetyt ominaislämpöhäviöt kerrotaan kunkin lämmönsiirtojärjestelmän putkien pituudella. Näin saadaan vuotuinen lämpöhäviö. Lämmönjakeluverkoston pituuteen määritetään meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa (Ympäristöministeriö 2012c). Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin energiankulutuksen hyötysuhteena voidaan käyttää laskelmissa arvoa 1,0. (Ympäristöministeriö 2013a)

Lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve määräytyy RakMk D3:n taulukon 5 mukaisesti. Lämpimän käyttöveden ostoenergiankulutuksen laskentaan otetaan huomioon käyttöveden siirrosta, kiertovedestä, varastoinnista ja tuotosta aiheutuvat häviöt. Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhteena voidaan käyttää RakMk D5 taulukon 6.3 rakennustyyppikohtaista arvoa tai erillisselvityksellä tehtyä arvoa. Mikäli lämpimän käyttöveden eristystasoa ei pystytä selvittämään, käytetään taulukon eristämättömiä arvoja käyttöveden jakelun hyötysuhteena (Ympäristöministeriö 2013a).

Lämpimän käyttöveden kiertohäviö voidaan määrittää erillisselvityksellä tai määrittämällä kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho RakMk D5 taulukosta 6.4. Jos käyttöveden kiertojohdon pituudesta ei ole tietoa, voidaan käyttää RakMk D5 taulukon 6.5 rakennustyyppin kiertojohdon ominaispituutta. Ominaispituus ilmoitetaan rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohti. (Ympäristöministeriö 2012c)

Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö voidaan määrittää RakMk D5 taulukosta 6.3b, mihin tarvitaan varaajan tilavuus ja varaajan ympärillä olevan eristeen paksuus. Lämpimän käyttöveden varastoinnista ja kierrosta aiheutuvista lämpöhäviöistä 50 prosenttia tulee tiloihin lämpökuormaksi. (Ympäristöministeriö 2013a)

Kun lämmityksen, ilmanvaihdon ja käyttöveden vaatimat lämpöenergiankulutukset ovat saatu selville, näiden summasta vähennetään muista energianlähteistä saadut lämpöenergiat. Ostoenergiankulutus saadaan jakamalla tarvittava energiankulutus lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhteella. Lämmöntuottojärjestelmien hyötysuhteita saadaan RakMk D5 taulukoista 6.6 ja 6.7. Jos rakennuksessa on kaksi tai useampi lämmöntuottojärjestelmä, määritetään lämmönkulutukset järjestelmittäin (Ympäristöministeriö 2012c).

Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteiden sähkönkulutus koostuu lämmönjaon, lämmönluovutuksen ja lämmöntuoton apulaitteiden sähköntarpeesta. Jos apulaitteiden sähkönkulutuksia ei määritetä tarkasti, voidaan käyttää näiden määrittämiseen ominaiskulutustaulukoita, joissa apulaitteiden sähkönkulutus saadaan kertomalla ominaiskulu-

tus rakennuksen lämmitetyllä nettopinta-alalla. Lämmöntuoton apulaitteiden sähkönkulutustaulukot löytyvät RakMk D5 taulukoista 6.6 ja 6.7. Lämmönjaon ja lämmönluovutuksen ominaissähkötehot saadaan RakMk D5 taulukosta 6.2. (Ympäristöministeriö 2012c).

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkulutus lasketaan RakMk D3:n kohtien 3.3 ja 4.7 mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2013a) Nämä määritykset perustuvat rakennuksien käyttötarkoitusten mukaisiin oletusarvoihin. Jos rakennuksen ostoenergianlaskennassa huomioidaan tarpeenmukainen valaistus tai laskennassa käytetään standardikäyttöä pienempiä arvoja, tulee laskennan noudattaa RakMk D3:n kohdan 3 muita määräyksiä ja ohjeita (Ympäristöministeriö 2013a).

Rakennuksessa voi olla lisäenergianlähteinä aurinkokeräimiä, aurinkokennoja, varaavia tulisijoja tai ilmalämpöpumppuja. Ympäristöministeriö on tehnyt aurinkolämmön ja aurinkosähkön tuotannon laskemista varten erillisen laskentaoppaan, joka löytyy rakennusmääräysten D5:n taustamateriaaleista. Varaavan tulisijan lämmitysenergian tuotona laskelmissa käytetään enintään 2000 kWh tulisijaa kohti. Ostoenergian määrittämisen hyötysuhteena käytetään arvoa 0,60 (Ympäristöministeriö 2013a). Ilmalämpöpumpun SPF-luku voidaan määrittää RakMk D5:n taulukosta 6.12, jos tämän selvittäminen ei onnistu suunnitelmista ja tuotetiedoista. Sekä pientaloissa että rivi- ja ketjutaloissa käytössä olevien ilmalämpöpumppujen tuottama enimmäisenergia vuodessa riippuu rakennuksen rakennusvuodesta (Ympäristöministeriö 2013a). Vanhemmissa rakennuksissa energian enimmäismäärä on suurempi.

2.2.4 Energiatodistus

Energiatodistuksen avulla pystytään vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta vastaavalla tavalla kuin esimerkiksi kodinkoneiden. Kiinteistöjen energialuokka ilmoitetaan asteikolla A-G, joka perustuu laskennallisiin energialukuihin eli E-lukuihin. (Rakennusalan verkostoitumisen edistämishanke 2014) Energiatodistuksen yhtenä tavoitteena on kiinnittää rakennuksen ostajan tai vuokraajan huomio rakennuksen energiatehokkuuteen. Todistuksen avulla pyritään myös parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja käyttämään entistä ekologisempia energianlähteitä. (Ympäristöministeriö 2013e)

Ensimmäinen laki rakennusten energiatodistuksesta esitettiin 13.4.2007/487. Laki astui voimaan 2008. Uudistetun energiatodistuksen laki julkistettiin 18.1.2013, ja se astui voimaan 1.6.2013. Kuten aikaisemminkin, kaikilla uudisrakennuksilla täytyy olla lainmukainen energiatodistus. (Rakennusalan verkostoitumisen edistämishanke 2014) Uudistuksen myötä energiatodistus tarvitaan myös olemassa oleville rakennuksille niiden myynnin tai vuokrauksen yhteydessä. Lisäksi energiatodistuksen täytyy olla esillä rakennuksilla, jos niissä tarjotaan julkisia palveluita ja niiden kerrosala on yli 250 m². (Ympäristöministeriö 2013e) Helpotuksena on, että ennen vuotta 1980 rakennetuille

pientaloille energiatodistus tulee pakolliseksi vasta 1.7.2017. Lisäksi joillekin rakennustyypeille on määritetty siirtymäaikoja. Rivi- ja ketjutalot sekä liike- ja toimistorakennukset tulivat energiatodistuksen piiriin 1.7.2014 alkaen, kun taas hoitoalan rakennukset sekä kokoontumis- ja opetusrakennukset 1.7.2015. (Rakennusalan verkostoitumisen edistämishanke 2014)

Energiatodistusta eivät tarvitse rakennukset, joiden pinta-ala on alle 50 m² tai jotka ovat loma-asuntoja, tilapäisiä rakennuksia, teollisuus- tai urheilurakennuksia, uskonnon harjoittamiseen käytettäviä rakennuksia tai suojeltuja rakennuksia. Tarkemman listan löytää lain 2013/50 3 pykälästä. (Ympäristöministeriö 2013e) Kevennettyä energiatodistusta voidaan käyttää, kun asuntoja on alle 2 kappaletta ja myyntihinta on alle 50 000 euroa. Muita kevennetyn energiatodistuksen perusteita ovat alle 350 euron kuukausivuokra tai lähisukulaisten välinen vuokraus tai myynti. (Energiatodistuskoulu 2014)

Energiatodistukset ovat voimassa enintään 10 vuotta. Vanhat energiatodistukset ovat voimassa voimassaoloaikansa mukaisesti, mutta isännöitsijätodistuksen osana annetut energiatodistukset ovat voimassa vain vuoden 2014 loppuun asti. (Ympäristöministeriö 2013e) Energiatodistuksen laatijalla tulee olla tekniikan alan tutkinnon tai kolmen vuoden työkokemuksen lisäksi hyväksytty energiatodistuksen laatijakokeen suoritus. FISE ylläpitää pätevyysrekisteriä energiatodistuksen laatijoista. Laatijapätevyys on voimassa enintään seitsemän vuotta ja pätevyyden ylläpitämiseksi ammattitaitoa tulee harjoittaa. Vanhan lain mukaiset energiatodistuksen myöntämiskelpoisuudet ovat voimassa enintään vuoden 2017 loppuun asti. Tämä vanha pätevyys oikeuttaa nykyisen energiatodistuslaatijan alempaan tasoon eli perustasoon. Perustason laatija ei voi suorittaa dynaamista eli ajasta riippuvaa energiatarkastelua. (Ympäristöministeriö 2013e; Ympäristöministeriö 2013f)

Energiatodistus koostuu kahdeksansivuisesta kokonaisuudesta ja se on sama kaikille rakennustyypeille. Energiatodistuksen kaksi ensimmäistä sivua sisältävät rakennuksen tai rakennusosan keskeisimmät tiedot. Sivuilla kolme ja neljä esitellään kokonaisenergiämäärittelyn lähtöarvot ja tulokset. Muilla sivuilla on rakennuksen tarkastuskierroksen yhteydessä tehtyjä havaintoja ja säästösuosituksia. (Ympäristö 2014b)

Energiatodistuksen energiatehokkuusluokat määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Käyttötarkoitukseluokat ovat sama kuin E-luvun laskennassa käytetyt rakennuksen käyttötarkoitukseluokat. (Ympäristöministeriö 2013a) Jokaisen käyttötarkoitukseluokan tarkemmat E-luvun energiatehokkuusluokat löytyvät ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 liitteestä 2. Uudisrakennuksille on asetettu myös E-luvun vähimmäisvaatimuksia. Nämä E-lukuarvot on saatavilla RakMk D3:n taulukosta 2.1.4.

Energiansäästösuosituksia varten energiatodistuksen laatijan täytyy arvioida kohteen rakennusosien ja teknisten järjestelmien kunnot. Lisäksi laatija on selvitettävä energian-

säästömahdollisuuksia, jotka ovat kustannustehokkaita eivätkä heikennä sisäilman laatua. Energiasäästösuosituksen tulee sisältää arvio energiansäästön määrästä ja vaikutuksesta laskennalliseen kokonaisenergiankulutukseen. (Ympäristöministeriö 2013a) Energiatodistukseen on määritettävä seuraavien rakennusosien ja teknisten järjestelmien kuntoarviot (Ympäristöministeriö 2013a):

- 1) ulkoseinät, ulko-ovet, ikkunat, yläpohja ja alapohja sekä muut rakenteet
- 2) lämmitysjärjestelmä
- 3) käyttövesijärjestelmä
- 4) ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmä
- 5) valaistus
- 6) jäähdytysjärjestelmä
- 7) sähköiset erillislämmitykset
- 8) muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen

Energiatodistus määritetään koko rakennukselle. Energiatodistus voidaan kuitenkin määrittää rakennusosalle silloin, kun rakennuksen merkittävien osien käyttötarkoitukset eroavat olennaisesti toisistaan. Merkittävälle rakennuksen osalle voidaan määrittää oma energiatodistus, jos sen nettopinta-ala on vähintään 10 prosenttia koko rakennuksen lämmitettävästä nettopinta-alasta. Lisäksi rakennusosan nettopinta-alan täytyy olla vähintään 50 m². (Ympäristöministeriö 2013a; Ympäristöministeriö 2013e)

2.2.5 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmasto on tärkeä terveyden ja viihtyvyyden kannalta. Ihmiset oleskelevat noin 90 % ajastaan sisätiloissa, minkä takia sisäilman laatu on ulkoilman laatua tärkeämmässä roolissa. Hyvä sisäilmasto vähentää sairauksien ja sairusrakennusoireiden määrää sekä parantaa viihtyisyyttä ja työtehoa. Hyvän sisäilmaston saamiseksi on huomioitava suunnitteluvaiheessa lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka ja rakennustöiden suorittaminen, käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Merkittävä toimenpide sisäilmastoluokitukselle tehtiin, kun vuonna 1995 julkaistiin ”Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus”. Tätä sisäilmastoluokitusta päivitettiin vuonna 2001. (Rakennustieto 2001) Luokituksen uusi versio ilmestyi vuonna 2008. Sisäilmastoluokitus 2008 korvasi vuonna 2001 ilmestyneen Sisäilmastoluokitus 2000:n. Sisäilmastoluokituksen on kirjattu useita suunnittelun tavoitearvoja eri sisäilmastoluokille.

Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjassa on kirjattu yli tuhannen rakennusmateriaalin emission päästöluokat M1-merkin mukaisesti. Uusimpaan sisäilmastoluokituksen on tarkennettu lämpöolojen ja ilmanvaihdon tavoitearvoja, jotka perustuvat tutkimustietoon ja kansainvälisten standardeihin. Kokonaan uutena asiana kirjattiin tavoitteet ääni- ja valaistusolosuhteille. Sisäilmaluokitus täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laavuvaatimuksia, RT- ja LVI-ohjekortteja sekä muita rakentamisen

asiakirjoja. Luokitus ei kumoa viranomaissäännöksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja. Sisäilmastoluokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa. (RT-kortisto 2008)

Sisäilmastoluokituksessa on kolme laatuluokkaa S1, S2 ja S3. S1-luokassa on yksilöllinen, S2-luokassa hyvä ja S3-luokassa tyydyttävä sisäilmasto. Näistä paras luokka on S1, jossa sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavissa hajuja. Lämpöolot ovat viihtyisät, eikä vetoa tai ylikäynnemistä esiinny. Luokassa S2 sisäilman laatu on hyvä eikä häiritseviä hajuja esiinny. Lämpöolot ovat hyvät ja ylikäynneminen on mahdollista kesäpäivinä. S3-luokan sisäilman laatu, lämpöolot, valaistus sekä ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (RT-kortisto 2008)

Uusimmassa luokituksessa hyväksi sisäilmaston perustasoksi on määritetty S2-luokka. Sen tavoitteet kuvaavat nykytietojen mukaan hyviä olosuhteita lämmön, ilmanlaadun, äänen ja valaistuksen osalta. S1-luokka eroaa S2-luokasta lämpöolojen ja valaistuksen yksilöllisen säädön sekä ihmisten epäpuhtauksien määrän osalta. S1-luokassa ihmisten epäpuhtauksien määrä on S2-luokkaa pienempi. Lisäksi S1-luokassa olosuhteet pysyvät S2-luokkaa paremmin tavoitteiden mukaisina. (Säteri 2008a) S3-luokassa huonelämpötilat voivat nousta korkeiksi lämpimällä säällä auringonsäteilyn ja muiden lämpökuormien vaikutuksesta. Eri tavoite- ja suunnitteluarvoja voidaan valita eri laatuluokista, jolloin suureiden arvot voidaan määrittellä tapauskohtaisesti. (RT-kortisto 2008)

Luokituksen ensimmäisessä luvussa on esitetty tavoitearvoja. Kirjattujen arvojen avulla pyritään vaikuttamaan terveelliseen ja viihtyisään sisäilmastoon. Akustiikan ja valaistuksen tavoitearvojen lisäksi tavoitteita on kirjattu lämpötilalle, ilman liikenopeudelle, hiilidioksidi- ja radonpitoisuuksille (Säteri 2008a). Luokituksen toinen luku ”Suunnittelu- ja toteutusohjeet” käsittelee suunnittelussa ja rakennustyömaan eri vaiheissa noudatettavia periaatteita ja menettelytapoja. Kolmas osa ”Vaatimukset rakennustuotteille” edistää vähäpäästöisten rakennusmateriaalien ja puhtaiden ilmanvaihtotuotteiden kehittämistä ja käyttöä. (RT-kortisto 2008)

Luokituksessa esiintyvien tilojen ilmavirtojen määrittely on tehty EN 15251:2007 mukaisesti. S1-luokassa mitoitettava ulkoilmavirta on oltava $0,5 \text{ l/lattia-m}^2 + 10 \text{ l/s}$ per henkilö. Lisäksi S1-luokassa ilmavirtoja on pystyttävä säätämään tilojen käytön mukaisesti. Tuloilman suodattimina on käytettävä S1-luokassa F8-suodattimia ja S2-luokassa F7-suodattimia. Ilmanvaihtosuodattimien on täytettävä rakennusmateriaalien puhtausluokan M1 vaatimukset. Lisäksi suodattimille voidaan asettaa riittävä erotuskyky koko elinkaaren ajalle standardin SFS-EN 779:2002 mukaisella pitkäaikaistestillä. Rakennusmateriaalien päästöluokat määräytyvät tuotteista vapautuvien kemikaalien perusteella. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokalle on asetettu S1- ja S2-luokissa P1-puhtausluokka. P1-luokka tarkoittaa, että tuloilmakanavien täytyy olla puhtausluokitel-

tuja. Lisäksi luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla korkeintaan $0,7 \text{ g/m}^2$. (Säteri 2008a)

Sisäilmastoluokitusten avulla pyritään myös vaikuttamaan rakennusten energiatehokkuuteen. Luokitusten avulla ohjataan tarkempiin mitoituksiin ja määrittelyyn eri tilatyyppejen ja kuormien osalta. Taloteknisiä järjestelmiä kannustetaan sisäilmastoluokituksella tarpeenmukaisuuteen. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla ja valaistuksella saadaan säästettyä energiaa ja tilan olosuhteet pysyvät käyttäjälle mieluisina. S1-luokassa käyttäjien yksilöllinen lämpötilan ja valaistuksen säätäminen eli tarpeenmukaisuudet on asetettu vaatimuksiksi. (Säteri 2008b)

2.2.6 Lähes nollaenergiarakentaminen

Energiatehokkuusdirektiivi EPBD:n mukaan Suomessa aloitettiin lähes nollaenergiarakennuksen määrittelyn toteuttaminen syksyllä 2013. Hanke kulki nimellä FInZEB, jonka tavoitteena oli määrittää ehdotuksia ominaisuuksille. (FInZEB 2014) Hankkeen energiasimulointien ja elinkaarikustannustarkastelujen avulla helmikuussa 2015 esiteltiin ehdotetut arvot lähes nollaenergiarakentamiselle Suomessa. Jokaiselle rakennusluokalle ehdotettiin omat nZEB-E-lukutasot ja ratkaisut. Lukutasot on kirjattu taulukkoon 5. (FInZEB 2015)

Taulukko 5. Ehdotukset nZEB-E-lukutasoiksi eri rakennustyypeittäin (FInZEB 2015).

	E-lukuraja D3/2012	Ehdotus nZEB-E-luvulle	Muutos nykyisestä
Pientalot *	160...204	120...204	
Asuinkerrostalo	130	116	-11 %
Toimisto	170	90	- 47 %
Koulu	170	104	- 39 %
Päiväkoti	170	107	- 37 %
Liikerakennus	240	143	- 40 %
Liikuntahalli	170	115	- 32 %
Majoitusliikerakennus	240	182	- 24 %
Sairaala	450	418	- 7 %

Ympäristöministeriö on kirjannut elokuussa 2014 määritelmän lähes nollaenergiarakennuksesta asetukseen 1/14. Samalla asetukseen on kirjattu EPBD energiatehokkuusdirektiivin asettamat vaatimukset aikataulusta. Uusien rakennusten on siis oltava lähes nollaenergiarakennuksia 31.12.2018, jos ne ovat viranomaiskäytössä ja -omistuksessa. Lisäksi kaikkien rakennusten on oltava lähes nollaenergiarakennuksia 31.12.2020 jälkeen. (Ympäristöministeriö 2014h)

FInZEB-hankkeen julkistustilaisuudessa esiteltiin myös mahdollisia energialaskennan taserajoja, jotta voidaan määritellä ja huomioida tarkemmin uusiutuva ja ”lähellä tuotettu” energia. Lähes nollaenergiarakennusten määrittely vaatii päivityksiä ja tarkennuksia vielä enemmänkin voimassa oleviin säädöksiin. Rakentamismääräyksen C ja D osiin on tulossa päivityksiä. RakMk D3:ssa uudistetaan energiatehokkuuteen liittyvät vaatimukset. RakMk D2 ja C3 vaatimustasoja määritetään uudelleen. Päivitettyjä ohjeita kirjataan myös RakMk D5:n energiankulutusten laskentaan ja C4:n lämmönläpäisykertoimien laskentaan. Lisäksi muutoksia tulee energiatodistusten säädäntöön. (Ympäristöministeriö 2014i) Tulossa olevat muutokset rakentamismääräyksiin valmistellaan ympäristöministeriössä, ja ne yritetään saada lausuntokierrokselle jo vuoden 2016 alussa. Muutokset astuvat voimaan vuoden 2017 alussa ja sovellettavaksi aikaisintaan vuonna 2018 (FInZEB 2015)

2.3 Rakennusten ympäristöluokitukset

Rakennusten ympäristöluokitusten käyttö lisääntyy jatkuvasti. Ympäristöluokitusten avulla sijoittajat, viranomaiset ja käyttäjät voivat vertailla yhtenäisin menetelmien kiinteistöjen energiatehokkuutta. Rakennuksen kategoriat ja ympäristövaikutukset on jaettu eri luokkiin. Luokat kootaan yhdeksi kokonaisarvosanaksi eri painotuskertoimien avulla. Ympäristöluokilla on myös kaupallinen vaikutus rakennuksen arvoon, koska vihreällä rakentamisella voi nostaa rakennuksen arvoa muutaman prosentin verran. Maailmalla käytetään runsaasti erilaisia ympäristöluokituksia, jotka ovat joko paikallisia tai alueellisia. Kansainvälisistä luokituksista Suomessa käytetyimpiä ovat BREEAM ja LEED. Usein käytössä on myös kotimaassa laadittu ympäristöluokitus PromisE. (Green Building Council Finland 2015)

PromisE

PromisE on kotimaassa kehitetty rakennusten ympäristöluokitus. Sen perusajatukseksi on arvioida kiinteistön ympäristövaikutuksia yksinkertaisten mittarien avulla. (Green Building Council Finland 2015) Pääryhmät jakautuvat 16 eri alaryhmään. Ympäristöluokituksessa valitaan rakennuksen käyttökohde ja tämän jälkeen eri vaiheisiin valitaan sopivin indikaattori A-E vaihtoehdoista. Jokainen luokka pisteytetään tiettyjen kriteerien mukaisesti ja kokonaisarvosana muodostuu näiden pohjalta. (Motiva 2014b)

PromisE-luokitus jaetaan neljään pääluokkaan: ihmisten terveys, luonnonvarojen käyttö, ekologiset seuraukset ja ympäristöriskien hallinta. Luonnonvarojen käyttö vaikuttaa kokonaisarvosanaan 30 %, joten pelkkä energiatehokas rakennus ei välttämättä saa hyvää kokonaisarvosanaa. Rakennuksen olosuhteiden on oltava kunnossa vastaavasti kuin Sisäilmastoluokitus 2008:ssa. Muita esimerkkejä luonnon kuormittavuudesta ovat aineista ja materiaaleista aiheutuvat kasvihuonepäästöt. Etänevotteluiden mahdollistaminen ja julkisen liikenteen hyödyntäminen parantavat kohteen arvosanaa. (Motiva 2014b)

PromisE-tarkastelu voidaan toteuttaa uudisrakennuksille ja olemassa oleville rakennuksille. PromisE-luokittelu voidaan jakaa Hanke-Promiseen ja Kiinteistö-Promiseen. Hanke-Promise on tarkoitettu uudisrakennushankkeiden ja laajempien peruskorjaustausten ympäristöasioiden tarkasteluun ja ohjaukseen. Luokittelu voidaan toteuttaa hankkeen ohjauksen lisäksi suunnitteluvaiheen lopussa tai rakennuksen vastaanoton jälkeen. Kiinteistö-Promisen avulla tarkastellaan olemassa olevia rakennuksia. Ympäristöluokituksella kuvataan rakennuksen ominaisuuksia ja ylläpidon tasoa. Kiinteistö-Promise on suositeltavaa tehdä rakennukselle vasta noin viiden vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta. (Motiva 2014b) PromisE-luokan määrittäminen perustuu monelta osin kansallisiin keskiarvoihin, mikä rajoittaa sen käyttöä kansainvälisesti (Green Building Council Finland 2015).

BREEAM

BREEAM on lyhenne sanoista Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Se on brittiläisten vihreiden kiinteistöjen luokitusjärjestelmä. (Green Building Council Finland 2015) BREEAM on maailman käytetyimpiä ympäristöluokitusjärjestelmiä ja se on lanseerattu jo vuonna 1990 (BREEAM 2015)

BREEAM-luokituksessa rakennus arvioidaan seitsemän osa-alueen perusteella. Näiden perusteella rakennus saa kokonaisarvosanaksi: läpäisty, hyvä, erittäin hyvä tai erinomainen. (Ruukki 2015)

LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) on yhdysvaltalainen, kansainvälisesti hyvin käytetty kiinteistöjen sertifiointi. LEED-luokituksen uusimmat pisteytysjärjestelmät on julkaistu vuonna 2009. LEED perustuu rakennuksen tai rakennushankkeen ympäristöominaisuuksien arviointiin. Uudiskohteille ja olemassa oleville rakennuksille on omat arviointiperusteet. Nämä arviointiperusteet on jaettu vielä eri rakennustyypeittäin. (Green Building Council Finland 2015)

Rakennuksen eri kohdat arvostellaan pisteillä. LEED-järjestelmän maksimipistemäärä on 110. Sertifikaatin saavuttamiseen on vähimmäisvaatimuksia. Sertifikaatti jakautuu pistemäärien mukaan neljään eri arvosanaan: Certified (sertifioitu), Silver (hopea), Gold (kulta) ja Platium (platina). Eri sertifiointeihin tarvittavat pistemäärät ovat huonoimmasta parhaimpaan lueteltaessa: 40, 50, 60 ja 80 pistettä. (Schneider Electric 2015)

3. RAKENNUSTEN KORJAUSRAKENTAMISEN MÄÄRÄYKSET

Rakennukset kattavat 40 prosenttia Suomen energiankulutuksesta. Jotta ilmastonmuutosta voidaan hillitä, rakennusten energiatehokkuutta on parannettava. Tavoitteiden saavuttamista varten on säädetty energiatehokkuusvaatimukset korjausrakentamisessa.

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU ohjeistamaan rakennusten energiatehokkuutta. (Euroopan unioni 2010) Euroopan parlamentin ohjeistuksella ympäristöministeriö teki 4/13-asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi korjaus- ja muutostöissä. Asetus annettiin 27. helmikuuta 2013. Säädös astui voimaan viranomaisten käytössä oleville rakennuksille 1.6.2013, mutta kaikille rakennuksille asetus tuli pakolliseksi 1.9.2013. (Ympäristöministeriö 2013d)

Säädöksessä on määritetty energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset luvanvaraisessa korjausrakentamisessa, rakennuksen käyttötarkoituksen muuttamisessa sekä taloteknisten järjestelmien uusimisessa. (Ympäristöministeriö 2013d) Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) määrittelee toimenpiteet, jotka tarvitsevat rakennusluvan. Maankäyttö- ja rakennuslain 117 g § käsittelee rakennusten energiatehokkuutta.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan energiatehokkuutta on parannettava korjaus- ja muutostöissä, jos työt ovat teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti toteutettavissa. Energiatehokkuuden parantaminen ei koske Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU 4 artiklan 2 kohdassa määriteltyjä rakennusluokkia. Lisäksi laki ei koske rakennuksia, joiden käyttö suunniteltuun tarkoitukseen vaikeutuu kohtuuttomasti energiatehokkuutta parannettaessa. (Ympäristöministeriö 1999) Maankäyttö- ja rakennuslain pohjalta ympäristöministeriö on määritellyt listan rakennuksista, joita 4/13-asetus ei koske: (Ympäristöministeriö 2013b)

- 1) rakennukset niiltä osin, kuin ne on suojeltu ja määräyksien noudattaminen aiheuttaisi suojeltuihin osiin muutoksia, joita ei voida pitää hyväksyttävänä
- 2) tuotantorakennukset, joissa tuotantoprosessi luovuttaa niin suuren määrän lämpöenergiaa, että halutun huonelämpötilan aikaansaamiseen ei tarvita ollenkaan tai tarvitaan vain vähäisessä määrin muuta lämmitysenergiaa, tai tuotantotilat, joissa lämmityskauden ulkopuolella runsas lämmöneristys nostaisi haitallisesti huonelämpötilaa tai lisäisi oleellisesti jäähdytysenergian kulutusta
- 3) rakennukset, joiden pinta-ala on enintään 50 m²

- 4) muut kuin asuinkäyttöön tarkoitettut maatalousrakennukset, joissa energiankäyttö on vähäinen
- 5) kasvihuoneet, väestönsuojat tai muut rakennukset, joiden käyttö alkuperäiseen käyttötarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti tämän asetuksen mukaisia energiatehokkuuden parantamisvaatimuksia noudatettaessa
- 6) loma-asunnot, joihin ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää
- 7) määräajan paikallaan pysytettävät siirto-kelpoiset rakennukset, joiden käyttötarkoitus ei siirron yhteydessä oleellisesti muutu
- 8) rakennukset, joita käytetään hartauden harjoittamiseen ja uskonnolliseen toimintaan.

Energiatehokas korjaaminen on osa rakennusten kunnossapitoa. Rakennusvalvonassa ei ole ollut aikaisemmin asetettuna selkeitä vaatimuksia korjausrakentamiselle, vaan kunnat ovat soveltaneet omia määräyksiään. Määräyksen voimaan tulon jälkeen kunnittaisia eroja on pyritty pienentämään korjausrakentamisen energiatehokkuuden vähimmäistason avulla. (Kiinteistöliitto 2014)

4/13-asetuksella on pyritty vähentämään muiden määräysten vaikutuksia korjaus- ja muutostoimenpiteisiin. Maankäyttö- ja rakennuslaissa asetetaan edelleen ehtoja ja määräyksiä. Lain 117 § määrää tarkastelemaan rakennuksen ominaisuuksia, erityispiirteitä ja soveltuvuutta suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Lisäksi tilojen turvallisuus ja terveydelliset olosuhteet eivät saa heikentyä. Pykälän 118 mukaan historialliset tai rakennustaiteellisesti arvokkaat rakennukset tulee säilyttää eikä kaupunkikuva saa turmeltua korjausrakentamisesta. (Kauppinen 2012) Kesälämpötilan tarkastelu ei ole välttämätöntä, jos rakennuksen käyttötarkoitus pysyy ennallaan ja voidaan varmistua, että rakennuksen ominaisuudet eivät heikkene korjauksen tai muutoksen yhteydessä. (Ympäristöministeriö 2013b)

Asetuksen tarkoituksena on parantaa jo olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta muiden korjaustöiden yhteydessä, kun toimenpiteet ovat luvanvaraisia. Hankkeeseen ryhtyvä päättää itse korjaustoimenpiteiden toteutusvaihtoehdon ajankohdan ja laajuuden mukaan. Korjaustoimenpiteet koskevat vain niitä rakennuksen osia, jotka on päätetty korjata. Esimerkiksi korjatessa ulkoseiniä ei ole pakko korjata ikkunoita ja ovia. (Ympäristöministeriö 2013b) Esimerkkitoimenpiteitä, jotka vaativat energiatehokkuusmääräysten täyttämisen, ovat esimerkiksi ikkunoiden vaihto, linjasaneeraus, ilmanvaihtoon liittyvät korjaukset, uusimiset ja uudisasennukset sekä yhden tai useamman julkisivun uusimiset.

3.1 Energiakorjausten minimivaatimukset

Energiakorjauksia ei ole kannattavaa tehdä varta vasten vaan energiatehokkuutta on pyrittävä parantamaan muiden korjaus- tai muutostöiden yhteydessä. Korjaus- tai muu-

toshankkeeseen ryhtyvän on esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa. Energiatehokkuutta voidaan parantaa kolmen eri vaihtoehdon mukaan, jotta energiamääräyksen minimivaatimukset saavutetaan. (Ympäristöministeriö 2013b) Rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset voidaan toteuttaa rakennusosakohtaisesti, kokonaisenergian kulutuksen vähentämisen tai E-luvun parantamisen mukaisesti. Rakennusosakohtaiset vaatimukset on esitetty ympäristöministeriön 4/13-asetuksen 4 §:ssä, ja rakennuksen energiankulutuksen enimmäismäärät on säädetty 6 §:ssä. Kokonaisenergiavaatimus asettaa E-luvulle 7 § mukaiset reunaehdot.

Huolimatta siitä, mikä kolmesta vaatimusvaihtoehdosta valitaan, täytyy korjaus- ja muutostöissä noudattaa 5 §:n asettamia rakennuksen teknisten järjestelmien vaatimuksia. Nämä teknisten järjestelmien vaatimukset ovat samat kuin uudisrakentamisessa. (Ympäristöministeriö 2013b)

3.1.1 Rakennusosakohtainen vaatimus (U-arvo)

Rakennusosakohtaiset vaatimukset on määritelty ympäristöministeriön asetuksen 4/13 4 §:ssä. Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa rakennusosakohtaisesti, jolloin korjauksen minimivaatimukset kohdistuvat vain korjattavaan rakennusosaan. Eri rakennusosien minimikorjausvaatimukset saavutetaan puolittamalla rakenteen tai osan U-arvo. U-arvon ei kuitenkaan tarvitse olla parempi kuin uudisrakennuksilta vaaditun arvon.

Ulkoseinien uuden U-arvon on oltava puolet alkuperäisestä U-arvosta, kuitenkin enintään $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ulkoseinän U-arvolla on vähimmäisvaatimuksena $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Yläpohjaa parannettaessa U-arvon puolituksen täytyy täyttää sama vähimmäisvaatimus kuin ulkoseinillä, mutta sen ei tarvitse olla parempi kuin $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Alapohjan energiatehokkuuden parantaminen on usein kovin vaikeaa ja kallista, mutta sen energiatehokkuutta on parannettava mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriö 2013b)

Ikkunoiden ja ovien vaihtamisessa sovelletaan samoja U-arvo vaatimuksia kuin uudisrakennuksille. Näiden uusien U-arvojen täytyy olla $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, koska samat ikkunat ja ovet voidaan toimittaa valmispaketteina sekä uudis- että korjauskohteisiin. Ikkunoiden ja ovien energiatehokkuuden lisäkustannukset eivät siis nouse, kun verrataan U-arvon puoliintumisvaatimukseen. Kun vanhoja ikkunoita ja ovia korjataan, täytyy niiden lämmönpitävyysominaisuuksia parantaa mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriö 2013b)

Kun haetaan rakennuslupaa, rakennusosakohtaisessa vaatimuksessa ei tarvita energiatehokkuusvaatimusten ja energiasäästöjen laskelmia. Energiaselvitykseen riittää kerrottavaksi vain korjattavan tai muutettavan rakenteen U-arvon muutos.

3.1.2 Energiatohokkuusvaatimus (kWh)

Kun valitaan kokonaisvaltainen korjausrakentamisvaihtoehto, rakennuksen energiatohokkuutta tulee tarkastella standardikäyttöön perustuvien energiankulutusten kokonaisratkaisulla. Tällöin rakennuksen on alitettava rakennusluokalle asetettu energiankulutusvaatimus. Eri maksimienergiankulutukset selviävät rakennusluokittain taulukosta 6.

Taulukko 6. Maksimienergiankulutukset rakennusluokittain (Ympäristöministeriö 2013b).

Rakennusluokka	Energiankulutus enintään (kWh/m ²)
Pien-, rivi- ja ketjutalo	180
Asuinkerrostalo	130
Toimisto	145
Opetusrakennus ja päiväkot	150
Liikerakennus	180
Majoitusliikerakennus	180
Liikuntahalli (pl. jää- ja uimahallit)	170
Sairaala	370
Muut	Sovelletaan muita säädöksiä

Rakennuksen energiankulutukset määritetään standardikäyttöön perustuvien laskelmien perusteella vastaavalla tavalla kuin E-luku. Ainoana erona E-luvun määrittämiseen on, että energiankulutuksen vaatimuksessa ei huomioida energiamuotokertoimia. Energiankulutuksen laskelmat on esitettävä hakemuksen yhteydessä.

Jos taulukon 6 energiankulutukset olisivat samat kuin rakennusten E-luvut, rakennukset kuuluisivat C-energiatohokkuusluokkaan. Energiatohokkuusluokka C vaaditaan myös uudisrakennuksilta, joten energiatohokkuusvaatimuksen täyttäviä rakennuksia voisi verrata energiatohokkuuden osalta uudisrakennuksiin.

Energiatohokkuusvaatimuksen toteutus on melko vapaa. Ainoastaan teknisten järjestelmien uusimisessa ja korjauksessa on asetettu minimivaatimuksia. Kokonaisvaltainen energiatohokkuustarkastelu korjaus- ja muutostöissä kannattaa valita energiatohokkuuden parantamisen ratkaisuksi, kun rakennus on jo energiatohokas ja saavuttaa energiankulutuksen vähimmäisvaatimukset. Energiatohokkuusvaatimus voidaan saavuttaa myös useamman korjauksen jaksona.

3.1.3 Kokonaisenergiavaatimus (E-luku)

Kokonaisenergiavaatimuksessa rakennukselle määritetään standardikäyttöön perustuva kokonaisenergiankulutus eli E-luku ennen ja jälkeen suunniteltujen korjaus- ja muutostöiden. E-lukua on parannettava rakennusluokalle asetetun vaatimuksen mukaisesti.

Vaaditun E-luvun osuudet laskennallisesta E-luvusta riippuvat taulukon 7 mukaisesti rakennusluokasta. Taulukko 7 kertoo siis uuden ja vanhan E-luvun suhteen rakennusluokittain. (Ympäristöministeriö 2013b)

Taulukko 7. *E-luvun parantamisen suhde korjaushankkeessa (Ympäristöministeriö 2013b).*

Rakennusluokka	E-luku enintään alkutilanteesta (kWh/m ²)
Omakoti-, pari- rivi- ja ketjutalo	80 %
Asuinkerrostalo	85 %
Toimisto	70 %
Opetusrakennus	80 %
Päiväkoti	80 %
Liikerakennus	70 %
Majoitusliikerakennus	70 %
Liikuntahalli (pl. jää- ja uimahallit)	80 %
Sairaala	80 %

Taulukosta näkee, että korjaustöiden jälkeen toimistorakennusten kokonaisenergiankulutuksen täytyy olla alle 70 % vanhasta E-luvusta. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen E-lukua täytyy parantaa 30 prosenttia.

Kun toteutetaan korjaus- tai muutostyöt kokonaisenergiavaatimuksen mukaisesti, voidaan energiatehokkuusvaatimuksen tavoin minimivaatimus täyttää usean erillisen korjaus- tai muutostoimenpiteen yhteisvaikutuksena. Kaikki nämä suunnitellut energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet on kirjattava suunnitelmiin lupaa hakiessa. Jokainen energiankulutusta parantava korjaustoimenpide voidaan laskea hyödyksi uuteen E-lukuun rakennuslupaa hakiessa, vaikka yksittäiset korjaustoimenpiteet eivät vaatisikaan rakennuslupaa (Kiinteistöliitto 2014).

Laskennallinen tarkastelu ja E-lukulaskelman parannus toimitetaan ensimmäisen rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Tätä korjaussuunnitelmaa voidaan muuttaa ja tarkentaa muiden korjauksien yhteydessä. (Kiinteistöliitto 2014)

Kokonaisenergiankulutusvaatimus on energiatehokkuuden vaatimuksista ainut, joka ottaa huomioon energiamuotokertoimet. Kun rakennukseen vaihdetaan ensisijaista lämmitysjärjestelmää tai energianlähdettä, E-luku voi muuttua melko paljon, minkä takia kannattaa lupahakemus perustella kokonaisenergiankulutusvaatimuksen mukaan.

Kun tehdään asuinrakennusten ilmanvaihdon energiatarkastelua, käytetään ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h tilanteissa, joissa ilmanvaihto ei ole tätä suurempi. Vastaavasti kuin asuinrakennusten suunnitelmissa ja laskelmissa muille rakennuksille käytetään samoja ilmanvaihtokertoimia kuin uudisrakennuksille, mikäli suunniteltu ilmanvaihto ei ole tätä suurempi. (Ympäristöministeriö 2013b)

3.1.4 Teknisten järjestelmien vaatimukset

Uusittaessa tai peruskorjattaessa rakennusten taloteknisiä järjestelmiä noudatetaan lähes samoja määräyksiä kuin uudisrakentamisessa. Teknisten järjestelmien tulee täyttää vaaditut minimienergiatehokkuusvaatimukset korjaus- tai muutosrakentamiskohteissa, kun energiatehokkuuden parantamisvaihtoehdoksi on valittu mikä tahansa 4/13-asetuksen kolmesta vaatimus vaihtoehdosta. Rakennusten ilmanvaihdolta edellytetään, että lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on vähintään 45 %. Muut minimienergiatehokkuusvaatimukset liittyvät SFP-lukuun. Koneellisen tulo-/poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho saa olla korkeintaan 2,0 kW/(m³/s) eli SFP-luku saa olla maksimissaan 2,0. Koneellisen poistoilmajärjestelmän SFP-luku saa olla korkeintaan 1,0 ja ilmastointijärjestelmän korkeintaan 2,5. (Ympäristöministeriö 2013b)

Kun uusitaan tai korjataan lämmitysjärjestelmien laitteita tai järjestelmiä, pyritään niiden hyötysuhteita parantamaan muiden uusimisten yhteydessä mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriö 2013b) Uusintojen yhteydessä energiatehokkuutta tavoitellaan esimerkiksi lämmönsiirtimien ja pumppujen oikealla valinnalla. Järjestelmien uusimisessa ja korjauksessa hyötysuhteita pystytään parantamaan putkistojen eristämällä. Vesi ja viemärijärjestelmien uusinnassa sovelletaan samoja säästöjä kuin uudisrakentamisessa (Ympäristöministeriö 2013b).

Ilmanvaihtojärjestelmien uusimisessa on noudatettava Suomen rakennusmääräyskoelmaa D2. Korjausrakentamissuunnitelmissa on tarvittaessa esitettävä, kuinka varmistetaan ilmanvaihdon oikea toiminta ja riittävä tuloilman saanti painovoimaisella ja koneellisella poistoilmalla varustetussa rakennuksessa. Kun energiatehokkuuden parantamiseksi suunnitellaan koneellista tulo- ja poistoilmajärjestelmää, se on toteutettava siten, että ulkoseinissä tapahtuvasta ilmanotosta tai –poistosta ei aiheudu terveyshaittaa muihin huoneistoihin. (Ympäristöministeriö 2013b)

Ulkovaipan, ikkunoiden ja ovien korjaustoimenpiteiden yhteydessä energiatehokkuutta tulee parantaa liitosten ilmanpitävyyden osalta. Lisäksi rakenteiden kosteustekninen toimivuus tulee varmistaa lämpö- ja äänitekniikan lisäksi. (Ympäristöministeriö 2013b)

Ympäristöministeriön 4/13-asetuksen 12§ mukaan energiatehokkuuden parantamisen yhteydessä täytyy varmistaa lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien oikea ja energiatehokas toiminta. Tällaisia energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat esimerkiksi ikkunoiden uusiminen tai parantaminen, ilmanpitävyyden parantaminen tai rakennuksen merkittävä lisälämmöneristäminen. Tarvittaessa taloteknisiin järjestelmiin on tehtävä tasapainotus ja säätö. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on tehtävä todennus taloteknisten järjestelmien oikeasta toiminnasta. Tämä on esitettävä rakennusvalvontaviranomaiselle luvanvaraisen työn loppukatselmuksessa. (Ympäristöministeriö 2013b)

Näitä teknisten järjestelmien vaatimuksia pyritään saavuttamaan aina uudistamisten yhteydessä. Jos näitä vaatimuksia ei pystytä saavuttamaan, valvontaviranomaisille täytyy tehdä selvitys syistä aivan kuten muidenkin saavuttamattomien määräysten ja asetusten yhteydessä.

3.2 Huomioitavia asioita rakennusluvan hakemisessa

Rakennuslupaa hakiessa on täytettävä energiaselvitys. Korjaus- ja muutostyön lupahakemuksesta on ilmentävä valitun rakentamisvaihtoehdon saavuttamiskriteerit. Lisäksi lupaan on täytettävä teknisten järjestelmien vaatimukset, jos niihin tehdään muutoksia. Eri kunnilla on hieman erilaiset energiaselvityslomakkeet, mutta niiden sisällöt ovat melko samat. Lisäksi näihin selvityksiin on mahdollista lisätä liitteitä, joilla pystytään määrittelemään tarkemmin energiatehokkuusvaatimukset. (Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto 2013) Kun energiaselvitys toimitetaan rakennusluvan hakemisen yhteydessä, valinnat ja syyt on kyettävä perustelemaan. Lisäksi kannattaa olla selvillä energiatehokkuuden parantamisen muista mahdollisuuksista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston 2010/31/EU direktiivin 7. artiklassa kehoitetaan tarkastelemaan energiatehokkaiden järjestelmien teknistä, toiminnallista ja taloudellista kannattavuutta laajamittaisten korjausten yhteydessä. Muutenkaan energiateknisiin korjaustoimenpiteisiin ei pakoteta vaan energiatehokkuuden parantamiseen ryhdytään tarvittaessa. Tällöin rakennuksen omistaja päättää korjaustoimenpiteiden ajankohdan. Korjaustoimenpiteisiin voidaan hakea helpotuksia, jos ne eivät ole teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti järkeviä.

Teknisellä toteutuksella tarkoitetaan ratkaisua, joka on suunniteltu ja toteutettu siten, että se täyttää korjattavalle osalle tai järjestelmälle asetetut vaatimukset. Nämä vaatimukset edellyttävät, etteivät kosteustekniset, palotekniset, äänitekniset ja sisäilmasto-olosuhteiden ominaisuudet heikenny merkittävästi korjausten yhteydessä. Toiminnallisella ratkaisulla tarkoitetaan, että rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitus ei merkittävästi heikkene verrattuna ennen korjausta olleeseen tilanteeseen. (Kauppinen 2013a) Kesäajan huonelämpötilojen tarkastelu voidaan jättää tekemättä, jos rakennuksen käyttötarkoitus ei muutu ja voidaan olla varmoja, että rakennuksen ominaisuudet eivät ole korjauksen yhteydessä heikentyneet. (Ympäristöministeriö 2013b)

Päivitetyn maankäyttö- ja rakennuslain mukaan taloudellisen ratkaisun on oltava kustannustehokkaasti toteutettavissa. Taloudellisessa tarkastelussa käytetään soveltuvien osien samoja muuttujia kuin kansallisten vaatimustasojen yleisessä arvioinnissa käytävässä kustannusoptimalisuuslaskennassa. Laskelmissa asuinrakennusten tarkastelujaksona käytetään 30 vuotta ja muiden rakennusten tarkastelujaksona 20 vuotta. (Kauppinen 2013a) Energiatehokkuuden lisäparannuksen on siis maksettava itsensä takaisin tarkastelujakson aikana. Kustannustehokkuuden arviointiin ei kuitenkaan velvoiteta

muuta kuin tilanteissa, joissa rakennushankkeeseen ryhtyvä haluaa perustella kustannustehokkuuslaskelmilla helpotuksia asetuksen vaatimuksiin (Kauppinen 2013a).

Jos energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan vaihtoehdon kaksi eli energiankulutusvaatimuksen tai vaihtoehdon kolme eli E-lukuvaatimuksen mukaan, voidaan energiatehokkuusvaatimuksen saavuttaminen toteuttaa usean korjaustoimenpiteen yhteisvaikutuksena. Tällöin yhteisvaikutuksesta ja korjaustoimenpiteistä on tehtävä toteutussuunnitelma, joka toimitetaan rakennusvalvontaviranomaiselle ensimmäisen luvanhaun yhteydessä. Seuraavien korjaus- ja muutostöiden yhteydessä voidaan tehdä muutoksia ja tarkennuksia suunnitelmiin. Lupaa edellyttämättömät energiatehokkuutta parantavat korjaustoimenpiteet voidaan ottaa huomioon myöhemmin tehtävissä luvanvaraisissa hakemuksissa. (Ympäristöministeriö 2013b)

Kun rakennuslupa on myönnetty, luvanvaraiset rakennustyöt on aloitettava kolmen vuoden sisällä ja saatava päätökseen viiden vuoden sisällä luvan lainvoimaisuuspäivästä. (Ympäristöministeriö 2014e) Pidennystä voidaan hakea voimassaoloaikana erillisellä hakemuksella, johon viranomainen voi harkintansa mukaan myöntää lisää aikaa aloittamiseen kahdella ja rakennustöiden päättämiseen enintään kolmella vuodella kerrallaan. Muut toimenpideluvan tai viranomaishyväksynnän edellyttävät toimenpiteet on saatettava loppuun kolmen vuoden kuluessa luvan lainvoimaisuuspäivästä. Muussa tapauksessa lupa raukeaa. (Jyväskylän kaupunki, kaupunkirakennepalvelut 2014)

Rakennusten erityiset ominaispiirteet sekä käyttötarkoituksen soveltuvuus tulee ottaa huomioon korjaus- ja muutostöissä. Tätä edellytetään maankäyttö- ja rakennuslain 117.4-kohdassa. Korjausrakentamisessa maankäyttö- ja rakennuslaki on tarkoitettu sovellettavaksi joustavasti ja tapauskohtaisesti harkintaa käyttäen. Kun säilytetään rakennusten ominaisuuksia ja erityispiirteitä korjaus- ja muutostöissä, säästetään rakennusajankohtaan, -tekniikkaan tai vastaavaan liittyviä ominaisuuksia rakennusperintönä jälkikukupolville. On siis tärkeää, ettei historiallisia tai rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia turmella. Suojeltujen rakennusten yhteydessä 4/13-asetusta sovelletaan niiltä osin kuin sen aiheuttamia muutoksia voidaan pitää hyväksyttävänä. (Ympäristö 2014c; Kauppinen 2013a) Nämä muutokset tulee ottaa huomioon rakennuslupaa hakies- sa ja perustella niillä tarvittaessa energiatehokkuusvaatimusten saavuttamattomuus.

Ympäristöministeriön laskelmien mukaan energiatehokkuuden parantaminen ei vaadi juurikaan suurempia lisäkustannuksia korjausrakentamisessa. Näiden lisäkustannusten arvioidaan olevan 0-15 prosenttia riippuen korjaustoimenpiteestä. Useimmat energiatehokkuuden investoinnit maksavat itsensä takaisin jo lyhyessä ajassa. (Suomen ympäristökeskus 2013)

Valtioneuvosto on hyväksynyt 8.4.2009 kestävien hankintojen periaatepäätöksen. Uusi periaatepäätös tehtiin 13.6.2013 kestävästä hankinnoista, joita kutsutaan Cleantech-hankinnoiksi. Päätöksellä pyritään ruuan ympäristöystävällisyyden ja liikkumisen tehos-

tamiseen. Lisäksi siihen on kirjattu energia- ja ilmastostrategioita, joita EU:n komissio on asettanut. Päätöksessä on asetettu tavoitteita valtiohallinnon uudisrakentamisen ja peruskorjauksen energialuokille. Vuonna 2013 tehdyn periaatepäätöksen mukaan uudisrakentamisessa julkiseen käyttöön tulee tavoitteena olla lähes nollaenergiarakennus vuoden 2017 jälkeen. Peruskorjaamisessa tavoitteena on vähentää energiankulutusta 15 prosenttia 4/13-asetuksen mukaisesta energiankulutusvaatimuksesta. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota purkujätteiden kierrätykseen, terveellisyteen, turvallisuuteen, muuntojoustavuuteen sekä tilatehokkuuteen. (Ympäristö 2014c; Ympäristöministeriö 2014j; Valtioneuvosto 2013) EU:n tilastotoimiston mukaan Suomen julkisten hankintojen arvo oli Suomessa vuonna 2010 noin 35 miljardia, joka oli 19,4 prosenttia bruttokansantuotteesta. (Valtioneuvosto 2013) Valtion ja kuntien hankinnoilla on siis merkittävä vaikutus Suomen bruttokansantuotteeseen ja työllistävyyteen.

Hallitus on linjannut tavoitteekseen energiaviisaan ja mukavan asumisen. Jotta nämä tavoitteet voidaan saavuttaa, valtion ja kuntien tulee näyttää esimerkkiä ja luoda edellytykset kestäville ratkaisuille. (Ympäristöministeriö 2014j)

4. KANNATTAVUUSLASKELMAT

Ympäristöministeriön 4/13-asetuksessa tavoitellaan kustannustehokkuutta korjaus- tai muutostoimenpiteissä. Rakennushankkeen tulee olla teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti järkevä. Mikäli asetuksen energiatehokkuuden parantamisvaatimuksia ei saavuteta rakennushankkeessa, täytyy syy perustella poikkeuslupaa varten. Muussa tapauksessa tarkempia perusteluja ei velvoiteta. Rakennuslupaa hakiessa perustelujen tulee olla hakemuksen liitteenä. 4/13-asetukseen on toivottu tarkennuksia, koska osa määritelmistä on epäselviä. Tarkennusten tekeminen on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi, koska laki on melko uusi. (Kauppinen 2013a).

Energiatehokkuuden parantamisen on oltava taloudellisesti järkevää ja kustannustehokasta. Maankäyttö- ja rakennuslain perusteluihin on kirjattu, että taloudellisessa tarkastelussa käytetään soveltuvin osin samoja laskentatapoja kuin kansallisten vaatimustasojen yleisissä arvioinneissa tehdyissä kustannusoptimalisuuslaskelmissa. Tarkasteleissa energiatehokkuuden parantamisen on maksettava itsensä takaisin 30 vuodessa asuinrakennuksilla ja 20 vuodessa muilla rakennuksilla, jos tarkasteltavan rakennusosan, järjestelmän tai sen osan normaali käyttöikä ei ole tätä lyhempi. (Kauppinen 2013a)

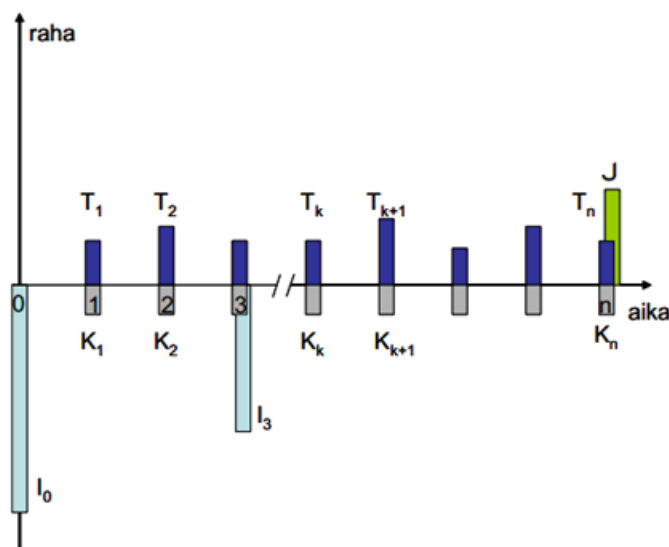
Todellisuudessa taloudelliset pitoajat vaihtelevat asuinrakennusten 60 vuodesta tuotanto- ja varastorakennusten pitoaikaan, joka voi olla 20-30 vuotta. Toimistorakennuksilla taloudellinen pitoaika voi olla 40-60 vuotta ja päiväkodeilla, uimahalleilla ja sosiaalirakennuksilla noin 30 vuotta. Maankäytön- ja rakennuslain asettamat energiatehokkuuden parantamisen takaisinmaksuajat ovat siis näihin verrattuna linjassa. Taloteknisien järjestelmien käyttöiät voivat olla näitä asetuksen takaisinmaksuaikoja lyhempiä, joten niiden kohdalla lyhempi takaisinmaksuaika olisi perusteltua. Taloteknisistä laitteista käyttöikänsä lyhempiä kuin 20-30 vuotta ovat esimerkiksi levylämmönsiirtimet, pumput ja ilmanvaihtokoneet.

Energiatehokkuuden parantaminen pienentää käyttökustannuksia, mutta samalla myös asumis- ja käyttömukavuudet paranevat. Kaikkea ei siis voi täysin perustella energiansäästöistä koituvilla rahallisilla säästöillä. Sisäilman laadulla pystytään vaikuttamaan asukkaiden ja työntekijöiden viihtyvyyteen sekä mahdollisesti myös sairauspoissaoloihin. Rakennusten sisäilmastojen suunnittelu- ja rakentamistavoitteet on kirjattu RakMk D2:n toiseen lukuun. Näitä tavoitteiden kohtia ovat lämpöolot, ilmanlaatu, ääniolosuhteet ja valaistusolosuhteet (Ympäristö 2012a). Sisäilmaston olosuhteita voidaan vertailla ja tarkastella Sisäilmastoluokitus 2008 avulla. Sisäilmastoluokitus jaetaan kolmeen luokkaan: S1 (yksilöllinen taso), S2 (hyvä taso) ja S3 (tyyydyttävä taso). Myös sisäilmastoluokitukset antavat tavoite- ja suunnitteluarvoja. (RT-kortisto 2008)

4.1 Kannattavuuslaskennan menetelmät

Rakennusten energiainvestointien kannattavuuslaskelmien peruseräkkeet kuuluvat jokaisen rakennuksen energia-asioiden kanssa työskentelevän perustietoihin. Investointien perustietoja täydentävät esimerkiksi epävarmuustekijät, kirjanpidolliset ja verotukselliset näkökohdat sekä investointien optimointi ja rajaus. (Sirén 2014)

Taloudellisten investointien tarkastelu koostuu eri ajankohdille sijoittuvista erisuuruisista tuotoista, kuluista, investoinneista ja mahdollisesti jäännösarvoista. Näiden keskinäiseen vertailuun ja kannattavuustarkasteluun vaikuttaa, lasketaanko tuloja ja menoja suoraan yhteen vai siirretäänkö näitä keskinäisesti samaan aikaan korkotekijöitä käyttäen. Siirto tehdään joko nykyhetken tai toiseen ajankohtaan elinkaaren aikana. Näitä menoja ja tuloja voidaan havainnollistaa kuvan 6 avulla. (Sirén 2014)



Kuva 6. Eri ajankohdille sijoittuvat tuotot ja kulut (Sirén 2014).

Kuvassa 6 perusinvestointi I_0 on aloitushetkellä tehty investointi. Lisäksi tarkastelujaksolle voi tulla muita tarkasteluun kohdistuvia investointeja. Myöhempiä investointeja voidaan tarvita esimerkiksi tuottavuusasteen nostamiseen tai määräaikauskunnostuksiin. Kulut K voivat olla kiinteitä ja muuttuvia kustannuksia. Kiinteät kustannukset voivat määräytyä esimerkiksi rakennuksen tarvitseman maksimitehon mukaan. Muuttuvat kustannukset, kuten polttoaine ja sähkö määräytyvät todellisen kulutuksen mukaan. (Tolvanen 2013) Tuotot T voivat vaihdella vuosittain. Tuottoina voidaan tarkastella eri vaihtoehtojen välisissä vertailuissa vuosittain säästettyjä kustannuksia. Jäännösarvo J on investoinnin arvo tarkastelujakson lopussa. Jäännösarvosta käytetään joskus nimitystä romuarvo, joka voi olla joko positiivinen tai negatiivinen (Taloussanomien 2015). Jäännösarvo voi olla tuotteen arvo, mikäli sillä on vielä käyttöikä jäljellä. Vaihtoehtoisesti jäännösarvo voi koostua tuotteen hävittämisestä aiheutuvista kustannuksista.

Tuottoaste on yksi tärkeimmistä tilinpäätösanalyysin tuottamisluvuista. Se mittaa sijoituksen suhteellista kannattavuutta eli sitä tuottoa, joka on kertynyt sijoitukselle korkona tai muuna tuottona. Tuottoaste voidaan laskea jakamalla nettotuotto edellisen tilikauden omalla pääomalla. Hyvä tuottoaste on yli 10 prosenttia. (Balance Consulting 2015) Yleisimpiä investointien tarkastelumenetelmiä ovat takaisinmaksuajan menetelmä, annuiteettimenetelmä, nykyarvo- eli diskonttausmenetelmä ja sisäisen korkonannon menetelmä.

4.1.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuaika on aika, jona investointi maksaa itsensä takaisin eli tuottoja on kertynyt perushankintamenojen verran. Yleensä investointi on kannattava, jos takaisinmaksuaika on pienempi kuin investoinnille sallittu maksimaalinen takaisinmaksuaika. Mitä lyhempi takaisinmaksuaika on, sitä kannattavampi investointi on. Takaisinmaksuaika t^* voidaan määrittää lausekkeesta (Tevä-Helminen 2013)

$$\sum_{x=1}^{t^*} \frac{T_i}{(1+i)^x} - I = 0. \quad (1)$$

Ratkaistaessa tästä lausekkeesta takaisinmaksuaika t^* saadaan kaavaksi

$$t^* = \frac{-\ln\left(\frac{1}{i} - \frac{I}{T}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)}. \quad (2)$$

Kaavoissa (1) ja (2) i on korkokanta, I hankintakustannukset ja T on vuosituotto. (Tolvanen 2013)

4.1.2 Nykyarvo- eli diskonttausmenetelmä

Nykyarvomenetelmässä eli diskonttausmenetelmässä investoinnin eri ajoille kertyneet tuotot ja kustannukset diskontataan nykyhetkeen laskentakorkoa käyttäen. Menetelmän diskonttotekijä saadaan taulukosta tai se voidaan laskea kaavalla

$$u_{n/i} = \frac{1}{(1+i)^n}, \quad (3)$$

jossa i on laskentakorkokanta ja n vuosien lukumäärä. Tämän jälkeen nettotuottojen nykyarvo saadaan laskettua tulosta

$$V_0 = T_n u_{n/i}, \quad (4)$$

jossa T_n on vuoden n nettotuotto. Investointi on kannattava, jos siitä kertyneiden nettotuottojen V_0 ja jäännösarvojen nykyarvo $u_{n/i} I$ on suurempi kuin perushankintakustannus I . Tämä voidaan kirjoittaa kaavana

$$V_0 + v_{n/i} J > I. \quad (5)$$

Jäännösarvolla tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusosien jäännösarvojen summaa laskentajakson lopussa. Jäännösarvo voi olla myös negatiivinen, mikäli rakennusosien poistaminen käytöstä maksaa. (Tolvanen 2013)

Jos vuotuiset erät pysyvät vakioina, voidaan nykyarvotekijä $a_{n/i}$ ottaa taulukosta tai laskea vuosien n lukumäärällä ja laskentakorkokannan i avulla kaavasta

$$a_{n/i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}. \quad (6)$$

Nettotuottojen nykyarvo V_0 saadaan laskettua ensimmäisen vuoden nettotuoton ja nykyarvotekijän $a_{n/i}$ tulona. (Tolvanen 2013)

4.1.3 Muut investointilaskentamenetelmät ja -tarkastelut

Annuiteettimenetelmässä nykykustannukset jaetaan pitoaikaa vastaaville vuosille. Tällöin kustannukset ovat joka vuosi yhtä suuret. Jokaisen vuoden kustannus sisältää sekä poistetun että annetun vuosikoron yhteenlaskettuna. (Yritystulkki 2015) Vuotuisen erän suuruus voidaan laskea kaavalla

$$c_{n/i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \quad (7)$$

joka on nykyarvomenetelmän nykyarvotekijän käänteisluku. Mikäli vuotuiset nettotuotot ovat suuremmat kuin kustannukset, investointi on kannattava. Tarkastelujakson jäännösarvo on diskontattava nykyhetkeen ja se on vähennettävä hankintakustannuksista ennen sen jakamista tarkasteluvuosille. (Tolvanen 2013) Menetelmässä on ongelmana, että vuotuiset nettotuotot ja -menot voivat erota toisistaan paljon (Yritystulkki 2015). Tällöin eri vuosien tuottoja ja menoja on vaikea suoraan verrata keskenään.

Sisäisen korkokannan menetelmä on sukua nykyarvo-menetelmälle sillä erolla, että sisäisen korkokannan menetelmässä etsitään investoinnin tuottamaa korkokantaa. Korkokannan mukaan menot ja tulot ovat yhtä suuret. Mikäli menetelmällä tarkasteltu korkokanta on suurempi kuin sille asetettu korkotavoite, on investointi kannattava. (Yritystulkki 2015).

Reaalikorko r riippuu markkinoiden korkokannasta i ja inflaatiosta f kaavan

$$r = \frac{i-f}{1+f} \quad (8)$$

mukaan. (SFS-EN 15603 2008; Sirén 2014) Tätä voitaisiin tarvittaessa yksinkertaistaa arvioon $r=i-f$, jos korkokannat ovat melko pieniä. (Heljo & Kurvinen 2011, s. 38) Kaa-

voissa markkinakorko i voidaan näin ollen korvata reaalkorolla r , kun tarkastellaan myös inflaation vaikutusta kustannuksiin.

Korjausten kannattavuuksia ei tule arvioida ainoastaan energiasäästöjen perusteella, vaan jokaisen ylläpitokorjauksen yhteydessä tulisi arvioida myös energiatehokkaampia suunnittelu- ja toteutusratkaisuja perusparannusratkaisujen rinnalla. Tällöin parannuksen kannattavuus tulee arvioida perusratkaisun ja energiatehokkaamman ratkaisun kustannusten välisenä erotuksena sekä saavutettuna energiasäästönä. Esimerkiksi ikkunoiden vaihtamisen kannattavuusarvioinnissa tarkastellaan perusvaihtoehtona rakennusmääräysten mukaista tasoa. Investoinnin kannattavuus määritetään eri energiatehokkuusratkaisusta aiheutuneiden investointi-, energia- ja kunnossapitokustannusten avulla. Lisäksi investoinnin kannattavuutta määritettäessä tulee huomioida muihin toimenpiteisiin vaikuttavat ominaisuudet, jotka voivat poissulkea toisensa. (Korjaustieto 2015)

Investointiodotuksille on olemassa erilaisia näkökulmia. Kustannusoptimaalisuuden laskennassa on pohdittava, kuinka laajasti kustannukset ja hyödyt otetaan huomioon. Kustannuksia ei tarvitse huomioida, mikäli ne ovat kaikilla toimenpiteillä samat riippumatta energiatehokkuuden tasosta. Rahoitustason laskennassa on otettava huomioon voimassa olevat tukijärjestelmät ja -toimet. Kustannusoptimaalisuuslaskennassa ei voida huomioida vain lisäkustannuksia, koska on vaikeaa arvioida niiden alkamiskohta. Tämän takia vertailu pitäisi toteuttaa kokonaiskäyttökustannusten erotuksena. (Euroopan unioni 2012a)

4.1.4 Herkkyystarkastelu

Herkkyystarkastelussa tutkitaan, kuinka investoinnin kannattavuus muuttuu, jos yhtä tai useampaa tekijää muutetaan. Jokaisen muutoksen jälkeen tarkastellaan vaikutukset investoinnin kannattavuuteen. Tarkastelun tavoitteena on löytää mahdolliset tekijät, joiden mukaan investointi ei olisi enää kannattava. Tämän tarkastelun jälkeen voidaan arvioida kriittisesti investoinnin kannattavuus. (Yritystulkki 2015) Herkkyystarkastelu voidaan toteuttaa diskonttokorkoa ja energian hinnannousua muuntelemalla. Nämä arvot voivat vaihdella selvästi, joten niillä on suuri merkitys kannattavuuteen. (Euroopan unioni 2012b)

4.2 EU:n jäsenvaltioiden toimittama kustannustehokkuuden tarkastelu energiatehokkuuden parantamiseksi

EU:n tekemän direktiivin 2010/31/EU liitteen III mukaan vertailumenetelmäkehityksen on mahdollistettava, että jäsenvaltiot voivat itse määrittää rakennusten ja rakennusosien energiatehokkuuden parantamisen taloudelliset näkökohdat. Lisäksi jäsenvaltiot voivat yhdistää nämä tiedot parantamisvaatimuksien tasoon. (Euroopan unioni 2010) Direktiivin liitettä III täydennettiin Euroopan komission tekemän asetuksen 244/2012 avulla.

(Euroopan unioni 2012b) Asetuksella tarkennettiin kustannusoptimaalisten tasojen laskentaa. Asetuksen mukaan jäsenvaltioiden oli toimitettava rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten kustannusoptimaalisuustarkastelut komissiolle viimeistään 21.3.2013. Tarkemmat ohjeet tarkastelujen tekemiseen annettiin Euroopan unionin virallisessa lehdessä 2012/C115/01. (Ympäristöministeriö 2014k) 2012/C115/01 on asetuksen 2010/31/EU liitteessä III mainittu ohje, jossa annetaan tarvittavat tiedot vertailumenetelmäkehysten tarkasteluun. Ohje noudattaa asetuksen 2010/31/EU liitteen I menetelmäkehysten rakennetta. (Euroopan unioni 2012a)

Jäsenvaltioiden toimittamissa raporteissa piti tarkastella energiatehokkuusvaatimukseen asetettuja vähimmäisvaatimuksia ja niiden kustannusoptimaalisia tasoja. Jäsenvaltiot määrittivät vertailumenetelmäkehysten vertailurakennuksia, jotka edustavat kyseisen jäsenvaltion rakennuksia sekä rakennustyyppiltään että olosuhteiltaan. Vertailurakennuksista vähintään yhden tuli olla uudisrakennus ja vähintään kahden korjausrakennuskohteita. (Euroopan unioni 2010) Näille rakennuksille toteutettiin energiatehokkuuden kustannusoptimaalisten tasojen tarkastelu. Raportin laskelmissa piti tarkastella ja määrittää makrotaloudellisesti sekä rahoituslaskennallisesti käytettävä diskonttokorko tehtyjen herkkyyksianalyysien avulla. Laskennan tarkasteluissa tuli tarkastella vähintään kahta korkoprosenttia kussakin laskelmassa. (Euroopan unioni 2012b)

Suomi toimitti raportin 20.5.2012. Raportin mukaan Suomen kustannusoptimaaliset tasot saavutettiin laskennassa, jossa käytettiin energiamuotojen hinnan nousuna kahta prosenttia ja diskonttokorkona kuutta prosenttia. Näiden tarkastelujen mukaan Suomen uudisrakennusten ja rakennusosien kustannusoptimaalinen taso oli seitsemän prosenttia energiatehokkaampi kuin energiamääräysten vaatimustaso. Vastaavasti korjausrakentamisessa kustannusoptimaalinen taso oli kahdeksan prosenttia energiatehokkaampi kuin energiamääräysten taso. (Suomi 2013)

Vertailumenetelmäkehyksessä laskettiin toimenpiteiden kustannukset eli nettonykyarvo odotetun taloudellisen elinkaaren aikana. (Euroopan unioni 2010) Raportin laskentamenetelmänä oli siis käytettävä nettonykyarvomenetelmää, jossa jokaisen vuoden kustannusten summa ja jäännösarvo sekä tarvittaessa poistokustannus oli laskettava pitoajan alkuun. (Euroopan unioni 2012a) Tarkastelujaksona raportissa käytettiin asuinrakennuksilla 30 vuotta ja muilla rakennuksilla 20 vuotta. (Kauppinen 2013a)

Jäsenvaltioiden tekemä kustannusoptimaalisten tasojen määrittely oli tarkoitettu enemmän kansallisille viranomaisille kuin investoijille. Kustannusoptimaalista tasoa ei määritetty jokaiselle kohteelle erikseen vaan tarkoituksena oli tarkastella yleisesti toimivia sääntöjä. Investoijilla on erilaisia kustannusoptimaalisuustasoja riippuen rakennuksista ja investoijien omista näkökulmista. Kustannustarkasteluissa on syytä pitää mielessä vuokratrakennusten erityistilanne, koska tällöin vuokra on yleensä melko kiinteä eikä vuokraa voida korottaa tiettyä määrää enempää. Tätä kutsutaan ”omistaja-vuokralainen-ongelmaksi”. (Euroopan unioni 2012a)

Kokonaiskustannusten kustannusoptimaalisuuksilla sekä makrotaloudellisilla kustannusoptimaalisuuksilla on omat perusteensa ja niillä tarkastellaan asioita hieman eri näkökulmista. Makrotaloudellinen taso on tarkoitettu yleiseksi tueksi energiatehokkuuden asetuksien määrittelyyn ja tarkasteluun. Sijoittajat ovat enemmän kiinnostuneita rahoituksellisen tason kustannusoptimaalisuudesta. (Euroopan unioni 2012a)

Jäsenvaltioiden tuli tarkastella selvityksiä vähintään kahdella eri korkoprosentilla. Suomi käytti useiden muiden maiden tapaan toisena korkoprosenttina komission vuonna 2009 valtakunnallisesti esittämää neljän prosentin korkoa. Tämä korko on reaalisesti ilmaistu eli siihen on huomioitu inflaatio. (Euroopan unioni 2009b; Euroopan unioni 2012a) Suomessa rahan arvon aleneminen eli inflaatio on ollut Suomen virallisen tilastokannan mukaan noin 2,0 prosenttia, joten selvityksen mukainen korko oli linjassa tämän kanssa (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014j).

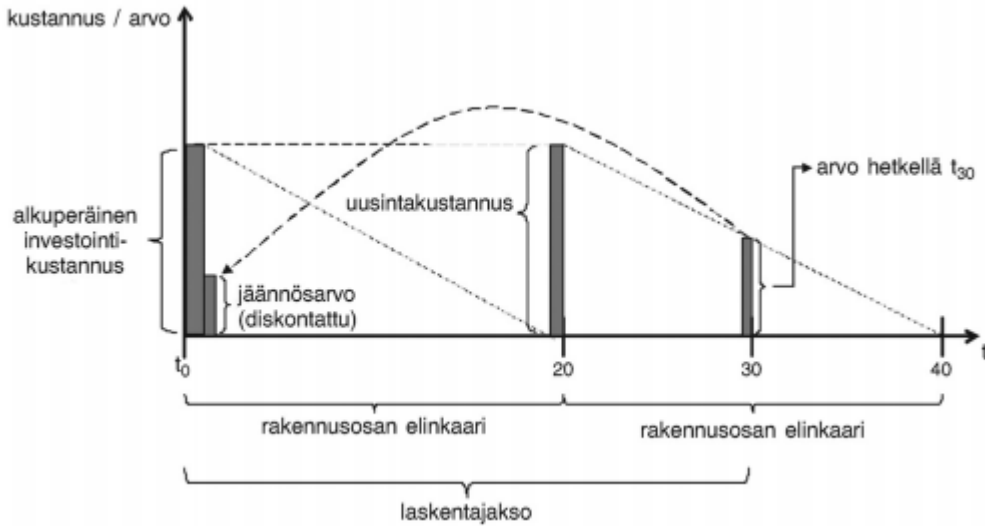
4.3 Kustannusoptimaalisuuden laskenta

Laskelmissa käytettävien kustannustietojen keräämisen on oltava markkinatietoihin perustuvaa. Kustannustietoja voidaan saada tuoreista rakennushankkeista, olemassa olevista kustannustietokannoista tai rakennusten vakiotarjouksista. (Euroopan unioni 2012a) Suomessa Rakennustieto kerää ja julkaisee kattavat tiedot rakentamisen kustannuksista. Vuonna 2014 tiedot on julkaistu käsikirjoissa: Korjausrakentamisen kustannuksia 2014 (KOR 2014) ja Rakennusosien kustannuksia 2014 (ROK 2014). Näiden avulla voidaan määrittää rakenteiden korjaamisen ja uusimisen kustannuksia. Purkamisen ja kunnostamisen kustannukset saadaan käsikirjan KOR 2014 avulla ja uuden rakenteen kustannukset määritetään käsikirjan ROK 2014 avulla. (Rakennustieto 2014)

Kustannusoptimaalisten tasojen vähimmäisvaatimusten laskennassa käytettävä kustannusluokittelu perustuu standardiin EN 15459 (Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten energiajärjestelmien taloudellisuuden arviointimenettelyt). (Euroopan unioni 2012a) Rakennusten lisäkustannusten tarkastelujaksoina käytetään 20 tai 30 vuotta. Tänä tarkastelujaksona rakennuksen osia uusitaan säännöllisin väliajoin, kun niiden oletettu elinkaari tulee täyteen. Tällaisia ovat esimerkiksi lämmöntalteenotto, jonka arvioitu elinkaari on 15 vuotta. Asuinrakennusten 30 vuoden laskentajakson aikana lämmöntalteenotto joudutaan uusimaan laskentajakson alussa ja uudelleen puolivälissä. Tämä on otettava huomioon kokonaiskustannuslaskelmissa. Taloudellisten elinkaarien tarkasteluissa voidaan käyttää apuna taulukoita tai standardia EN 15459. Rakennusosan uusintakustannuksen laskennassa käytetään samaa hintaa kuin alkuperäisessä investointikustannuksessa (reaalihintoina), mikäli uusinnan kustannuksessa ei ole odotettavissa merkittäviä muutoksia. Esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmien uusintakustannukset voivat laskea järjestelmien kehittymisen seurauksena. (Euroopan unioni 2012a)

Kuvassa 7 havainnollistetaan tilannetta, jossa laskentajakso on 30 vuotta ja rakennusosan elinkaari on 20 vuotta. Rakennusosa uusitaan 20 vuoden kohdalla ja seuraavan

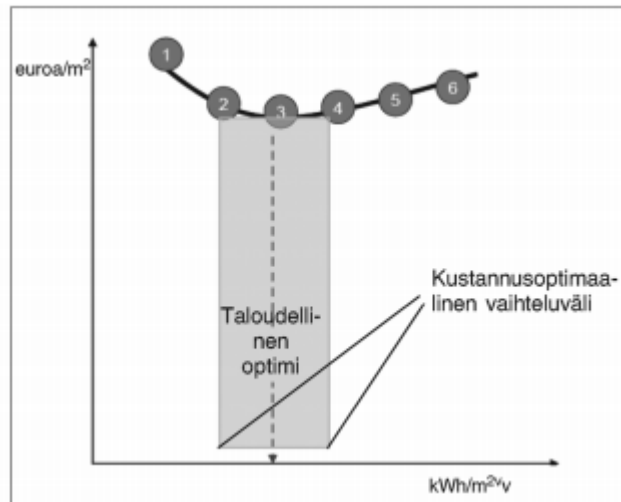
kerran 40 vuoden kohdalla, joka on jo laskentajakson ulkopuolella. Rakennusosan arvon alenemisen voidaan olettaa menevän tasapoistona, mikä tarkoittaa, että rakennusosan arvo vähenee lineaarisesti. Kuvassa 7 uusitun rakennusosan arvo on 30 vuoden kohdalla puolet alkuperäisestä investointikustannuksesta. Laskentajakson lopussa oleva rakennusosan arvo tulee diskontata laskentajakson alkuun ja vähentää alkuperäisistä investointikustannuksista.



Kuva 7. Jäännösarvon laskenta laskentajakson päätteeksi (Euroopan unioni 2012a).

Laskentajakson alkuna voidaan pitää vuotta, jona laskenta ja toimenpiteet tehdään. Laskelmissa on varmistettava, että nykyiset hinnat ja kustannukset huomioidaan kustannusoptimaalisuuden arvioinnissa. Kustannusten laskennassa ei tarvitse ottaa huomioon muiden kuin energia- ja uusintakustannusten reaalista kasvua. Laskennassa huomioidaan vain esimerkiksi kiinteistön hoidon ja ylläpidon kustannuksien hintakehitys, jonka inflaatio aiheuttaa. (Euroopan unioni 2012a)

Eri korjausrakentamisvaihtoehtojen keräämisen ja energiankulutuksen laskennan jälkeen tarkastellaan kustannuksia. Näistä kustannuksista voidaan piirtää käyrä tai todennäköisemmin pistejoukko kuvan 8 mukaisesti. Kuvaajassa x-akselina on energiankulutus, joka ilmaistaan muodossa kWh primäärienergiaa / (hyötypinta-alan m^2 vuodessa). Y-akselina pidetään kokonaiskustannuksia, jotka ovat euroa/hyötypinta-alan m^2 . Kokonaiskustannuksiltaan alhaisin rakennuskokonaisuus saavutetaan kuvan 8 laskentatapauksella 3. Myös tapaukset 2 ja 4 ovat vielä kustannusoptimaalisia. Kustannusoptimaalisen vaihteluvälin tulisi täyttää korjaus- ja muutostoimenpiteille asetetut vaatimukset.



Kuva 8. Kustannusoptimaalisen vaihteluvälin sijainti (Euroopan unioni 2012a).

Tarkasteltaessa rakennusten kustannusoptimaalisia vaihtoehtoja haasteena on varmistaa, että laskelmissa tarkastellaan kaikki toimenpiteet, joilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen. Samalla on kuitenkin yritettävä pitää laskelmien lukumäärä hallittavana. Euroopan komission testilaskelmat osoittavat, että kunkin vertailurakennuksen laskelmat on tehtävä vähintään kymmenen kokonaisuuden/muunnoksen osalta. Laskelmien lukumäärää voidaan vähentää jättämällä tarkasteleista pois toimenpiteet, jotka poissulkevat toisensa. (Euroopan unioni 2012a) Yksittäisten ratkaisujen avulla muodostetaan kokonaisuuksia, joiden kustannusoptimaalisuuksia tarkastellaan. Kokonaisuudesta saadaan kustannustehokkaampi, mikäli yksittäisetkin ratkaisut ovat kustannustehokkaita. Mahdollisia korjaus- ja muutostöitä suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon rakennusosien elinkaarien täyttyminen, koska ehjää ja toimivaa ei kannata korjata.

5. RAKENTAMISHANKKEEN VAIHEET JA SUUNNITTELU

Suunnitelmien toimitus ja sisältö ovat yleisiä ongelmia rakennushankkeissa. Hankintoja ja rakentamista toteutettaessa suunnitelmat saattavat olla myöhässä, puutteellisia tai virheellisiä. Usein muutokset koskevat erityisesti tilaratkaisuja ja talotekniikkaa. Joskus käyttäjien suunnitelmamuutokset selviävät vähitellen projektin edetessä ja osa vasta käyttöönotossa. Nämä vaikeuttavat suuresti projektin etenemistä ja kokonaishinnoittelua. (Kruus et al. 2006. s. 5)

Talonrakennushankkeen suunnittelutehtävien tueksi on tehty tehtäväluetteloita. Tehtäväluettelot sisältävät tavanomaisimmat suunnittelutehtävät ja niiden ohjeelliset tulokset. Tehtäväluetteloista valitaan hankekohtaisesti toteutettavat tehtävät eri alojen suunnittelijoille. Tehtäväluetteloita käytetään apuna suunnittelukokonaisuuksien hallinnassa sekä suunnittelulaadun varmistamisessa. Tehtäväluetteloihin on kerätty keskeisimpiä velvoitteita, jotka koskevat rakennushankkeeseen ryhtyvää ja rakennushankkeen pääsuunnittelijaa. Uudistuneita tehtäväluetteloita voidaan käyttää apuna monenlaisissa kohteissa erilaisten toteutus- ja palkkiomuotojen kanssa. (Rakli 2014)

Hankkeissa on käytännössä havaittu, että niiden vaiheet eivät erotu toisistaan aivan niin selkeästi. Usein eri vaiheet menevät hieman limittäin. Esimerkiksi hankesuunnitelma voi jäädä hyvin vajavaiseksi, kun jo aloitetaan varsinainen suunnittelu. (Kruus et al. 2006) Liian nopeasti tehdyt alkuvaiheet voivat aiheuttaa sen, että hankkeen vaatimukset eivät ole täysin selvillä ja suunnitelmia aletaan tehdä hieman puutteellisilla tiedoilla. Vaiheiden päällekkäisyyksien ja uusien toteutusmuotojen takia tehtäväluetteloita oli hyvä päivittää vastaamaan ja selkeyttämään nykyisiä hankkeita. Vanhat, uudistusta kampaavat tehtäväluettelot ovat: RAP 95, ARK 95, SIS 95, TATE 95, RAK 95, GEO 95 ja PS 01 (Granlund Oy 2012).

Asunto-, toimitila- ja rakennusliitto RAKLI ry sekä suunnittelijoita ja konsultteja edustavat järjestöt laativat yhdessä rakennushankkeiden johtamiseen ja suunnitteluun päivitettyt tehtäväluettelot. Vanhoja, uusittavia tehtäväluetteloita oli seitsemän. Niistä jokaista oli suunniteltu käytettäväksi eri suunnittelutöiden tukena. Talotekniikan- ja valaistussuunnittelun tehtäväluettelon eli TATE:n laadinnasta vastasi Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Uudet tehtäväluettelot esiteltiin 6.6.2012 pidetyssä seminaarissa. (Granlund Oy 2012) TATE12 on tarkoitettu talonrakentamista koskevien taloteknisten eli LVI-, RAU- ja sähkösuunnittelutehtävien sisältöjen ja laajuuksien määrittämiseen. (RT-kortisto 2013a)

Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo julkaistiin virallisesti joulukuussa 2013. Uusi TATE12 korvasi aiemman TATE95:n ja testissä olleen TATE09:n. Kaikki rakentamisen ja suunnittelun tehtäväluettelot ovat rakenteeltaan yhdenmuotoisia, ja ne sisältävät samat vaiheet ja otsikot. (Äyräväinen 2014) Uusia tehtäväluetteloita käytetään talonrakennushankkeiden johtamisessa ja rakentamisessa. Uudet tehtäväluettelot mahdollistavat tehtävien ja suunnittelijoiden määrittelyn hankekohtaisesti, koska tehtävät on ryhmitelty suunnittelualoittain ja jaettu luonteviin kokonaisuuksiin. (Granlund Oy 2012)

Edeltävät tehtäväluettelot ovat vuodelta 1995, jonka jälkeen suunnittelussa ja rakentamisessa on tapahtunut paljon muutoksia. Uudistettujen tehtäväluetteloiden avulla suunnittelussa pyritään huomioimaan muuttunut lainsäädäntö sekä tietomallien ja tietotekniikan käyttö. Lisäksi ympäristökysymykset ovat nousseet huomion keskipisteeksi, minkä takia tehtäväluetteloihin on lisätty elinkaari- ja energiatehokkuusvaatimuksia. (Granlund Oy 2013)

Vanhojen tehtäväluetteloiden avulla tulisi toimeen, jos projektit olisivat perinteisiä ketjumalleja eli projektin eri vaiheet etenisivät loogisessa järjestyksessä toinen toisensa jälkeen. Uusia hankkeiden muotoja ovat esimerkiksi projektinjohtourakointi, aliensimallit sekä rinnakkaisten suunnittelujen ja toteutusten vaatimukset (Granlund Oy 2013). Näissä uudemmissa urakkamuodoissa eri vaiheet eivät etene järjestyksessä vaan ne voivat olla samaan aikaan käynnissä.

Uudet tehtäväluettelot on määritelty avoimen rakentamisen periaatteella. Avoimen rakentamisen suunnitelmissa esitetään rakennuksen kiinteä perusosa ja muuntuvat tilaosat. (Granlund Oy 2012) Avoimen rakentamisen perusajatuksena on löytää alijärjestelmät, jotka voidaan jaotella ja yhdistää uudestaan. Tällöin alijärjestelmien väliset riippuvuudet tulee minimoida. Minimoinnissa tavoitellaan tilannetta, jossa alijärjestelmät eivät tarvitse uudelleensuunnittelua tai uusimista. (Kruus et al. 2006)

Rakennuksilta vaaditaan yleensä muunto- ja käyttöjoustavuutta. Nämä ovat erityisen tärkeitä perusluonteita, jos käyttäjiä ei tunneta tai käyttäjät vaihtuvat usein. Muuntojoustavuus on ominaisuus, jolla viitataan rakennuksen mukautumiseen vielä vuosienkin päästä käyttäjien vaihduttua. Joustavuutta pystytään edesauttamaan investoimalla lisäkapasiteettia järjestelmien, etenkin kuilujen ja runkolinjojen mitoituksiin. Huono muunto- ja käyttöjoustavuus rajoittavat rakennuksen käyttöä myöhemmin, ja näin ollen rakennuksen arvo voi laskea. (Kruus et al. 2006) Näiden joustavuustarkastelujen lisäksi olisi hyvä pitää silmällä tilojen jaettavuutta, jotta tiloja voidaan tarjota eri suuruusluokan käyttäjille.

Suunnittelijat vastaavat omien ratkaisujensa toiminnallisuudesta, kestävydestä ja toteuttavuudesta. Suunnittelun tilaaja huolehtii lähtötietojen hankkimisesta, suunnitteluryhmän kokoamisesta sekä erikseen tarvittavien suunnitelmien hankinnasta ja toteutuk-

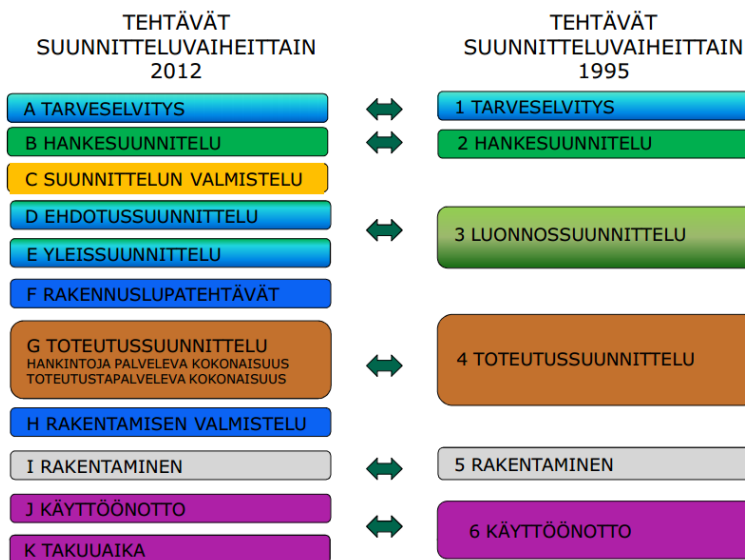
sesta. Erikseen tilattavat tehtävät on merkitty tehtäväluetteloihin E-kirjaimella. (RT-kortisto 2013a)

Talotekniikan tehtäväluetteloon on jouduttu lisäämään paljon kohtia, joissa on huomioitu energia-, ympäristö-, ylläpito- ja tietomallinnusvaatimukset. Uusien tehtäväluetteloiden käyttöä on kuitenkin helpotettu, sillä tehtävät on jaoteltu perustehtäviin ja vaiheittain määriteltäviin lisätehtäviin. Perustehtävien avulla saavutetaan tyypillisiin kohteisiin ja urakkamuotoihin laadukas lopputulos. Lisätehtävien avulla tilaaja voi panostaa energiatehokkuuteen tai visualisointiin enemmän kuin viranomaisvaatimukset velvoittavat. (Granlund Oy 2012)

Tehtäväluetteloiden tavoitteena on määrittää entistä selkeämmin molempia osapuolia sitovat tavoitteet ja vaatimukset tilattavista tehtävistä. Tehtäväluetteloiden avulla tilaajan on mahdollista ymmärtää paremmin rakennushankkeen vaatimuksia ja kaikkea, mitä rakennukseen ja suunnitteluun liittyy. (Äyräväinen 2014)

5.1 Tehtäväluetteloiden uudistunut rakenne

Uudistuneiden tehtäväluetteloiden vaiheet on jaettu yhteentoista kohtaan. Vanhoissa tehtäväluetteloissa vaiheet oli eroteltu kuuteen. Uudistuksen yhteydessä vaiheita on eroteltu sekä uusia kohtia on lisätty. Uusien ja vanhojen tehtäväluetteloiden jako ja vastavuus selviää kuvasta 9.



Kuva 9. Tehtäväluettelon rakenteen päivitys (Granlund Oy 2013).

Vuoden 2012 tarveselvitys ja hankesuunnittelu ovat säilyneet melko vastaavina kuin vuoden 1995. Uudistuneessa tarveselvityksessä ja hankesuunnittelussa erikoissuunnittelijoiden tehtävät ovat erikseen tilattavia ja tilaaja päättää, osallistuvatko suunnittelijat jo näihin vaiheisiin. Suurin muutos tehtäväluettelon rakenteessa on valmisteluvaiheiden,

rakennuslupatehtävien ja takuuajan erottaminen omaksi vaiheeksi. Lisäksi luonnossuunnittelu on jaettu kahdeksi vaiheeksi.

Suunnittelun valmistelu on kokonaan uusi vaihe, jota ei ole ollut vanhoissa tehtäväluetteloissa. Se on aikaisemmin sisällytynyt luonnossuunnittelun alkuun. Selkeyttämisen takia vanhojen tehtäväluetteloiden luonnossuunnittelu on jaettu ehdotussuunnitteluun ja yleissuunnitteluun. Ehdotussuunnittelu ja yleissuunnittelu vastaavat aiemmin tehtäväluetteloiden luonnossuunnittelussa esiintyneitä L1 ja L2-vaiheita (Äyräväinen 2014).

Vanhoissa tehtäväluetteloissa ei ole erikseen määritelty rakennuslupatehtäviä, mutta tehtäviin on viitattu vanhojen tehtäväluetteloiden luonnossuunnittelun kohdassa. Todellisuudessa rakennuslupatehtävät toteutetaan suunnittelun ohella ja selvää ajankohtaa niille on vaikea sanoa. Rakentamisen ja käyttöönoton perustehtävät ovat pysyneet melko vastaavina kuin aikaisemmin. Uutena vaiheena tehtäväluettelon rakenteeseen on lisätty takuu aika, joka on erotettu vanhan käyttöönoton ”Käyttöönottoon liittyvät tehtävät” -kohdasta.

5.2 Tehtäväluettelon TATE12 rakenne

Tehtäväluettelon jokaisen vaiheen tehtävät on jaettu perustehtäviin ja erikseen tilattaviin tehtäviin. Perustehtäviin on pyritty sisällyttämään sellaiset tehtävät, jotka kuuluvat yleisesti kaikkiin kohteisiin. Perustehtävät on määritelty jokaisen suunnitteluvaiheen kohdissa 1-5. Erikseen tilattavat tehtävät on merkitty tehtäväluetteloön kirjaimella E, ja ne löytyvät suunnitteluvaiheiden kohdasta 6. Erikseen tilattavat tehtävät kannattaa sisällyttää projektiin, mikäli joitakin osa-alueita, kuten energia- tai olosuhdevaatimuksia halutaan painottaa. Jos kyseessä on peruskorjauskohde, vaativa kohde tai avoimen rakentamisen projekti, tehtävät kannattaa sisällyttää suunnittelulaajuuteen. Erikseen tilattaviin tehtäviin kuuluu myös tilanne, jossa suunnittelijoita käytetään laajemmin rakentamisen ja ylläpidon aikaisiin tehtäviin. (Granlund Oy 2013) Tehtäväluettelosta tilaamatta jätettävät tehtävät pitää yliviivata. Tehtäväluettelon yhteydessä ei voi käyttää termiä ”soveltuvin osin” vaan tehtävät on määritettävä selkeästi. Määrittämisestä on käytävä ilmi, missä laajuudessa tehtävät kuuluvat tehtäväluetteloön. (Äyräväinen 2014)

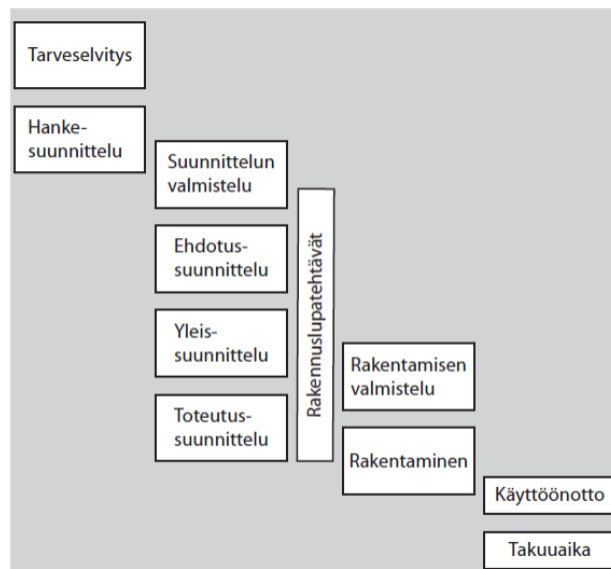
Tehtäväluettelo on merkitty tilaajalle ja eri suunnittelijoille kohdistuvat tehtävät. Jos tehtävän kohdistamista ei ole erikseen määritelty, sisältyy se kaikkiin suunnittelu-aloihin. Korjaushankkeeseen kuuluvat tehtävät on merkitty tehtäväluetteloön K-kirjaimella. (RT-kortisto 2013a) Korjausrakentamisen valmisteluvaiheessa voidaan joutua tekemään jo tulevien vaiheiden suunnittelua. Vastaavasti rakentamisvaiheen toteutussuunnittelussa voidaan joutua palaamaan takaisin ehdotussuunnittelutehtäviin, jos vastaan tulee yllättäviä ongelmatilanteita. (Rakli 2014)

Talotekniikan tehtäväluettelon sähköinen versio sisältää kaksi liitekokonaisuutta. Ensimmäisessä liitteessä on esitetty järjestelmälaajuudet rakennustyyppikohtaisesti.

Ensimmäisessä liitteessä tilaaja valitsee joko oletuslaajuuden eli vaihtoehdon A tai projektikohtaisen laajuuden eli vaihtoehdon B. Projektikohtaisessa laajuudessa tilaaja rastiittaa itse haluamansa järjestelmät. Toisessa liitteessä on suunnitteluasiakirjojen sisältö suunnittelun eri vaiheissa ja hankintamuodoissa. Toisessa liitteessä tilaaja taas valitsee oletuslaajuuden (vaihtoehto A) tai projektikohtaisen laajuuden (vaihtoehto B). Oletuslaajuuden avulla pyritään tavanomaisten suunnittelutehtävien rajaukseen, kun hanke on kiinteä urakka. Projektikohtaisessa laajuudessa suunnittelutehtävien sisältö määritetään tapauskohtaisesti. Uuden avoimen urakkamuodon alussa sovitaan, minkä tyyppisiin ja laajuisiin muutoksiin varaudutaan missäkin tilassa. Muuttuvien tilojen toteutussuunnittelu tehdään vasta, kun tilojen ensimmäinen käyttäjä on selvillä. (RT-kortisto 2013a; Äyräväinen 2014)

Tehtäväluettelo ja sen jokainen vaihe voidaan jakaa viiteen vastaavanlaiseen menettelyosioon. Nämä osiot ovat edellytysten toteaminen, valmistelu, käynnistäminen, suoritus ja suorituksen hyväksyminen. (Äyräväinen 2014) Edellytysten toteamisiosiossa asetetaan vaiheen tavoitteet. Valmisteluosiossa varmistetaan lähtötietojen riittävyys ja käytössä olevien resurssien pätevyys ja riittävyys. Käynnistämiosiossa varmistetaan tavoitteiden olevan hankkeen mukaiset ja aikataulujen realistiset. Suoritusosioon kuuluvat suunnitelmiin tai rakentamiseen sisältyvät tehtävät. Suorituksen hyväksymiskohdassa taas todetaan työn tavoitteiden, sopimusten ja vaatimusten saavuttaminen.

Rakennushankkeen eri vaiheet voivat olla käynnissä samaan aikaan. Rakennushankkeen tehtävät voidaan sijoittaa kuvan 10 mukaisesti. Kuvassa aika etenee alaspäin. Tehtäväluettelon vaiheet voidaan jakaa myös pystysuuntaisiin ryhmiin.



Kuva 10. Tehtäväluettelon tehtäväkokonaisuuksien sijoittuminen projektiin (RT-kortisto 2013b).

5.2.1 Hankkeen tarve ja valmistelu (tarveselvitys, hankesuunnittelu ja suunnittelun valmistelu)

Rakennushanke alkaa tarveselvityksellä, jossa perustellaan tilahankinnan tarpeellisuus tai tilan muutostarve. Tällöin kuvaillaan tarvittavat tilat sekä niille asetetut vaatimukset ja vaihtoehtoiset käyttötavat. Samalla arvioidaan eri ratkaisujen kustannukset. (RT-kortisto 2013a) Osa tilaajista tekee tarveselvityksen ja hankesuunnittelun ilman suunnittelijoita, mutta tarveselvityksessä voidaan käyttää myös asiantuntijoiden tekemiä selvityksiä (Äyräväinen 2014). Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa taloteknisen suunnittelijan rooli on avustava. Taloteknisen suunnittelun tehtävät tilataan luettelosta erikseen. Nämä erikseen tilattavat tehtävät on merkitty TATE12 kohtiin A6 ja B6. (Granlund Oy 2014) Taloteknisen suunnittelijan apua kannattaisi kuitenkin hyödyntää jo melko alkuvaiheessa, jotta osataan varautua talotekniikan osalta tilatarpeisiin ja kustannuksiin. (Granlund Oy 2014)

Kun rakennushankkeen tarveselvityksestä on tehty hankepääätös, aloitetaan hankesuunnittelu. Hankesuunnittelussa asetetaan hankkeelle täsmälliset tavoitteet, ja lopputuloksena saadaan suunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Vaiheeseen kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen. (RT-kortisto 2013a) Hankesuunnittelu on tärkein vaihe korjaushankkeen lopullisen onnistumisen kannalta. Mitä tarkemmin tavoitteet on asetettu, sitä lähemmäksi niitä voidaan päästä. Hankesuunnitelmasta tulee käydä ilmi tavoitteiden lisäksi vaihtoehtojen valinnan perustelut, tarkastellut vaihtoehdot sekä poisjätettyjen vaihtoehtojen syyt. (Pulakka et al. 2014)

Hankesuunnittelun voi tehdä valittu suunnitteluryhmä tai erikseen valittu hankesuunnitteluun erikoistunut konsultti. Hankesuunnitelmassa ei ole välttämättä käytössä arkkitehtipohjia. Tällöin talotekniset suunnittelut määritetään sanallisina järjestelmäkuvausina sekä sisäilma-, energia- ja laatuvaatimuksina. (Äyräväinen 2014) Hankesuunnitelman ja investointipäätöksen jälkeen valmistellaan suunnittelun aloitus. Suunnittelun valmistelussa valitaan suunnittelijat ja käydään mahdolliset suunnittelukilpailut. Suunnittelijoiden valinnan jälkeen tehdään suunnittelusopimus järjestelmälaajuudesta, asiakirjojen sisällöistä ja lukumääristä sekä suunnittelun aikaisten kokousten lukumääristä. (RT-kortisto 2013a)

5.2.2 Suunnittelutehtävät (ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakennuslupatehtävät)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa selvitetään vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut, jotka toteuttavat aikaisemmissa vaiheissa asetetut tavoitteet. Vaihtoehtojen vertailulle ei aseteta lisävaatimuksia. Riittää, että dokumentointi määrittää ratkaisut. Ehdotussuunnittelun perustehtävät sisältävät energiankulutuksen tavoitelaskennan sekä sisäolosuhteiden tar-

kastelun tyyppitasolla. Lisätehtävillä täydennetään perustehtäviä korjaustarpeiden ja erityisvaatimusten laajuudessa. (RT-kortisto 2013)

Parhaimmaksi valittua ehdotussuunnitelmaa kehitetään yleissuunnitteluvaiheessa toteutuskelpoiseksi. Yleissuunnitelma toteutetaan rakennuksen kiinteän perusosan ja muuntuvien tila-alueiden osalta. (RT-kortisto 2013a) Vaiheen perustehtäviin kuuluu myös liittymäratkaisujen, reititystarpeiden ja tyyppitilojen esittäminen. Lisäksi eri alojen suunnittelijat vertaavat ja yhteensovittavat suunnitelmiaan. Yleissuunnitelman aikana saadaan tarkennettua ehdotussuunnitteluvaiheen laskelmia. (Granlund Oy 2014)

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelmaa tarkennetaan ja täydennetään rakentamiseen ja hankintoihin liittyvillä suunnitelmilla ja tuotemäärittelyillä. Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, joissa suunnitelmat palvelevat ensin hankintoja ja sitten rakentamisen toteutusta. (RT-kortisto 2013a) Suunnitelmia päivitetään rakentamisen edetessä, jos havaitaan mahdollisia ristiriitoja. Toteutussuunnittelu ei kuitenkaan sisällä muutossuunnittelua. (Granlund Oy 2014)

Toteutussuunnittelun perustehtävät sisältävät kiinteän urakan urakkalaskentaan liittyvät tehtävät. Kaikki toteutusta palvelevat tehtävät on sisällytetty erikseen tilattaviin tehtäviin. (Granlund Oy 2014) Projektiin voidaan sisällyttää lisätehtävien avulla vielä tarkentavia laskelmia toteutussuunnitelmien pohjalta, mikäli rakentajien hankinnat vaikuttavat niihin. Muita lisätehtäviä ovat esimerkiksi energiankulutuksen laskenta, LVI-verkostojen mallinnus, suunnitelmien yhteensovitukseen liittyvät erityistehtävät sekä elementtien ja kantavien rakenteiden varaustietojen laadinta.

Toteutussuunnittelun lisätehtävät on jaettu hankintoja ja toteutusta palveleviin kohtiin. Toteutusta palveleva -kohta sisältää kahteen käyttötarkoitukseen soveltuvia tehtäviä: uusiin hankintamuotoihin soveltuvia tehtäviä ja urakkalaskentasuunnitelmien täydentämiseen liittyviä tehtäviä. Urakkalaskentasuunnitelmien täydentämisen tehtäviä ei ole sisällytetty urakoitsijalle, joten suunnitelmat täydennetään vasta laskennan jälkeen toteutuspiirustuksiksi. (Granlund Oy 2014)

Kun hanketta toteutetaan avoimen rakentamisen mallilla, suunnitellaan ensin rakennuksen kiinteät osat. Muuntuvat osat laaditaan vasta suunnittelukokonaisuuden yhteydessä tilojen käyttötarpeiden selvittyä. Yleissuunnitteluvaiheessa avoimiksi jääneiden kohtien tulee olla kunnossa ennen kuin voidaan aloittaa toteutusratkaisun osakokonaisuuden suunnittelu. (RT-kortisto 2013a)

Tehtäväluettelon rakennuslupatehtäviin on kirjattu, että rakennushankkeen vaatimat viranomaislupamenettelyt tulee selvittää. Rakennuslupatehtävien mukaan varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuudet ja hyväksytetään pääpiirustukset sekä laaditaan tarvittavat lupahakemukset. (RT-kortisto 2013a) Hankkeen edellyttämät lupamenettelyt selvitetään suunnitelmien edetessä ja piirustusten ollessa valmiit. Vaaditut energiatehokkuuslaskelmat toteutetaan kohtien F4.1 ja F4.2 mukaan.

5.2.3 Rakentamistehtävät (rakentamisen valmistelu ja rakentaminen)

Rakentamisen valmistelussa kilpailutetaan rakentamistehtävät, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset. Talotekniset suunnitelmat tulee hyväksyttää viranomaisilla ja tarvittaessa viranomaisten vaatimukset täydennetään piirustuksiin. (RT-kortisto 2013a) Vaiheen tehtävät ovat melko vastaavanlaiset kuin suunnittelun valmistelussa lukuun ottamatta suunnitelmien hyväksyttämistä. Rakentamisen valmistelu ei sisällä lisätehtäviä kuten ei myöskään suunnittelun valmistelu.

Rakentamistehtävät ovat suunnitelmia täydentäviä. Rakentamisen aikana varmistetaan suunnitelmia vastaavat toteutukset ja sopimuksen mukainen lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa. (RT-kortisto 2013a) Rakentamisosion perustehtävät sisältävät laitteiden ja järjestelmien hyväksynnän sekä tarvittaessa rakentamistuotteiden kelpoisuuden toteamisen CE-merkinnän avulla. Perustehtävissä tarkistetaan urakoitsijan laatimat tarkennussuunnitelmat, ja nämä päivitetään rakennusvalvonnan edellyttämiin energialaskelmiin. Lisäksi toimitetaan kiinteistön ylläpitoon tarvittavat suunnitelmatiedot huoltokirjaa varten. (Granlund Oy 2014)

Rakentamisvaiheen lisätehtävillä pystytään helpottamaan omien valvojien tehtäviä palaverien sekä tarkastus- ja toimintakoetehtävien aikana. (Granlund Oy 2014) Lisätehtäviin voidaan sisällyttää energian ja sisäilman tarkastelujen päivittämistä aivan samalla tavalla kuin aikaisempiinkin vaiheisiin. Mallien päivittämistä voidaan tehdä urakoitsijoiden toimittamien laitetietojen avulla. (RT-kortisto 2013a) Tilaaja voi myös edellyttää suunnittelijoita osallistumaan urakoitsijoiden tekemien tarjousten käsittelyyn ja vertailuun sekä urakkasuoritusten tekniseen tarkasteluun. Tästä on hyötyä, koska suunnittelijoilla on tarkastelua ja vertailua täydentävää lisätietoa.

5.2.4 Suorituksen hyväksyminen (käyttöönotto ja takuu aika)

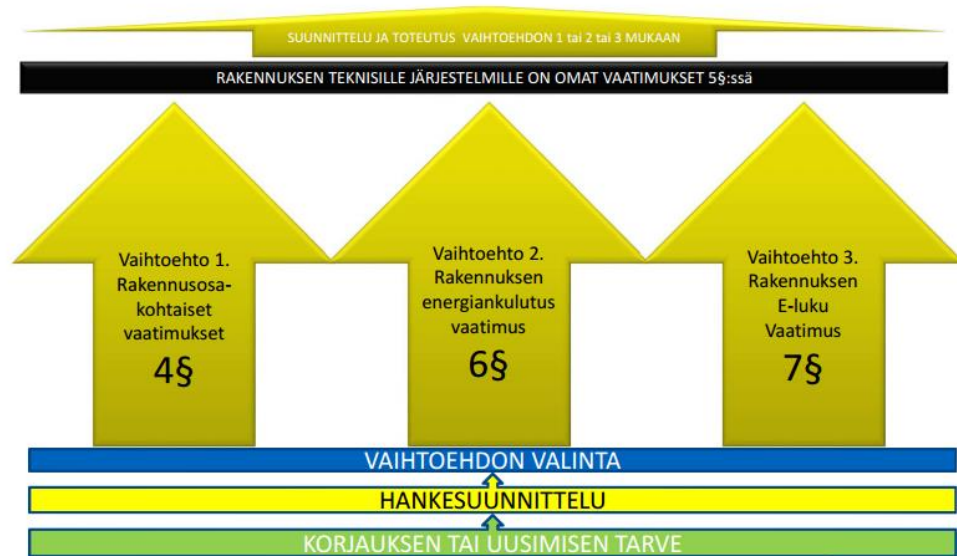
Rakennushankkeen käyttöönottovaiheessa tarkistetaan järjestelmien toiminta ja opastetaan niiden käytössä. Näin varmistetaan urakoitsijan työn laadusta ja suunnitelmallisuudesta sekä järjestelmien oikeasta toiminnasta. Käyttöönottovaiheen lisätehtävien avulla varmistetaan käyttöönoton tavoitteet, jotka suunnittelija on todennut tarkastusten yhteydessä. Tehtävien teettäminen suunnittelijoilla on tarpeen erityisesti silloin, kun kohteessa ei ole ollut erillistä talotekniikan valvojaa. Lisätehtäviin on kirjattu vaihtoehto, jossa suunnittelija voi laatia luovutuspiirustukset urakoitsijan punakynäsarjasta. Nämä piirustukset luovutetaan mahdollisesti paperitulosteina ja sähköisesti tallennettuina versioina rakennuttajalle arkistoitavaksi. (RT-kortisto 2013a)

Tehtäväluettelossa viimeisenä rakennushankkeen vaiheena on takuu aika, jolloin varmistetaan rakennuksen toimivuus. Takuuajalle luodaan säännöt, joiden mukaan tar-

vittaessa pidetään tarkastuksia ja korjataan puutteita. Takuuajan lisätehtäviin on kirjattu vaihtoehto, jossa arvioidaan järjestelmien toimintaa analysointikäyntien ja etäseurannan avulla. Rakennuksen toimintaa voidaan arvioida tavoiteltujen arvojen avulla. Käyntiaikojen ja asetusarvojen pohjalta voidaan pyytää raportointia, joka sisältää energiankulutuksen laskennallisia tarkasteluja (RT-kortisto 2013a).

5.3 Korjausrakentamisen vaiheet

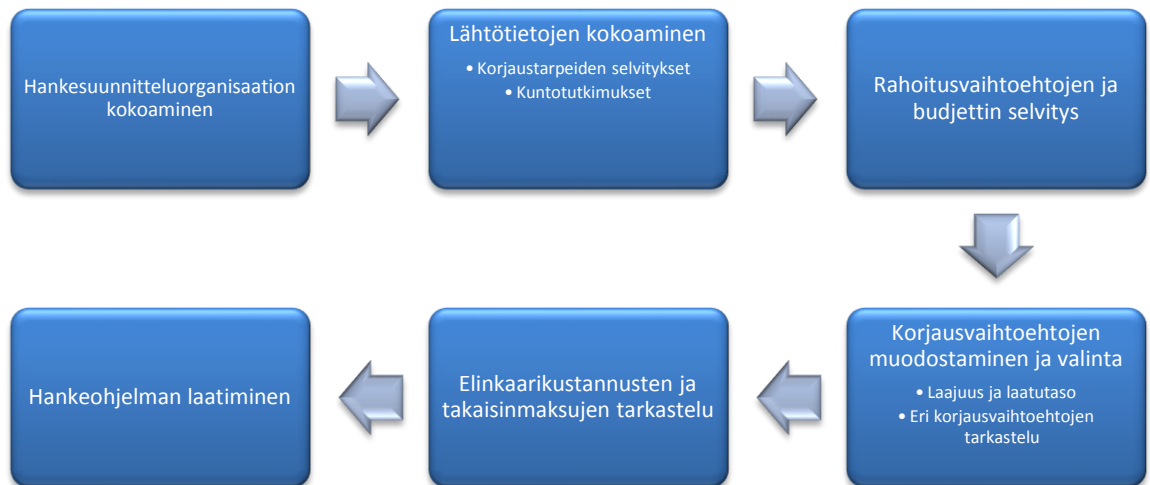
Korjaus- ja muutoshankkeen vaiheet on esitetty kuvassa 11. Energiatehokkuusvaihtoehdot tulee toteuttaa asetuksen 4/13 vaatimuksilla. Lisäksi energiatarkasteluja tulee tehdä ja täydentää rakennushankkeen edetessä. Korjaus- ja muutoshankkeen hallintaan ja suunnitteluun auttaa rakennushankkeissa apuna käytettävät tehtäväluettelot.



Kuva 11. Korjausrakentamisen vaiheet (Kauppinen 2013b).

Korjaus- tai muutoshanke alkaa uusimisen tarpeesta. Uusimisen apuna voidaan käyttää suunnittelijoiden erikseen laatimia selvityksiä tai tutkimuksia. Uusimistarpeita voi selvittää rakennuksen kuntotutkimuksista ja järjestelmien elinkaariselvityksistä. Ehjää ja toimivaa ei ole syytä uusida vain energiatehokkuuden parantamisen vuoksi. Uusimistarpeiden lähestyessä kannattaa tarkastella myös energiatehokkuuden parantamisen lisäkustannuksia eli sitä, kuinka paljon enemmän energiatehokkaiden laitteiden ja järjestelmien hankkiminen kustantaa. Energiatehokkuuden parantaminen on siis osa rakennuksen yleistä ylläpitoa. Kaikissa remonteissa olisi tavoiteltava myös sisäilmaston hyvää laatua. Energiatehokkuuden parantaminen ei saa heikentää rakennuksen sisäolosuhteita.

Kun korjaus- tai muutostarpeet ovat ilmenneet, aloitetaan hankesuunnittelu, jossa määritetään hankekohtaisesti korjaus- tai muutostoimenpiteiden sisältö ja laajuus. Hankesuunnittelun vaiheet voidaan jakaa kuvan 12 vaiheisiin. Huolella tehdyt alkusuunnitelmat auttavat myöhemmissä vaiheissa, ja tällöin hanke onnistuu myös paremmin.



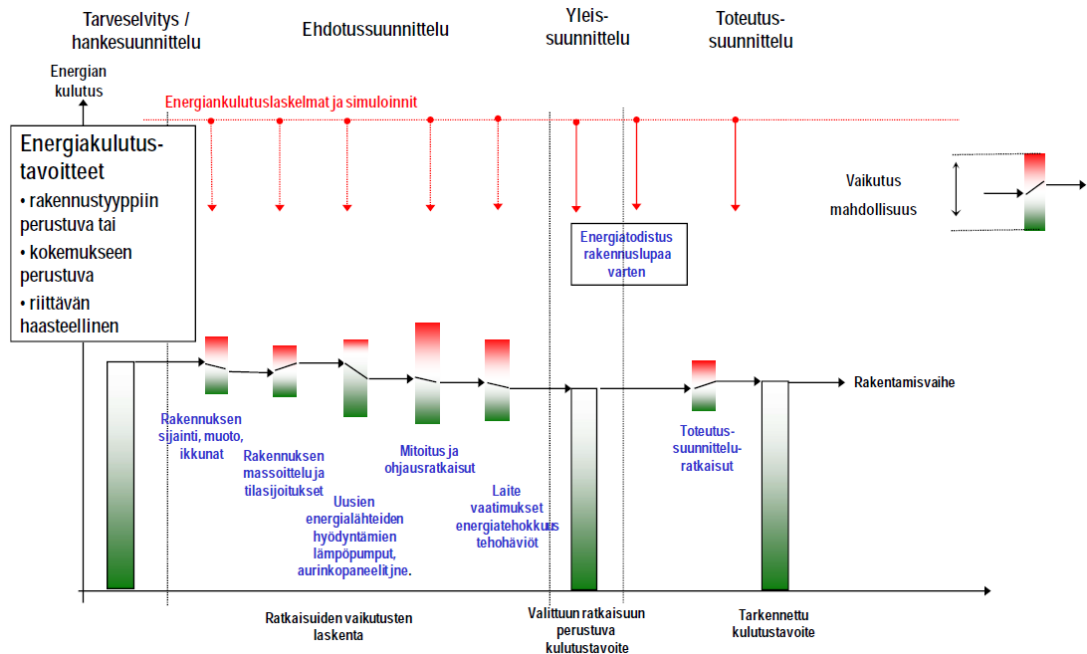
Kuva 12. Hankesuunnittelun vaiheet.

Hankesuunnittelun lähtötiedot voidaan kerätä uudistetun hanketietokortin HT12 avulla. Hanketietokorttiin on jaoteltu selkeästi rakennuksesta tarvittavat tiedot ja vaatimukset. Hanketietokorttiin täydennetään rakennushankkeen perustiedot ja suunnitelmien vaatimusmäärittelyt. Hanketietokortin ohjelmalla voidaan valita tehtäväluetteloon TATE12 soveltuvia tehtäviä, jotka kirjataan hanketietokorttiin sen laatimisen yhteydessä. (Granlund Oy 2014)

Hankesuunnitelmassa tai viimeistään suunnitteluvaiheissa on hyvä selvittää rakenteissa olevat asbestimäärät, koska nämä vaativat myös asbestipurkusuunnitelmat. Rakennusjärjestelmien ja rakennusosien korjaustarpeet kannattaa selvittää ainakin ilmanvaihto-, sähkö-, tele-, lämmitys-, sadevesi-, salaoja- ja käyttövesijärjestelmien osalta. Näiden selvittämisessä auttaa putkien ja ilmanvaihtohormien kuntotutkimukset. Erilliselvitysten ja tutkimusten hankkiminen voidaan tulkita osaksi lähtötietojen selvittämistä. Saatujen lähtötietojen pohjalta aloitetaan energiatehokkuusvaatimuksen tarkastelu. Hankesuunnitteluvaiheessa toteutetut energiatarkastelut ja energiamääräykset kannattaa tehdä huolella, koska alustavia tuloksia käytetään eri vaihtoehtojen keskinäisissä kannattavuusvertailuissa. Mikäli kyseessä on laajempi urakka, tarkasteluissa kannattaa tutkia myös, onko muiden rakennusosien kunnostaminen kannattavaa. Hankesuunnitteluvaiheessa on muistettava tarkastella myös rahoitus, aikataulu ja kustannusarviot. Jos hanke laajenee liian suureksi, voi koko urakka jäädä toteuttamatta.

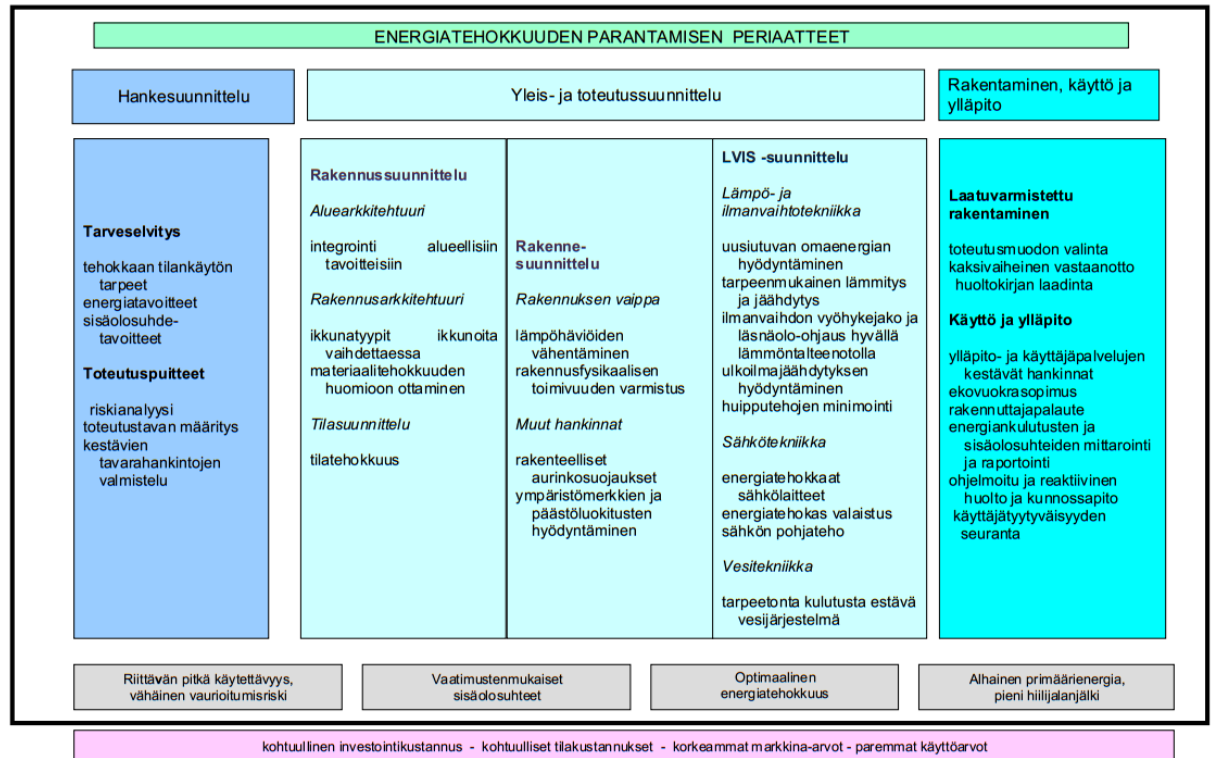
Tilaa voi sisällyttää lisätehtävien avulla ehdotussuunnitteluvaiheeseen tarkempia energiateknisiä tarkasteluja korjaus- ja muutostoimenpiteistä. Tähän vaiheeseen voi lisäksi sisällyttää talotekniset kuntokartoitukset, mikäli niitä ei ole tehty jo hankesuunnittelun yhteydessä. Energiaselvitysten lisäksi muita merkittäviä tarkasteluja ovat tavoitteenmukaisuuden, investointikustannuksen ja elinkaarikustannuksen laskenta. Nämä löytyvät tehtäväluettelon erikseen tilattavien tehtävien kohdista D6.2, D6.5 ja D6.6.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehtyjä energialaskelmia voidaan vaatia tarkennettavaksi tulevien vaiheiden erikseen tilattavissa tehtävissä. Energialaskelmia voidaan tarkentaa hankkeen eri vaiheissa, mikäli ne sisällytetään erikseen tilattaviin lisätehtäviin. Energiasimulointeja olisi hyvä sisällyttää hankkeen eri vaiheisiin. Energiankulutussimulointien eri kohtia ja niiden vaikutuksia on havainnollistettu kuvassa 13.



Kuva 13. Energiasimulointien toteutus suunnitelmien eri vaiheissa ja eri vaiheiden vaikutukset energiankulutukseen tasoon (RIL 259 2012).

Kuvaan 14 on kerätty energiatehokkuuden parantamisen periaatteita, joita ilmenee korjausrakentamisprosessin aikana. Lisäksi kuvasta selviää eri suunnittelualuejen vastuulla olevat tehtävät sekä tarvittavat selvitykset ja tarkastelut.



Kuva 14. Energiatehokkuuden parantamisen periaatteet (Pulakka et al. 2014).

Kohteen energiatehokkuuden parantaminen alkaa jo ennen korjaussuunnitelmia ja tarpeiden tarkastelua. Rakennuksen kulutuksien tarkastelulla pystytään arvioimaan parantamiskohtia ja -tarpeita. Energiankulutus on kuitenkin hyvin riippuvainen käyttäjien totumuksista. Silti rakennusten korjauksilla ja laitteiden uusimisilla luodaan mahdollisuus energiansäästölle.

Rakennuksen energiatehokkuutta parantavia korjaustoimenpiteitä kannattaa toteuttaa ainoastaan, kun rakennusosa tai laite täytyy korjata tai se on saavuttamassa teknisen käyttöikänsä. Samalla on usein kannattavaa tarkastella korjaus- ja muutostoimenpiteiden energiatehokkuuden parantamisen kustannuksia. (Pursiheimo et al. 2013) Hyvän ja tasaisen sisäilmanlaadun, sisälämpötilan ja olosuhteiden mittaaminen on vaikeaa. Lisäksi näiden painoarvoa ja kustannuskannattavuutta on vaikeaa määrittää. On silti selvää, että rakennuksen käyttäjät viihtyvät paremmin hyvässä sisäilmassa.

Rakennusten korjauskustannukset ja toimenpiteet ovat aina kohdekohtaisia. Korjausrakentamisen kannattavuuteen vaikuttavat kohteen kunnon ja korjauskonseptin lisäksi korjattavan rakennusosan koko ja korjaustoimenpiteiden laajuus. Useamman korjaustoimenpiteen ja suuremman kohteen kustannukset ovat suhteessa halvempia. Lisäksi esimerkiksi ilmanvaihdon korjauksessa on ratkaisevaa, korjataanko olemassa olevaa järjestelmää vai rakennetaan tilalle kokonaan uusi. (Pursiheimo et al. 2013)

Energiatehokkuuden suunnittelun vaiheista löytyy helposti huonoja esimerkkejä, miten prosessia ei kannata toteuttaa. Sen sijaan hyviä esimerkkejä on liian vähän. Jo heti

hankkeen alkuvaiheessa olisi hyvä palkata erillinen energiasuunnittelija. Tämä aiheuttaa kuitenkin tilaajalle usein lisäkustannuksia. Usein rakennuslupaa haetaan liian aikaisessa vaiheessa, jolloin suunnitelmien lähtöarvot eivät ole välttämättä riittävän hyvin selvillä. Rakennuksen energiankulutuksen parantaminen ei perustu vain energiakorjauksiin, vaan myös käyttäjien totumuksilla on merkittävä rooli energiankulutuksessa. Näin ollen käyttäjiä tulisi ohjeistaa energiasuunnitelmien ja -korjausten tavoitteista. Kuitenkaan käyttäjien ei tulisi verrata E-lukulaskentaa energiankulutuksen tavoitearvoon. (Optiplan Oy 2014)

6. ESIMERKKIKOHTEIDEN TAUSTAT JA KORJAUSTOIMENPITEET

Molemmat työssä tutkittavat rakennukset ovat 1900-luvun alkupuolelta. Tällöin rakentamismääräyksissä ei ollut vielä energiatehokkuuteen vaikuttavia kohtia. Rakennukset ovat ajalleen tyypillisiä massiivisia rakennuksia. Molempiin kohteisiin on toteutettu vuosien 2012-2015 välisenä aikana laajat peruskorjaukset, joissa on uusittu tilajärjestelyjä ja talotekniikkaa.

Työn lähtöarvojen määrittämisessä jouduttiin käyttämään jonkin verran omaa arviointia, koska korjaustoimenpiteet olivat jo pitkällä työtä aloitettaessa. Tämän takia työn ja todellisten energiatarkastelujen välillä voi olla lieviä eroja. Todellisuudessakin alkutilanteen arvoja joudutaan kuitenkin arvioimaan jonkin verran vanhojen kuvien ja tietojen perusteella. Lähtötilanteen arvoja saa määritettyä ja tarkennettua paikanpäällä tehtävillä tutkimuksilla.

Kohteiden energiasimuloinnit toteutettiin MagiCAD Comfort & Energy:n olosuhde- ja energiasimulointiohjelmalla Riuska. Energiatarkasteluita varten saatiin molemmista kohteista käyttöön Riuska-mallit. Ensimmäisen tutkimuskohteen mallin (Aleksanterinkadun) oli tehnyt Äyräväinen Oy ja toisen tutkimuskohteen mallin (Eteläesplanadin) Ramboll Finland Oy.

6.1 Toimistot sekä niiden energiankulutukset ja korjaustoimenpiteet

Energiankulutus jakautuu Suomessa rakennustyypeittäin seuraavasti: omakotitalot kuluttavat 27 %, tuotantorakennukset 27 %, asuinkerrostalot 19 %, liike- ja toimistorakennukset 17 %, julkiset palvelurakennukset 8 % ja rivitalot 6 %. (Kauppinen 2013c) Vaikka toimistorakennuksia on vain alle yksi prosentti Suomen rakennusten lukumäärästä, ne kuluttavat yllättävän suuren osan energiasta, kun tarkastellaan kulutuksia rakennustyypeittäin (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014b). Tämän takia niiden energiankulutukseen on syytä kiinnittää huomiota.

Lämmitys- ja jäähdytysenergiaan vaikuttavia asioita ovat muun muassa: (Holopainen et al. 2007)

- Sijainti, suuntaus
- Rakenteiden eristystaso, massiivisuus, U-arvot
- Ikkunoiden rakenne, koko, suuntaus, suojaus, U-arvo
- Rakennuksen tiiviys

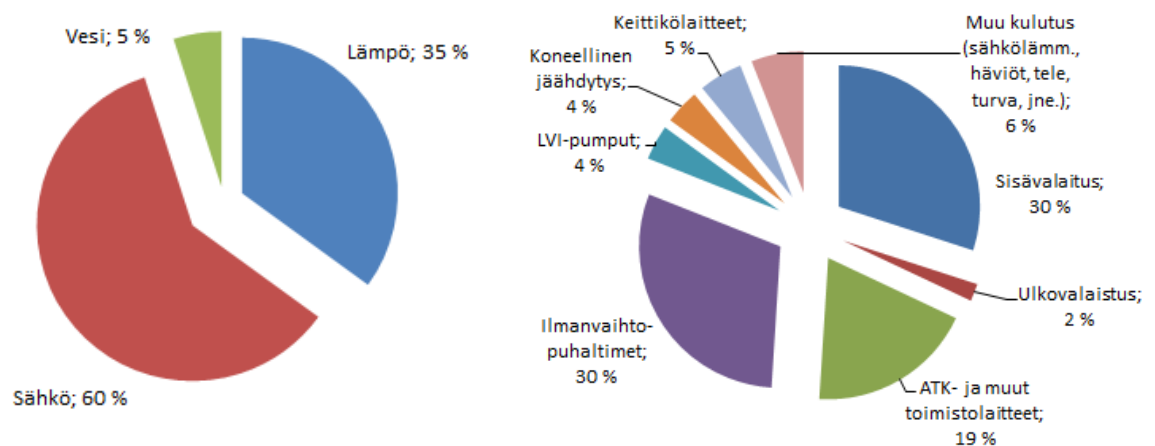
- Rakennuksen tilaohjelma, sen tyyppi ja koko
- Rakennuksen pohjaratkaisu
- Käyttötottumukset (huonelämpötila, tuuletus, ilmanvaihto ja lämmin vesi)
- Käyttäjien lukumäärä
- Tilojen käyttöaika sekä tekninen varustelutaso ja kuormat
- Talotekniset järjestelmät (esim. ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehokkuus, lämmitysjärjestelmä)

Julkisissa rakennuksissa kuluu eniten sähköä valaistukseen ja ilmastointiin. Osa näistä sähkökulutuksista siirtyy kuitenkin tiloihin lämpökuormaksi. Talvella tämä lämpökuorma pienentää lämmitystarvetta, mutta kesällä se kasvattaa jäähdytystarvetta. Sähkökulutukseen vaikuttavat: (Lappalainen 2010 s. 45; Motiva 2006)

- Käyttötavat
- Laitekuormat
- Valaisintyypit ja lamppuratkaisut
- Valaistustasot
- Valaistuksen ohjaus
- Laitevalinnat (käyttäjän laitteet, pumput, puhaltimet, hissit, keittiölaitteet)
- Tietokoneet, tulostimet, kopiokoneet ja muut verkkovirtaan kytketyt laitteet
- Konehuoneet ja niiden varustelutaso

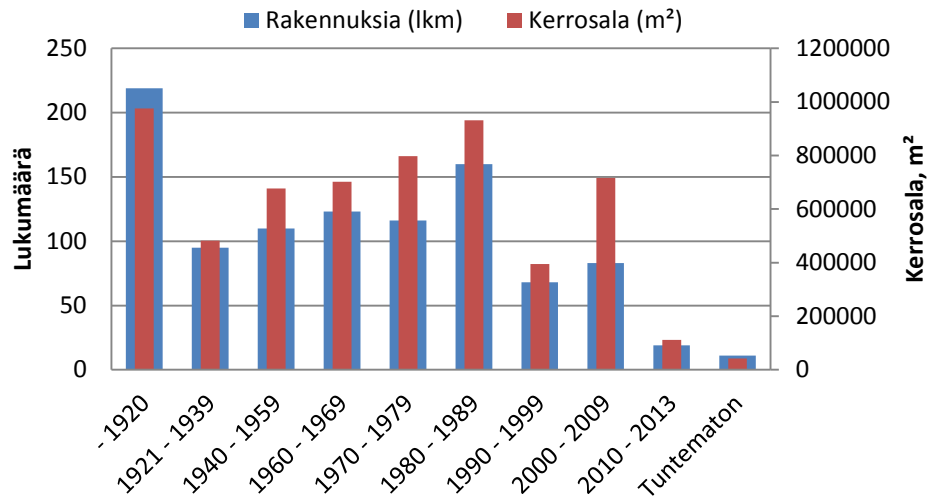
Kun peruskorjauksissa tehdään muutoksia lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergiaan vaikuttaviin asioihin, saadaan muutettua koko rakennuksen energiankulutusta.

Suomessa sähkön kokonaiskulutuksesta kuluu yhteensä 19 prosenttia palvelusektorilla ja julkisella sektorilla (Motiva 2006). Yksittäisen toimistorakennuksen energian- ja sähkökulutuksen jakaumat ovat tyypillisesti kuvan 15 mukaiset.



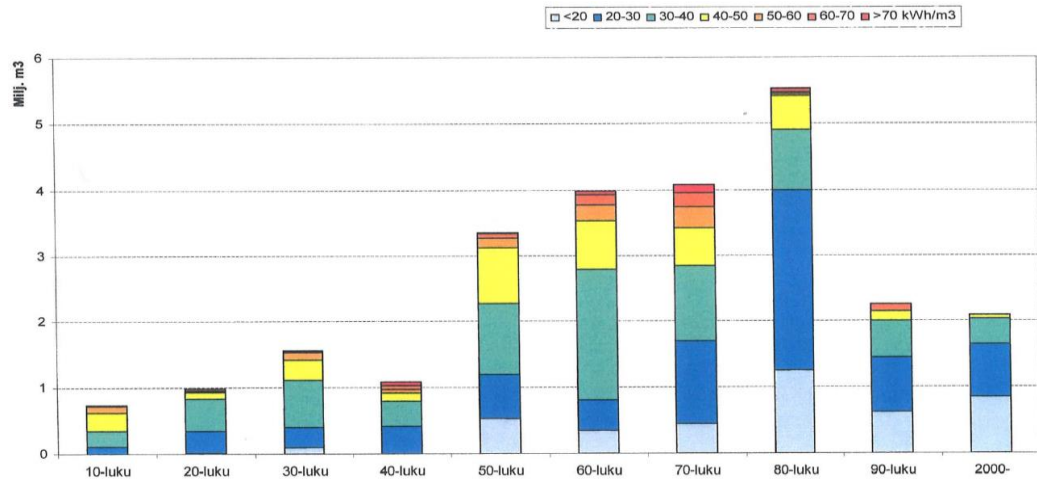
Kuva 15. Toimistorakennuksen tyypillinen energian- ja sähkökulutusjakauma (Granlund Oy 2002).

Helsingin rakennuskannan iät vaihtelevat melko paljon. Osa rakennuskannasta on hyvinkin vanhaa. Arviolta 83 % Helsingin kaupungin toimistorakennuksista on valmistunut ennen vuotta 1975 (Helsingin kaupunki 2009). Valtaosa toimistorakennuksista on siis rakennettu ennen kuin rakennusmääräysten asettamat energiatehokkuusvaatimukset ovat astuneet voimaan. Ensimmäiset lämmöneristämismääräykset annettiin vasta vuonna 1976. (Virta & Pylsy 2011 s. 70) Helsingin toimistorakennusten jakauma eri vuosikymmenille selviää tarkemmin kuvasta 16.



Kuva 16. Toimistorakennusten kerrosalat (m²) ja lukumäärät Helsingissä rakennusvuoden mukaan (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014).

Helsingin rakennuskannan pinta-alasta 97 % on kytketty kauko- tai aluelämpöverkkoon vuonna 2013 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014). Vuonna 2011 Helsingin Energian, nykyisen Helen Oy:n kaukolämpöverkkoon kytkettyjen toimistorakennusten ominaisenergiankulutukset ovat kuvan 17 mukaiset. Kuvasta huomataan, että ennen 1980-lukua rakennettujen toimistorakennusten keskimääräinen ominaisenergiankulutus on vain hieman suurempi kuin uudempien rakennusten.



Kuva 17. Helsingin Energian verkostoon kuuluvien toimistorakennusten ominaisenergiankulutukset eri vuosikymmenillä (Helsingin Energia 2011).

Rakennuksiin tehtävien energiakatselmusten avulla saadaan selville potentiaalisia energiatehokkuuden parantamisen vaihtoehtoja, kun tarkastellaan rakennusten perustietoja. (Motiva 2015a) Rakennusten säästöpotentiaalit vaihtelevat hyvin paljon eri rakennustyypeittäin ja eri rakennusvuosittain. Säästöpotentiaaleja on mahdollista tarkastella keskenään vastaavanlaisten rakennusten avulla. (Motiva 2015b) Silti jokainen rakennus on tarkasteltava omana kokonaisuutenaan.

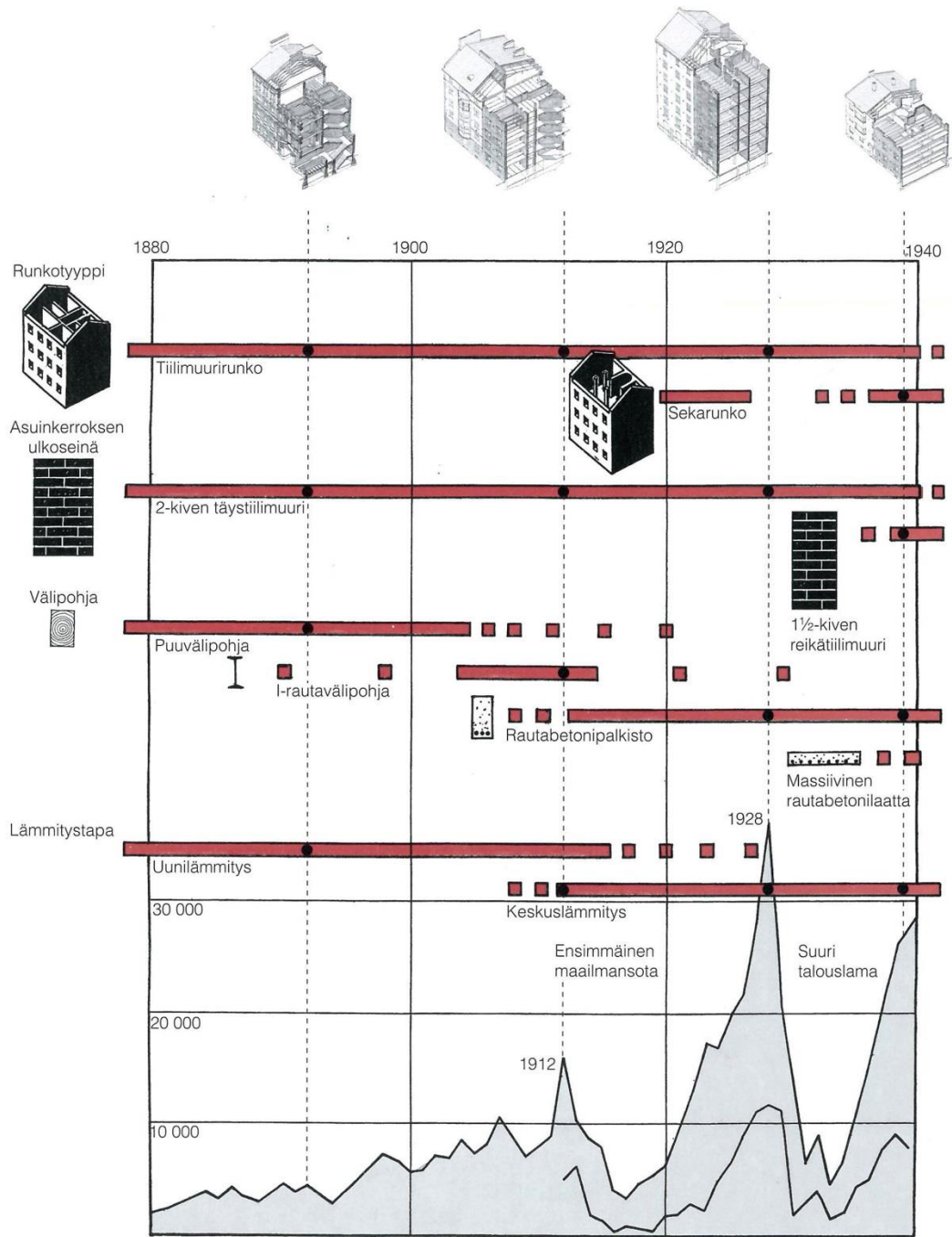
6.1.1 Tyypilliset 1900-luvun rakennusten rakenteet ja rakenteiden odotetut tekniset käyttöiät

Ensimmäiseen maailmansotaan asti lähes kaikki talojen kantavat pystyrakenteet muurattiin vanhan tavan mukaisesti tiilestä vuosisatojen ajan. Tämä tiilimuurattujen rakenteiden perinne jatkui Suomen asuinrakentamisessa aina 1960-luvulle asti. Usein tiilimuuratut ulkoseinät muodostuivat 2-kiven rakenteista, joiden paksuus oli noin 60 cm. Kantavat väliseinärakenteet rakennettiin 1 ½-kivistä ja näiden paksuus vaihteli 30-45 cm välillä. (Neuvonen et al. s. 53) 1900-luvulla yleistynyt betonin valaminen mahdollisti uusia runkoratkaisuita. Betonia ei kuitenkaan voitu käyttää ulkoseinissä ilman erillistä lämmöneristyskerrosta. Väliseinissä ja rungon pilareissa rautabetonivalaminen kuitenkin yleistyi nopeasti. (Neuvonen et al. s. 53-54)

Ennen toista maailmasotaa ulkoseiniin lisätyt lämmöneristeet olivat yleensä orgaanisia lämmöneristyslevyjä. 1920-luvun jälkipuoliskolta alkaen lämmöneristeenä käytettiin myös kevytbetonia. Samaan lämmöneristystarkoitukseen käytettiin myös tavallista punatiiltä huokoisempia kivimateriaaleja. Orgaanisia lämmöneristeitä olivat korkkittamasta saatava korkki, turvepehku, huokoinen puukuitulevy sekä lastuvilla(ementti)levy. Vasta 1930-luvun jälkeen eristykseen alettiin valmistaa lasivillaa. (Neuvonen et al. s. 71, 85, 87)

Yläpohjat voidaan jakaa karkeasti tuuletettuihin ja tuulettamattomiin rakenteisiin. 1900-luvun alkuun asti välipohja- ja yläpohjarakenteita kannattelivat usein jyvät puuvasat. Rakenteiden alapinnat voitiin toteuttaa monella eri tavalla, mutta yksinkertainen ja helppo tapa oli lyödä ponttilaudoitusta vasojen alapintaan. Puuvasojen välit täytettiin erilaisilla täyteaineilla. Ullakon lattia tuli paloturvallisuussyistä tehdä palopermannolla. Vuodesta 1895 lähtien ullakon lattian piti olla palamatonta ainesta ja vähintään 40 mm paksuinen. Tätä ennen lattian piti vastata vähintään 75 mm lapetiilikerrosta. 1900-luvun alussa I-rauta- ja rataakiskovälipohjarakenteet yleistyivät. Näin puiset vasat korvattiin I-raudoilla ja näiden alapintoihin tuettiin noin 12 cm paksut betonista valetut laatat. Tällöin ullakkotilan lattiaksi riitti 4 cm:n paksuinen betonista valettu palopermanto. (Neuvonen et al. s. 88-94) Yläpohjan ja vesikattojen tekniset käyttöiät ovat noin 20-35 vuotta riippuen säännöllisistä tarkastus- ja huoltotoimenpiteistä. Tyypillisimpiä vaurioita ovat pienet reiät, joista vesi pääsee rakenteisiin. (Virta & Pylsy 2011 s. 82-83)

Asuinkerrostalojen yleisimmin käytetyt rakenteet 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alussa on esitetty kuvassa 18. Vastaavanlaiset rakenteet toistuivat myös muissa saman ajan rakennuksissa. Kuvan alareunan käyristä ylempi kertoo kaupungeissa valmistuneiden asuinhuoneiden määrät ja alempi Helsingissä valmistuneiden asuinhuoneiden määrät. Kuvan 18 valmistuneiden asuinhuoneiden määrissä on nähtävissä kaksi notkahdusta. Nämä notkahdukset osuvat I maailmansodan (1914-1918) ja 1930-luvun talouslaman kohdille. Jälkimmäinen notkahdus tapahtui siis juuri ennen II-maailmansotaa (1939-1945). Maailmansodat ja niitä edeltäneet talouslamat vaikuttivat siis myös rakentamistahtiin.



Kuva 18. 1900-luvun vaihteen tyypilliset rakenteet ja asuinhuoneistojen valmistusmäärät kaupungeissa (Neuvonen et al. s. 52).

Ikkunat olivat Suomessa yleensä kaksilasisia puuikkunoita aina 1970-luvun puoliväliin asti. Näiden ikkunoiden U-arvot vaihtelivat välillä 2,7-3,0 W/m²K. Öljykriisin aiheuttamien energiansäästöjen siivittämänä alettiin tehdä kolmilasisia ikkunoita, joiden U-arvot olivat noin 2,0-2,5 W/m²K. Seuraava harppaus tapahtui 1980-luvulla, kun siirryttiin käyttämään kaasua ikkunalasien välissä. Vanhoissa ikkunoissa auringon säteilystä noin 75 % tulee huoneeseen, eli ikkunoiden g-arvot ovat noin 0,75. Nykyajan ikkunoiden g-arvot vaihtelevat 0,4-0,5 välillä, mutta aurinkosuojattujen lasien läpi auringon säteilystä pääsee vain 20-30 prosenttia. (Virta & Pylsy 2011 s. 76-77)

Ikkunoiden kestoikä riippuu paljolti niiden rakenteesta, käytetystä materiaalista ja kunnossapidon laadusta. Puuikkunoiden tekniset käyttöiät ovat keskimäärin 30 vuotta ja puu-alumiini-ikkunoiden noin 60 vuotta. Puuikkunoiden käyttöikä riippuu hyvin paljolti niihin kohdistuvista rasituksista. Lännen ja etelän puoleisten ikkunoiden oletettu käyttöikä on selvästi alhaisempi kuin itään ja pohjoiseen aukeavien ikkunoiden. Lisäksi esimerkiksi ikkunoihin osuva viistosade lyhentää käyttöikää. (Virta & Pylsy 2011 s. 76-77)

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmänä on toiminut aina 1960-luvulle asti painovoimainen ilmanvaihto. Tämän jälkeen yleistyivät koneelliset poistoilmanvaihtojärjestelmät. 1970-luvulle tultaessa poistoilmakanavia alettiin rakentaa peltikanavista. Tätä ennen kanavat olivat rakennusaineisia hormeja. Poistoilmajärjestelmien puhaltimet tulisi uusida noin 10-30 vuoden välein ja kanavat tulisi puhdistaa 10 vuoden välein. (Virta & Pylsy 2011 s. 85-86)

Keskuslämmitys on yleistynyt rakennuksiin ensimmäisen maailmansodan aikoihin. Tätä ennen rakennukset lämmitettiin usein tilakohtaisilla uuneilla. (Neuvonen et al. s. 52) Kaukolämmityslaitteiden tekniset käyttöiät ovat 20-25 vuotta. Öljylämmityslaitteiden käyttöiät vaihtelevat 20-50 vuoden välillä riippuen toiminnallisista ratkaisuista. Öljypolttimien käyttöikä on noin 15 vuotta. Sähkölämmitysjärjestelmien käyttöiät ovat vain noin 10-20 vuotta. (Virta & Pylsy 2011 s. 106-107)

6.1.2 Mahdolliset energiansäästötoimenpiteet

Energiansäästämispotentiaalit vaihtelevat paljon eri aikakausien rakennuksilla ja rakennustyypeillä. Energiatehokkuuteen vaikuttavia korjaustoimenpiteitä kannattaa tutkia ja tarkastella vasta tarpeiden synnyttyä. Muussa tapauksessa energiansäästötoimenpiteet ovat enemmän hallinnollisia ja huollollisia. Tällaisia ovat esimerkiksi teknisten järjestelmien toiminnan varmistaminen, energiankulutusten seuranta ja käyttäjien perehdyttäminen rakennuksen järjestelmiin. (Kalema et al. 2011; Holopainen et al. 2007)

Ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen ei ole aina mahdollista, koska vanhoissa rakennuksissa julkisivut voivat olla suojeltuja. Tämän takia ainoa ulkoseinien lämmöneristävyuden parantamiskeino on sisäpuolinen lisälämmöneristäminen. Lisälämmöneristämässä voi tulla kuitenkin ongelmaksi kosteustekniset, asennukselliset ja käytännölliset asiat. Sisäpuolisen lisälämmöneristämisen seurauksena kastepiste voi siirtyä rakenteen sisälle, jolloin rakenteeseen voi muodostua kosteutta ja pahimmassa tapauksessa voi syntyä kosteus- ja homeongelmia. Sisäpuolinen lämmöneristäminen sopii maanvaraisiin ulkoseiniin ainoastaan, jos seinän ulkopuolella on jo aikaisemmin kohtuudella lämmöneristettä sekä kunnossa oleva vedeneristys (Rytmirakennus 2015). Kun rakenteen energiategokkuutta parannetaan, tulee rakenteen tekninen toimivuus varmistaa asiantuntevalta rakennesuunnittelijalta. 1900-luvun vaihteen rakenteiden sisäpuolisessa lisälämmöneristämässä kannattaa huomioida myös, että seinä ei ole välttä-

mättä suora ja tasainen. Tämän takia eristyslevyjen käyttö voi olla hieman haastavaa. Tällöin olisi kuitenkin melko helppo käyttää puhallettavaa eristettä. Kaikilla lisälämmöneristeillä on ominaisuutena huokoinen rakenne. Tästä voi seurata ongelmia, mikäli seiniin halutaan myöhemmin kiinnittää jotakin.

Yläpohjarakenteen lisälämmöneristäminen vaatii vanhan rakenteen korjaustarpeen ja rakennetyypin selvittämisen. Tasakaton korjaus voidaan tehdä vanhan rakenteen päälle. Toinen vaihtoehto on purkaa vanhat kattorakenteet ja tehdä tilalle uudet. Tuuletettujen kattojen lisälämmöneristäminen on helppoa, mikäli rakenteissa ei ole kosteusongelmia, ullakkotila on käyttämättömänä ja tila on riittävän korkea. Tällöin lämmöneristykseen paksuutta kasvatetaan lisäämällä vanhan eristeen päälle uutta. (Virta & Pylsy 2011 s. 82-83) Mikäli yläpohjaa joudutaan vahvistamaan rakenteellisesti esimerkiksi uusien IV-koneiden alta, rakenteen paksuus kasvaa aivan kuten lämmöneristävyyttä parannettaessa. Ongelmia voi tulla vanhan yläpohjan korjaamisesta, mikäli ullakkotilaa on vain rajallisesti. Tällöin voi olla helpompaa tehdä kokonaan uusi rakenne, jonka ansiosta myös rakenne saadaan energiatehokkaaksi ja sen paksuus pidettyä kurissa. Yläpohjan lisälämmöneristäminen ei ole taloudellisesti kovin kannattavaa, koska sen vaikutus on noin 2 %. Kuitenkin vesikaton korjauksien yhteydessä lisälämmöneristäminen on luonnollisesti järkevää (Pursiheimo et al. 2013).

Rakenteiden mahdollisia korjaustarpeita on syytä tutkia säännöllisesti. Kuntotutkimuksilla tarkastellaan rakenteiden nykyinen kunto ja rakenneratkaisut, joiden mukaan korjaustoimenpiteet voidaan toteuttaa. Lämpökamerakuvauksilla saadaan selvitettyä melko helposti rakenteiden mahdollisia puutteita. (Kouhia et al. 2010) Lämpökamerakuvausten avulla pystytään paikallistamaan vaipparakenteiden vuotokohtia ja muita rakenteiden kohtia, joissa lämmöneristeet ovat huonossa kunnossa. Näiden kunnostamisella voi saavuttaa jo selviä säästöjä, joten nämä toimenpiteet kannattaa sisällyttää erityisesti muiden korjaustoimenpiteiden yhteyteen.

Välipohjarakenteiden eristyksenä on voitu käyttää 1900-luvun vaihteen rakennuksissa muun muassa rakennusjätteitä. Rakenteiden välitilojen kunto ja niiden sisältämät mahdolliset sienesiintymät on hyvä selvittää, jotta vältetään uusilta remonteilta. Käyttönotetun rakennuksen uudelleen kunnostaminen voi tulla hyvinkin kalliiksi, kun huomioidaan taas uusi korjausaika ja muut vaaditut muuttotoimenpiteet.

Energiatehokkuuden näkökulmasta tarkasteltuna ikkunat ovat ulkovaipan huonoimpia rakenteita. Ikkunoiden uusimisella tai kunnostamisella säästetään lämmityskustannuksia. Tämän lisäksi ikkunoiden kunnostamisella on vaikutusta sisätilojen olosuhteisiin ja viihtyisyyteen. Ikkunoiden uusimiskustannukset ovat arviolta 1,0 U-arvon ikkunoille noin 350-450 €/m² ja 0,7 ikkunoille noin 450-550 €/m², mitkä ovat arviolta noin 60-90 €/asm² (Virta & Pylsy 2011 s. 80; Kiinteistöliitto 2014). Uusimisen kustannuksia voi nostaa vanhoissa rakennuksissa se, että ikkuna-aukot eivät ole välttämättä samankokoisia. Tämän takia jokainen uusi ikkuna joudutaan mittaamaan ja sovittamaan

paikanpäällä. Yleensä ikkunoiden korjaaminen tulee kyseeseen, kun ikkunoita ei haluta tai saada vaihtaa. Korjaustoimenpiteissä mahdollinen lämmönjohtavuuden parantaminen voidaan toteuttaa lisälasin asentamisella. Lisälasin asentaminen on arviolta noin puolet uuden ikkunan kustannuksista. Lisälasin asentamisella ei kuitenkaan saavuteta yhtä hyvää U-arvoa eikä ikkunasta tule välttämättä aivan yhtä tiivistä ja pitkäikäistä kuin kokonaan uudesta ikkunasta. Aina kuitenkin ikkunoita ei saa vaihtaa suoraan uusiin ja energiatehokkaisiin, vaan esteenä saattaa olla rakennuksen julkisivun suojelemerkintä. Tällöin ikkunat joudutaan kunnostamaan tai vaihtamaan vanhoja vastaaviksi. Yksi merkittävimmistä energiatehokkuuden parantamiskohdista on varmistaa ikkunan ja rakenteen välisen liitoksen tiiviys ja tekninen toiminta. Näiden liitosten tiiviydellä voidaan vaikuttaa paljonkin rakennuksen energiatehokkuuteen.

Valaistuksen energiankulutukseen vaikuttaa paljon tiloissa käytetty valaisinteknologia. Valaistus voi olla toteutettu esimerkiksi hehku-, halogeeni-, loiste- tai LED-valaistuksella. Eri teknologioiden kustannustehokkuus vaihtelee eri soveltamisalueittain ja -tiloittain. Valaistuksen tarpeenmukaisuutta kannattaa tarkastella ja ohjata käyttäjien läsnäolon ja hyödynnettävän luonnonvalon mukaan. (Motiva 2008; Motiva 2014c)

Vastaavasti kuin valaistuksen määrää myös ilmastoinnin tarpeenmukaisuutta olisi hyvä tarkastella. Ilmanvaihdon määrän ja tarpeenmukaisuuden säästöihin vaikuttaa toimiston tyyppi (esimerkiksi avotoimisto/huonetoimisto) ja tilakäytön tehokkuus. Näissä tilanteissa tilaan on varmistettava riittävä ilmavirta henkilömäärään nähden. Lisäksi ilmavirta olisi hyvä säätää osakohtaiseksi. Esimerkiksi ikkunoiden lähellä lämpötilat vaihtelevat hieman enemmän, minkä takia tiloja kannattaa jakaa sisä- ja ulkovoikyöhykkeisiin. Voikyöhykkeiden jako tapahtuu melko vastaavasti kuin valaistuksessa. Ilmanvaihto on tehokkain tapa parantaa koko rakennuksen energiatehokkuutta etenkin, jos rakennuksessa ei ole ollut ennen lämmöntalteenottoa. Ilmanvaihdon investointikustannukset vaihtelevat melko paljon, mutta energiatehokkaan ilmanvaihdon rakentaminen on kannattavaa osana ilmanvaihtoremonttia. (Kiinteistöliitto 2014)

Toimistorakennusten sisäilmasta halutaan toimiva, ja usein tavoitteeksi asetetaan S2-sisäilmaluokka, joka on asetettu myös työn tutkimuskohteiden tavoitteeksi. Tämä sisäilmaluokka asettaa vaatimuksia myös ilmanvaihdolle. Tällaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi tuloilman viilentäminen. Normaaleissa toimistoissa ilmanvaihtokoneina kannattaa käyttää pyörivällä lämmönsiirtimellä varustettuja ilmanvaihtokoneita, koska näiden hyötysuhde on parempi ja kustannukset ovat hieman alhaisemmat kuin vastavirtakennoisilla koneilla. Ainoastaan likaisten tilojen poistoissa on suositeltavaa käyttää vastavirtakennoisia koneita tai poistoilmanvaihtokoneita. Eri ilmanvaihtokoneet tarvitsevat eri määrän tilaa. Kuitenkin ilmanvaihdon toteuttaminen on melko riippuvainen käytettävissä olevan tilan koosta. Tilan koko ja sijainti pakottaa myös tarkastelemaan ilmanvaihtokoneiden energia- ja kustannustehokkuuksia. Keskitetyn IV-koneen alkuinvestoinnit ovat hieman pienemmät kuin hajautettujen IV-koneiden. Toimistotilojen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen taso määräytyy melko helposti hy-

välle tasolle, mikäli valtaosassa tiloista käytetään pyörivillä lämmönsiirtimillä toimivia tulo-/poistoilmanvaihtokoneita.

Merkittävä vaikutus tilojen viihtyisyyteen ja energiankulutukseen on myös vesikierrosten lämmitysverkostojen tasapainotuksella. Verkoston perussäädöllä voidaan saavuttaa jopa 10-15 prosentin säästö lämmitysenergian kulutuksissa, koska rakennusta lämmitetään kylmimpien tilojen mukaan. (Motiva 2002; Virta & Pylsy 2011 s. 107-108) Rakennuksen lämmitysjärjestelmää on kannattavaa uusia vain, kun se on käyttökänsä päässä. Toimivan lämmitysjärjestelmän uusiminen ei ole kustannustehokasta tavoiteltaessa energiasäästöjä. (Lähteenä maankäyttö ja rakennuslaki) Jäteveden mukana rakennuksesta poistuu lämpöenergiaa yli 20 prosenttia. Teknologioita, jotka hyödyntävät tätä jäteveeten sitoutunutta lämpöenergiaa, kehitetään jatkuvasti, ja jossain vaiheessa ne tulevat kannattaviksi. (Kauppinen 2013a)

Vesiverkoston oikean painetason määrittäminen ja vesikalusteiden virtaamien säätö vaikuttavat veden kulutukseen ja verkoston kulumiseen. Henkilökohtaista veden mittausta ja laskutusta on myös hyvä tehdä, koska tällöin käyttäjät voivat itse seurata vedenkulutustaan ja tavoitella kulutuksen vähentämistä. Jotta edellä mainitut toimet ovat mahdollisia, vaadittavat asennukset ja toimenpiteet esimerkiksi vesimittarien kytkennät on helppoa toteuttaa linjasaneerauksien yhteydessä (Ympäristöministeriö 2013b).

Elvyttävä kunnossapito ja korjausrakentaminen koostuvat tilojen sovittamisesta ja työympäristön kehittamisestä. Näiden mittareina toimii tilatehokkuus. Valtiovarainministeriö on asettanut tilatehokkuustavoitteeksi hankittaville tai korjattaville toimistoille 18 m²/henkilö ja uudisrakennuksille 15 m²/henkilö, kun se lähtökohtaisesti on usein yli 30 m²/henkilö. Tilatehokkuuden lisäksi on yleensä tarpeen kehittää tilojen muuntojoustavuutta, esteettömyyttä, turvallisuutta ja tietoliikennejärjestelmiä. (Pulakka et al. 2014; Valtiovarainministeriö 2014) Tilatehokkuus ei suoranaisesti paranna rakennuksen energiatehokkuutta, vaan energiatehokkuus paranee tarkasteltaessa energiankulutusta henkilöä kohden. Tilatehokkuuden parantua saavutetaan siis energia- ja kustannussäästöjä.

Korjaustoimenpidemahdollisuuksia on paljon: osa niistä on kannattavia ja osa kannattamattomia. Toimenpiteet vaihtelevat paljon korjauskohteiden mukaan. Euroopan unionin viralliseen lehteen C115/2012 on koottu lista mahdollisista huomioon otettavista ja tarkasteltavista korjaustoimenpiteistä (Euroopan unioni 2012a).

6.2 Tutkimuskohde 1 ja siihen suunnitellut korjaustoimenpiteet

Ensimmäinen tutkimuskohde sijaitsee Aleksanterinkadun ja Fabianinkadun risteyksessä osoitteessa Aleksanterinkatu 18, 00170 Helsinki. Rakennuksessa on seitsemän maanpäällistä kerrosta, ullakkokerros ja yksi kellarikerros. Rakennus toimii pääsääntöisesti toimistorakennuksena, mutta sen ensimmäisessä kerroksessa on myös liiketiloja. Ennen

peruskorjausta rakennuksen lämmitettävä kerrosala oli 6995 m², mutta ullakon ja kellarin korjaustoimenpiteiden myötä kerrosala kasvoi arvoon 7143 m².

Rakennus on valmistunut Helsingin Säästöpankin pankkipalatsiksi vuonna 1932. Rakennus edustaa ajalleen tyypillistä murrosvaiheen rakentamista. Rakennukseen on tehty suuria muutostöitä 1960-luvulla. Rakennus kunnostettiin laajemmin myös talotekniikan osalta 1980-luvulla, jolloin rakennus varustettiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. (Helsingin yliopisto 2012)

Rakennuksessa on Museoviraston suojelumerkintä sr-1, joka tarkoittaa, että rakennus on rakennustaiteellisesti ja kulttuurihistoriallisesti arvokas ja suojeltava rakennus. Suojelumerkintä kattaa muun muassa rakennuksen ulkojulkisivupinnat, julkisivun puoleiset räystäät ja vesikatot sekä osan rakennuksen sisätiloista. Rakennuksen suojelu edellyttää huomiointia rakennuksen korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa. Suunnitelluista toimenpiteistä onkin tärkeää keskustella jo etukäteen Museoviraston kanssa.

Rakennuksen ominaisenergiankulutukseksi on määritetty vuoden 2011–2012 kulutusten perusteella 214 kWh/brm²/vuosi, joka vastaa vanhaa energiatehokkuusluokkaa E.

6.2.1 Lähtötilanne ennen peruskorjausta ja rakennuksen korjaustarve

Rakenteet

Ennen peruskorjausta rakennuksen lämmönläpäisykertoimet olivat todellisuudessa hieman huonommat kuin taulukon 1 rakentamisvuoden mukaiset arvot. Ulkoseinät olivat ajalleen tyypillisiä massiivisia tiilimuurattuja seinä.

Vesikatto ja alapohja

Rakennuksessa oli harjapeltikatto. Ennen peruskorjausta vesikatto oli hankesuunnitelman mukaan välttävissä kunnossa. Lisäksi vesikaton tuennat oli syytä vahvistaa peruskorjauksen yhteydessä. Julkisivun puoleiset katot olivat suojeltuja, joten julkisivun puoleisen katon korkeutta ja muotoa ei voitu muuttaa peruskorjauksessa. Sisäpihan puoleista kattoa voitiin kuitenkin tarvittaessa muokata korjausten yhteydessä. (Helsingin yliopisto 2012)

Kellarin alapohja ja seinät olivat maanvaraisia betonirakenteita. Sisäpihan kannen rakenteet uusittiin 2000-luvun alussa ja hankeselvityksessä niiden todettiin olevan hyvässä kunnossa. (Helsingin yliopisto 2012)

Ovet ja ikkunat

Ulko-ovet ja porrashuoneiden palo-ovet olivat alkuperäisiä metallirakenteisia lasiovia. Toimistokerrosten 2.-7.-kerroksen ikkunat olivat 1980-luvulla uusittuja MSE-puuikkunoita. Hankeselvityksessä niiden kunto todettiin välttäväksi. Ensimmäisen kerroksen liiketilojen ikkunat olivat alkuperäisiä, metallirakenteisia ja kiinteitä 2K-eristyslasillisia ikkunoita. Vanhan pankkisalin korkeat ikkunat olivat alkuperäisiä puuikkunoita. Lisäksi porrashuoneen A ensimmäisen ja toisen kerroksen välisessä avoportaassa oli alkuperäisiä avattavia puuikkunoita, joissa oli värilliset lasit. (Helsingin yliopisto 2012)

Rakennuksen ovien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimet on kerätty liitteen A taulukkoon 30. Valtaosa näistä arvoista on rakennesuunnittelijan hankeselvitykseen määrittämiä tietoja. Ikkunoiden U-arvot on arvioitu rakennusvuosien ja selostusten mukaan. g-arvot on arvioitu rakenteiden ja RakMk D5:n taulukon 5.1 mukaan. Nämä ikkunoiden arvot ovat liitteen A taulukon 31 mukaiset. Tarkasteluissa on oletettu, että rakennuksen toimistotilojen ikkunoissa oli ennen sälekaihtimet, mutta portaikoiden ja liiketilojen ikkunoissa sälekaihtimia ei ollut.

Kylmäsilat ja ilmanpitävyys

Rakennuksen kylmäsiltojen vaikutus voitaisiin arvioida lisäämällä 10 % rakennuksen ulkovaipan johtumishäviöihin (Ympäristöministeriö 2013a). Energiatarkasteluissa kylmäsiltojen vaikutukset on kuitenkin arvioitu RakMk D5:n taulukkojen 3.1–3.3 avulla. Nämä laskennassa käytetyt arvot on koottu liitteen A taulukkoon 32.

Mikäli korjaus- ja muutostöissä parannetaan rakenteiden ilmanpitävyyttä, ja tätä aiotaan käyttää energiatehokkuuden parantamisen vaatimuksissa, täytyy ilmanpitävyysmitaus tehdä sekä ennen korjaushanketta että sen jälkeen. (Ympäristöministeriö 2013c) Koska korjaustoimenpiteet olivat jo pitkällä lopputyötä aloitettaessa, ei rakennuksen todellista ilmanpitävyyttä ennen korjaushanketta voitu enää mitata. Arvioidaan kuitenkin, että rakennuksen ilmanpitävyys n_{50} on taulukon 2 mukaisesti 6 l/h. Tämän arvon käyttöä voidaan myös perustella sillä, että vanhat ikkunat eivät olleet kovinkaan tiiviit ja niiden kautta tapahtui suurin osa rakennusvaipan ilmanvuodosta.

Rakennuksen rakenteet olivat massiivisia betoni- tai tiilimuurattuja rakenteita. RakMk D5:n taulukon 5.6 avulla on arvioitu toimistorakennuksen sisäpuoliseksi teholliseksi lämpökapasiteetiksi $160 \text{ Wh/m}^2\text{K}$.

Ilmanvaihto

Rakennuksessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka oli tehty 1980-luvun remontissa. Ilmanvaihtokoneissa ei ollut lämmöntalteenottoa ja tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet toimivat erillisinä koneina. Tuloilmakoneita oli rakennuksessa kuusi kap-

paletta ja poistoilmakoneita 13 kappaletta, joista yksi palveli koko korttelin sähkömuuntamo. Näiden koneiden keskimääräiset poistoilmavirrat ja käyntiajat vastasivat hyvin tarkkaan RakMk D3:n taulukon 3 standardi-ilmamäärää ja käyntiaikaa. Koska ilmanvaihtokoneet olivat 1980-luvulla rakennettuja, niiden SFP-luvuksi on arvioitu $2,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ taulukon 4 mukaisesti. Muut ilmanvaihdon energialaskelmissa käytettävät arvot löytyvät liitteen A taulukosta 33.

LVI-putkistot

Lämpimän käyttöveden kulutuksen arvioinnissa on käytetty RakMk D3:n taulukon 5 ominaiskulutusta. Käyttöveden vaatima lämmitysenergia on saatu myös saman taulukon avulla.

Lämminvesikierto tuotiin aina vesipisteiden läheisyyteen. Lämminvesikiertoon kytkettiin vanhojen LVI-kuvien mukaan kuusi käyttövesipatteria, jotka olivat toimistokerroksien siivouskomoissa. Näiden patterien vaikutus lämmitysenergiaan oli hyvin pieni verrattaessa muita alkutilanteen arvioituja arvoja. Tämän takia lämminvesikierron patterit on jätetty pois energialaskelmista. Työssä on oletettu, että lämpimän käyttöveden kiertoputken eristystaso oli 0,5D. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian lähtöarvot on koottu liitteen A taulukkoon 34.

Lämmönjakelu toteutettiin vesikiertoisilla säteilysradiaattoreilla ja ilmanvaihtokoneiden vesikiertoisilla jälkilämmityspattereilla. Ilmanvaihtoverkoston lämpötilat olivat $80-40 \text{ }^\circ\text{C}$ ja patteriverkoston $80-60 \text{ }^\circ\text{C}$. Lämmitysputket olivat osittain eristetyt. Lämmönsiirron vuosihyötysuhteet on arvioitu RakMk D5:n taulukon 6.2 mukaan. Taulukosta ei kuitenkaan löydy vuosihyötysuhteita yli $70-40 \text{ }^\circ\text{C}$ verkoille. $70-40 \text{ }^\circ\text{C}$ lämmitysverkolle siirron vuosihyötysuhde on 0,8 jakoputkien ollessa eristämättömät ja 0,9 jakoputkien ollessa eristetyt. Korkeamman lämpötilan verkoilla on huonompi hyötysuhde kuin alhaisemman lämpötilan verkoilla. Näiden pohjalta on arvioitu tilojen lämmityspatterien siirron hyötysuhteeksi 0,8.

Lämmöntuotanto

Aleksanterinkadun lämmitysenergia tuotetaan kaukolämmöllä. Lämmöntuotannon vuosihyötysuhde on määritetty RakMk D5:n taulukoiden 6.6 ja 6.7 avulla. Veden kiertäminen lämmitysjärjestelmissä pumpuilla kuluttaa sähköä. Sähkökulutuksen arviointa on saatu RakMk D5:n taulukoista 6.1, 6.6 ja 6.7. Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden ja ominaissähkökulutuksien arvot on koottu liitteen A taulukkoon 35.

Jäähdytys

Jäähdytyskone sijaitsi ennen rakennuksen lämmönjakohuoneessa. Lisäksi toisessa kerroksessa, Aleksanterinkadun puoleisessa päädyssä oli multisplit-laitteisto. Koska

jäähdytystä oli vain yksittäisissä tiloissa, sitä ei ole tarvinnut ottaa huomioon energialaskelmissa.

Sähkö ja lämpökuormat

Sähköä kuluu LVI-laitteiden lisäksi valaistukseen ja kuluttajalaitteisiin. Sähkölaitteet tuovat suoraa lämpökuormaa tiloihin. Sähkölaitteiden lisäksi ihmiset tuovat pienen lämpökuorman. Näiden käyttöasteena ja sähkön ominaiskulutuksena on käytetty RakMk D3:n standardin mukaisia arvoja. Sähkölaitteiden ja ihmisten tuomat lämpökuormat on koottu liitteen A taulukkoon 36.

Laskennallinen energiatehokkuus

Energiankulutuksen laskenta suoritettiin Riuska-simulointiohjelmalla. Taulukoitujen arvojen ja arkkitehtipohjien mukaisen Riuska-mallin avulla rakennuksen E-luvuksi saatiin 295 kWh/m². Tähän arvoon on huomioitu energiamuotojen kertoimet. Liitteen C taulukon 50 mukaan tämä arvo vastaa energiatodistuksen luokkaa F.

6.2.2 Hankesuunnitelma

Aleksanterinkatu 7:n hankesuunnitteluvaiheessa kartoitettiin rakennus- ja taloteknisiä korjaustarpeita, tulevien käyttäjien tarpeita, rakennussuojelunäkökohtia sekä muita rakennuksen parannuskohtia ja tilaehdotuksia. Suunnitellut rakennustyöt olivat pääosin korjaus- ja muutostöitä. Rakennuksen pääasiallisen käyttötarkoituksen todettiin säilyvän ennallaan. (Helsingin yliopisto 2012)

Rakennuksen talotekniikka suunniteltiin uusittavaksi kokonaisuudessaan. Korjaustoimenpiteillä oli tavoitteena saavuttaa tilatehokas, muuntojoustava ja erittäin energiatehokas rakennus, joka olisi silti viihtyisä. Tavoitteiden mukaan henkilöä kohti laskettu energiatehokkuus paransi, kun työpisteiden lukumäärää kasvatettaisiin. Sisäilman viihtyisyydelle asetettiin sisäilmaluokan S2-vaatimus. Lisäksi hankeselvitykseen kirjattiin aurinkoenergian käyttö jossakin muodossa ja rakennuksen hiilijalanjäljen pienentäminen 20 %. (Helsingin yliopisto 2012)

Energiatehokkuuden parantamisen toimenpiteet

Hankeselvityksessä tarkasteltiin rakennuksen lisälämmöneristämistä KASIL E-levyillä. Näiden avulla rakenteiden johtumishäviöitä olisi saatu pienennettyä. Rakennuksen ikkunoiden johtumislämpöhäviöitä pyrittiin vähentämään niiden kunnostamisella tai uusimisella alkuperäisen mallin mukaisiksi. Korjattavia ikkunoita olivat alkuperäiset ensimmäisen kerroksen ikkunat ja A-portaikoon ikkunat. Ikkunoiden uusiksi U-arvoiksi yritettiin saada parhaat mahdolliset arvot, kuitenkin alle 1,0. Ulko-ovet suunniteltiin kunnostettaviksi sekä B-portaan ulko-ovi ja IV-konehuoneen viisi ovea suunniteltiin uusittaviksi. (Helsingin yliopisto 2012)

Ennen rakennuksen peruskorjausta ollut peltikate ja puiset tuennat suunniteltiin pääosin uusittaviksi. Pihanpuoleista lapetta olisi voitu korottaa ja jyrkentää siten, että alkuperäinen räystäskorko olisi säilynyt. Näin olisi saatu myös lisäkorkeutta ullakon IV-koneille. Yläpohjien nykyiset lämmöneristeet suunniteltiin purettavaksi ja lämmöneristettä suunniteltiin lisättävän lämmöneristävyuden parantamiseksi. (Helsingin yliopisto 2012) Rakennuksen vaipan lämpöhukat pyrittiin minimoimaan. Minimointiin olisi päästy lämpökuvausten ja sen mukaisten korjaustoimenpiteiden avulla. Tämän avulla olisi saavutettu myös rakenteiden parempi ilmanpitävyys. Jos rakennuksen talotekniikka olisi uusittu, olisi myös lämpöhäviöitä saatu pienennettyä putkien paremmalla eristämällä sekä lämmitysjärjestelmien lämpötilojen laskemisella.

Hankevaiheessa tavoiteltiin Valtioneuvoston 8.4.2009 tekemää Kestävien hankintojen periaatepäätöksen mukaista vähimmäistavoitetta, jossa energiatehokkuusluokalle asetettiin tavoitteeksi C-luokka. Korjaustoimenpiteiden jälkeen Hankeselvityksen mukaan energiankulutuslaskelmissa saavutettiin vanhan energiatodistuksen mukainen energialuokka arvolla 128 kWh/brm²/vuosi. Tämän arvon saavuttamiseksi huomioitiin seuraavat korjaustoimenpiteet: (Helsingin yliopisto 2012)

- Rakenteiden KASIL E-lisälämmöneristyslevyillä rakennesuunnitelmien mukaan ulkoseinien U-arvot paranisivat
 - a. US1: 0,9 → 0,66 W/m²K
 - b. US2:
 - i. Alle 1 m:n syvyydellä maanpinnasta 1,0 → 0,75 W/m²K
 - ii. Yli 1 m:n syvyydellä maanpinnasta 0,45 → 0,35 W/m²K
- Yläpohjien kunnostaminen ja uusiminen U-arvoon 0,09-0,19 W/m²K
- Uuden IV-konehuoneen seinän U-arvo 0,16 W/m²K
- Uusien ikkunoiden U-arvo 0,8 W/m²K
- Ilmanvuotoluku (n₅₀) 1,0 1/h (q₅₀ = 4 m³/(hm²))
- Ilmanvaihto ja valaistus tarpeenmukaisia ja energiatehokkaita
- Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde toimisto ja neuvottelutiloissa vähintään 80 % ja muissa koneissa vähintään 50 %
- Ilmanvaihtokoneiden ominaissähköteho alle 2,0 kWh/m³/s
- Lämpimän käyttöveden ominaiskulutustavoite 6 kWh/brm²
- Lämmitysenergian vuotuinen ominaiskulutustavoite alle 68 kWh/rm²
- Jäähdytyksen mitoitusteho toimistoissa 40 W/m² ja neuvottelutiloissa 50 W/m², jäähdytyksen ominaiskulutustavoitteeksi 12 kWh/rm²

Kun hankesuunnitelman energialaskelmat tehtiin Riuska-ohjelmistolla, lähtötilanteen simulointimallia muutettiin liitteen A taulukon 37 mukaisilla arvoilla. Nämä taulukon arvot ovat hankesuunnitelman mukaisia parannustoimenpiteitä. Hankesuunnitelman rakennukselle simuloitiin ostoenergiakulutukseksi 157,3 kWh/m². Kun tähän lukuun huomioitiin energianmuotokertoimet, saatiin E-luvuksi 162 kWh/m², joka vastaa vielä C-energiatehokkuusluokkaa. Simuloinnissa käytettiin vain yhtä ilmanvaihtokonetta, joka palveli koko rakennusta, koska yleensä tässä vaiheessa ei ole tarkempia tietoja tilajaoista ja IV-koneista.

6.2.3 Luonnossuunnitelma / toteutussuunnitelma

Luonnossuunnitteluvaiheessa tarkennettiin korjausrakentamisen tavoitteita ja korjaustoimenpiteitä. Kun luonnossuunnitelmaa ja hankesuunnitelmaa verrattiin, selviä eroavaisuuksia ja tarkennuksia ilmeni ulkoseinärakenteiden lisälämmöneristämisessä, ikkunoiden kunnostamisessa ja uusimisessa sekä rakennuksen ilmanvuotoluvun parantamisessa. Ulkoseinien Kasil E -lisälämmöneristäminen päätettiin jättää kokonaan toteuttamatta. Maanvaraiset ulkoseinät päätettiin kuitenkin lisälämmöneristää. Tämä kellarin seinien eristäminen toteutettiin polyuretaanilla ja tiilimuurauksella, ja näin ollen hankeselvityksen energiatehokkuutta saatiin paremmaksi. Uuden IV-konehuoneen seinien ja katon U-arvot tarkentuivat luonnossuunnitteluvaiheessa. Sisäpihan kannen tukirakenteiden välissä olevat vanhat eristeet päätettiin uusiksi kuten myös porttikongin katon eristeet. Luonnossuunnitelman mukaiset toimenpiteet siirtyivät toteutussuunnitelmaan, jossa arvoihin ei tullut energiatehokkuuden kannalta muutoksia. Tämän takia työn suunnitteluvaiheesta käytetään sekä luonnos- että toteutussuunnitelma -nimitystä.

Hankeselvitykseen kirjattu ilmanvuotoluku 1 l/h vastaa rakennuksen q_{50} ilmanvuotolukua $4 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, joka on uudisrakentamisen vähimmäisvaatimus. Ilmanvuotolukutavoitteeksi päätettiin suunnitteluvaiheessa asettaa $2 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, joka taas vastaa uudisrakentamisen tasevertailussa käytettävää ilmanvuotolukua. Tämän saavuttaminen vaatii jo erittäin huolellista tarkastelua rakenteiden ja ikkunoiden liitosten osalta.

Ilmanvaihtokoneiden tyypit ja ilmamäärät pystyttiin määrittelemään tarkemmin, ja näiden tietojen avulla saatiin määritettyä koko rakennuksen keskimääräinen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Määrittäminen tehtiin RakMk D3:n LTO-laskimen avulla. Vuosihyötysuhteeksi saatiin hyvin lähelle sama arvo kuin hankeselvityksessä.

Käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmät suunniteltiin uusittavaksi täysin, ja uusimisen yhteydessä lämmöneristykset päätettiin toteuttaa uudisrakentamistason mukaisesti. Luonnossuunnitelmissa lämmitysjärjestelmien lämpötiloja päätettiin laskea, minkä takia lämpöhäviöt hieman pienenevät. Peruskorjauksen jälkeen patterien ja ilmanvaihdon lämpötiloiksi määritettiin $70-40 \text{ }^\circ\text{C}$. RakMk D5:n taulukon 6.2 mukaan $70-40 \text{ }^\circ\text{C}$ lämmitysverkon vuosihyötysuhde on 0,9, kun jakojohdot on eristetty. Kohteessa jakojohdot tehtiin osittain eristetyiksi, joten siirron vuosihyötysuhteeksi on arvioitu 0,85.

Hankeselvitykseen kirjattiin uusiutuvan omavaraisen energian käyttö jossakin aurinkoenergian muodossa. Rakennuksen vesikatolle päätettiin asentaa mahdollisimman paljon aurinkosähköpaneeleita. Nämä kaikki piti sijoittaa sisäpihan puoleiselle julkisivulle rakennuksen suojelumerkinnän takia. Soleraksen tekemän aurinkosähköjärjestelmän esiselvityksen mukaan neljä lohkoisesta katon lappeensuuntaisesta paneelistä saataisiin vuodessa energiaa 19,2 MWh. Tämä vastaa arvoa $2,69 \text{ kWh/m}^2$ ja näin ollen se vähentää sähköenergian tarvetta. E-luku pienenee aurinkosähkön avulla $4,57 \text{ kWh/m}^2$.

Luonnossuunnitelman mukaiset suunnitteluarvot, joissa on huomioitu energiatekniset korjaustoimenpiteet, on kirjattu liitteen A taulukkoon 38. Ikkunoiden osalta tarkemmat erittelyt on taulukossa 39. Muut energialaskennan arvot olivat tarkasteltaessa samat kuin ennen peruskorjausta. Näillä luonnossuunnitteluvaiheen arvoilla saatiin rakennuskohteen energiankulutuksen arvoksi $152,4 \text{ kWh/m}^2$, joka vastaa E-lukua 155 kWh/m^2 . Tämä arvo vastaa C-energiatehokkuusluokkaa. Luonnossuunnitelmien E-luku on 4,5 % parempi kuin hankeselvityksen.

6.3 Tutkimuskohde 2 ja siihen suunnitellut korjaustoimenpiteet

Toisen tarkastelukohteen kiinteistö sijaitsee Eteläesplanadin ja Unioninkadun risteyksessä, osoitteessa Eteläesplanadi 4, 00130 Helsinki. Kiinteistö on rakennettu 1910-1913 välisenä aikana, ja rakennukseen liittyy kaksi 1870-luvulla rakennettua piharakennusta (Senaatti-kiinteistöt 2011). Rakennuksessa on seitsemän maanpäällistä kerrosta ja yksi kellarikerros, ja se on tarkoitettu pääasiassa virastokäyttöön. Korjaushankkeen laajuus oli $11\,380 \text{ brm}^2$, joka kattoi koko rakennuksen.

Vuonna 1981 rakennuksen asemakaavaan on vahvistettu merkintä sr-1, joka tarkoittaa, että rakennus on rakennustaiteellisesti ja kulttuurihistoriallisesti arvokas. Ennen peruskorjausta talotekniikka oli peräisin pääosin vuodelta 1984, jolloin toteutettiin laajat peruskorjaukset. Osa tekniikasta olikin jo vanhentunutta ja osin elinkaarensa päässä (Senaatti-kiinteistöt 2011).

Rakennus on kytketty Helsingin Veden vesi- ja viemäriverkkoon ja Helsingin Energian kaukolämpöverkkoon. Peruskorjauksen yhteydessä rakennukseen suunniteltiin lisättäväksi jäähdytyslaitteisto. Jäähdytys oli mahdollista toteuttaa kaukojäähdytyksenä, koska rakennus liitettiin Helsingin Energian kaukojäähdytysverkkoon Eteläesplanadilla.

Peruskorjauksen keskeisinä tavoitteina oli parantaa tilojen muuntojoustavuutta, tilatehokkuutta ja viihtyvyyttä. Ennen peruskorjausta rakennuksessa oli tilat 130 työpisteelle, mutta peruskorjauksen yhteydessä kiinteistöön suunniteltiin viihtyisät työtilat 250 työntekijälle (Senaatti-kiinteistöt 2011). Tämä vaati laajoja toimenpiteitä myös talotekniikan osalta. Kiinteistön energiatehokkuutta pyrittiin parantamaan, mikäli toimenpiteet eivät olleet ristiriidassa suojelutavoitteiden kanssa. Rakenteellisia muutoksia oli tarpeen tehdä lähinnä talotekniikan uusimisen sekä kosteusongelmien korjaamisen vaatimassa laajuudessa.

Valtaosa rakennuksen talotekniikasta oli peräisin 1980-luvulta laajojen remonttien jäljiltä. Ennen peruskorjausta rakennuksen energialukemaksi voitiin määrittää vuoden 2010 kulutusten perusteella $179 \text{ kWh/brm}^2/\text{vuodessa}$, joka vastasi vanhaa energiatehokkuusluokkaa E. (Työ- ja elinkeinoministeriön 2011)

6.3.1 Lähtötilanne ennen peruskorjausta ja rakennuksen korjaustarve

Ennen peruskorjausta rakennuksen perustukset, maanvaraiset alapohjat ja kantavat runkorakenteet olivat teknisessä mielessä hyvässä kunnossa eivätkä tarvinneet juurikaan korjausta.

Ulkoseinät

1870-luvulla rakennetut kantavat seinät ja pilarit on muurattu tiilestä. Vuonna 1913 valmistuneet rakennuksen kantavat seinät on myös tehty tiilestä muuraamalla, mutta pilarit on valettu teräsbetonista. Ennen peruskorjausta kantavat seinät olivat teknisesti hyvässä kunnossa. Ulkoseinät olivat 2-kiven tiiliseiniä, jotka oli rapattu sekä ulko- että sisäpuolelta. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Pihakansi

Sisäpihan ja kellaritilojen välissä olevassa kansirakenteessa havaittiin vesivuotoja (Senaatti-kiinteistöt 2011). Pihakansi tarvitsi siis uusia ainakin vesieristeiden osalta.

Vesikatto ja yläpohja

Vesikatteen peltiosissa oli paikallisia vuotoja, joten vesikate oli hyvä uusia korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Julkisivun puoleiselle lappeelle ei voinut tehdä muutoksia rakennuksen julkisivujen suojelun takia.

Lähes kaikki yläpohjat oli kunnostettu vuoden 1984 remontissa. Tällöin kolmannen ja neljännen kerroksen yläpohjat oli uusittu osittain tai kokonaan ja lisälämmöneristeeksi oli laitettu noin 200 mm mineraalivillaa. Näiden yläpohjien ja vesikattojen väliin jäi tuuletettu välitila. Kolmannen kerroksen kirjaston pohjoiselle sivulle oli rakennettu teräsrunkoinen, yläpohjaksi kaartuva, vuoden 1913 ikkunaa mukaileva ateliieri-ikkuna. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Kuudennen kerroksen yläpohjan kattokannattajat ja peltikatteen aluslaudoitukset säilytettiin vuoden 1984 remontissa. Ilmanvaihtokoneiden kohdalla kattokannattajia oli tuettu teräsrakentein. Kattotuolien alapuolelle oli asennettu 100 mm paksu mineraalivil-lalevytys. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Yläpohjarakenteet olivat rakennusteknisessä mielessä hyvässä kunnossa. Neljännen kerroksen saunaosaston ja takkahuoneen puurakenteisen lattian päälle valetun teräsbetonilaatan muottina oli käytetty lastulevyjä, jotka olivat edelleen paikallaan. Tällaisista lastulevyistä voi muodostua mahdollinen terveyshaitta (Senaatti-kiinteistöt 2011).

Maanvarainen alapohja

Rakennuksen alapohjana oli maanvarainen, 80 mm paksu valettu teräsbetoni-laatta. Alakellarin 200 mm paksu lattialaatta oli valettu suoraan sorakerroksen päälle. Pohjakerroksen lattialaatan ja salaojitetun sorakerroksen välillä oli lämmöneristeenä 50 mm paksuinen solupolystyreenilevy.

Maanvaraisissa perusmuureissa sekä kantavien seinien että pilarien alapäissä maanvaraisten alapohjien kohdalla havaittiin paikoin kosteutta. Muuallakin kellarin maanvaraisissa lattioissa havaittiin kosteus- ja vesiongelmia. Tämä johtui siitä, että pohjavesi oli välillä hyvin lähellä kellarin lattian pintaa. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Ikkunat ja ovet

Ikkunat olivat paikoitellen välttävissä kunnossa, ja niiden vetoisuuden kanssa oli ollut ongelmia. Rakennuksen suojelumerkinnän takia museovirasto otti kantaa ikkunoiden korjaus- tai muutostoimenpiteisiin tarkempien toimenpiteiden ollessa tiedossa. Ikkunat pyrittiin kunnostamaan ja tiivistämään vetoisuuden poistamiseksi. Vanhat puuikkunat olivat sisäänpäin avattavia, kaksipuitteisia ja kaksilasisia ikkunoita. Vuoden 1984 peruskorjauksen yhteydessä osaan ikkunoista oli asennettu yksilasinen alumiinikehikko ikkunapuitteiden väliin. Kuudennen kerroksen kadunpuoleisista ikkunoista osa vaihdettiin sisäänpäin aukeaviksi kolmilasisiksi ikkunoiksi, joissa sisäpuitteet olivat kaksilasisia ja ulkopuutteet yksilasisia. Suuria lasielementtejä oli pohjakerroksessa ja ensimmäisen kerroksen kadunpuoleisilla osuuksilla. Nämä lasielementit olivat kolmilasisia suoja-kaasulla varustettuja elementtejä, mutta jokusesta lasielementistä suojakaasut olivat päässeet karkaamaan. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Parvekkeiden ulko-ovet olivat uusittavassa kunnossa. Ulko-ovet olivat puurakenteisia peltisillä potkulevyillä varustettuja ovia. Ovien maalipinnat olivat kuluneet, mutta valtaosa puurakenteista oli hyvässä kunnossa. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Ilmanvaihto

1980-luvulta peräisin ollut koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä koostui kahdeksasta tuloilmakoneesta. Seitsemässä koneessa oli kiertoilmakäyttö, mutta lämmöntalteenottoa ei ollut. Kokonaisilmamäärä oli noin 16,5 m³/s, minkä lisäksi oli noin 0,5 m³/s verran erillispoistoilmakoneita. IV-koneet sijaitsivat ensimmäisessä ja neljännessä kerroksessa sekä ullakkokerroksessa. Ilmanvaihtokoneissa ei ollut jäähdytystä.

Energialaskennan lähtötietojen arviointi

Eteläesplanadin kohde on melko vastaavanlainen rakennus kuin Aleksanterinkadun rakennus. Molemmat rakennukset on rakennettu 1900-luvun alussa ja ne on peruskorjattu laajalti 1980-luvulla. Tämän takia rakennusten energiatarkasteluiden lähtötiedot ovat

melko vastaavat. Vanhojen rakenteiden U-arvot on määritetty vanhojen rakennesuunnitelmien mukaan. Ikkunoiden U-arvot on arvioitu osittain rakennusvuoden ja rakenteen mukaan. Vanhojen piirustusten avulla on arvioitu myös lämpimien putkien lämpöhäviöitä. Ilmanvaihdon, valaistuksen, lämpökuormien ja käytön tarkasteluissa on käytetty RakMk D3:n standardikäytön arvoja ja rakennusvuoden mukaan määritettyjä tietoja, koska tarkempia tietoja ei ole ollut saatavilla.

Tarkemmat energialaskennan lähtötiedot löytyvät liitteen B taulukoista 40-47. Riuska-ohjelmalla simuloitujen tietojen avulla saatiin rakennuksen energiankulutuksen arvoksi 343,1 kWh/m² ja energiatehokkuusluvuksi 304 kWh/m², joka liitteen C taulukon 50 mukaan kuuluu juuri G-energiatehokkuusluokkaan.

6.3.2 Hankesuunnitelma

Hankesuunnitelman ympäristötavoitteeksi kirjattiin uudisrakennushankkeiden Hanke-PromisE -ympäristöluokitustyökalun käyttäminen soveltuvin osin. Hanke-PromisE -luokitukselta tavoitteeksi asetettiin C-kokonaisarvosana. Sisäilmastolta edellytettiin Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaista S2-luokkaa. Tarkennetun PromisE-raportin mukaan energiankulutuksessa, valaistuksessa ja sisäilmaston hallinnassa kaikissa tavoiteltiin luokkaa C. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Vesikatto ja yläpohja

Hankesuunnitelmaan kirjattiin kaikkien vesikattojen peltikatteiden uusiminen. Peltikatteiden alle suunniteltiin asetettavan kumibitumikermeistä tehty vedeneristys. Neljännen kerroksen saunaosaston ja takkahuoneen yläpohjassa ollut puu- ja teräsbetonilaatta oli tarkoitus purkaa ja valaa sen tilalle uusi teräsbetonilaatta, joka olisi ollut samassa tasossa uuden ilmavaihtokonehuoneen lattian kanssa. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Maanvarainen alapohja

Vesijohtojen ja viemärien reitit kulkivat yläkellarin lattian valetuissa lattiakanaaleissa. Vesijohtojen ja viemärien uusimisen takia lattiakanaalit jouduttiin avaamaan. Alakellarin uuden pumppaamoaltaan rakentamisen vuoksi kyseisen huonetilan alapohjarakenteet jouduttiin uusimaan kokonaisuudessaan. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Pihakansi

Sisäpihan piharakenne suunniteltiin purettavaksi kantavaan laattaan saakka. Kannen päälle määriteltiin asennettavaksi uusi vedeneristys, lämmöneristys ja pintarakenteet. Uuden lämmöneristeen paksuus tuli tarkastella määräysten ja kannattavuuden mukaan, mutta lämmöneristeen paksuutta pyrittiin kasvattamaan mahdollisuuksien mukaan. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Putkistot / LVI-järjestelmät

Lämpö-, vesi- ja viemärijärjestelmät olivat 1980-luvun peruskorjauksen ajalta. Nämä suunniteltiin uusittavaksi kokonaisuudessaan. Lämmityspatterit uusittiin vastaamaan myös muuttuvia tilajärjestelyjä. Peruskorjauksen yhteydessä putkien eristykset oli tarkoitus tehdä nykymääräysten mukaisiksi, jolloin lämpöhäviöt olisivat hieman pienentyneet.

Ikkunat ja ovet

Hankesuunnitelmassa kaikkia ikkunoita ehdotettiin uusittavaksi, jotta energiasäästöt ja sisäolosuhteet olisivat parantuneet. Uusien ikkunoiden U-arvotavoitteet olivat 0,8 W/m²K. Myös parvekkeiden ulko-ovet ehdotettiin uusittaviksi ja muut vanhat ulko-ovet kunnostettaviksi. Tarkoitus oli myös kunnostusmaalata puuosat ja uusia potkulevyt. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Ilmanvaihto

IV-koneet suunniteltiin uusittaviksi kokonaisuudessaan. Tilalle määriteltiin tulo-/poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla, lämmityksellä ja jäähdytyksellä. IV-koneet ajateltiin sijoitettavaksi osittain niiden aikaisemmin sijaitsemilla paikoille eli eri osien ullakkotiloihin, minkä takia ullakkotilaa oli tarve laajentaa. Laajennus suunniteltiin tehtäväksi sisäpihan puolisen lappeen kaltevuuden loiventamisella. Neljännen kerroksen IV-konehuone ajateltiin säilyttää nykyisessä laajuudessaan. Uusi kokoustiloja palveleva IV-kone suunniteltiin kellarikerrokseen. Ullakkotilojen ilmanvaihtokoneiden uusiminen edellytti yläpohjan- ja vesikatteen uusimista. Toimisto- ja neuvottelutilat päätettiin jäähdyttää aktiivipalkeilla, joita voitiin täydentää tilamitoituksen mukaan puhallinkonvektoreilla. Hankesuunnitelmassa oli arvioitu paikat noin 17 IV-koneelle sekä muutamalle erillispoistolle. IV-koneet, jotka olivat ilmavirraltaan vähintään 0,5 m³/s, voitiin varustaa jäähdytyspattereilla. Uusien koneiden kokonaisilmamääräksi laskettiin noin 19,8 m³/s. Koneiden ohjaus suunniteltiin toteutettavaksi RAU-järjestelmän lämpötila-, CO₂- ja kosteusantureiden avulla, joiden ansiosta oli mahdollista saavuttaa tarpeenmukainen ilmanvaihto. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Energiatehokkuuden parantamisen tavoitteet

LVI-suunnittelija arvioi hankesuunnitelmaan lämmönkulutustavoitteeksi alle 2180 MWh/a eli alle 191 kWh/m². 1980-luvun remontin yhteydessä energiatehokkuutta parannettiin muun muassa alapohjien uusimisella ja patterien sijaintimuutoksilla. (Senaatti-kiinteistöt 2011) Juuri valmistuneen peruskorjauksen merkittävimmät parannustöidenpiteet olivat ikkunoiden kunnostaminen ja vaihto sekä ilmanvaihdon nykyaikaistaminen ja lämmöntalteenoton lisääminen. Yläpohjien uusimisen yhteydessä oli tarkoitus laskea lisälämmöneristämisen kannattavuus.

Sähkönkulutuksen osalta kokonaisenergiankulutustavoite oli hankesuunnitelman sähkösuunnittelijan mukaan alle 700 MWh/a eli noin 62 kWh/m². Rakennuksen sähköenergiankulutusta pyrittiin vähentämään valaistuksen uusimisella ja tarpeenmukaisella ohjauksella sekä LED-valaisimin. Tarpeenmukainen valaistus suunniteltiin toteutettavaksi liiketunnistimin sekä läsnäolo- ja päivänvalo-ohjatuin valaisimin. Lisäksi rakennukseen päätettiin hankkia muutenkin energiatehokkaita laiteratkaisuita. (Senaatti-kiinteistöt 2011)

Hankesuunnitelmaan ei kirjattu kovin monen yksittäisen energiatehokkuuden parantamistoimenpiteen arvoja. Hankesuunnitelmassa painotettiin energiatehokasta ja ympäristöystävällistä rakennusta PromisE-elinkaarimittarin avulla. PromisE-elinkaarimittarin lomakkeeseen kirjattiin, että energialaskennan osaamista olisi käytettävä kohteen konsulttivalinnan kriteerinä ja energiankulutusta olisi arvioitava hanke- ja suunnitteluvaiheissa. Lisäksi suunnitelmien perusteella piti määrittää arvio energiankulutusjakaumalle. PromisE-tietokortin luokat lämmönkulutuksen tavoitearvoille ovat alle 105 kWh/hum². Näin hyviin arvoihin toimistojen on todella vaikea päästä. Lisäksi tarkastelukohteessa näiden arvojen saavuttaminen on oikeastaan mahdotonta, koska kyseessä on vanha rakennus. Vastaavasti tietokortin mukaan kiinteistösähkönkulutuksen tavoitteeksi oli kirjattu alle 42 kWh/hum², kun arvioitiin kiinteistösähkön osuudeksi 45 % sähkönkulutuksesta. (Senaatti-kiinteistöt 2011) Koska hankesuunnitelmissa ei kirjattu tarkempia arvioita uusille energiatehokkuuden parantamistoimenpiteille, hankesuunnitteluvaiheen energiatehokkuustarkastelut jätettiin tekemättä.

6.3.3 Toteutussuunnitelma

Kohteen luonnos- ja toteutussuunnitelmassa ei ollut havaittavissa merkittäviä eroavaisuuksia hankesuunnitelmien mukaisiin korjaustoimenpiteisiin, jotka olisivat vaikuttaneet rakennuksen energiatehokkuuteen. Osittain tähän vaikutti myös se, että selkeitä energiatehokkuuden parantamisen arvoja ei kirjattu hankesuunnitteluvaiheessa. Merkittävimpiä eroja toteutus- ja hankesuunnitelman välillä olivat maanvaraisten lattiarakenteiden ja ulkoseinien sekä pihakannen ja ikkunoiden uusimiset.

Alapohja

Kohteen suunnitelmien mukaan vanhat pinnoitteet purettiin ja lattian teräsbetonilaa-tat uusittiin niiltä osin kuin putki- ja muut lattiavedot sen vaativat. Uusittavilta osin lattiaalaa-tan alle lisättiin 50 mm lämmöneristettä, jota oli ollut jo pohjakerroksen alapohjis-sa. Nämä toimenpiteet eivät siis parantaneet alapohjan lämmöneristävyyttä juurikaan.

Maanvarainen ulkoseinä

Maanvaraisten ulkoseinien vedeneristys uusittiin. Toteutussuunnitelmassa seinien kunnostaminen oli suunniteltu toteutettavaksi rakennuksen ulkopuolelta, mutta kadun

alla kulkevien talotekniikkalinjojen aiheuttaman ahtauden takia korjaustoimenpiteet eivät kuitenkaan onnistuneet suunnitelmien mukaisesti.

Yläpohjat

Toteutussuunnitelmassa pihakannen polyuretaani-lämmöneristystä lisättiin hieman hankesuunnitelman 100 millimetristä 140 millimetriin. Rakennuksen yläpohjien lämmönjohtavuudet toteutettiin uudisrakentamisen tasoisiksi, koska vanhat yläpohjat purettiin ja uudet yläpohjat rakennettiin kokonaan uudestaan. Yläpohjien uusiminen oli siis rinnastettavissa uudisrakentamiseen.

Ikkunat

Hankesuunnitelmassa ikkunoiden lämmönjohtavuuden arvoksi tavoiteltiin $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kuitenkaan ikkunoita ei suojelumerkinnän takia saatu vaihtaa suoraan energiatehokkaisiin ikkunoihin, vaan ikkunat jouduttiin kunnostamaan. Auringon säteilylle kriittisimpiin ikkunoihin lisättiin aurinkosuojaus. Puisten ikkunoiden puitteet kunnostettiin ja osa ikkunoiden puitteista uusittiin kokonaan. Ikkunalasit kunnostettiin ja osaan ikkunoista lisättiin uusi ikkunalasi. Joidenkin ikkunoiden sisäpuitteisiin vaihdettiin 2K-lasitus. Porrashuoneiden alkuperäiset ikkunat kunnostettiin ja säilytettiin ennallaan. Vanhojen ikkunoiden tiiviyttä parannettiin korjausten yhteydessä. Kaikkien ikkunoiden ilmatiiviys suunniteltiin tarkastettavaksi lämpökuvauksin talvikuukausien aikana töiden päätyttyä. (Arkkitehtuuri- ja muotoilutoimisto talli Oy 2012) Kunnostettavien ja uusittavien ikkunoiden keskimääräiseksi U-arvoksi on arvioitu $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Aurinkosuojatuilla ikkunoilla auringonläpäisykerroin saatiin puolitettua.

Energiatehokkuuden parantamisen tavoitteet

Toteutussuunnitelmien tarkemmat energialaskennan lähtötiedot löytyvät liitteen B taulukoista 48-49. Näissä energialaskelmien muutokset on kirjattu rakennuksen lähtötilanteeseen verrattaviin arvoihin. Ikkunoiden arvioidut U-arvot ja sijainnit sekä rakennuksen keskimääräinen vuotoilmakerroin on saatu Rambollin tekemästä tavoiteenergiakulutuksen simuloinnista.

Toteutussuunnitelman arvoilla saatiin rakennuskohteen energiankulutuksen arvoksi $195,1 \text{ kWh/m}^2$. E-luvuksi muutettuna rakennuksen arvo on 183 kWh/m^2 . Tämä vastaa liitteen C taulukon 50 mukaan D-energiatehokkuusluokkaa. Kuitenkaan energialuokasta C ei jäädä kovinkaan kauaksi.

7. ASETUKSEN VAATIMUKSIEN TÄYTTÄMINEN

Molemmissa tutkimuskohteissa tehtiin lähes yhtä laajat peruskorjaukset vuosien 2012-2015 aikana. Nämä rakennusten uudistukset vastasivat laajuudeltaan 1980-luvulla tehtyjä remontteja. Molempien kohteiden rakennusluvut oli haettu ennen kuin ympäristöministeriön 4/13-asetus astui voimaan, joten kyseistä asetusta ei tarvinnut ottaa huomioon näiden kohteiden peruskorjauksissa. Jos vastaavia korjaustoimenpiteitä tehtäisiin jatkossa, asetuksen vaatimukset pitäisi osata huomioida jo heti hankesuunnitteluvaiheessa.

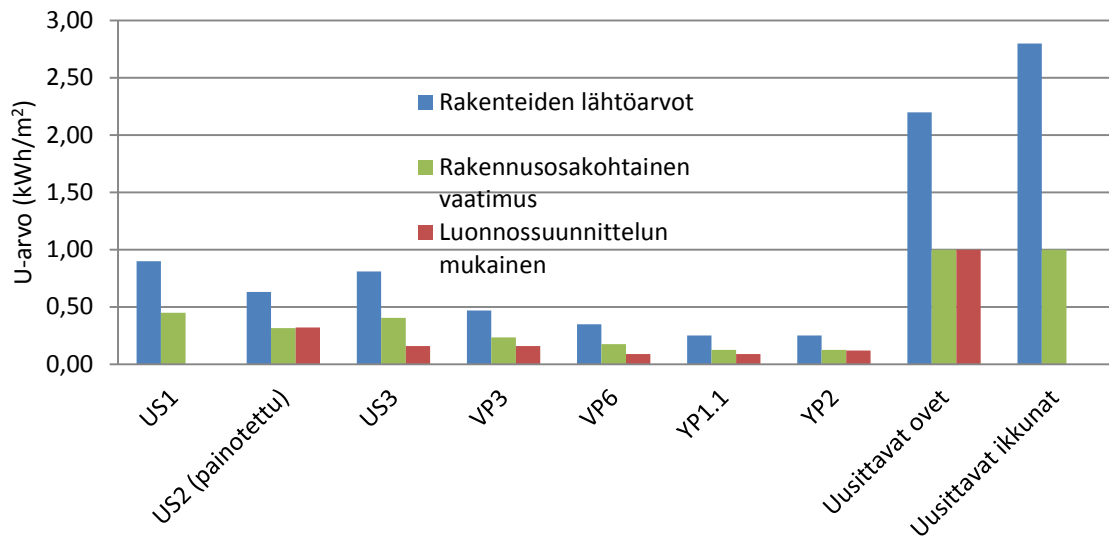
7.1 Tutkimuskohteen 1 energiatarkastelut ja suunnitteluvaiheiden energiamääräysten toteutuminen

7.1.1 Rakennusosakohtainen vaatimus (U-luku)

Jotta ympäristöministeriön 4/13-asetuksen korjaustoimenpiteet rakennusosakohtaisella vaatimuksella saavutetaan, pitää korjattavien rakenteiden U-arvojen puoliintua tai saavuttaa korkeintaan uudisrakentamisen taso. Teknisten järjestelmien osalta vaatimus edellyttää uudisrakentamisen tasoa.

Hankeselvitykseen kirjattiin ulkoseinien US1:n ja US2:n lisälämmöneristäminen. Näiden kohdalla U-arvon puoliintuminen ei toteudu. Yläpohjan uudisrakentamisen taso on $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$, jota tavoiteltiin myös yläpohjan uusimisessa. Hankeselvityksen mukainen IV-konehuoneen yläpohjan U-arvo ei kuitenkaan täytä rakennusosakohtaista vaatimusta. Asetuksessa uusien ikkunoiden U-arvon vähimmäisvaatimus on $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, joka toteutui hankeselvityksessä. Vanhojen ikkunoiden ja ulko-ovien korjauksessa lämmönpitävyyttä parannettiin vain mahdollisuuksien mukaan. Ilmastointijärjestelmien kohdalla saavutetaan määrätyt rajat, joiksi on asetettu lämmöntalteenotolle vähintään 45 prosentin vuosihyötysuhde ja ominaissähköteholle korkeintaan $2,0 \text{ kWh/m}^3/\text{s}$.

Luonnossuunnitteluvaiheen rakenteiden U-arvoilla saadaan täytettyä rakennusosakohtaiset vaatimukset. Kuitenkaan aivan kaikkien uusittavien ikkunoiden osalta ei saavuteta U-arvovaatimusta $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Osasyynä tähän on julkisivujen suojelu eli kaikkia ikkunoita ei saatu uusia energiatehokkaisiin vaan vanhat jouduttiin kunnostamaan. Luonnossuunnitteluvaiheen U-arvoja vertaillaan rakennusosakohtaisiin arvoihin kuvassa 19.

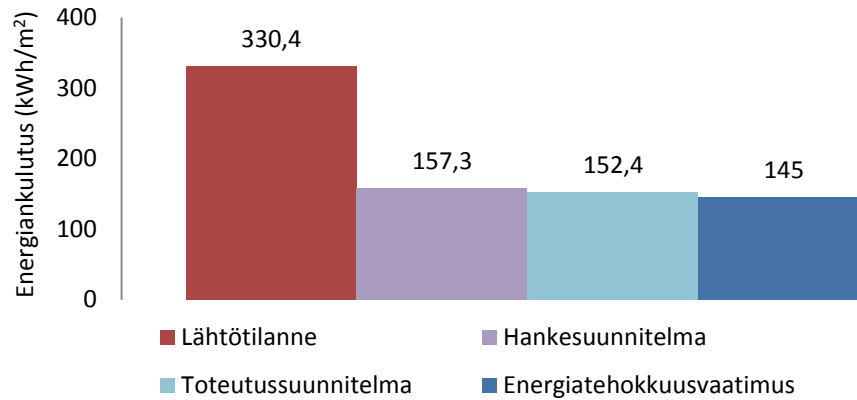


Kuva 19. Luonnossuunnitelmavaiheen parannusten vertailu rakennusosakohtaisiin vaatimuksiin.

Hankeselvityksen arvoilla ei täytetä aivan kaikilta osin rakennusosakohtaisia vaatimuksia, mutta suunnitteluvaiheen arvoilla vaatimus täytetään ikkunoita lukuun ottamatta. Vaikka asetuksen vaatimukset täytetään, kannattaa rakennuksen kokonaisvaltaiset tarkastelut silti toteuttaa. Tällöin energiankulutus on laskettava koko rakennuksen osalta.

7.1.2 Energiatehokkuusvaatimus (kWh)

Rakennuksen kokonaisvaltaisessa energiankulutusvaatimuksessa toimistorakennusten on saavutettava energiankulutuksen arvo 145 kWh/m^2 . Tähän lukuun ei oteta huomioon energianmuotokertoimia. Toteutussuunnitelman mukaisilla tarkasteluilla saavutettiin energiankulutuksen arvo $152,4 \text{ kWh/m}^2$. Asetuksen vaatimusta ei siis täytetä vaan energiankulutuksen arvosta jäädyään melko selvästi. Eri vaiheiden energiankulutukset on kerätty kuvaan 20, josta selviää myös lähtötilanteen ja hankesuunnitelman mukaiset energiankulutukset.

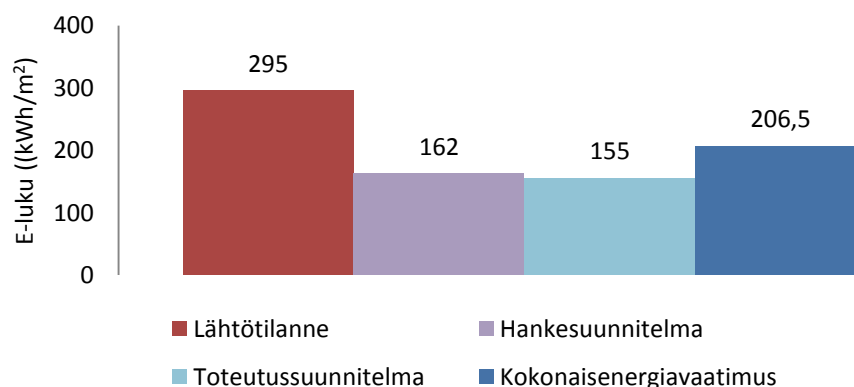


Kuva 20. Energiankulutusten arvot suunnittelun eri vaiheissa.

Jos rakennuksen tarpeenmukainen ilmanvaihto otettaisiin huomioon 0,7 l/s ilmavirralla, energiatehokkuusvaatimus 145 kWh saavutettaisiin juuri. Vastaavasti energiatehokkuusvaatimuksen arvo pystyttäisiin saavuttamaan parantamalla ulkoseinien U-arvoja. Kuitenkin energiatehokkuusvaatimuksen tavoittelu ei ole välttämätöntä, mikäli jokin muu vaatimuksista täytetään hieman helpommin.

7.1.3 Kokonaisenergiavaatimus (E-luku)

Ennen peruskorjausta rakennuksen E-luvuksi laskettiin standardikäytöllä 295 kWh/m². Hankeselvityksen mukaisilla toimenpiteillä päästiin arvoon 162 kWh/m². Hankeselvityksen mukainen E-luku on 55 % alkuperäisestä. 4/13-asetuksen 7§ mukaan toimistorakennukselle tehtyjen toimenpiteiden jälkeen E-luvun tulee olla korkeintaan 70 % alkutilanteen E-luvusta. Toteutussuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä E-lukua saatiin vielä pienennettyä hankesuunnitteluvaiheen arvosta. Toteutussuunnitelman toimenpiteillä päästiin E-lukuun 155 kWh/m², joten E-lukuvaatimus saatiin alitettua selvästi. E-lukujen arvot eri suunnitteluvaiheista on kerätty kuvaan 21.



Kuva 21. Kokonaisvaltaisen energiavaatimuksen (E-luvun) saavuttaminen.

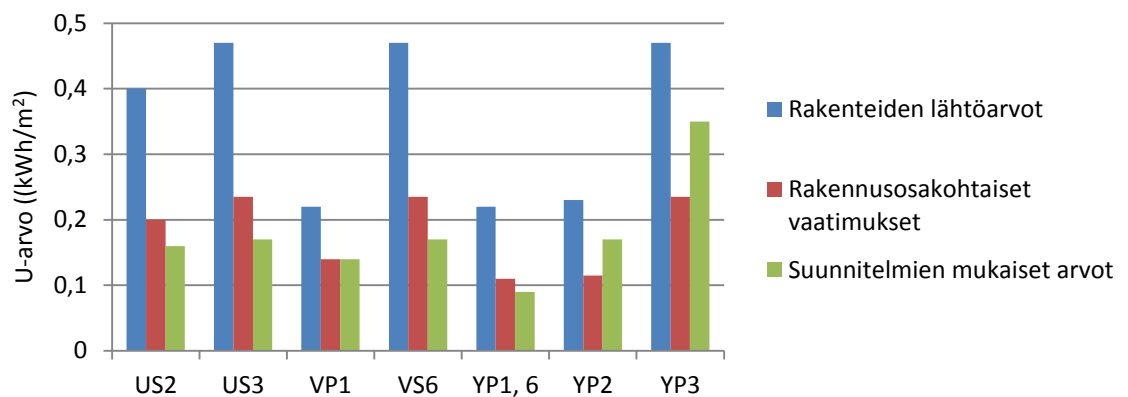
Rakennusosakohtainen vaatimus on selkeä täyttää, mutta tutkimuskohteen tilanteessa jouduttaisiin tekemään lisäselvitys poikkeuslupaa varten. Poikkeuslupa on kirjatta-

va syyt, joiden takia kaikkia rakenteiden U-arvovaatimuksia ei saavuteta. Selvityksiä ei kuitenkaan tarvitsisi tehdä, mikäli valittaisiin E-luku -vaatimus. Hanke- ja luonnossuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä E-luku -vaatimus saavutetaan selkeästi. Tämä mahdollistaisi eri toimenpiteiden osalta tarkempia kustannustehokkuustarkasteluita. Tarkasteluiden avulla voitaisiin selvittää toimenpiteet, jotka olisivat teknisesti ja taloudellisesti kannattavimmat. Mikäli peruskorjauksen jälkeinen E-luku selvitetään joka tapauksessa, E-luku -vaatimus edellyttäisi lisäksi vain lähtötilanteen E-luvun selvittämisen. Lisäksi rakennuksen tiiviyyttä parannettaessa vuotoilma tulisi mitata peruskorjaukselta ennen ja jälkeen.

7.2 Tutkimuskohteen 2 energiatarkastelut ja suunnitteluvaiheiden energiamääräysten toteutuminen

7.2.1 Rakennusosakohtainen vaatimus (U-luku)

Merkittävimmät rakenteiden energiantehokkuutta parantavat toimenpiteet tehtiin pääasiassa IV-konehuoneiden ympärillä oleviin rakenteisiin sekä alimpien kerrosten vedeneristyksellisiin rakenteisiin. Osalle näistä rakenteista oli määritelty uudisrakentamisen tason U-arvot. Suunnitellut U-arvot ja rakennusosakohtaisten vaatimusten arvot on koottu kuvaan 22.



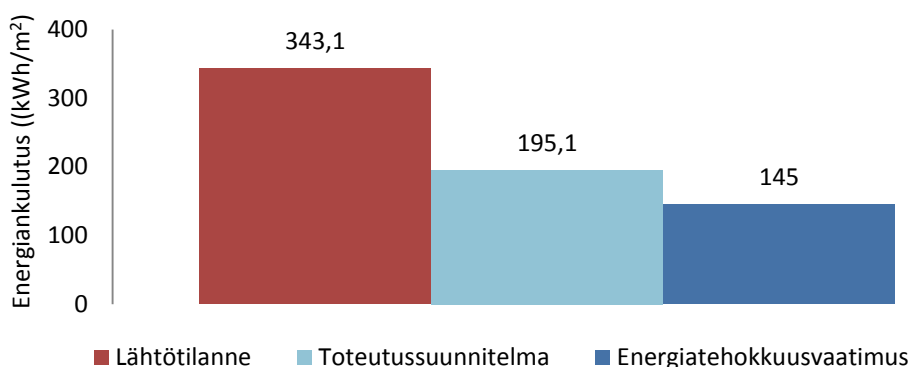
Kuva 22. Rakennusosakohtaisten vaatimusten toteutuminen eri rakenteiden osalta.

Kuten kuvasta nähdään, yläpohjat YP2 ja YP3 eivät täytä rakennusosakohtaisia vaatimuksia. Sisäpihan pihakannen eli YP2:n lämmöneristettä olisi pitänyt lisätä jonkin verran, jotta olisi päästy puoleen alkuperäisestä U-arvosta. Pihakannen lisälämmöneristämistä olisi kuitenkin voinut muodostua hieman toiminnallisia ongelmia. YP3 on puolilämpimän ullakkokäytävän katto. Puolilämpimän tilan U-arvoa olisi pitänyt parantaa vielä yhtä paljon kuin sitä jo parannettiin lähtötilanteen arvosta.

Kun tarkasteltiin ikkunoiden U-arvovaatimuksia, tutkimuskohteen 2 tilanteessa tuli esille vastaava tilanne kuin 1. tarkastelukohteen kanssa. Museovirasto ei antanut lupaa vaihtaa uusia, energiatehokkaita ikkunoita vaan vanhat ikkunat jouduttiin paikoitellen kunnostamaan ja uusimaan vanhoja vastaaviksi. Vaikka ikkunoiden U-arvoille olisi pystytty anomaan poikkeuslupaa, sisäpihan ja ullakkokäytävän yläpohjien osalta U-arvot eivät täyttäneet rakennusosakohtaisia vaatimuksia. Näiden yläpohjien osalta poikkeuslupa olisi pitänyt perustella esimerkiksi teknisenä toimimattomuutena. Jos rakennuksen korjaustoimenpiteillä saavutettaisiin kuitenkin kokonaisvaltaisen energiatarkastelun vaatimukset, rakennusosakohtaisten vaatimusten toteutumattomuutta ei tarvitsisi perustella.

7.2.2 Energiatehokkuusvaatimus (kWh)

Rakennuksen kokonaisvaltaisen energiankulutusvaatimuksen mukaan toimistorakennuksen pitää saavuttaa energiankulutuksen arvo 145 kWh/m^2 . Tähän arvoon ei ole otettu huomioon energiamuotokertoimia. Suunnitelmien mukaisilla tarkasteluilla päästiin energiankulutuksen arvoon $195,1 \text{ kWh/m}^2$. Tämä arvo on siis hyvin kaukana toimistorakennuksille asetetusta energiankulutusarvosta. Lähtötilanteen ja toteutussuunnitelman mukaisia energiankulutuksia on vertailtu energiatehokkuusvaatimuksen arvoon kuvassa 23.



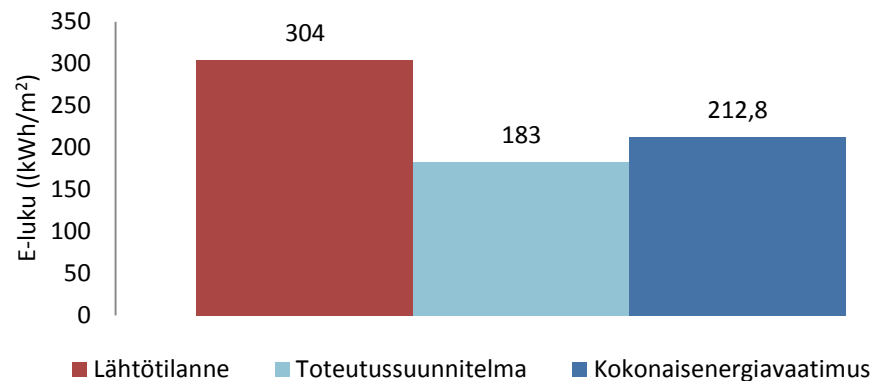
Kuva 23. *Energiankulutusten arvot suunnittelun eri vaiheissa.*

Rakennuksen energiankulutusta pystyttäisiin alentamaan, jos Riuska-mallin ikkunoihin asennettaisiin sälekaihtimet ja muut mahdolliset passiiviset varjostukset. Tällä ikkunoiden passiivisella varjostuksella ei kuitenkaan saataisi alennettua energiankulutusta kuin korkeintaan arvoon 10 kWh/m^2 . Silti tavoitellusta energiankulutusarvosta jäätäisiin noin 40 kWh/m^2 . Uusitut talotekniset järjestelmät toteutettiin energiatehokkaiksi, joten rakennuksen ulkovaipan rakenteet jäivät ainoiksi paikoiksi pienentää energiankulutusta. Ilman ulkoseinien lisälämmöneristämistä tutkimuskohteella 2 olisi lähes mahdotonta päästä energiatehokkuusvaatimuksen arvoon. Kun kyseessä on näin vanha rakennus, ulkoseinien merkittävä lisälämmöneristäminen ei ole teknisesti järkevää. Näin

ollen energiatehokkuusvaatimuksen saavuttamista ei voida pitää kannattavana. On siis kannattavampaa tarkastella 4/13-asetuksen toteutumista muiden vaatimusten osalta.

7.2.3 Kokonaisenergiavaatimus (E-luku)

Ennen peruskorjausta rakennuksen E-luvuksi määritettiin 304 kWh/m^2 . Kokonaisenergiakulutukselle on asetettu vaatimuksessa ehto: E-vaatimus $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$. Korjaustoimenpiteiden jälkeen E-luvun pitäisi olla siis pienempi kuin $0,7 \times 304 = 212,8 \text{ kWh/m}^2$. Korjaustoimenpiteillä uudeksi E-luvuksi saavutettiin 183 kWh/m^2 eli vaatimus täytettiin melko selvästi. Näiden arvojen pylväät on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Kokonaisvaltaisen energiankulutuksen saavuttaminen.

4/13-asetuksen vaatimusvaihtoehdoista selkeimmin täytettäisiin kokonaisenergiankulutusvaatimus eli E-luku -vaatimus. Mikäli peruskorjauksen jälkeinen E-luku halutaan selvittää asetuksen toteuttamistavasta riippumatta, E-luku -vaatimus edellyttäisi lisäksi vain lähtötilanteen E-luvun määrittämisen. Tätä varten pitäisi kuitenkin määrittää rakennuksen ilmanvuotoluku peruskorjausta ennen ja jälkeen. E-luku -vaatimuksen selvä toteutuminen mahdollistaisi tarkastelukohteen tilanteessa yksittäisten rakenteiden yksityiskohtaisemman tarkastelun kustannustehokkuuksien osalta.

8. VAIHTOEHTOISTEN KORJAUSTOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUSTARKASTELUT

Kun määritettiin laskennoissa käytettyjä energiahintoja, pyrittiin tarkastelemaan Helsingin keskustan todellisia kustannuksia. Helsingin keskustassa on kattavat Helen Oy:n kaukolämpö ja -jäähdytysverkot. Energiategollisuus-sivuston mukaan energiahinnat olivat vuonna 2014 hieman alle 50 €/MWh ilman arvonlisäveroa (Energiategollisuus 2015). Helenin antamien tietojen mukaan vuoden 2014 keskihinta oli arvonlisäverotona 50,1 €/MWh, jota käytettiin myös energiatarkasteluissa kaukolämmön hintana (Helen Oy 2015). Tilastokeskuksen mukaan yritysasiakkaiden (20-500 MWh/vuosi) sähköenergian hinta oli 86,8 €/MWh vuonna 2014 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014m).

Laskelmien takaisinmaksuaikojen diskonttokorkona voitaisiin käyttää 6 % korkoa, jota käytettiin myös Suomen toimittamassa kustannusoptimaalisuustarkastelussa. Monissa tarkasteluissa, kuten FInZEB-ohjelman teettämässä tarkasteluissa, diskonttokorkona on käytetty 4 %. Työn tarkasteluissa on käytetty 4 % korkoa, jotta tulokset olisivat samassa linjassa muiden tarkastelujen kanssa. Rahan arvon laskuna eli inflaationa on käytetty 2 %, koska energiahinnan nousu ja rahan arvon lasku on pysynyt edeltävinä vuosina kahdessa prosentissa (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014k). Diskonton ja inflaation avulla on määritetty reaalikorko kaavalla 8. Laskelmissa käytetyt energiakustannukset ja korkokannat on koottu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Laskelmissa käytetyt energiamuotojen hinnat (ALV 0 %), korkokannat ja tarkastelujaksot.

Energian hinta	
Kaukolämpö	50,10 €/MWh
Sähkö	86,80 €/MWh
Laskennan korkokannat	
Diskonttokorko	4,00 %
Energian hinnan nousu	2,00 %
→ Reaalikorko	1,96 %
Tarkastelujakso	
Toimistot	20 a

8.1 Perusvertailutaso

Korjaustoimenpiteiden perusvertailutasona on käytetty tilannetta, johon nykymääräykset ohjaavat. Rakenteiden osalta on tarkasteltu tilannetta, jossa pakolliset korjaustoi-

menpiteet oli suoritettu ja rakenne oli saatettu lähtötilanteen mukaiseen U-arvoon. Tällöin lisälämmöneristämisen kustannuksina on käytetty todellisia kustannuksia, jotka ovat aiheutuneet paremman U-arvon saavuttamisesta. Ikkunoiden ja ovien osalta perusratkaisuina on käytetty tilannetta, jossa ikkunat oli kunnostettu siten, että ne kestävät jatkossa lähes yhtä kauan kuin uudet ikkunat. Rakenteiden korjaustoimenpiteiden tarkastelussa on käytetty luvun 6 selostuksia.

Rakennuksen ilmanvuotoluku paranee, kun ikkunoita korjataan ja kunnostetaan. Tämän takia perusvertailutason ilmanvuotoluvuksi on arvioitu $4,0 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, joka vaaditaan myös uudisrakentamisessa. Valaistuksessa perusratkaisuna on käytetty RakMk D3:n standardikäytön mukaista arvoa eli toimistorakennuksen tilanteessa 12 W/m^2 . Molemmissa tutkimuskohteissa valaistus uusittiin täysin vastaamaan muuttuneita tarpeita. Valaistuksien kustannustarkastelut on tehty aivan kuin uudisrakennuksilla.

Teknisille järjestelmille on määrätty 4/13-asetuksessa vaatimukset, jotka ovat pakolliset riippumatta korjausrakentamisvaatimuksen valinnasta. Tämän takia vertailutason tulo-/poistoilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on määritetty 45 % ja ominaissähkötehoksi $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

Asetuksessa kehoitetaan, että lämmitysjärjestelmien hyötysuhteita tulisi parantaa mahdollisuuksien mukaan. Koska putkijärjestelmät uusittiin kokonaan, putkien eristyksen on oletettu perusratkaisussa samoiksi kuin toteutussuunnitelmissa.

Molempiin kohteisiin suunniteltiin tarpeenmukainen ilmanvaihto, jota ohjataan tilanturien avulla. Tarkasteluissa on kuitenkin käytetty standardin mukaista ilmanvaihtoa 2 l/s/m^2 , koska tarkkaa tietoa tilojen käytöstä ja käyttöasteesta ei ole. Lisäksi ei ole yleisesti määritelty, kuinka paljon ilmavirran suuruuteen voidaan vaikuttaa tarpeenmukaisuudella. FInZEB-tarkasteluissa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla on päästy pienekköjen toimistorakennusten osalta keskimäärin $0,7 \text{ l/s/m}^2$ ilmavirtaan (Granlund Oy 2015).

Molemmissa tutkimuskohteissa sisäilmastoluokaksi on asetettu S2. Tämä edellytti sitä, että molempiin kohteisiin oli asennettava jäähdytys peruskorjauksen yhteydessä. Näin ollen jäähdytys on huomioitu perusvertailutapauksessa. Jäähdytys oli järkevintä toteuttaa kaukojäähdytyksenä, koska Helenin putket kulkevat viereisillä kaduilla.

Vertailukohdan eli perusratkaisutason laskenta-arvot on kerätty taulukkoon 9. Taulukkoon on kerätty vertailutapauksen muutokset lähtötilanteen tapauksiin nähden. Taulukon mukaiset muutokset on tehty molemmille tarkasteltaville kohteille.

Taulukko 9. Vertailutapauksen muutokset lähtötilanteen energialaskentaan.

Muutos toimenpide	Arvo			Yksikkö
	Ennen		Jälkeen	
Rakennusvaipan parantaminen				
Ulkoseinät	Samat			W/m ² K
Alapohjat	Samat			W/m ² K
Yläpohjat	Samat			W/m ² K
Ikkunoiden U-arvot	Samat			W/m ² K
Ikkunoiden g-arvot	Samat			-
Ilmanvuotoluvun pienentäminen	6,0 1/h	→	4,0 m ³ /(hm ²)	
Ilmanvaihokoneiden parantaminen				
LTO:n painotettu vuosihyötysuhde koko rakennukselle	0	→	45	%
Ominais sähkötehon SFP:n parantaminen	2,5	→	2,0	kWh/m ³ /s
Lämpimien putkien eristyksen uusiminen 0,5D → 1,5D				
Lämmitysputkien siirron vuosihyötysuhde	80	→	85	%
Lämmivesikiertojohdon lämpöhäviö	10	→	6	W/m
Kuormat				
RakMk D3:n standardin mukaiset	Samat			W/m ²

8.2 Kohteiden yhteiset korjaustoimenpidetarkastelut

Laskelmien yksinkertaistamiseksi takaisinmaksuaikoihin ja kustannustarkasteluihin ei ole huomioitu rakenteiden jäännösarvoja, koska on vertailtu eri toimenpiteiden kustannuksien eroja. On siis oletettu, että tarkastelujaksojen loppuissa eri ratkaisujen jäännösarvot ovat samat. Kannattavuustarkastelut on tehty takaisinmaksuaikojen avulla. Tarkastelut olisi hyvä tehdä myös sisäisen korkokannan ja nykyarvomenetelmän avulla, koska eri menetelmät antavat hieman eritasoisia tuloksia. Käytettäessä vain yhtä tarkastelumenetelmää rajatapauksista voi tulla joko kannattavia tai kannattamattomia. Epätarkkojen arvojen takia olisi myös tärkeä suorittaa herkkyystarkasteluja. Nämä tarkastelut antavat myös varmempaa tietoa kannattavuuksista.

Yksittäisten tarkastelutapausten takaisinmaksuaikojen avulla on arvioitu kannattavia energiatehokkuustasoja ja kannattamattomia toimenpiteitä, jotka voidaan jättää pois laajemmista toimenpidekokonaisuuksista. On kuitenkin hyvä muistaa, että korjausrakentaminen on koko rakennuksen optimointia eikä yksittäisten ratkaisujen osaoptimoinnilla välttämättä saavuteta koko rakennuksen optimaalisinta tilannetta.

Toimistorakennusten valaistuksen kustannuksiin vaikuttavat valaisintyyppi ja sen ohjaus. Valaisintyyppin elinikä vaikuttaa käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin. Optiplan Oy on arvioinut paremman valaistuksen kannattavuutta FInZEB-hankkeessa taulukon 10 mukaisesti (Optiplan Oy 2014).

Taulukko 10. Valaistuksen parantamisen kannattavuustarkastelu
(Optiplan Oy 2014).

Ratkaisu	Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Kokonais- kustannukset	Vaikutus E-lukuun	Takaisin- maksuaika
	€/m ²	€/m ² (20 v)	€/m ² (20 v)	€/m ² (20 v)	kWh/m ²	a
Valaistus 12 W/m ²	v e r t a i l u t a p a u s					
Valaistus 7 W/m ²	6	-4	-10	-7	-16	6

Yhdessä Philips-valaisintoimittajan kanssa arvioitiin avotoimiston valaisinkustannuksia simuloimalla tilan käyttötasoon noin 500 lx (luksi). Tarkasteluilla saatiin taulukon 11 mukaiset arviot. Tarkasteluissa otettiin huomioon vain valaisintyyppin vaihdokset. Tarkastelujen neliötehot on huomioitu RakMk D3:n standardikäytön mukaisilla aikatauluilla.

Taulukko 11. Avotoimiston valaistuksen kustannustarkastelu

Ratkaisu	Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E-lukuun	Takaisin- maksuaika
	€/m ²	€/m ² /a	€/m ² /a	kWh/m ²	a
Valaistus 12 W/m ²	v e r t a i l u t a p a u s				
Valaistus 8 W/m ²	10	-0,5	0,6	-13	9,7
Valaistus 6 W/m ²	35	-1	1,0	-19	22,0

Kustannukset vaihtelevat jonkin verran tarkastelutavoista riippuen. Kannattavimmaksi valaistustehoksi voidaan arvioida nykyään noin 7-9 W/m². Näiden takaisinmaksajat ovat alle kymmenen vuotta, kuten taulukoista 10 ja 11 huomataan. Pelkän valaistustehon tarkastelu on vanhentunut tapa ja paljon merkittävämmässä roolissa on vuoden energiankulutus kWh/m²/a (Varsila 2008). Energiankulutuksen ja valaistustehon välistä riippuvuutta voidaan tarkastella, kun tiedetään tilojen käyttöaika ja käyttöaste. Energia-
tehokkuuslaskelmat pakottavat kuitenkin käyttämään RakMk D3:n standardikäyttöä. Näin ollen valaistustehon määrä standardikäytöllä on annettava pinta-alaa kohti.

Kustannusten laskennassa olisi hyvä käyttää kyseisten alojen ammattilaisia. Suunniteltujen toimenpiteiden pitäisi olla teknisesti ja toiminnallisesti järkeviä. Kustannustarkasteluissa voi syntyä helposti pieniä virheitä, kun vertailtavien toimenpiteiden väliset erot eivät ole täysin selvillä. Tämän takia tarkempien kustannusten määrittäminen korjausrakentamisen alkuvaiheessa on usein haastavaa. Siksi on hyvä tehdä alustavia suunnitelmia, joita tarkastelemalla saadaan kustannusarvioita. Vanhoissa suojelluissa rakennuksissa on usein tilarajoitteita, ja näin ollen suunnitellut toimenpiteet täytyy tarkastella tilan sallimissa rajoissa.

Lämmöntalteenoton minimivaatimus, 45 prosentin vuosihyötysuhde, saavutetaan melko helposti IV-koneilla, joilla lämpötilahyötysuhde on noin 80 prosenttia. Energia- tehokkuuden lisäkustannusten määrittäminen esimerkiksi 45 prosentin ja 70 prosentin vuosihyötysuhteiden välille on haastavaa, koska toimistojen osalta halutaan kuitenkin saavuttaa S2-sisäilmastoluokan tavoitteet.

Optiplan Oy on määrittänyt FInZEB-hankkeissa lämmöntalteenoton alkuinvestointien lisäkustannuksia, kun vertailukohtana on ollut 45 prosentin lämmöntalteenotto. Lisäkustannukset 72 prosentin vuosihyötysuhteella olivat 2 €/m² suuremmat kuin 45 prosentin hyötysuhteella ja vastaavasti 81 prosentin vuosihyötysuhteella 3 €/m² (Optiplan Oy 2014). Näiden arvioiden perusteella tehdyt kannattavuustarkastelut on kerätty taulukkoon 12.

Taulukko 12. Lämmöntalteenoton parantamisen kannattavuustarkastelut.

Ratkaisu	Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E-lukuun	Takaisin- maksuaika
	€/m ²	€/m ² (20v)	€/m ² /a	kWh/m ²	a
LTO vuosihyötysuhde 45%	v e r t a i l u t a p a u s				
LTO vuosihyötysuhde 72%	2	0	-0,8	-23,7	2,4
LTO vuosihyötysuhde 81%	4	0	-1,1	-31,6	3,7

Tutkimuskohteiden ikkunoiden ja rakenteiden energiatehokkuuksien parantamisen kustannustarkasteluissa on huomioitu ainoastaan lisärakenteiden ja niiden asennustöiden kustannukset. Nosturien tai asennustasojen kustannuksia ei siis ole huomioitu, koska rakenteiden kunnostukset tarvitsevat joka tapauksessa asennustasot. Ikkunoiden ja rakenteiden kannattavuustarkastelut on tehty suhteessa rakenteen pinta-alaan. Rakenteiden kustannusarvioita tehtiin yhdessä IdeaStructura Oy:n kanssa. Ikkunoiden kustannustarkastelut on koottu taulukkoon 13.

Taulukko 13. Ikkunoiden kunnostamisen ja uusimisen kustannustarkastelut.

Ratkaisu	Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E-lukuun	Takaisin- maksuaika
W/(m ² K)	€/m ²	€/m ² /a	€/m ² /a	kWh/m ²	a
Ikkunoiden U = 2,8 (kunnostaminen)	v e r t a i l u t a p a u s				
Ikkunoiden U = 1,5 (kunnostaminen)	150	0	8,8	3-7	20,9
Ikkunoiden U = 1,0 (uusiminen)	400	-10	12,2	6-13	22,5
Ikkunoiden U = 0,8 (uusiminen)	450	-10	13,5	7-14	24,2

Taulukon 13 kustannusarvioinneista huomataan, että vanhojen ikkunoiden korjaus ja vaihtaminen maksaisi itsensä takaisin hieman reilussa 20 vuodessa. Vanhojen ikkunoiden korjaamisen ongelmana kuitenkin on, että korjattujen ikkunoiden tekniset käyttöiät eivät ole aivan yhtä pitkät kuin uusien.

Toimenpiteiden ja energiankulutusten simuloinneissa on käytetty MagiCAD Comfort & Energy:n olosuhde- ja energiasimulointiohjelmaa Riuska. Kohteiden pinta-aloina ja tilavuuksina on käytetty Äyräväisen ja Rambollin tekemien mallien tietoja. Simuloinneissa on käytetty yhtä vakioilmavirtaista IV-konetta. Yksittäisten pienialaisten rakenteiden, kuten esimerkiksi ovien korjaustoimenpiteiden vaikutus koko rakennuksen energiatehokkuuteen on melko pieni. Tämän takia niiden kunnostamista ei ole tarkasteltu omina tapauksinaan, vaan ne on sisällytetty toteutettujen toimenpiteiden energiatarke-
teluihin.

Kun verrataan kohteiden energiatarke-
teluja toisiinsa, huomataan merkittävä ero ikkunoiden aurinkosuojauksissa. Tutkimuskohteen 2 ikkunoissa on otettu huomioon ainoastaan aurinkosuojakalvot, kun taas ensimmäisen kohteen toimistotilojen ikkunoissa on otettu huomioon lisäksi passiiviset auringonsuojaukset. Passiivisina suojauksina ikkunoissa on käytetty sälekaihtimia ja ikkunoiden yläpuolella olevia lippoja. Tämän takia kohteiden jäädytysenergian kulutuksissa on syntynyt eroja.

8.3 Tutkimuskohteen 1 korjaustoimenpidetarkastelut

Tutkimuskohteessa 1 tehtiin laaja peruskorjaus, jossa kaikki pinnat kunnostettiin. Lähes jokaisen rakenteen, johon kohdistui korjaustarpeita, energiatehokkuutta parannettiin. Ainoa rakennuksen vaipan osa, johon ei suunnitteluvaiheessa tehty energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, oli maanpäälliset ulkoseinät. Parantamistoimenpiteitä kyllä mietittiin hankesuunnitteluvaiheessa, mutta ne jätettiin lopulta toteuttamatta. Rakenteiden kustannustarkasteluista saatiin taulukon 14 mukaiset arviot.

Taulukko 14. Rakenteiden lisälämmöneristämisen takaisinmaksuajat.

Ratkaisu		Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E- lukuun	Takaisin- maksuaika
	W/(m ² K)	€/m ²	€/m ² /a	€/m ² /a	kWh/m ²	a
AP1 ja 2	U=0,45	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,225	55	0	-1,0	-2	yli 60
	U=0,16	80	0	-1,3	-4	yli 60
US1	U=0,9	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,66	25	0	-1,6	-5	18,5
	U=0,45	35	0	-3,0	-11	13,1
US2	U=0,63	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,48	30	0	-0,7	<-1	yli 60
	U=0,32	75	0	-1,4	~-1	yli 60
VP3	U=0,47	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,235	45	0	-1,6	~0	41,6
	U=0,16	95	0	-2,1	~0	yli 60
YP1	U=0,25	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,125	200	0	-0,8	<-1	yli 60
	U=0,09	250	0	-1,1	~-1	yli 60

Kuten taulukosta 14 huomataan, rakenteiden energiantehokkuuden parantamistoimenpiteet eivät ole juurikaan kannattavia tarkasteltujen rakenteiden osalta. Taulukon kustannusarvioiden mukaan ainoa kannattava toimenpide on ulkoseinien energiatehokkuuden parantaminen. Ulkoseinien energiatehokkuuden parantaminen ei ole kuitenkaan teknisesti ja toiminnallisesti kannattava toimenpide.

Rakennuskohteen ilmanvaihto suunniteltiin toteutettavaksi 16 tulo-/poistoilmanvaihtokoneella sekä kolmella poistokoneella. Näiden tulo-/poistokoneiden ilmamäärät vaihtelivat välillä 100-1500 l/s. Yli 500 l/s olevia IV-koneita oli 13 kappaletta. Valtaosa koneista oli noin 1000 l/s suuruusluokassa. Ullakkotilan ahtaus IV-konehuoneena rajoitti, ettei tilaan voitu sijoittaa suuria koneita. IV-koneiden SFP-luvut vaihtelivat välillä 1,0-3,1 kW/(m³/s).

Mikäli tilankäytölliset tarpeet unohdettaisiin ja IV-koneiden koon muutoksia tarkasteltaisiin vapaasti, saataisiin määritettyä IV-koneiden kokojen vaikutus SFP-lukuun. Samalla selviäisi SFP-luvun parantamisesta koituvat lisäkustannukset. Käytettäessä suurempia IV-koneita kannattavuustarkasteluissa olisi kuitenkin hyvä ottaa huomioon kasvavan tilantarpeen lisäkustannukset. Näitä lisätilan tuomia kustannuksia ei ole huomioitu työn tarkasteluissa. Vaihtoehtoisissa IV-konetarkasteluissa käytettiin Recairin IV-koneiden mitoitusohjelmaa. Tarkasteltaviin IV-koneisiin sisällytettiin lämmitys- ja jäähdytyspatteri sekä konekohtaiset äänenvaimentimet, jotka olivat tulopuolella F7 ja poistopuolella F5. Puhaltimien moottorina toimi yksinopeuksinen taajuusmuuttajalla varustettu IE2-luokan puhallin. Recairin ohjelmalla saatiin arvioitua taulukon 15 mukaiset arvot IV-koneiden kustannuksien ja SFP-lukujen välille. Koneen kokona käytettiin

noin 1,5 m³/s. Arvioitaessa, että yksi IV-kone maksaisi 15 000 euroa, saadaan taulukon 16 mukainen vertailutaulukko.

Taulukko 15. SFP:n ja kustannusten keskinäinen vaikutus.

SFP (kWh/m ³ s)	2,0	1,8	1,6	1,5
Suhteellinen kustannus	100 %	110 %	120 %	125 %

Taulukko 16. SFP-luvun parantamisen takaisinmaksuajan tarkastelu.

Ratkaisu	Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E-lukuun	Takaisin- maksuaika
	€/m ²	€/m ² /a	€/m ² /a	kWh/m ²	a
SFP 2,0 kWh/m ³ s	v e r t a i l u t a p a u s				
SFP 1,8 kWh/m ³ s	30,03	0	-1,36	-2,30	31,2
SFP 1,6 kWh/m ³ s	32,76	0	-2,71	-4,61	31,2
SFP 1,5 kWh/m ³ s	34,12	0	-3,39	-5,76	31,2

Mikäli IV-koneen hinta olisi 10 000 euroa, taulukon 16 takaisinmaksuajat olisivat juuri alle 20 vuotta. IV-koneiden tarkemman kustannusarvion avulla voidaan määrittää, onko SFP-luvun parantaminen pienten IV-koneiden osalta kannattavaa. Ongelmia voi kuitenkin ilmaantua IV-koneen koon kasvamisesta. SFP:n ollessa 2,0 kWh/m³s IV-koneen korkeus on noin 1500 mm. Kun SFP-luku paranee alle 1,7 kWh/m³s, koneen korkeus kasvaa noin 700 mm. Leveydessä ja pituudessa muutos on joitain satoja millimetrejä. IV-koneen koon valintaan voi vaikuttaa ullakotilan korkeus, joka näin ollen voi rajoittaa myös IV-koneen SFP-lukua.

Kustannustarkastelujen perusteella voidaan arvioida, että kannattavimmat korjaustoimenpiteet ovat talotekniset ratkaisut sekä ikkunoiden kunnostamiset. Seitsemännessä luvussa todettiin, että vanhoilla rakennuksilla 4/13-asetuksen E-lukuvaatimuksen saavuttaminen on melko helppoa. Taulukkoon 17 on kerätty tarkastelutapauksia, joiden avulla on selvitetty energiankulutuksia eri tilanteissa.

Taulukko 17. Eri tarkastelutapausten korjaustoimenpiteet.

Korjaustoimenpideratkaisut	Perustapaus	TT1	TT2	TT3	TT4	TT5	TT6	Hanke-suunnitelma	Toteutus-suunnitelma
Suunnitelmien mukaiset U-arvot								X	X
Lähtötilanteen mukaiset U-arvot	X	X	X	X	X	X	X		
YP U=0,09 W/m ² K		X					X		
AP U=0,16 W/m ² K			X						
US2 U=0,32 W/m ² K			X						
Ikkunat alkuperäiset	X	X	X	X					
Ikkuna U=1,0 W/m ² K; g=0,4					X	X	X		X
Ikkuna U=0,8 W/m ² K; g=0,45								X	
Ilmanvuoto q ₅₀ =4,0 m ³ /hm ²	X	X	X	X				X	
Ilmanvuoto q ₅₀ =2,0 m ³ /hm ²					X	X	X		X
LTO vuosihyötysuhde 45 %	X	X	X	X					
LTO vuosihyötysuhde 74 %						X	X	X	X
Valaistus 12 W/m ²	X	X	X		X				
Valaistus 9 W/m ²				X		X	X	X	X

Taulukon 17 tarkastelutapauksilla saatiin energiankulutuksiksi ja E-arvoiksi taulukon 18 arvot. Lisäksi taulukkoon 18 on laskettu uuden E-luvun osuus alkuperäisestä arvosta.

Taulukko 18. Energiankulutukset eri tarkastelutapausten välillä.

Tarkastelutapaus	Energiantarve sisältäen häviöt, kWh/m ² /a						Ostoenergia, kWh/m ² /a			Ostoenergia yhteensä, kWh/m ² /a	E-luku, kWh _E /m ² /a	E-luvun osuus lähtötilanteesta
	Tilojen lämmitys	IV-koneiden lämmitys	Käyttöveden lämmitys	LVI-laitteiden sähkö	Valaistus-sähkö	Laitesähkö	Lämmitys	Jäähdytys	Sähkö			
Lähtötilanne	134,3	117	7,3	19	22,4	22,4	266,6	0	63,8	330,4	295	1,00
TT perus	77,8	61,3	6,9	15,6	22,4	22,4	150,4	11,4	60,4	222,2	213	0,72
TT1	75,3	61,2	6,9	15,6	22,4	22,4	147,9	11,4	60,4	219,7	211	0,71
TT2	69,8	61,2	6,9	15,6	22,4	22,4	142,2	11,4	60,4	214,0	207	0,70
TT3	77,8	61,3	6,9	15,6	16,8	22,4	150,4	11,4	54,8	216,6	203	0,69
TT4	64,3	61,2	6,9	15,6	22,4	22,4	136,5	11,4	60,4	208,3	203	0,69
TT5	77,8	29,1	6,9	15,6	22,4	22,4	117,3	11,4	60,4	189,1	189	0,64
TT6	62,8	29,7	6,9	15,6	16,8	22,4	102,5	10,3	54,8	167,6	169	0,57
Hanke-suunnitelma	53,2	30,8	6,9	15,6	16,8	22,4	93,8	8,7	54,8	157,3	162	0,55
Toteutus-suunnitelma	50,4	29,6	6,9	15,6	16,8	22,4	89,6	10,8	52,0	152,4	155	0,53

Kuten taulukon 18 viimeisestä sarakkeesta huomataan, E-luku paranee jo selvästi perusvertailutapauksella. Rakennuksen ilmanvuodon ja lämmöntalteenoton parantami-

nen tuo siis jo selviä säästöjä. Tarkastelutapaukset 3-6 toteuttavat hanke- ja toteutus suunnitelman lisäksi kokonaisenergiavaatimuksen eli E-luvun parantamisvaatimuksen. Koska E-lukuvaatimus saavutettiin ilman rakenteellisia toimenpiteitä, olisi rakenteiden energiatekniset korjaustarpeet voitu tarkastella omina tapauksinaan. Näin ollen olisi ollut mahdollista selvittää kunkin tapauksen kustannustehokkaimmat korjaustoimenpiteet. Tämä olisi myös mahdollistanut rakenteen teknisen toimivuuden, kun ei olisi ollut välttämätöntä parantaa rakenteen lämmöneristävyyttä niin paljoa.

Mikäli rakennus olisi ollut ennen peruskorjausta perusvertailutapauksen mukainen, eli rakennuksessa olisi ollut lämmöntalteenotollinen ilmanvaihto ja uudisrakentamistasoinen ilmanvuotoluku, toteutussuunnitelmien mukaisilla toimenpiteillä olisi saavutettu 73 % alkuperäisestä E-luvusta. Tämä olisi jäänyt hieman E-lukuvaatimukseen asetetusta 70 prosentista. Välttämättä ei siis ole järkevää tavoitella E-lukuvaatimuksen toteuttamista vaan ainoaksi kannattavaksi vaihtoehdoksi jää rakennusosakohtainen tarkastelu.

8.4 Tutkimuskohteen 2 korjaustoimenpidetarkastelut

Tutkimuskohteen 2 alapohja oli uusittu vuonna 1984, ja sen U-arvo oli $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Jos alapohjaa lisälämmöneristettäisiin nyt, päästäisiin melko helposti uudisrakentamisen tasoon eli U-arvoon $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Jotta tämä maksaisi itsensä takaisin 20 vuodessa, eristämisen ei tulisi kustantaa 8 €/m^2 enempää. Toimenpiteet maksavat helposti enemmän, joten alapohjan lisälämmöneristäminen ei ole enää kannattavaa. Osittain myös tästä syystä 4/13-asetuksessa ei pakoteta parantamaan alapohjan energiatehokkuutta. Vastaavasti maanvaraisen ulkoseinän lisälämmöneristäminen ei ole yhtä kannattavaa kuin maanpäällisen ulkoseinän, koska maan lämpötila on keskimäärin viisi astetta korkeampi kuin ilman. Rakenteiden kustannustarkasteluista saatiin taulukon 19 mukaiset arviot.

Taulukko 19. Rakenteiden lisälämmöneristämiset takaisinmaksuajat.

Ratkaisu		Investointi- kustannus	Käyttö- ja kunnossapito- kustannukset	Energia- kustannukset	Vaikutus E- lukuun	Takaisin- maksuaika
	W/(m ² K)	€/m ²	€/m ² /a	€/m ² /a	kWh/m ²	a
AP1	U=0,22	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,16	55	0	-0,3	~-1	yli 60
US2	U=0,40	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,20	15	0	-0,9	~-1	20,0
	U=0,16	20	0	-1,1	~-2	22,7
YP1	U=0,22	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,11	220	0	-0,7	<-1	yli 60
	U=0,09	250	0	-0,9	~-1	yli 60
YP2	U=0,23	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,17	20	0	-0,4	~0	yli 60
	U=0,115	30	0	-0,8	~-1	yli 60
VP1	U=0,22	v e r t a i l u t a p a u s				
	U=0,14	150	0	-0,5	~0	yli 60
	U=0,11	180	0	-0,7	~0	yli 60

Taulukon 19 mukaan maanvaraisen ulkoseinän (US2) lisälämmöneristäminen olisi kannattavuuden rajalla. Ulkoseinän energiatehokkuuden parantaminen oli suunniteltu toteutettavaksi kohteessa. Muiden rakenteiden lisälämmöneristäminen maksaisi niin paljon, että rakenteiden energiatehokkuuden takaisinmaksuajat ovat selvästi yli 60 vuotta.

Kun tehdään ilmanvaihdon SFP-luvun osalta tutkimuskohdetta 1 vastaava tarkastelu tutkimuskohteelle 2, saadaan hieman eri arvoja, koska tutkimuskohteessa 2 on isommat koneet kuin tutkimuskohteessa 1. Toteutussuunnitelmaan oli kirjattu 16 tulo-/poisto-ilmanvaihtokoneita sekä seitsemän poistokoneita ja kaksi tulokoneita. Näiden tulo-/poistokoneiden ilmamäärät vaihtelivat välillä 100-2200 l/s. Yli 500 l/s olevia IV-koneita oli 11 kappaletta. Valtaosa koneista oli noin 1500 l/s suuruusluokassa. IV-koneiden SFP-luvuista ei ollut tarkempaa tietoa, koska toteutussuunnitelman LVI-kuviin ei oltu tyypitetty IV-koneita. Recairin IV-koneiden valintaohjelma antoi noin 2,0 m³/s koneelle taulukon 20 arvot, joiden mukaan saatiin arvioitua SFP-luvun parantamiskustannukset. Jos 2,0 m³/s IV-kone maksaa 25 000 euroa, saadaan taulukon 21 mukaiset takaisinmaksuajat.

Taulukko 20. SFP:n ja kustannusten keskinäinen vaikutus.

SFP (kWh/m ³ s)	2,0	1,8	1,6	1,5
Suhteellinen kustannus	100 %	115 %	130 %	145 %

Taulukon 22 tarkastelutapauksilla saatiin energiankulutuksiksi ja E-arvoiksi taulukon 23 mukaiset arvot. Lisäksi taulukkoon on laskettu uuden E-luvun osuus alkuperäisestä arvosta.

Taulukko 23. *Energiankulutukset eri tarkastelutapausten välillä.*

Tarkastelutapaus	Energiantarve sisältäen häviöt, kWh/m ² /a						Ostoenergia, kWh/m ² /a			Ostoenergia yhteensä, kWh/m ² /a	E-luku, kWh _E /m ² /a	E-luvun osuus alkuperäisestä
	Tilojen lämmitys	IV-koneiden lämmitys	Käyttöveden lämmitys	LVI-laitteiden sähkö	Valaistus-sähkö	Laitesähkö	Lämmitys	Jäähdytys	Sähkö			
Lähtötilanne	146,5	117	7,5	19,0	22,4	22,4	279,3	0	63,8	343,1	304	1,00
TT perus	90,9	61,2	7,1	15,6	22,4	22,4	164,1	23,3	60,4	247,8	227	0,75
TT1	88,5	61,2	7,1	15,6	22,4	22,4	161,5	23,3	60,4	245,2	225	0,74
TT2	86,9	61,2	7,1	15,6	22,4	22,4	159,9	23,3	60,4	243,6	224	0,74
TT3	80,5	61,2	7,1	15,6	22,4	22,4	153,3	24,3	60,4	238,0	220	0,72
TT4	90,9	61,2	7,1	15,6	15,6	22,4	164,1	23,3	52,9	240,3	214	0,70
TT5	90,9	28,5	7,1	15,6	22,4	22,4	130,4	23,3	60,4	214,1	203	0,67
TT6	87,3	28,6	7,1	15,6	15,6	22,4	126,8	21,2	52,9	200,9	187	0,62
Toteutus-suunnitelma	81,4	28,6	7,1	15,6	14,9	22,4	120,6	21,6	52,9	195,1	183	0,60

Vastaavasti kuin tutkimuskohteessa 1, tutkimuskohteen 2 E-lukuvaatimus täyttyy melko helposti, kuten taulukon 23 viimeisestä sarakkeesta nähdään. Tutkimuskohteessa 2 E-lukuvaatimus ei kuitenkaan toteudu aivan yhtä selvästi kuin tutkimuskohteessa 1. Tarkastelutapaukset 4-6 mahdollistavat sen, että rakenteita voidaan tarkastella teknisesti toimivina kokonaisuuksina ja energiatehokkuutta voidaan parantaa eri rakenteiden osalta, mikäli se on kannattavaa.

Mikäli rakennus olisi ollut ennen peruskorjausta perusvertailutapauksen mukainen, eli rakennuksessa olisi ollut lämmöntalteenotollinen ilmanvaihto ja uudisrakentamistasoinen ilmanvuotoluku, toteutussuunnitelmien mukaisilla toimenpiteillä olisi saavutettu 81 % alkuperäisestä E-luvusta. Tämä olisi jäänyt jonkin verran E-lukuvaatimukseen asetetusta 70 prosentista. Välttämättä ei siis ole järkevää tavoitella E-lukuvaatimuksen toteutumista, vaan ainoaksi kannattavaksi vaihtoehdoksi jää rakennusosakohtainen tarkastelu aivan kuten tutkimuskohteessa 1.

8.5 Tarkasteluissa huomioitavat kohdat

Tarkastelukohteiden toteutuneiden kustannusten määrittäminen ja vertailu on jätetty työstä pois, koska on haluttu kunnioittaa yhteistyökumppaneita. Vertailukustannusten määrittäminen on aina kuitenkin tehtävä tapauskohtaisesti eikä voida suoraan yleistää eri rakenteille kannattavia korjaustoimenpiteitä. Energiatehokkuustarkastelujen tekemiseen ja toimenpiteiden kannattavuuteen vaikuttaa paljon laskennan tehnyt henkilö. Tä-

mä johtuu siitä, että standardikäytön energialaskelmissa on vielä jonkin verran epäselvyyksiä. Lisäksi korjaustoimenpiteiden laajuuksien ja vertailukohtien epäselvyyksien takia kustannuksiin voi muodostua selviä eroja eri tarkastelijoiden välillä.

Rakennuksen korjaustoimenpiteitä tarkasteltaessa ei saa keskittyä vain korjattaviin rakenteisiin ja järjestelmiin sekä näiden aiheuttamiin hyötyihin ja kustannuksiin. Rakennuksen tekniset ja toiminnalliset asiat ovat kokonaisvaltaisesti paljon tärkeämmässä roolissa kuin yksittäiset asiat. Lisäksi korjaustoimenpiteet kannattaa toteuttaa siten, ettei rakennuksen osia jouduta korjaamaan uudelleen heti peruskorjauksen jälkeen. Tällaisia korjauskohtia vanhoissa rakennuksissa voivat olla esimerkiksi rakenteiden välitiloissa käytetyt materiaalit. Molemmissa työn tutkimuskohteissa välipohjat jouduttiin peruskorjauksen yhteydessä puhdistamaan ja kunnostamaan huolella sienikasvustojen aiheuttamien ongelmien välttämiseksi. Näin ollen kohteiden välipohjia ei jouduttu enää myöhemmin kunnostamaan. Rakennuksen osaoptimoinnin sijaan on syytä keskittyä koko rakennuksen optimointiin sekä teknisiin ja toiminnallisiin kokonaisratkaisuihin.

Energiasäädökset eivät huomioi LVIAS-säätöjen tekemistä, mutta niiden avulla pysytään saavuttamaan selkeitä säästöjä energiankulutuksessa. Näiden säätöjen ja asetusten korjaaminen ja muuttaminen muiden remonttien yhteydessä on siis suositeltavaa. Erilaisilla säätöratkaisuilla saavutetaan vaihtelevia säästöjä eri ympäristöissä. Rakennuksen järjestelmien esisäätöarvojen lisäksi merkittävä rooli energiatehokkuuden kannalta on käyttäjien energiankäytön totumuksilla. Ei vain auta, että rakennus luo puitteet energiatehokkuudelle vaan myös käyttäjien on osattava hyödyntää rakennuksen energiatehokkuutta. Rakennuksen energiankulutusta on hyvä tarkastella henkilöä kohden, koska muut energiatehokkuustarkastelut eivät ota huomioon tilankäytön tehokkuutta.

9. ERI VAATIMUKSIEN TYÖMÄÄRÄT PROJEKTIN ALKUVAIHEISSA

Ympäristöministeriön 4/13-asetuksen eri vaihtoehtojen toteutuminen pitäisi tarkastella peruskorjauksen hankesuunnitteluvaiheessa tai heti suunnitteluvaiheiden alkuvaiheessa. Tämä olisi kuitenkin tärkeä toteuttaa selvästi ennen rakennusluvan jättämistä, jotta asetuksen eri vaatimusten tarkastelut ehditään tehdä. Peruskorjauksessa korjaustoimenpiteet ovat monesti laajat, joten 4/13-asetuksen rakennuksen energiatehokkuus (kWh/m^2) ja kokonaisenergiavaatimusvaihtoehdot (E-luku) voivat olla mahdollisia toteuttamistapoja.

Asetuksen eri vaatimusvaihtoehtojen vaatimat lähtöarvot ja selvitykset sekä näiden selvitysten ajankohdat vaihtelevat hieman. Näille pitäisi siis osata varata riittävästi tunteja tilaajan ja suunnittelijoiden puolesta. Nyt tuntimäärät arvioitiin tutkimuskohteiden laajuuksien mukaan. Molemmissa kohteissa on seitsemän maanpäällistä kerrosta sekä ullakkokerros ja kellarikerroksia. Kohteiden korjaustoimenpiteiden laajuudet olivat reilu 7000 m^2 ja reilu $11\,000 \text{ brm}^2$. Eri vaatimusvaihtoehtojen kohtien tuntiarviot ovat suuntaa-antavia ja ne pätevät vain tarkastelukohteisiin. Tunnit on arvioitu LVI- tai energiasuunnittelijan osalta. Tuntimäärien tärkeimpänä tarkoituksena on vertailla 4/13-asetuksen eri vaatimusvaihtoehtojen tarvitsemia ajallisia panostuksia keskenään.

9.1 Tarkasteluihin varatut ajat ennen rakennuslupaa

Rakennusosakohtaisessa vaatimuksessa lähtöarvojen määrittämisestä riittää rakenteiden U-arvot. Rakennuksen kokonaisvaltaisissa energiatarkasteluissa arvot on määritettävä E-luvun tarkastelun laajuudessa. Rakennuksen energiatehokkuuden kokonaisvaltaiset tarkastelut vaativat MagiCAD Room- tai IFC-mallin tekemisen ja tämän energiasimulointia IDA- tai Riuska-ohjelmalla. Suunnittelutoimistoilla näistä yleisemmässä käytössä ovat Room ja Riuska-ohjelmat. Mikäli ilmanvuotoluvun parantamista aiotaan käyttää E-luvun parantamisen perusteena, on ilmanvuotoluku mitattava peruskorjausta ennen ja jälkeen. Ilmanvuotoluvulla on merkittävä rooli rakennuksen energiatehokkuuteen, joten sen arvo olisi hyvä selvittää. Energiasimulointimallin ollessa valmiina voidaan rakennuksen energiatehokkuusvaatimuksen ja E-luvun parantamisen vaatimuksen saavuttaminen tarkastella melko helposti. Tällöin simulointimallin avulla nähdään nopeasti, onko tarkasteltavilla rakennuksilla mahdollista edes toteuttaa energiatehokkuusvaatimusta eli kiinteää kWh/m^2 -arvoa ja kokonaisenergiavaatimusvaatimusta eli E-luvun parantamista. Mikäli toteutettavien korjaustoimenpiteiden energiatehokkuustarkastelut on tehty, voidaan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuuksia tarkastella tarkemmin.

Rakennusosakohtaiset vaatimukset edellyttävät rakennesuunnittelijoita tarkastelemaan ja määrittämään rakenteet. U-arvovaatimuksessa LVI- tai energiasuunnittelijaa ei tarvitse kuin vaatimuksen saavuttamisen toteamisessa ja kirjaamisessa rakennuslupaa varten. Nämä tehtävät toimenpiteet ja tarkastelut voidaan listata taulukon 24 mukaisesti. Taulukon oikeaan reunaan on arvioitu LVI- tai energiasuunnittelijan ajallinen panostus vaatimusvaihtoehdon osalta.

Taulukko 24. *U-arvon puolittamisen selvitykset.*

Toimenpide	Tunnit (h)
Nykyisten rakenteiden U-arvojen määrittäminen	Rakennesuunnittelija määrittää
Korjaustoimenpiteiden tarkastelu	
a) Korjattavien rakenteiden osalta uusien U-arvojen määrittäminen rakennusosakohtaisen vaatimuksen mukaan b) Vanhojen rakenteiden vaatimien toimenpiteiden tarkastelut uusien U-arvojen saavuttamiseksi c) Uusien rakenteiden teknisen ja toiminnallisen toimivuuden varmistaminen	
Rakennusosakohtaisten vaatimusten edellyttämien toimenpiteiden kirjaaminen energiaselvitystä varten	5

Rakennusten energiatehokkuusvaatimus (kWh-vaatimus) ja kokonaisenergiavaatimus (E-luku -vaatimus) tarvitsevat keskenään melko vastaavanlaiset energiatarkastelut. Nämä tarkastelut vaativat suunnilleen saman määrän panostusta rakennesuunnittelijalta kuin rakennusosakohtaisessa vaatimuksessa. LVI- tai energiasuunnittelijoiden osalta ajallinen panostus on huomattavasti suurempi. Energiatehokkuusvaatimuksessa eli kWh-vaatimuksessa tarvittavat toimenpiteet ja ajalliset panostukset on kirjattu taulukon 25.

Taulukko 25. kWh-vaatimuksen edellyttämät toimenpiteet ja ajalliset panostukset.

Toimenpide	Tunnit (h)
Energialaskennan lähtöarvojen määrittäminen	30
a) Rakenteiden, ikkunoiden ja ovien U-arvojen sekä ikkunoiden osalta myös g-arvojen määrittäminen (Rakennesuunnittelija määrittää) b) Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden määrittäminen c) Rakennuksen keskimääräisen valaistustehon määrittäminen d) Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen sekä SFP-luvun määrittäminen e) LVI-apulaitteiden sähkönkulutusten määrittäminen	
Simulointimallin teko	80
a) Room- ja Riuskamallin teko b) Energialaskennan lähtöarvojen kirjaaminen malliin	
Korjaustoimenpiteiden tarkastelu ja vaatimusten toteutumisen arviointi	25
a) Energiatohokkuusvaatimuksen saavuttamisen tarkastelu suunniteluilla korjaustoimenpiteillä b) Energiatohokkuusvaatimuksen saavuttaminen kaikkien mahdollisten korjaustoimenpiteiden avulla c) Vanhojen rakenteiden vaatimien toimenpiteiden tarkastelut uusien U-arvojen saavuttamiseksi sekä näiden rakenteiden teknisen ja toiminnallisen toimivuuden varmistaminen (Rakennesuunnittelija tekee) d) Arviointi kuinka helpolla vaatimuksen minimiehdot toteutetaan e) Mahdollisten yksittäisten toimenpiteiden kustannusoptimaalisuustason tarkastelu, mikäli kokonaisvaatimus saavutetaan melko selvästi f) Rakennusosakohtaisten vaatimusten täyttämien toimenpiteiden kirjaaminen energiaselvitystä varten	

Kokonaisenergiavaatimus eli E-luku vaatimus tarvitsee hieman enemmän toimenpiteitä ja näin ollen ajallista panostusta tutkimuskohteissa. E-luku vaatimuksen edellyttämät toimenpiteet ja ajalliset panostukset on arvioitu taulukkoon 26. E-lukuvaatimuksessa täytyy tarkastella myös E-luku ennen peruskorjausta. Nämä lähtötilanteen vaatimat lisätarkastelut on kirjattu taulukon 26 tuntien perään +-merkillä.

Taulukko 26. E-vaatimuksen edellyttämät toimenpiteet ja ajalliset panostukset.

Toimenpide	Tunnit (h)
Energialaskennan lähtöarvojen määrittäminen (Tiedot tarvitaan myös peruskorjaamattomasta rakennuksesta)	30 + 20
a) Rakenteiden, ikkunoiden ja ovien U-arvojen sekä ikkunoiden osalta myös g-arvojen määrittäminen (Rakennesuunnittelija määrittää) b) Ilmanvuotoluvun mittaus (Ulkopuolinen mittaaja) c) Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden määrittäminen d) Rakennuksen keskimääräisen valaistustehon määrittäminen e) Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen sekä SFP-luvun määrittäminen f) LVI-apulaitteiden sähkönkulutusten määrittäminen	
Simulointimallin teko	80 + 40
a) Room- ja Riuskamallin teko b) Energialaskennan lähtöarvojen kirjaaaminen malliin c) Simulointimallin päivittäminen sekä lähtötilanteen että peruskorjauksen jälkeisen tilanteen mukaiseksi	
Korjaustoimenpiteiden tarkastelu ja vaatimusten toteutumisen arviointi	25
a) Peruskorjauksen jälkeisen E-lukuvaatimuksen määrittäminen nykyisen E-luvun perusteella (Vain E-lukuvaatimuksessa) b) Energiatohokkuusvaatimuksen saavuttamisen tarkastelu suunnitelluilla korjaustoimenpiteillä c) Energiatohokkuusvaatimuksen saavuttamisen tarkastelu talotekniikkaan kohdistuvien toimenpiteiden avulla (Todennäköisesti vain E-lukuvaatimuksessa) d) Energiatohokkuusvaatimuksen saavuttaminen kaikkien mahdollisten korjaustoimenpiteiden avulla e) Vanhojen rakenteiden vaatimien toimenpiteiden tarkastelut uusien U-arvojen saavuttamiseksi sekä näiden rakenteiden teknisen ja toiminnallisen toimivuuden varmistaminen (Rakennesuunnittelija tekee) f) Arviointi, että kuinka helpolla vaatimuksen minimiehdot toteutetaan g) Mahdollisten yksittäisten toimenpiteiden kustannusoptimaalisuustason tarkastelu, mikäli kokonaisvaatimus saavutetaan melko selvästi h) Rakennusosakohtaisten vaatimusten täyttämien toimenpiteiden kirjaaminen energiaselvitystä varten	

Nämä eri vaatimuksien listatut tarkastelut ja toimenpiteet on koottu kuvan 25 sarakkeisiin. Osa tiedoista on hieman yksinkertaistettu tilan säästön vuoksi.

Aika ennen rakennuslupaa		
Rakennusosakohtainen vaatimus (U-arvo) (Tuntiarvio LVI-suunnittelijan osalta 5 h) <ul style="list-style-type: none"> • Rakenteiden U-arvojen määrittäminen • Korjaustoimenpiteiden tarkastelu • Vaatimuksen täyttämien rakenteiden määrittäminen 	Energiatohokkuusvaatimus (kWh) (Tuntiarvio 135 h) <ul style="list-style-type: none"> • Lähtöarvot E-luvun laajuudessa • Rakennuksen energiasimuloinnin teko • ROOM- ja Riiska-malli • Mallin täydentäminen lähtöarvoilla • Korjaustoimenpiteiden tarkastelu • Energiatohokkuuden paraneminen suunnitelluilla korjaustoimenpiteillä • Energiatohokkuuden paraneminen muilla mahdollisilla korjaustoimenpiteillä • Vaatimusten täyttämisen / saavuttamisen mahdollisuuksien arviointi 	Kokonaisenergiavaatimus (E-luku) (Tuntiarvio 195 h) <ul style="list-style-type: none"> • Lähtöarvot E-luvun laajuudessa • Ilmanvuotoluvun mittaus • Rakennuksen energiasimuloinnin teko • ROOM- ja Riiska-malli • Mallin täydentäminen lähtöarvoilla • Korjaustoimenpiteiden tarkastelu • Energiatohokkuuden paraneminen suunnitelluilla korjaustoimenpiteillä • Energiatohokkuuden paraneminen muilla mahdollisilla korjaustoimenpiteillä • Energiatohokkuuden parantamisen tarkastelu vain talotekniikan avulla • Vaatimusten täyttämisen / saavuttamisen mahdollisuuksien arviointi

Kuva 25. Eri vaatimuksien edellyttämät tarkastelut.

Rakennusosakohtaisen vaatimuksen suunnittelutyömäärät ovat ennen rakennusluvan hakemista selvästi pienemmät kuin E-luku ja kWh-luku -vaatimuksen. E-luvun parantaminen tarvitsee eniten alkuselvittelyä korjausrakentamisvaatimuksista. Lähes yhtä paljon alkutarkastelua vaatii energiankulutuksen vaatimus. Kuitenkin energiankulutusvaatimuksessa ei tarvitse tarkastella rakennuksen lähtötilannetta yhtä tarkasti kuin E-lukuvaatimuksessa. Mikäli simulointimallit tehdään jo hankesuunnitteluvaiheessa, tilaajan tulee saada hankesuunnitteluvaiheen simulointimallit itselleen. Tilaaja voi käyttää näitä malleja myöhemmissä suunnitteluvaiheiden tarkasteluissa. Tämän takia hankesuunnitteluvaiheessa tehdyt simulointimallit eivät mene hukkaan, vaikka myöhemmissä suunnittelun vaiheissa olisi eri suunnittelutoimisto tekemässä energiatarkeasteluita.

Vaikka korjaustoimenpiteitä tarkasteltaisiin energiatohokkuus- ja kokonaisenergiavaatimuksen mukaan, voidaan asetuksen toteuttamistavaksi silti valita U-arvovaatimus ilman suurempia lisätöitä. Tarkasteltaessa rakennus E-lukuvaatimuksen vaatimassa laajuudessa voidaan silti valita energiatohokkuusvaatimus, mikäli vaatimuksen energiankulutusarvo toteutuu. Jos rakennusosakohtaisen vaatimuksen tarkastelujen pohjalta haluttaisiinkin toteuttaa energiatohokkuus- tai kokonaisenergiavaatimus, pitäisi energiatarkeasteluja tehdä taulukoiden 25 ja 26 mukaisesti lisää.

9.2 Tarkastelut rakennusluvan jättämisen jälkeen

Oletetaan, että kuvan 25 eli taulukoiden 24-26 mukaiset toimenpiteet on tehty ennen rakennusluvan hakemista. Tällöin osa energiatarkeasteluista ja päivityksistä jää kuitenkin rakennusluvan jälkeisiin suunnittelun vaiheisiin. Koska rakennusosakohtaisten vaatimuksien tarkastelussa ei ole tehty mitään simulointimalleja, joudutaan ne tekemään myöhemmissä suunnittelun vaiheissa vähintään lämpöhäviöiden ja jäähdystestejojen

määrittämiä varten. Mikäli ennen rakennuslupaa on tarkasteltu vain rakennusosakohtaiset vaatimukset, voidaan myöhäisempien vaiheiden määritettävät toimenpiteet ja tarkastelut kirjata taulukon 27 mukaiseksi listaksi. Näihin varattavat tuntimäärät on taas arvioitu oikeanpuoleisimpaan sarakkeeseen. Toimenpiteiden vaatimat laajuudet ovat melko vastaavat kuin kWh- ja E-luku -vaatimusten tilanteissa ennen rakennuslupaa.

Taulukko 27. *U-arvon puolittamisvaatimuksen edellyttämät lisätarkastelut rakennusluvan jälkeen.*

Toimenpide	Tunnit (h)
Energialaskennan lähtöarvojen määrittäminen	25
a) Rakenteiden, ikkunoiden ja ovien U-arvojen sekä ikkunoiden osalta myös g-arvojen määrittäminen (Rakennesuunnittelija määrittää) b) Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden määrittäminen c) Rakennuksen keskimääräisen valaistustehon määrittäminen d) Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen sekä SFP-luvun määrittäminen e) LVI-apulaitteiden sähkönkulutusten määrittäminen	
Simulointimallin teko lämpöhäviöiden ja jäähdytystehojen tarkasteluun	80
a) Room- ja Riuskamallin teko b) Energialaskennan lähtöarvojen kirjaaminen malliin c) Uuden E-luvun määrittäminen peruskorjauksen mukaisilla toimenpiteillä	

Mikäli energiatehokkuusvaatimuksen (kWh-vaatimuksen) ja kokonaisenergiavaatimuksen (E-luku vaatimuksen) mukaiset toimenpiteet on tehty, päästään myöhäisemmissä vaiheissa huomattavasti pienemmällä työmäärillä. Nämä tehtävät toimenpiteet voitaisiin täydentää listaksi taulukon 28 mukaisesti.

Taulukko 28. *kWh- ja E-luku -vaatimusten edellyttämät lisätarkastelut rakennusluvan jälkeen.*

Toimenpide	Tunnit (h)
Energialaskennan lähtötietojen mahdollinen päivittäminen	20
Simulointimallin päivittäminen lämpöhäviöiden ja jäähdytystehojen tarkasteluun	
Vaatimusten täyttämisen / saavuttamisen toteaminen	

Nämä taulukon 28 mukaiset toimenpiteet ovat hetkellisiä ja tulevat eri muutostöiden jälkeen. Tämän takia ne on selkeä sisällyttää ja toteuttaa muun suunnittelun ohella. Tällöin ei siis tarvitse varata suoranaista tunteja energiatarkasteluita varten.

Näistä taulukoiden 27 ja 28 mukaisista tarkasteluista ja toimenpiteistä voidaan koota kuvan 26 mukainen taulukko. Osa tiedoista on hieman yksinkertaistettu tilan säästämissä.

Rakennusluvan jälkeiset tarkastelut		
Rakennusosakohtainen vaatimus (U-arvo) (Tuntiarvio 105 h) <ul style="list-style-type: none"> • Energialaskennan lähtöarvojen määrittäminen • Simulointimallin teko • Korjaustoimenpiteiden vaikutuksen tarkastelu rakennuksen E-lukuun 	Energiätehokkuusvaatimus (kWh) (Tuntiarvio 20 h) <ul style="list-style-type: none"> • Lämpöhäviöiden ja jäähdytystehojen määrittäminen • Simulointimalli valmiina • Rakennuksen energiasimulointimallin tarkentelu • Mallin ja arvojen tarkentelu • Ilmanvuotoluvun määrittäminen lopussa • Vaatimusten täyttäminen / saavuttaminen 	Kokonaisenergiavaatimus (E-luku) (Tuntiarvio 20 h) <ul style="list-style-type: none"> • Lämpöhäviöiden ja jäähdytystehojen määrittäminen • Simulointimalli valmiina • Rakennuksen energiasimulointimallin tarkentelu • Mallin ja arvojen tarkentelu • Ilmanvuotoluvun määrittäminen lopussa • Vaatimusten täyttäminen / saavuttaminen

Kuva 26. Eri vaatimuksien edellyttämät tarkastelut.

Mikäli hankesuunnitteluvaiheessa ei ole tehty rakennuksen simulointimallia, täytyy se tehdä myöhemmissä suunnittelun vaiheissa lämpöhäviöiden ja jäähdytystehojen määrittämistä varten. Usein tilaaja haluaa lisäksi saada uuden korjaustoimenpiteiden jälkeisen E-luvun selville. Mikäli hankesuunnitteluvaiheessa ei ollut juurikaan tietoa tilojen järjestelyistä, niin mallin päivittäminen voi viedä yhtä paljon aikaa kuin mallin uudelleen teko sisäosien osalta. Suojeltuihin kohteisiin harvoin voidaan tehdä ulkokuorellisia muutoksia, mikä vähentää simulointimallin päivitystarpeita. Ilmanvuotoluku tulee määrittää rakennuksille rakennustoimenpiteiden ollessa valmiit energiankulutusvaatimuksessa ja E-luvun parantamisvaatimuksessa, mikäli ilmanvuotolukua käytetään vaatimusten saavuttamisessa.

10. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehdyttää suunnittelija ja tilaaja ympäristöministeriön tekemään korjaus- ja muutostoimenpiteiden 4/13-asetukseen. Tarkastelun kohteena olivat erityisesti asetuksen eri toteuttamismahdollisuudet sekä vaatimusten ajoittaminen korjaushankkeiden alkuvaiheissa. Tarkasteltavina kohteina olivat vanhojen toimistorakennusten peruskorjaukset. Energiatehokkuuden parantamisasetus edellyttää, että peruskorjaukset toteutetaan joko rakennusosakohtaisen vaatimuksen (U-arvo), energiatehokkuusvaatimuksen (kWh) tai kokonaisenergiavaatimuksen (E-luku) mukaan. Ympäristöministeriön asetus perustuu Euroopan unionin tekemiin energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteisiin. Euroopan unionin tavoitteena on pienentää rakennusten hiilidioksidipäästöjä, mihin päästään käyttämällä ympäristöystävällisempiä energiamuotoja ja parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. EU on kirjannut nämä tavoitteet direktiiveihin, joiden pohjalta jäsenvaltiot ovat muokanneet omaa kansallista lainsäädäntöään.

Rakennusosakohtaisessa vaatimuksessa määrätään, että korjattavan rakenteen uusi U-arvo saa olla korkeintaan puolet alkuperäisestä. Uuden U-arvon ei tarvitse kuitenkaan olla uudisrakentamisen tasoa parempi. Ikkunoiden uusimisessa vaatimus on sama kuin uudisrakentamisessa, eli uuden ikkunan U-arvon täytyy olla $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ tai parempi. Rakennuksen kokonaisvaltaisessa energiatarkeastelussa energiankulutus määritetään RakMk D3:n standardikäytön mukaisesti. Energiatehokkuusvaatimuksessa rakennuksen energiankulutukselle on asetettu kiinteä kulutusarvo, joka ei huomioi energiamuotojen kertoimia. Toimistorakennuksilta vaadittu energiatehokkuuden arvo on $145 \text{ kWh}/\text{m}^2$. E-luvun parantamisvaatimuksen mukaan korjauksen jälkeinen E-luku saa olla alkuperäisestä E-luvusta korkeintaan rakennustyyppille asetetun osuusarvon verran. Toimistorakennusten uuden E-luvun tulee olla korkeintaan 70 % alkuperäisestä.

4/13-asetuksen rakennusosakohtainen vaatimus on selkeä ja sen toteuttamiseksi ei tarvita juurikaan tarkasteluja korjaushankkeen alkuvaiheessa. Tämän takia rakennusosakohtainen vaatimus valitaan usein peruskorjauksen toteuttamisvaihtoehdoksi. Vaatimuksessa ei edellytetä kannattavimman korjausrakentamistason tarkastelua. Kun tavoitellaan vaatimuksen mukaisia arvoja, rakenteiden lisälämmöneristäminen voi tuoda haasteita tilan kokoon ja rakenteen tekniseen toimivuuteen. Olisi kuitenkin kannattavaa tarkastella lisälämmöneristämisen eri tasoja.

Mikäli Helsingin ydinkeskustan vanhojen toimistorakennusten korjaushankkeissa tavoitellaan energiatehokkuusvaatimuksen kWh-arvoa, työn tutkimuskohteiden perusteella voidaan arvioida vaatimuksen saavuttamisen olevan hyvin haastavaa. Jotta vaatimuksen arvoon päästäisiin, kaikki korjaustoimenpiteet tulisi tehdä energiatehokkaiksi ja jopa ulkoseinien lämmöneristystä tulisi parantaa. Näin ollen kaikki vaatimuksen saavut-

tamiseksi edellytetyt toimenpiteet eivät olisi taloudellisesti ja toiminnallisesti kannattavia.

Ennen peruskorjausta tutkimuskohteiden talotekniikka oli peräisin 1980-luvulta, joten se oli jo vanhentunutta ja osittain teknisen elinkaarensa lopussa. E-lukuvaatimus saavutettiin tutkimuskohteissa, kun rakennuksiin lisättiin yli 70 prosentin energiahyötysuhteellinen lämmöntalteenotto ja energiatehokas valaistus. Lisäksi vaatimuksen saavuttamiseen auttoi ikkunoiden kunnostaminen, joka paransi ikkunoiden lämmöneristävyyttä ja samalla myös koko rakennuksen ilmanvuotolukua. Mikäli työn tutkimuskohteiden kaltaisten toimistorakennusten talotekniikkaa uusitaan, asetuksessa vaadittu E-luvun parantaminen voidaan siis saavuttaa helpostikin. Jos talotekniikan ja ikkunoiden kunnostamisella saavutetaan E-lukuvaatimus, yksittäisten rakenteiden kannattavia korjaustoimenpiteitä on mahdollista tarkastella, koska rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen ei ole välttämätöntä.

Kun vertaillaan työn tutkimuskohteiden perustapauksia ja toteutussuunnitelmien energiatehokkuuksia keskenään, saavutetaan toteutettujen suunnitelmien mukaisilla toimenpiteillä 70-80 % perustapausten energiatehokkuudesta. Tämä ei toteuta E-luvun parantamisvaatimusta. Mikäli siis rakennuksessa on jo lämmöntalteenotollinen ilmanvaihto eivätkä ikkunat ja valaistukset vaadi suuria kunnostustoimenpiteitä, E-luku -vaatimuksen saavuttaminen on vaikeaa. Näin ollen E-luku -vaatimuksen toteuttaminen ei ole kustannustehokasta ja jatkossa korjaustoimenpiteet kannattaa toteuttaa rakennusosakohtaisen vaatimuksen tai ehkä jopa energiatehokkuusvaatimuksen mukaan.

Asetusta tarkasteltaessa on syytä pitää mielessä, että mikään kolmesta vaatimuksesta ei ole ehdoton ja tarkastelu tulee toteuttaa aina kohdekohtaisesti. Näin voidaan saavuttaa kustannustehokkain energiakorjaus. Energiatehokkuusvaatimuksen (kWh-arvo) ja kokonaisenergiavaatimuksen (E-luku) tavoittelu on kannattavaa, kun rakennukseen tehdään laaja peruskorjaus tai rakennus on jo valmiiksi hyvin energiatehokas.

Rakennushankkeiden tueksi on laadittu tehtäväluetteloita, jotka päivitettiin vuonna 2012 vastaamaan nykytilannetta. Näihin tehtäväluetteluihin on kirjattu eri toimenpiteitä projektin eri vaiheisiin. Toimenpiteet on jaettu perustehtäviin ja lisätehtäviin. Lisätehtäviin on sisällytetty kaikki rakennusten energiatarkastelut, joten nämä tehtävät ovat erikseen tilattavia. Rakennushankkeen edetessä energiatarkasteluja päivitetään suunnitelmia vastaaviksi. Tilaaja voi siis määrittää itse tarkastelujen lukumäärän ja ajankohdan.

Työn tutkimuskohteiden perusteella energiankulutuksen ja 4/13-asetuksen -vaatimusten tarkastelut on hyvä sisällyttää jo hankesuunnitteluvaiheeseen tai heti ehdotussuunnitteluvaiheen alkuun. Tämä tarkoittaa sitä, että lähtöarvot ja tavoitteet tulisi olla selvillä heti hankkeen alussa. Energiatarkastelujen yhteydessä voidaan tehdä kustannus- ja kannattavuustarkastelut. Lähtöarvoja määritettäessä on huomioitava esimerkiksi, että rakennuksen ilmanvuotoluku on selvitettävä sekä ennen peruskorjausta että jälkeen,

mikäli ilmanvuotolukua aiotaan käyttää energiatehokkuusvaatimusten toteutumisessa. Työn tutkimuskohteiden pohjalta voidaan arvioida, että kaikkien 4/13-asetuksen vaatimusvaihtoehtojen noudattaminen kuluttaa loppujen lopuksi lähes yhtä paljon aikaa. Erot vaatimusten välillä ovat lähinnä vain rakennuksen ilmanvuotoluvun mittauksessa E-lukua parannettaessa sekä tarkasteluihin varatussa ajassa. Tarkasteluihin varattu aika pitäisi sisällyttää energiatehokkuusvaatimuksessa ja kokonaisenergiavaatimuksessa jo hankesuunnitteluvaiheeseen tai ehdotussuunnitteluvaiheen alkuun.

Hankesuunnitelmavaihe on tärkein vaihe onnistuneiden suunnitelmien kannalta, koska vaatimusten toteutuminen ja mahdollisten korjaustoimenpiteiden laajuudet on hyvä tarkastella ja päättää hankesuunnitteluvaiheessa. Huolellisesti laaditun hankesuunnitelman avulla suunnitelmat pystytään toteuttamaan tehokkaasti aikataulussa. Lisäksi myöhemmissä vaiheissa on hankala enää tehdä merkittäviä muutoksia melko valmiisiin suunnitelmiin. Hankesuunnitelmavaiheeseen kannattaa sisällyttää energiatehokkuusvaatimusten tarkastelujen lisäksi elinkaari- ja kannattavuuskustannustarkastelut. Muita tarkasteltavia asioita ovat rakenteiden tekniset ja käytännölliset toimivuudet sekä sisäilmastoluokan tavoitearvot. Korjaustoimenpiteiden lisäksi rakennuksen käyttönotolla ja käytöllä on merkittävä rooli rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa. Ei vain riitä, että rakennus ja sen järjestelmät on tehty energiatehokkaiksi, jos niitä käytetään siitä huolimatta väärin. Energiatehokas rakennus luo mahdollisuudet käyttäjille.

Rakennusten energiatehokkuuden parantamista varten määritetyt korjaustoimenpiteet ja korjauskustannukset ovat aina kohdekohtaisia. Energiatehokkuuden parantamistoimenpiteitä on kannattavaa tarkastella ja toteuttaa ainoastaan, kun rakennusosa on saavuttavamassa teknistä käyttöikänsä tai sitä on korjattava. Korjausrakentamisen kannattavuuteen vaikuttaa kohteen kunnan ja korjauskonseptin lisäksi korjattavan rakennusosan koko sekä korjaustoimenpiteiden laajuus. Usean korjaustoimenpiteen ja suuren kohteen kustannukset ovat luonnollisesti suhteessa halvempia. Korjaustoimenpiteiden kannattavuutta voidaan tarkastella takaisinmaksuajan, sisäisen korkokannan tai nykyarvomenetelmän laskentamenetelmällä. Eri menetelmiä käyttämällä saadaan hieman eritasoisia tuloksia.

Korjaustoimenpiteiden tulee olla teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti kannattavia ja järkeviä toteuttaa. Näiden lisäksi on syytä tarkastella esimerkiksi sisäilmastotavoitteet. Parannettaessa rakennuksen energiatehokkuutta täytyy ensin tarkastella toimivaa ja viihtyisää ratkaisua ja vasta tämän jälkeen energiatehokasta ratkaisua. Suunnittelussa tulee siis keskittyä osaoptimoinnin sijasta koko rakennuksen optimointiin. Energiatehokkuusmääräykset eivät pakota tiettyihin energiatehokkuustasoihin, vaan niillä pyritään ohjaamaan rakentamisen suuntaa. Energiatehokkuuden parantaminen on osa rakennuksen yleistä ylläpitoa, joten sen pitäisi olla myös jatkuva prosessi. Energiatehokkuuden tavoittelu on osittain riippuvainen ihmisten asenteista. Julkisten rakennusten energiakorjauksilla voi olla merkittävä rooli ihmisten asenteisiin ja korjausmallien luomiseen.

LÄHTEET

Arkkitehtuuri- ja muotoilutoimisto talli Oy. 2012. Eteläesplanadi 4, Työ- ja elinkeinoministeriö. Arkkitehtisuunnitelmat. Saatavuus rajoitettu.

Balance Consulting. 2015. Sijoitetun pääoman tuotto-%. [WWW]. [Viitattu 25.2.2015]. Saatavissa: http://www.balanceconsulting.fi/tunnusluvut/sijoitetun_paaoman_tuotto

BREEAM. 2015. What is BREEAM?. [WWW]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>

Energiateollisuus. 2015. Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla. [WWW]. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>

Energiatodistuskoulu. 2014. Energiatodistus ja kuntotarkastus – diaesitys [PDF]. [Viitattu 25.5.2014]. Saatavissa: http://www.energiatodistuskoulu.fi/images/stories/elukukoulutus/20131204_Energiatodistus_ja_kuntotarkastus.pdf

Energy in Europe. 2011. Newsletter. [WWW]. [Viitattu 9.9.2014] Saatavissa: <http://ec.europa.eu/dgs/energy/newsletter/dg/2011/1222newsletter.html>

Euroopan unioni. 2009a. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä 2009/28/EY. 30 s. + liit. 17 s.

Euroopan unioni. 2009b. Part III: Annexes to Impact Assessment Guidelines. [PDF]. [Viitattu 9.9.2014]. Saatavissa: http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/commission_guidelines/docs/ia_guidelines_annexes_en.pdf

Euroopan unioni. 2010. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2010/31/EU. 23 s.

Euroopan unioni. 2012a. Euroopan unionin virallinen lehti. C115/2012. 26 s.

Euroopan unioni. 2012b. Euroopan komission delegoitu asetus (EU) N:o 244/2012. 19 s.

Euroopan unioni. 2012c. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta 2012/27/EU (EED). 28 s. + liit. 28 s.

Euroopan parlamentti. 2014. Faktatietoja Euroopan unionista. [WWW]. [Viitattu 1.7.2014] http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/fi/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html

Euroopan unioni. 2015. Infrastructure, connecting energy markets and regions. [WWW.] [Viitattu 01.02.2015]. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/infrastructure>

Finlex. 2013. Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 9/2013 [WWW]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130009>

Finlex. 2014. Finlex:n etusivu [WWW]. [Viitattu 9.7.2014] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/>

FInZEB. 2014. Lähes nollaenergiarakennus (nZEB) – käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla - esitys. [PDF]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2014/03/FInZEB_esittelykalvot_20140623.pdf

FInZEB. 2015. FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset. [PDF]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/02/FInZEB_yhteenvedo_final.pdf

Granlund Oy. 2002. Ilmanvaihtojärjestelmän käyttöikäsuunnittelu ja elinkaarikustannukset. Esitys 19.9.2002. [PDF]. [Viitattu 7.3.2015]. Saatavissa: <http://www.recair.fi/pdf/Elinkaariesitelma.pdf>

Granlund Oy. 2012. Ajankohtaista, rakennushankkeen johtamisen ja suunnittelun uudet tehtäväluettelot 2012. [WWW]. [Viitattu 17.7.2014]. Saatavissa: <http://www.granlund.fi/ajankohtaista/rakennushankkeen-johtamisen-ja-suunnittelun-uudet-tehtavaluettelot-2012/>

Granlund Oy. 2013. TATE12 Vihdoin valmiina? Asiantuntijaseminaari 28.11.2013. [PDF]. [Viitattu 17.7.2014]. Saatavissa: <http://nssoy.fi/uploads/TATE12vihdoinkinvalmiina.pdf>

Granlund Oy. 2014. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo esittelytilaisuus 12.02.2014. [PDF]. [Viitattu 30.7.2014]. Saatavissa: http://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/tate12_esitys_kaleva.pdf

Granlund Oy. 2015. FInZEB-energiälaskenta. [PDF]. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavissa: http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/02/FInZEB_laskennan-taustatietoja-asuinkerrostalo-toimisto.pdf

Green Building Council Finland. 2015. Rakennusten ympäristöluokitukset. [WWW]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: <http://figbc.fi/tietopankki/ymparistoluokitukset/>

Helen Oy. 2015. Sähköpostikeskustelu 31.3.2015. Saatavuus rajoitettu.

Heljo J., Nippala E. & Nuutila H. 2005. Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa, Ympäristöklusterin tutkimusohjelma, Rakennuskannan ekotehokkaampi

energiankäyttö (EKOREM) –projekti, Loppuraportti. Tampere VTT & Tampereen teknillinen yliopisto. Raportti 2005:4 Saatavissa:

http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_Loppuraportti_051214.pdf

Heljo J. & Kurvinen A. 2011. EVAKO – Lähiökorttelikorjaamisen taloudellisen päätöksenteon kriteeristö, Hyvät käytännöt ja toimintamallit, Energiasäästötoimenpiteiden kannattavuusmalli. Tampereen teknillinen yliopisto, Lähiöohjelma 2008-2011.

Helsingin Energia. 2011. Rakennuskannan energiankulutus. Betonipäivät 23.11.2011-diaesitys. [PDF]. [Viitattu 16.2.2015]. Saatavissa:

http://www.betoni.com/Download/22670/Betonip%C3%A4iv%C3%A4t_23112011_helsingin_eklund.pdf

Helsingin kaupunki. 2009. Tietoja Helsingin kaupungin energiankäytöstä vuodelta 2008. Energiansäästöneuvottelukunta 26.8.2009. [PDF]. [Viitattu 16.2.2015] Saatavissa: <http://www.hel.fi/hel2/esnk/energia/2008/KOKOraportti.pdf>

Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto. 2013. Rakennuksen korjaus- ja muutostyön energiaselvitys [PDF]. [Viitattu 16.2.2015]. Saatavissa:

http://www.hel.fi/static/rakvv/lomakkeet/Rakennuksen_korjaus_ja_muutostyoen_energia_selvitys.pdf

Helsingin yliopisto. 2012. Aleksanterinkatu 7, Hankeselvitys. Saatavuus rajoitettu.

Holopainen R., Hekkanen M., Hemmilä K. & Norvasuo M. 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. Espoo VTT. VTT TIEDOTTEITA 2377. ISBN 978-951-38-6908-3. 104 s. + liit. 2 s. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>

Huoltovarmuus. 2014. Huoltovarmuuden historiaa. [WWW]. [Viitattu 5.5.2014]. Saatavissa: <http://www.huoltovarmuus.fi/organisaatio/huoltovarmuuden-historia/>

IEE-CENSE. 2009. Eurooppalaiset (CEN) standardit rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) toimeenpanon edistämiseksi. [PDF]. [Viitattu 9.9.2014]. Saatavissa: http://www2.teknologiateollisuus.fi/file/7355/CENSE_WP6.1_N03_archingdoc_1_fi_301209.pdf.html

Jyväskylän kaupunki, kaupunkirakennepalvelut 2014. Luvan voimassaolo [WWW]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa:

<http://www.jyvaskyla.fi/rakennus/luvat/luvanvoimassaolo>

Kalema T., Mäkitalo E., Rintamäki J., Sahakari T., Harju-Säntti E., Heikkilä H. & Suomalainen T. 2011. Julkisten rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Konstruktiotekniikan laitos. ISBN 978-952-

15-2720-3. 138 s. + liit. 14 s. Saatavissa:

<http://www.tut.fi/idcprod/groups/public/@1102/@web/@p/documents/liit/p025279.pdf>

Kauppinen J. 2012. Korjausrakentamisen energiamääräykset. Energiamääräykset - Tilannekatsaus, Julkisivuyhdistys ry 14.11.2014 [PDF]. [Viitattu 6.4.2014] Saatavissa: http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/Ajankohtaista%20yhdistyksesta/Syyskokousseminaari2012/Kauppinen_14112012.pdf

Kauppinen J. 2013a. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuiotio. [PDF]. [Viitattu 12.10.2014] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B68E47600-2557-4AB7-BA69-8344D9D742CA%7D/31397>

Kauppinen J. 2013b. Korjausrakentajalle energiatehokkuusvelvoitteita, YM asetus 4/13 voimaan 1.9.2013. Tapre päätösseminaari, Tampere 3.10.2013. [PDF]. [Viitattu 18.4.2014] Saatavissa: http://www.tampere.fi/material/attachments/t/6KGLOCAiK/Kauppinen_Jyrki.pdf

Kauppinen J. 2013c. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. [PDF]. [Viitattu 24.4.2014]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5894/Perustelumuiotio_asetusluonnoksen_lausunotierrosta_varten._4.6.2012.pdf

Kiinteistöliitto. 2014. Energiatehokkuuden parantaminen taloyhtiössä. Energiaekspertin peruskurssi osa 2: sähkö & korjausrakentaminen 24.3.2014. [PDF]. [Viitattu 7.4.2015]. Saatavissa: http://www.ekokumppanit.fi/tarmo/files/2014/05/pylsy2_2.pdf

Kouhia I., Nieminen J. & Pulakka S. 2010. Rakennuksen ulkovaipan energiakorjaukset. Espoo VTT. Tutkimusraportti VTT-R-04017-10. 50 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04017-10.pdf>

Korjaustieto. 2015. Tarkastele kokonaisuutta [WWW]. [Viitattu 8.3.2015]. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiot/energiakorjaukset/energiatehokkuuden-parantaminen-on-pitkajanteinen-prosessi/kaikki-vaikuttaa-kaikkeen-tarkastele-kokonaisuutta.html>

Kruus M., Kiiras J., Raveala J., Saari A. & Salmikivi T. 2006. SUKE Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Rakennustieto Oy. 71 s.

Lappalainen M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja - suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki, Rakennustieto Oy. 200 s.

Motiva. 2002. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. [PDF]. [Viitattu 20.4.2014] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>

Motiva. 2006. Toimiston sähkönkäyttö, kalvot. [PDF]. [Viitattu 20.9.2014]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/1776/Toimistonsahkonkayttokalvot_final.pdf

Motiva. 2008. Työ- ja elinkeinoministeriön ohjeita energiatehokkuuden huomioon ottamiseksi julkisissa hankinnoissa. [PDF]. [Viitattu 6.4.2015]. Saatavissa: https://www.tem.fi/files/29281/240609_TEM_Energiatehokkuus.pdf

Motiva. 2014a. Direktiivit. [WWW]. [Viitattu 5.7.2014] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit>

Motiva. 2014b. PromisE Rakennusten ympäristöluokitus, käyttöohje. [PDF]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/2230/KiinteistoPromiseManual.pdf>

Motiva. 2014c. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Opas palvelukiinteistön rakennuttajalle, suunnittelijalle ja käyttäjälle. [PDF]. Viitattu 6.4.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf

Motiva. 2015a. Energiakatselmusmallit. [WWW]. [Viitattu 17.2.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit

Motiva. 2015b. Rakennuskohtaiset säästöpotentiaalit. [WWW]. [Viitattu 17.2.2015]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/rakennuskohtaiset_saastopotentiaalit

Mäkinen P. & Railio J. 2004. SFP-opas, Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittamiseen. [PDF]. [Viitattu 25.5.2014]. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi/476d6be3-be6e-42e9-bd82-6152ff71a7aa>

Neuvonen P., Mäkiö E. & Malinen M. 2002. Kerrostalot 1880-1940. Rakennustieto Oy, Helsinki. 192 s.

Optiplan Oy. 2014. FInZEB työpaja 5.6.2014 ”Tämän hetken haasteet energiatehokkaassa suunnittelussa”. [PDF]. [Viitattu 6.4.2015]. Saatavissa: http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2014/06/KimmoLiljestrom_05062014.pdf

Pulakka S., Häkkinen T., Mäkeläinen T., Rekola M., Anttila M., Mäkelä E., Rissanen R., Niittyniemi M., Riikonen J., Selänne S., Mero M. 2014. Elvyttävän korjausrakentamisen toimintatavat. Espoo VTT. Loppuraportti T151. ISBN 978-951-38-8088-0. 55 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T151.pdf>

Pursiheimo E., Koljonen T., Hokatukia J., Lehtilä A., Airaksinen M., Flyktman M., Sipilä K. & Helynen S. 2013. Espoo VTT VTT Technology 86. ISBN 978-951-38-7928-0. 41 s. Saatavissa: https://www.tem.fi/files/36245/VTT_VATT_strategian_arviointi.pdf

Rakennusalan verkostoitumisen edistämishanke. 2014. Lämpökamerakuvaukseen ja tiiveysmittaukseen liittyviä määritelmiä. [PDF]. [Viitattu 25.5.2014]. Saatavissa: <http://www.ravehanke.fi/jaettavat/Maaritelmat2.pdf>

Rakennusperintö. 2014. Tilastoja rakennuskannasta. [WWW]. [Viitattu 18.07.2014]. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/aikakaudet/fi_FI/tilastoja_rakennuskannasta/

Rakennustieto. 2001. Sisäilmaluokitusta uudistetaan. [PDF]. [Viitattu 3.3.2015]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020303.pdf>

Rakennustieto 2006. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [PDF]. [Viitattu 9.8.2014]. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK030103\\$46\\$pdf/RK030103.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A47RK030103$46$pdf/RK030103.pdf)

Rakennustieto. 2013. Lehti 3/2013, Lupajärjestelmän muutokset vuoden 2013 alusta [PDF]. [Viitattu 9.8.2014] Saatavissa: <http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/6HdOgkxkn.html>

Rakennustieto. 2014. Mediatiedot 2014, ROK 2014 ja KOR 2014 [PDF]. [Viitattu 15.9.2014] Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5e3SsSOet/Bv99QcnhV/ROK_KOR_mediakortti_2014.pdf

Rakli. 2014. Uudistamisen periaatteet ja tehtäväluelettojen käyttö, Uudet tehtävälueletlot ja KSE13, koulutus 12.02.2014. [PDF]. [Viitattu 14.7.2014]. Saatavissa: <http://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/telu-periaatteet-12022014.pdf>

REHVA. 2014. Energy Performance Buildings Directive (EPBD) [WWW]. [Viitattu 1.7.2014] Saatavissa: <http://www.rehva.eu/eu-regulations/epbd/>

RIL 259. 2012 Matalaenergiarakentaminen. Toimitilat. Julkistamistilaisuus 24.1.2012 [PDF]. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavissa: <http://www.ril.fi/kirjakauppa/attachment/download/6c68c733285b539f85a274ac08fb8301>.

RIL 265. 2013. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Lausuntoversio 27.9.2013. 156 s.

RT-kortisto. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunniteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-, LVI-, KH- ja Ratu -kortistossa RT 07-10946, LVI 05-10440, KH 27-00422 ja Ratu 437-T. 22 s.

RT-kortisto. 2013a. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. RT-, KH- ja Ratu-kortistossa numeroilla RT 10-11129, KH X4-00519 ja Ratu RT 10-11129.

RT-kortisto. 2013b. Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT-, KH-, SIT- ja Infra-kortistossa numeroilla RT 10-11105, KH X4-00512, SIT 13-610090 ja Infra 053-710108.

Ruukki. 2015. BREEAM-pisteet. [WWW]. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Rakentaminen/Terasrakentamisen-ymparistotekijat/LEED--ja-BREEAM-ymparistoluokitusjarjestelmat/BREEAM-pisteet>

Rytmirakennus. 2015. Teknisesti toimiva kellari. [WWW]. [Viitattu 10.4.2015]. Saatavissa: <http://www.rytmirakennus.fi/sisaremontit/kellariremontti/teknessesti-toimiva-kellari/>

Schneider Electric. 2011. LEED sertifiointi, pikaopas. [PDF]. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavilla: http://www.schneider-electric.fi/documents/fi_brochures/LEED_esite_11_scr.pdf

Senaatti-kiinteistöt. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriön toimitilat, Eteläesplanadi 4. Hankesuunnitelma. Saatavuus rajoitettu.

SFS-EN 15459. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten energiasjärjestelmien taloudellisuuden arviointimenettelyt. 88 s.

SFS-EN 15603. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Kokonaisenergiatarve ja energialuokitusten määrittely. 70 s. + liit. 32 s.

SFS-EN 13790. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Lämmityksen ja jäähdytyksen energiatarpeen laskenta. 157 s.

Sirén K. 2014. Rakennusten energiainvestoinnin kannattavuuden laskenta. Aalto yliopisto. [PDF]. [Viitattu 25.2.2015]. Saatavissa: https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/ene-58.4129/materiaali/Ene-58_4129_energiainvestointien_laskentra.pdf

Soimakallio S., Hongisto M., Koponen K., Sokka L., Manninen K., Antikainen R., Pasanen K., Sinkko T. & Thun R. 2010. EU:n uusiutuvien energialähteiden edistämiseksiin kestävyyskriteeristö. Näkemyksiä määritelmistä ja kestävyuden todentamisesta. Espoo VTT Working Papers 150, 123 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W150.pdf>

Suomen hallitus. 2014. Hallituksen esitys eduskunnalle ilmastolaiksi HE 82/2014 vp. [PDF]. [Viitattu 11.7.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140082.pdf>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014a Vuosineljännes 2013,. Liitekuvio 14. Energian loppukäyttö sektoreittain 2013*. [WWW]. [Viitattu 6.7.2014]. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/ehk/2013/04/ehk_2013_04_2014-03-24_kuv_014_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014b. Liitetaulukko 2. Rakennukset käyttötarkoituksen mukaan vuosina 1980-2013. [WWW]. [Viitattu 6.7.2014] Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/rakke/2013/rakke_2013_2014-05-23_tau_002_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014c. Suomen Energiatase 2011. [Excel]. [Viitattu 7.7.2014]. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2012/data/t01_09_1.xls

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014d. Suomen Energiatase 2011. [WWW]. [Viitattu 18.7.2014]. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=010_rakke_tau_101&path=../database/StatFin/asu/rakke/&lang=3&multilang=fi

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014e Energian kokonaiskulutus energialähteittäin ja CO₂-päästöt. [WWW]. [Viitattu 18.7.2014]. Saatavissa: http://193.166.171.75/Database/StatFin/ene/ehk/ehk_fi.asp

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014f 4. vuosineljännes 2013,. Liitekuvio 13. Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta 2013*. [WWW]. [Viitattu 2.7.2014]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2013/04/ehk_2013_04_2014-03-24_kuv_013_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014g. 4. vuosineljännes 2013. Liitekuvio 21. Liitekuvio 21. Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta 2012 ja tavoite 2020. [WWW]. [Viitattu 2.7.2014]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2013/04/ehk_2013_04_2014-03-24_kuv_021_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014h. Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus, GWh. [WWW]. [Viitattu 05.07.2014]. Saatavissa: http://193.166.171.75/Database/StatFin/ene/ehk/ehk_fi.asp

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014i. Rakennusten ja asuntojen korjaukset 2012. [WWW]. [Viitattu 11.07.2014]. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/kora/2012/02/kora_2012_02_2013-10-04_tie_002_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014j. Rahanarvonkerroin 1860 - 2013. [WWW]. [Viitattu 15.9.2014]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/khi/2013/khi_2013_2014-01-15_tau_001.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014k. Energian hinnat. [WWW]. [Viitattu 10.9.2014]. Saatavissa: <http://www.tilastokeskus.fi/til/ehi/index.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014l. Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan 31.12.2013 [WWW]. [Viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/asu/rakke/rakke_fi.asp

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2014m. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. [WWW]. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/ene/ehi/ehi_fi.asp

Suomen ympäristökeskus. 2013. Korjausrakentamiselle energiatehokkuusmääräykset. [WWW]. [Viitattu 30.12.2014]. Saatavissa: [http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma\(28165\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma(28165))

Suomi. 2013. Energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten kustannusoptimaalisten tasojen laskenta [PDF]. [Viitattu 18.2.2015] Saatavissa: http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fi_cost-optimal_2013_fi.zip

Säteri J. 2008a. Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön uudet tavoitearvot. [PDF]. [Viitattu 3.3.2015]. Saatavissa: <http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>

Säteri J. 2008b. Sisäilman laatu ja mahdollisuudet. [PDF]. [Viitattu 4.3.2015]. Saatavissa: http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF09_Sateri.pdf

Taloussanommat. 2015. Taloussanakirja: jäännösarvo [WWW]. [Viitattu 25.2.2015] Saatavissa: <http://www.taloussanommat.fi/porssi/sanakirja/termi/j%E4%E4nn%F6sarvo/>

Tevä-Helminen V. 2013. Metropolia Ammattikorkeakoulun Investointilaskenta ja päätöksenteko XX00AA15-3008 -kurssimateriaali [PDF]. Saatavuus rajoitettu.

Tolvanen H. 2013. Tampereen teknillisen yliopiston ENER-8100 Energiatalous-kurssin luentomateriaali [PDF]. Saatavuus rajoitettu.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriön energiatehokkuussuunnitelma [PDF]. [Viitattu 31.3.2015] Saatavissa: https://www.tem.fi/files/29993/TEMraportti_18_2011.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2012. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian päivitys, Sidosryhmäseminaari 17.12.2012. [PDF]. [Viitattu 11.7.2014] Saatavissa: https://www.tem.fi/files/35336/1_Strategiatyon_esittely.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014a. EU:n energiayhteistyö [WWW]. [Viitattu 8.8.2014] Saatavissa: https://www.tem.fi/energia/eu_n_energiayhteistyo

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014b. Energia- ja ilmastotiekartta 2050, julkistamisseminaari [PDF]. [Viitattu 8.11.2014] Saatavissa: https://www.tem.fi/files/41185/Energia_ilmastotiekartta2050_esityskalvot_16102014.pdf

Valtioneuvosto. 2013. Valtioneuvoston periaatepäätös kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen (cleantech-ratkaisut) edistämisestä julkisissa hankinnoissa. [PDF]. [Viitattu 30.12.2014]. Saatavissa: https://www.tem.fi/files/36938/Valtioneuvoston_periaatepaatos_kestavien_ymparisto_ja_energiaratkaisujen_%28cleantech_ratkaisut%29_edistamisesta_julkisissa_hankinnoissa_FINAL.pdf

Valtioneuvosto. 2014. Tiedotteet. [WWW]. [Viitattu 11.7.2014]. Saatavissa: <http://valtioneuvosto.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/fi.jsp?toid=175607&c=0&moid=175630&oid=417688>

Valtiovarainministeriö. 2014. Valtioneuvoston periaatepäätös valtion toimitilastrategiaksi [PDF]. [Viitattu 16.7.2015]. Saatavissa: <http://vm.fi/documents/10623/307565/Valtioneuvoston+periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+valtion+toimitilastrategiaksi/0a92ff49-8d57-43fe-b49a-ae911c98b59d>

Varsila M. 2008. Valaistus osana rakennuksen energiatehokkuutta. Julkaistu: Valo-lehti 1-2/2008. [WWW]. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavissa: <http://www.prointerior.fi/catalogue/valolehti.php?magazineID=12&p=24>

Vehviläinen I., Pesola A., Heljo J., Vihola J., Jääskeläinen S., Kalenoja H., Lahti P., Mäkelä K. & Ristimäki M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Helsinki, Sitra, Sitran selvityksiä 39, 115 s. + liit. 5 s.

Vertia. 2014. Ilmanvuotoluku. [WWW]. [Viitattu 25.5.2014]. Saatavissa: <http://www.vertia.fi/tiiveysmittaus/ilmanvuotoluku>

Virta J. & Pylsy P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan Kustannus Oy-REP Ltd. 192 s.

WWF, Suomen luonnonsuojeluliitto, Greenpeace & Luontoliitto. 2014. Energiatehokkuusdirektiivi, Järjestöjen kannanotto [PDF]. [Viitattu 6.6.2014]. Saatavissa: <https://wwf.fi/mediabank/1553.pdf>

Yle. 2006. Elävä arkisto [WWW]. [Viitattu 8.7.2014] Saatavissa: http://yle.fi/elavaarkisto/artikkelit/energiakriisi_vuonna_1973_9860.html#media=9866

Ympäristö. 2014a. Olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuus. [WWW]. [Viitattu 9.7.2014]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiatehokkuus

Ympäristö. 2014b. Energiatodistusopas 2013. [PDF]. [Viitattu 20.7.2014]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiatehokkuus

Ympäristö. 2014c. Rakennuksen ominaispiirteiden huomioiminen korjaamisessa. [WWW]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen/Rakennuksen_ominaispiirteet.

Ympäristöministeriö. 1999. Maankäyttö ja rakennuslaki. 132/1999. [WWW.]. [Viitattu 20.4.2014]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Ympäristöministeriö. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4147/Muistio_rakentamismaaraysten_osasta_D3.pdf

Ympäristöministeriö. 2012a. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf

Ympäristöministeriö. 2012b. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten energiatehokkuus. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

Ympäristöministeriö. 2012c. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>

Ympäristöministeriö. 2013a. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B27BAFE2B-E645-4464-AFB8-CBFB162B5ADC%7D/31591>

Ympäristöministeriö. 2013b. Ympäristöministeriön asetus 4/13. [PDF]. [Viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>

Ympäristöministeriö. 2013c. Laskentaliite ympäristöministeriön asetukseen ”rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä”. [PDF]. [Viitattu

25.5.2014] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BE6B413C1-DAB5-4433-9D0F-F4C81AC6EF00%7D/31398>

Ympäristöministeriö. 2013d. Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa. [WWW]. [Viitattu 10.4.2014]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess\(3871\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess(3871))

Ympäristöministeriö. 2013e. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. [PDF]. [Viitattu 11.7.2014]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B27BAFE2B-E645-4464-AFB8-CBFB162B5ADC%7D/31591>

Ympäristöministeriö. 2013f. Valtioneuvoston asetus rakennuksen energiatodistuksen laatijan pätevydestä ja kevennetyn energiatodistusmenettelyn edellytyksistä. 170/2013. [WWW]. [Viitattu 20.4.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130170>

Ympäristöministeriö. 2014a. Alustavia vaikutusarvioita EU:n vuoden 2030 energia- ja ilmastopaketista. [WWW]. [Viitattu 9.9.2014]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Alustavia_vaikutusarvioita_EUn_vuoden_20\(29096\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Alustavia_vaikutusarvioita_EUn_vuoden_20(29096))

Ympäristöministeriö. 2014b. FInZEB 2015, Lähes nollaenergiarakennus Suomessa [PDF]. [Viitattu 3.4.2015] Saatavissa: http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/02/FInZEB_Sateri_Helena_20150205.pdf

Ympäristöministeriö. 2014c. Rakennuksen energiatodistus uudistuu – esitys [PDF]. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B7D6D8FED-2B01-4E1E-9214-4187E732BB4B%7D/57791>

Ympäristöministeriö. 2014d. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö [WWW]. [viitattu 9.7.2014]. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto

Ympäristöministeriö. 2014e. Korjausrakentamisen energiamääräykset: Usein kysytyjä kysymyksiä & vastauksia [PDF]. [Viitattu 11.7.2014]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BB550D5FE-428D-4250-9D3C-28236C4247B4%7D/31589>

Ympäristöministeriö. 2014f. Korjausrakentamisen viranomaismääräykset nyt ja tulevaisuudessa [PDF]. [Viitattu 9.8.2014]. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/files/Sateri17092013.pdf>

Ympäristöministeriö. 2014g. Tietoa eurokoodeista [WWW]. [Viitattu 9.8.2014]. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Tietoa_eurokoodeista

Ympäristöministeriö. 2014h. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. [PDF]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF48C187B-90DB-4789-AA94-A88C9A83C0D3%7D/102477>

Ympäristöministeriö. 2014i. Uusiutuvan energian käytön lisääminen (RES)-kohti lähes nollaenergiarakennuksia (EPBD). [PDF]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5oJ5FjLGF/awlbMqfWF/Rakennusforumi_021214_RKimari.pdf

Ympäristöministeriö. 2014j. Kestävämmästä asumisesta, liikkumisesta ja ruokailusta sekä kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistämisestä valtioneuvoston periaatepäätökset. [WWW]. [Viitattu 30.12.2014]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Ajankohtaista/Kestavammasta_asumisesta_liikkumisesta_j\(16873\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Ajankohtaista/Kestavammasta_asumisesta_liikkumisesta_j(16873))

Ympäristöministeriö. 2014k. Lähes nollaenergiarakentaminen (nZEB) –YM:n visio ja tarpeet, nZEB työpaja 22.8.2013. [PDF]. [Viitattu 17.8.2014]. Saatavissa: <http://aedesign.fi/rym/attachements/2013-08-30T10-24-4342.pdf>

Ympäristöministeriö. 2015. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [WWW]. [Viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset>

Yritystulkki. 2015. YT22 Investoinnin laskentaopas. [PDF]. [Viitattu 25.2.2015]. Saatavissa: http://www.yritystulkki.fi/files/yt22_investoinnin_laskenta_pre.pdf

Äyräväinen. 2014. 14.3.2014 / Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. [WWW]. [Viitattu 30.7.2014]. Saatavissa: <http://www.ayravainen.fi/2014/03/taloteknisen-suunnittelun-tehtavaluettelo-tate12/>

LIITE A: ALEKSANTERINKADUN LASKENTATIEDOT

Ajalta ennen peruskorjausta rakennuksen energialaskennan lähtötiedot on kerätty taulukkoihin 29-36. Hankesuunnitelman mukaiset muutokset lähtötilanteen arvoihin on kirjattu taulukkoon 37 ja vastaavasti suunnitelmien mukaiset arvojen muutokset taulukkoihin 38 ja 39.

Taulukko 29. Rakennuksen perustiedot.

Sijaintipaikkakunta	Helsinki
Valmistumisvuosi	1932
Käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennus
Kerrostien lukumäärä	7 maanpäällistä, ullakko ja kellari
Nettoala	7143 m ²
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	6 l/h
Rakennuksen tehollinen lämpökapasiteetti	160 Wh/(m ² K)

Taulukko 30. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.

Rakenne	U-arvo (W/m ² K)	Rakenteen kuvaus
	Ennen peruskorjausta	
AP1	0,45	Nykyinen alapohja
US1	0,90	Nykyinen ulkoseinä
US2 (alle 1m)	1,00	Kellarin ulkoseinä alle 1 m syvyydellä
US2 (yli 1m)	0,45	Kellarin ulkoseinä yli 1 m syvyydellä
US2 (painotettu)	0,63	Painotettu arvo, 1/3*(alle 1 m) + 2/3*(yli 1 m)
US3	0,81*	IV-konehuoneen seinä (Ullakkotila)
VP3	0,47*	Sisäpihan ja porttikongin pihakansi
VP6	0,35*	Porttikongin katto
YP1	0,25	Nykyinen yläpohja
Ovet	2,2*	Nykyiset ovet
Ikkunat		Ks. erillinen taulukko

* = Rakennusvuoden mukainen arvio U-arvolle

Taulukko 31. Ikkunoiden U- ja g-arvot.

Ikkunat	Ikkunoiden sijainti	Korjauksia edeltävät rakenteet		
		Lasin selostusteksti	Lasin U-arvo	Lämpösäteilyn kokonaisläpäisy g
I_A	Vanha pankkisali / Seminaaritila	Alkuperäiset korkeat ikkunat	2,8	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$
I_B1	B-portaikko 3.-8. krs	Alkuperäiset ikkunat	2,8	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$
I_B2	Toimistokerrokset 2.-7. krs	80-luvulla vaihdetut MSE puuikkunat	2,1	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$
I_C	Liiketilat	Alkuperäiset kiinteät 2K-eristyslasilla	2,8	$0,9 \cdot 0,65 = 0,59$
MI_A...MI_B	Näyteikkunat	Alkuperäiset näyteikkunat	2,8	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$
MI_C	B-portaikon lasiseinä 1. krs	Arviona alkuperäiset	2,8	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$
I_V, MI_V	A- ja C-porras ja neukkari 229	Nykyisten lasien oletusarvot	2,8	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68$

Taulukko 32. Kylmäsiltojen lämmönläpäisykertoimet.

	Lisäkonduktanssi W/(mK)	Peruste RakMk D5:n taulukkojen 3.1-3.3 mukaan
Ulkoikkunan liitos	0,1	Ikkunaliitos muussa tapauksessa
Ulko-oven liitos	0,1	Oviliitos muussa tapauksessa
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,08	Tiili-betoni
Ulkoseinän ja välipohjan liitos	0	Tiili-kevytbetoni
Ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,17	Tiili-betoni, maanvastainen
Ulkoseinä, jossa nurkka ulospäin	0,05	Runkomateriaali tiili
Ulkoseinä, jossa nurkka sisäänpäin	-0,05	Runkomateriaali tiili

Taulukko 33. Ilmanvaihtokoneen laskenta-arvot.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0	%	Valmistajan ilmoittamista arvoista YM monisteen 122 mukaisesti laskettuna
Ulkoilmavirta	2	dm ³ /s/m ²	RakMk D3 taulukko 2
Ulkoilmavirta käyttäjän ulkopuolella	0,15	dm ³ /s/m ²	RakMk D3 kohdat 3.3.7 ja 3.2.2
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	2,5	kW/(m ³ a)	SFP-laskenta valmistajan ilmoittamista arvoista tai arvio rakennusvuoden mukaan
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	18	°C	Arvio RakMk D5:n luvun 3.4 mukaan
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	Arvio RakMk D5:n luvun 3.4 mukaan
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaika h/(24 h)	13	h	RakMk D3 taulukko 3 ja kohta 3.3.7
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaika vrk/(7 vrk)	5	vrk	RakMk D3 taulukko 3

Taulukko 34. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergiantarve.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	6	kWh/(m ² a)	RakMk D3, taulukko 5
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,88	-	RakMk D5, taulukko 6.3
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	10	W/m	RakMk D5, taulukko 6.4
Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus	0,02	m/m ²	RakMk D5, taulukko 6.5
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuisen lämpöhäviö	0	kWh/a	RakMk D5, taulukko 6.3b

Taulukko 35. *Lämmitysjärjestelmien sähkönkulutukset ja hyötysuhteet.*

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,8	-	RakMk D5, taulukko 6.2
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2	kWh/(m ² a)	RakMk D5, taulukko 6.2
Kaukolämmön lämmöntuotannon vuosihyötysuhde	0,97	-	RakMk D5, taulukko 6.7
Kaukolämmön lämmöntuotannon apulaitteiden ominaiskulutus	0,07	kWh/(m ² a)	RakMk D5, taulukko 6.7

Taulukko 36. *Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat.*

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Rakennuksen päivittäinen käyttöaika h/(24 h)	11	h	RakMk D3, taulukko 3
Rakennuksen viikoittainen käyttöaika vrk/(7 vrk)	5	vrk	RakMk D3, taulukko 3
Rakennuksen käyttöaste	0,65	-	RakMk D3, taulukko 3
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	12	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3
Valaistuksen ominaisteho	12	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3
Lämpökuorma ihmisistä	5	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3

Taulukko 37. Hankeselvityksen mukaiset energialaskennassa käytetyt korjaustoimenpiteet.

Muutos toimenpide	Arvo			Yksikkö
	Ennen		Jälkeen	
Rakennusvaipan parantaminen				
US1 lisälämmöneristäminen	0,9	→	0,66	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (alle 1 m syvyydellä)	1,0	→	0,75	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (yli 1 m syvyydellä)	0,45	→	0,35	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (painotettu)	0,63	→	0,48	W/m ² K
US3 IV-konehuoneen uusi seinä	0,81	→	0,16	W/m ² K
YP1.1 uusi yläpohja	0,25	→	0,09	W/m ² K
YP2 IV-konehuoneen uusi yläpohja	0,25	→	0,17	W/m ² K
Ikkunoiden kunnostaminen ja uusiminen	2,8	→	0,8	W/m ² K
Ikkunoiden g-arvot	0,68	→	0,5	-
Ilmanvuotoluvun pienentäminen	6,0	→	1,0	1/h
Ilmanvaihtokoneiden parantaminen				
LTO:n vuosihyötysuhde toimistoille ja neuvottelutiloille	0	→	80	%
LTO:n vuosihyötysuhde muille koneille	0	→	50	%
LTO:n arvio painotetusta vuosihyötysuhteesta koko rakennukselle	0	→	73	%
Ominais sähkötehon SFP:n parantaminen	2,5	→	2,0	kWh/m ³ /s
Lämpimien putkien eristyksen uusiminen 0,5D → 1,5D				
Lämmitysputkien siirron vuosihyötysuhde	80	→	85	%
Lämmivesikiertojohton lämpöhäviö	10	→	6	W/m
Valaistus				
Valaistuksen muuttaminen tarpeenmukaiseksi ja energiatehokkaamman valaistuksen käyttäminen (LED)	12,0	→	9,0	W/m ²

Taulukko 38. Luonnossuunnitelmien mukaiset energialaskennan muuttuvat lähtötiedot.

Muutos toimenpide	Arvo			Yksikkö
	Ennen		Jälkeen	
Rakennusvaipan parantaminen				
AP1 uusittava alapohja	0,45	→	0,16	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (alle 1 m syvyydellä)	1,0	→	0,37	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (yli 1 m syvyydellä)	0,45	→	0,29	W/m ² K
US2 lisälämmöneristäminen (painotettu)	0,63	→	0,32	W/m ² K
US3 IV-konehuoneen uusi seinä	0,81	→	0,16	W/m ² K
VP3 tukirakenteiden välien eristäminen	0,47	→	0,16	W/m ² K
VP6 ontelolaattojen välisen eristeen uusiminen	0,35	→	0,09	W/m ² K
YP1.1 uusi yläpohja	0,25	→	0,09	W/m ² K
YP2 IV-konehuoneen uusi yläpohja	0,25	→	0,12	W/m ² K
B-portaan ja IV-konehuoneiden ovien uusinta	2,2	→	1,0	W/m ² K
Ikkunoiden kunnostaminen ja uusiminen	katso erillinen taulukko			
Ikkunoiden g-arvojen muutos				
Ilmanvuotoluvun pienentäminen	6,0 1/h	→	2,0 m ³ /(hm ²)	
Ilmanvaihtokoneiden parantaminen				
LTO:n painotettu vuosihyötysuhde koko rakennukselle	0	→	75	%
Ominais sähkötehon SFP:n parantaminen	2,5	→	2,0	kWh/m ³ /s
Lämpimien putkien eristyksen uusiminen 0,5D → 1,5D				
Lämmitysputkien siirron vuosihyötysuhde	80	→	85	%
Lämminvesikiertojohdon lämpöhäviö	10	→	6	W/m
Valaistus				
Valaistuksen muuttaminen tarpeenmukaiseksi ja energiatehokkaamman valaistuksen käyttäminen (LED)	12,0	→	9,0	W/m ²
Muu uusiutuva energian lisäys				
Omavaraisen aurinkosähkö tuottaminen	0,0	→	2,7	kWh/m ²

Taulukko 39. Luonnossuunnitteluvaiheen ikkunoiden laskentatiedot.

Ikkunat	Ikkunoiden sijainti	Korjauksen jälkeiset rakenteet		
		Lasin selostusteksti	Lasin U-arvo	Lämpösäteilyn kokonaisläpäisy g
I_A	Vanha pankkisali / Seminaaritila	Uudet 3K-lasit Pilkington Optiphon	1,2	0,5
I_B1	B-portaikko 3.-8. krs	Uudet 3K+1K-lasit Pilkington SunCool 70/40	0,71	0,37
I_B2	Toimistokerrokset 2.-7. krs	Uudet 3K+1K-lasit Pilkington SunCool 70/40	0,71	0,37
I_C	Liiketilat	Uudet 2-K teräsikkunat + uusi 1K	1*	0,4*
MI_A...MI_B	Näyteikkunat	Uudet 2K-lasit	1,1	0,37
MI_C	B-portaikun lasiseinä 1. krs	Uudet 2K-lasit	1,1	0,37
I_V, MI_V	A- ja C-porras ja neukkari 229	Nykyisten lasien oletusarvot	2,8*	$0,9 \cdot 0,75 = 0,68^*$

*Arvio ikkunan tiedoista

LIITE B: ETELÄESPLANADIN LASKENTATIEDOT

Ennen peruskorjausta arvioidut energialaskennan lähtötiedot on kerätty taulukkoihin 40-47. Toteutussuunnitelmien mukaiset muutokset lähtötilanteen tietoihin on kerätty taulukkoihin 48-49.

Taulukko 40. Rakennuksen perustiedot.

Sijaintipaikkakunta	Helsinki
Valmistumisvuosi	1870 ja 1913
Käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennus
Kerrosten lukumäärä	7 maanpäällistä, ullakko ja kellari
Nettoala	n. 9370 m ²
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	6 1/h
Rakennuksen tehollinen lämpökapasiteetti	160 Wh/(m ² K)

Taulukko 41. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.

Rakenne	U-arvo (W/m ² K)	Rakenteen kuvaus
AP1, 3, 4	0,22	Maanvarainen alapohja, Pohjakerroksen lattia
AP2	0,22	Maanvarainen alapohja, Kellarin lattia
US1	1,00	Vanha ulkoseinä yleensä, Massiivitiiliseinä
US2	0,4*	Maanpinnan alapuolinen ulkoseinä
VP1	0,22	Uuden IV-konehuoneen lattia, puolilämmin tila
VS6	0,47	IV-konehuoneiden seinät
YP1, 6	0,22	Uusittava yläpohja
YP2	0,23	Teräsbetoni-laatta-yläpohja, sisäpiha
YP3	0,47	Puolilämpimän ullakkokäytävä yläpohja
Ovet	2,2*	Nykyiset ovet
Ikkunat		Ks. erillinen taulukko

* = Rakennusvuoden mukainen arvio U-arvolle

Taulukko 42. Ikkunoiden U- ja g-arvot.

Ikkunatyyppe	Sijainti / tiedot	Ennen peruskorjausta		
		U-arvo (W/m ² K)	Auringon läpäisy	
			Suora	Kokonais.
LS1	Oletusikkunat	2,3	60	0,9*75=68
LS2	Porrashuoneen ikkunat	2,9	60	0,9*75=68
LS3	Ikkunat, jotka suunnitellaan aurinkosuojattaviksi	2,3	60	0,9*75=68

Taulukko 43. Kylmäsiltojen lämmönläpäisykertoimet.

	Lisäkonduktanssi W/(mK)	Peruste RakMk D5:n taulukkojen 3.1-3.3 mukaan
Ulkoikkunan liitos	0,1	Ikkunaliitos muussa tapauksessa
Ulko-oven liitos	0,1	Oviliitos muussa tapauksessa
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,08	Tiili-betoni
Ulkoseinän ja välipohjan liitos	0	Tiili-kevytbetoni
Ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,17	Tiili-betoni, maanvastainen
Ulkoseinä, jossa nurkka ulospäin	0,05	Runkomateriaali tiili
Ulkoseinä, jossa nurkka sisäänpäin	-0,05	Runkomateriaali tiili

Taulukko 44. Ilmanvaihtokoneen laskenta-arvot.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0	%	Valmistajan ilmoittamista arvoista YM monisteen 122 mukaisesti laskettuna
Ulkoilmavirta	2	dm ³ /s/m ²	RakMk D3 taulukko 2
Ulkoilmavirta käyttäjän ulkopuolella	0,15	dm ³ /s/m ²	RakMk D3 kohdat 3.3.7 ja 3.2.2
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	2,5	kW/(m ³ a)	SFP-laskenta valmistajan ilmoittamista arvoista tai arvio rakennusvuoden mukaan
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	18	°C	Arvio RakMk D5:n luvun 3.4 mukaan
Lämpötilan nousu tuloilmapuhalltimessa	0,5	°C	Arvio RakMk D5:n luvun 3.4 mukaan
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaika h/(24 h)	13	h	RakMk D3 taulukko 3 ja kohta 3.3.7
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaika vrk/(7 vrk)	5	vrk	RakMk D3 taulukko 3

Taulukko 45. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	6	kWh/(m ² a)	RakMk D3, taulukko 5
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,88	-	RakMk D5, taulukko 6.3
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	10	W/m	RakMk D5, taulukko 6.4
Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus	0,02	m/m ²	RakMk D5, taulukko 6.5
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuisen lämpöhäviö	0	kWh/a	RakMk D5, taulukko 6.3b

Taulukko 46. Lämmitysjärjestelmien sähkönkulutukset ja hyötysuhteet.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,8	-	RakMk D5, taulukko 6.2
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2	kWh/(m ² a)	RakMk D5, taulukko 6.2
Kaukolämmön lämmöntuotannon vuosihyötysuhde	0,97	-	RakMk D5, taulukko 6.7
Kaukolämmön lämmöntuotannon apulaitteiden ominaiskulutus	0,07	kWh/(m ² a)	RakMk D5, taulukko 6.7

Taulukko 47. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat.

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde
Rakennuksen päivittäinen käyttöaika h/(24 h)	11	h	RakMk D3, taulukko 3
Rakennuksen viikoittainen käyttöaika vrk/(7 vrk)	5	vrk	RakMk D3, taulukko 3
Rakennuksen käyttöaste	0,65	-	RakMk D3, taulukko 3
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	12	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3
Valaistuksen ominaisteho	12	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3
Lämpökuorma ihmisistä	5	W/m ²	RakMk D3, taulukko 3

Taulukko 48. Suunnitelmien mukaiset energialaskennan muuttuvat lähtötiedot.

Muutos toimenpide	Arvo			Yksikkö
	Ennen		Jälkeen	
Rakennusvaipan parantaminen				
US,2 maanvarainen ulkoseinän lisälämmöneristäminen	0,4	→	0,16	W/m ² K
VP1, IV-konehuoneen lattian uusinta	0,22	→	0,14	W/m ² K
VS6, IV-konehuoneiden seinien uusinta	0,47	→	0,17	W/m ² K
YP1, 6, yläpohjien uusinta	0,22	→	0,09	W/m ² K
YP2, sisäpihakannen uusinta	0,23	→	0,17	W/m ² K
YP3, puolilämpimäntilan katon uusinta	0,47	→	0,35	W/m ² K
Ovien kunnostaminen ja uusinta	2,2	→	1,0	W/m ² K
Ikkunoiden kunnostaminen ja uusinta	katso erillinen taulukko			
Ikkunoiden g-arvojen muutos				
Ilmanvuotoluvun pienentäminen	6,0 1/h	→	2,0 m ³ /(hm ²)	
Ilmanvaihtokoneiden parantaminen				
LTO:n painotettu vuosihyötysuhde koko rakennukselle	0	→	74	%
Ominais sähkötehon SFP:n parantaminen	2,5	→	2,0	kWh/m ³ /s
Lämpimien putkien eristyksen uusiminen 0,5D → 1,5D				
Lämmitysputkien siirron vuosihyötysuhde	80	→	85	%
Lämminvesikiertojohdon lämpöhäviö	10	→	6	W/m
Valaistus				
Valaistuksen muuttaminen tarpeenmukaiseksi ja energiatehokkaamman valaistuksen käyttäminen (LED)	12,0	→	7,0	kWh/m ²

Taulukko 49. Suunnitteluvaiheen ikkunoiden laskentatiedot.

Ikkunatyppi	Sijainti / tiedot	Peruskorjauksen jälkeen		
		U-arvo (W/m ² K)	Auringon läpäisy	
			Suora	Kokonais.
LS1	Oletusikkunat	1,5	60,4	69,8
LS2	Porrashuoneen ikkunat	2,9	60,4	69,8
LS3	Aurinkosuojatut ikkunat	1,5	27,7	38,9

LIITE C: TOIMISTORAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUDEN LUOKITTELUASTEIKKO

Taulukko 50. Toimistorakennusten energiatehokuusluokittelu.

Toimistorakennukset	
A	$E\text{-luku} \leq 80$
B	$81 \leq E\text{-luku} \leq 120$
C	$121 \leq E\text{-luku} \leq 170$
D	$171 \leq E\text{-luku} \leq 200$
E	$201 \leq E\text{-luku} \leq 240$
F	$241 \leq E\text{-luku} \leq 300$
G	$301 \leq E\text{-luku}$