



Kirill Gienko

Energiansäästöohjelma osana Diakin yhteiskuntavastuuta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

21.4.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Kirill Gienko
Otsikko: Energiansäästöohjelma osana Diakin yhteiskuntavastuuta
Sivumäärä: 44 sivua + 2 liitettä
Aika: 21.4.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat: Projektipäällikkö Niko Nummela
Lehtori Juha Juselius

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia energiansäästöohjelma Diakonia-ammattikorkeakoululle. Diakonia-ammattikorkeakoulu on sitoutunut Arenen (Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto) kestäväen kehityksen ja vastuullisuuden ohjelmaan, jonka yksi päätavoitteista on hiilineutraalisuuden saavuttaminen vuoteen 2030 menneessä. Tässä työssä esitetään prosesseja, joilla päädyttiin toimenpide-ehdotusten valintaan Diakin kampuksille.

Diakonia-ammattikorkeakoululla on neljä kampuista Helsingissä, Porissa, Pieksämäessä ja Oulussa. Jokaisella kampuksella on erilainen alkutilanne energiatehokkuutensa suhteen. Energiansäästötoimenpide-ehdotuksia laadittiin muun muassa liittyen valaistuksen ohjaukseen, aurinkopaneeleiden käyttöön ja auton lämmitystolppiin. Laskentoja hyödyntämällä arvioitiin niiden kokonaisvaikutus kampusten energiatehokkuustilanteeseen.

Työ toteutettiin osittain kirjallisuuskatsauksena, jossa käytiin läpi keskeisiä energiansäästömenetelmiä, joita käytetään opetusrakennuksissa ja sitä, miten lait ja standardit vaikuttavat niihin. Energiansäästötoimenpide-ehdotukset pohjautuivat kunkin kampuksen lähtötilanneanalyysiin.

Jokaiselle kampukselle laadittiin energiansäästöohjelma. Toteutuskelpoisimmat toimenpiteet viedään käytäntöön. Vaikka jokaisen kampuksen energiantehokkuustilanne oli yksilöllinen, jokaisesta kampuksesta löytyi pieniä tai isoja epäkohtia, joita korjaamalla voidaan säästää energiaa ja rahaa. Helsingin kampus oli tämän projektin keskiössä, ja siellä suoritetuilla energiansäästötoimenpiteillä saadaan aikaan kustannushyötyjä.

Avainsanat: energiatehokkuus, liiketunnistimet, U-luku

Abstract

Author: Kirill Gienko
Title: Energy Efficiency Program as a Part of Social Responsibility of Diakonia University of Applied Sciences
Number of Pages: 44 pages + 2 appendices
Date: 21 April 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Energy production methods
Supervisors: Niko Nummela, Project Manager
Juha Juselius, Senior Lecturer

The aim of this thesis was to develop an energy-saving program for Diakonia University of Applied Sciences (UAS). Diakonia UAS is committed to Arene's (The Rectors' Conference of Finnish Universities of Applied Sciences Arene) sustainable development and responsibility program, one of its main goals being the achievement of carbon neutrality in Finnish UAS's by 2030. This thesis presents the processes that led to the selection of action proposals for Diakonia's campuses.

Diakonia UAS has four campuses located in Helsinki, Pori, Pieksämäki, and Oulu, each with a different starting point regarding energy efficiency. Energy-saving proposals were developed, including lighting control, the use of solar panels, and car heating poles. Calculations were used to estimate their overall impact on the campuses' energy efficiency situation.

The study was partly conducted as a literature review, which examined key energy-saving methods used in educational buildings and investigated how laws and standards affect them. Before proposing energy-saving measures, each campus's initial situation was analyzed.

An energy-saving program was developed for each campus, and the most feasible measures will be implemented. Although each campus had its individual energy efficiency situation, there were small or significant flaws found in each campus that, when addressed, could save energy and money. Helsinki campus was at the center of this project, and the implemented energy-saving measures are expected to result in cost savings.

Keywords: energy efficiency, motion sensors, U-value

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	2
2	Kirjallisuuskatsaus	3
2.1	Energiankulutuksen peruseriaatteita	4
2.2	Lait ja standardit	6
2.3	Energiankulutuksen tilastoja	9
3	Energiansäästömenetelmät	12
3.1	Lämmitys ja eristys	13
3.2	Energiaomavaraisuuden lisääminen	15
3.3	Ilmanvaihto ja ilmastointi	17
3.4	Valaistus	19
3.5	Muita energiansäästömenetelmiä	21
4	Kampusten energiatehokkuuden lähtötilanne	23
4.1	Pori	23
4.2	Pieksämäki	26
4.3	Helsinki	28
4.4	Oulu	29
5	Energiasäästötoimenpide-ehdotusten laatiminen kampuksittain	31
5.1	Pori	32
5.2	Pieksämäki	33
5.3	Helsinki	37
5.4	Oulu	39
6	Tulokset	42
7	Riskit ja niihin varautuminen	43
8	Pohdinta ja loppusanat	44
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1: Pihlajasalin rakennepiirrustukset

Liite 2: Helsingin kampuksen 5. kerroksen valaistuksen ohjaustapakaavio

Lyhenteet

Diak: Diakonia-ammattikorkeakoulu

DCKV: *Demand Controlled Kitchen Ventilation*. Tilanteenmukainen keittiön ilmanvaihto

IRENA: International Renewable Energy Agency. Kansainvälinen uusiutuvan energian virasto.

IV: Ilmanvaihto

K: Kelvin. Lämpötilan SI-yksikkö.

MWh: Megawattitunti.

Pa: Pascal. Paineen SI-yksikkö.

RM³: Rakennuskuutiometri. Rakennuksen sisäinen tilavuus.

SDO: Suomen Diakoniaopisto.

U-arvo: Lämmönläpäisykerroin

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään Diakonia-ammattikorkeakoululle. Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arenen kestäväan kehitykseen ja vastuullisuuteen perustuvan ohjelman päätavoite on hiilineutraali ammattikorkeakoulu viimeistään vuonna 2030 [1]. Täten Diakin ensiaskeleet tavoitteidensa saavuttamiseen on minimoida kampustensa energiankulutusta, varsinkin nykyisten energian hintojen nousun takia.

Diakonia-ammattikorkeakoulu (jatkossa Diak) on vuodesta 1996 toimiva sosi-
aali- ja terveysalaan erikoistuva ammattikorkeakoulu. Diakissa opiskelee noin 3
000 opiskelijaa ja henkilöstöä on noin 250. Diakilla on yhteensä viisi kampusta,
Helsingissä, Pieksämäellä, Porissa, Oulussa ja Turussa. Turun kampuksen toi-
minta muuttaa pian Helsinkiin, joten tässä työssä se jää huomioimatta.

Jokainen Diakin kampus on kooltaan ja iältään erilainen toisistaan, mutta jokai-
sesta kampukselta löydettiin epäkohtia, joiden korjaaminen nostaisi energiate-
hokkuutta ja ajan mittaan tuottaisi säästöjä.

Energiansäästötoimenpiteiden aloittamista myös motivoi vuoden 2022 energia-
kriisi, jonka myötä sähkön kuluttajahinta nousi Euroopan unionin jäsenmaissa
35 prosenttia [2]. Suomessakin Venäjän sodan johtama hintojen nousu näkyi
huomattavasti. Sähkön keskimääräinen hinta vuoden 2022 kolmannella neljän-
neksellä oli 40–60 % enemmän kuin se oli vuosi sitten [3]. Sähkön hinta EU:ssa
on sidoksissa kaasun hintaan. Suurin osa kaasusta tuodaan EU:n ulkopuolelta,
varsinkin Venäjältä. Venäjän kaasuvientien vähentyminen on täten suoraan vai-
kuttanut sähkön hintaan EU:n sisällä [2]. Energiansäästötoimenpiteiden vaiku-
tus näkyy varsinkin talvisaikaan, kun sähkönkulutus on korkeimmillaan.

Nykyinen maapallon resurssien kulutus ja päästöjen tuotto vaarantaa maan
kantokykyä ja tulevien sukupolvien mahdollisuuksia. Maailman keskilämpötila
jatkaa nousemistaan. Pääsyyinä siihen on kasvihuonekaasujen, varsinkin hiilidi-
oksidin, liiallinen tuotto.

Diakonia-ammattikorkeakoulun toiminnassa korostuvat inhimillisyys, kestävyys ja vastuullisuus. Diakin arvoihin kuuluu parempaan muuttamisen rohkeus, kestävämpään maailmaan tähtääminen sekä jokaisen ihmisen kohtaaminen inhimillisesti ja rehellisesti. Diakin strategisina vahvuuksina on valmius kestävän elämäntavan rakentamiseen, inhimillinen vuorovaikuttaminen, oppimisläheinen ekosysteemi sekä halukkuus löytää ratkaisuja monimutkaistuvan maailman kysymyksiin. [4.]

Työn tavoitteena on ensin tehdä jokaiselle Diakin kampukselle nykytilakartoitus energiatehokkuuden suhteen ja sen pohjalta laatia energiatehokkuutta tukevia toimenpide-ehdotuksia. Nykytilakartoitusten ja kirjallisuuskatsausten aikana selvitetään kampusten rakenteelliset ominaisuudet ja sähkönkulutustilanne sekä yleisesti selvitetään tekijöitä, jotka vaikuttavat rakennusten energiatehokkuuteen. Näistä havaituista epäkohdista voi luoda toimenpide-ehdotuksia ja arvioida niiden kokonaishyötyä. Työhön kuuluu kommunikointia eri tahojen kanssa ja raportointia sekä viestintää organisaation sisällä.

Huomattava osa Diakin yhteisestä hiilijalanjäljestä tulee matkustamisesta, mutta tässä työssä keskitytään sähkön ja lämmön käytön vähentämiseen Diakin eri kampuksilla.

2 Kirjallisuuskatsaus

Rakennusten energiankulutus riippuu merkittävästi sisäympäristön (lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto ja valaistus) ja rakennusten suunnitteluun ja toimintaan käytetyistä kriteereistä. Sisäympäristö vaikuttaa myös ihmisten terveyteen, tuottavuuteen ja mukavuuteen.

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että huonosta sisäympäristöstä johduneet kustannukset ovat korkeammat kuin itse rakennuksen energiakustannukset. Täten parempi sisäympäristö on myös linkitetty parempaan työhyvinvointiin ja suorituskykyyn. Sisäympäristöön tyytymättömät todennäköisesti omin toimin lisäävät oleskelumukavuutta, jolla voi olla vaikutuksia energiatehokkuuteen.

Tämän takia kannattaa määritellä kriteerit sisäympäristölle rakennusten suunnittelua ja energialaskelmia varten. [5, s. 10.]

Suhteellisen isoina ja monimuotoisina rakennuksina kouluissa ja muissa opetusrakennuksissa on hyvin monia muuttujia, jotka vaikuttavat energiatehokkuuteen. Keskeisimpinä tekijöinä on rakennuksen ikä, muoto ja rakenteet, mutta koulurakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavat myös muun muassa oppilaiden ja henkilökunnan käyttötottumukset, koulun käyttöaste ja keittiökoneiston laatu.

2.1 Energiankulutuksen peruseriaatteita

Suomessa rakennusten suurin energiankulutuskohte on lämmittäminen, jolla kompensoidaan rakennusten lämpöhäviöt. Lämpöhäviö johtuu termodynamiikan toisesta pääsäännöstä, jonka mukaan lämpö siirtyy aina lämpimämmästä kylmempään, ennen kuin tasapaino on saavutettu. Lämmön siirtymisellä on kolme muotoa: johtuminen, konvektio ja säteily. Johtuminen on aineen läpi tapahtuvaa lämmön siirtymistä. Materiaalilla on todella suuri merkitys johtumisen määrään.

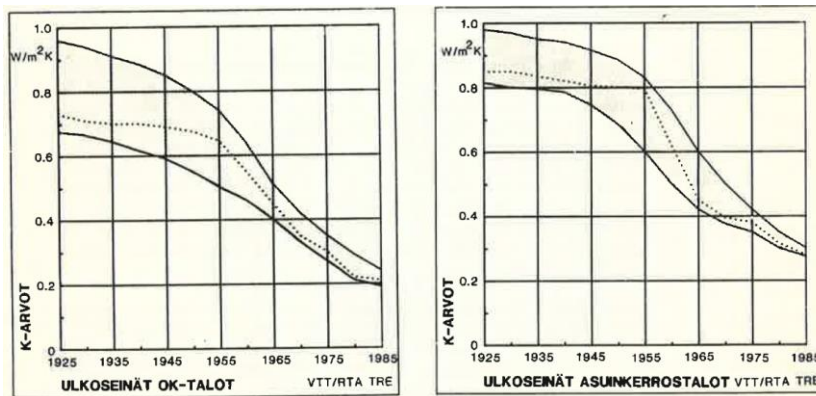
Esimerkiksi 25 millimetrin paksuisella polyuretaanivaahdolla on sama lämmöneristys kuin 650 millimetrin paksuisella tiiliseinämällä [6]. Konvektio on virtaavan nesteen tai kaasun kautta tapahtuvaa lämmönsiirtoa. Lämpimämpi ilma pienemmän tiheydensä takia nousee kylmemmän ilman yläpuolelle. Rakennuksissa konvektion kautta tapahtuvaa lämpöhäviötä tapahtuu muun muassa ilmanvaihdossa. Säteily on elektromagneettista lämmön siirtymistä, ja toisin kuin konvektio ja johtuminen, ei vaadi väliainetta. Pintojen heijastavuus vaikuttaa imeytyvän säteilyenergian määrään. Rakennukset absorboivat jonkin verran säteilyenergiaa auringosta.

Lämmönjohtavuuskerroin kuvaa materiaalin sisäistä lämmönjohtavuuskykyä. Ottamalla huomioon rakenteen paksuuden saadaan rakenteen lämmönjohtavuus. Sen yksikkö on W/mK . U -arvo (myös K -luku), eli lämmönläpäisykerroin kertoo lämmöneristeiden kokonaistehokkuudesta. U -arvo kuvaa tarvittavan

tehon määrää tiettyä pinta-alaa kohden, jotta saavutettaisiin tietty lämpötilaero. Lämmönläpäisykertoimen kaava 1 on

$$U = \frac{P}{(\Delta T \times A)} \quad (1)$$

jossa P on teho, ΔT on lämpötilaero ja A on pinta-ala. Eli mitä enemmän lämpöenergiaa johtuu eristerakenteen läpi tietyllä elementin välisellä lämpötilaerolla ja tarkasteltavalla alueella, sitä korkeampi U -arvo ja huonompi eristys. Eristemateriaalien, eristeiden paksuuden lisääntymisen ja vaatimusten tiukkenemisen takia rakennusten U -arvo on laskenut noin nelinkertaisesti vuosien 1925 ja 1985 välillä tyypillisissä Suomen omakotitalossa, kuten kuvassa 1 näkyy. [7, s. 14–15.]



Kuva 1 Omakoti- ja kerrostalojen ulkoseinien U -luvun hajautettu kehitys vuosien 1925 ja 1985 välillä [7, s. 14].

Vuoden 1985 U -arvo asumisrakennusten ulkoseinille oli 0,28, joka on nyt laskenut 0,17:ään viimeisten määräysten mukaisesti [7, s. 6–7]. Ilmanvuotoluku on toinen relevantti muuttuja tarvittavan lämmityksen määrän laskennassa. Ilmanvuotoluku kertoo ilmapuodon määrästä rakennuksen vaipan pinta-alaa ja tiettyä painetta kohden. Yleisesti käytetty paine-eroarvo on 50 Pa. Ilmanvuotoluvun yksikkö on ilman määrä kuutiometreissä tunnissa rakennuksen vaipan neliömetrejä kohden.

Lämpöindeksi kertoo tilojen ja käyttöveden lämmittämisen määrästä kuutiometriä kohden. Pienempi lämpöindeksi täten viittaa pääosin hyviin eristeisiin.

Lämpöindeksi lasketaan jakamalla vuotuinen lämmittämiseen kulunut energia tarkasteltavan rakennuksen kokonaistilavuudella. Lämpöindeksin yksikkö on kWh/Rm³.

2.2 Lait ja standardit

Standardit säännönmukaistavat energiansäästötoimenpiteet ja kansainvälisesti yhdenmukaistavat energiatehokkuuden arviointimenetelmät. Suomessa asetetaan verrattain tiukkoja ympäristövaatimuksia, joilla taataan maan suuntaus kohti ympäristöystävällisempää ja ekologisempaa tulevaisuutta.

Energiatehokkuuslaki on laadittu energiatehokkuuden sekä tehokkaan ja säästäväisen energian kulutuksen edistämistä varten. Tähän lakiin kuuluu muun muassa isoille yrityksille (vähintään 250 työntekijää) pakollinen energiakatselmus. Yrityksen energiakatselmus on menetelmällinen toimenpide, joka antaa riittävästi tietoa koko konsernin tai yrityksen energiankulutusprofiilista, tunnistaa mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä, määrittää mahdollisten säästöjen määrän ja raportoi katsauksen tuloksista. Tähän kuuluu kohdekatselmus, jonka tarkoitus on syventyä tarkemmin rakennuksien energiateknisistä ominaisuuksista, joiden pohjalta voi ehdottaa kustannustehokkaita toimenpide-ehdotuksia. Nämä on uusittava enintään neljän vuoden välein. Tämä laki määrittää kriteerit, miten energiankulutusta pitää ja voi mitata ja mitkä henkilöt ovat valtuutettuja energiankulutuksen seurantaan. [8.]

Toinen relevantti laki on maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Tämän lain tarkoituksena on laatia edellytykset rakennusten ekologiselle, sosiaaliselle, taloudelliselle ja kulttuurilliselle kehitykselle. Tähän lakiin kuuluvan yleiskaavan tarkoituksena on kunnan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yhtenäinen ohjaaminen sekä sovittaminen. Sitä valmisteltaessa tulee ottaa huomioon mahdollisuudet energia-, vesi- ja jätetoiminnan yhdistämisen järjestämisen maaston, luonnonkannan ja säästäväisyyden kannalta kestäväällä tavalla. [9.]

Maankäyttö- ja rakennuslaki myös määrittelee lähes nollaenergiarakennuksen rakennuksena, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU liitteen I mukaisesti. [10.]

Rakennuksen käyttävän erittäin vähäisen energian määrän pitäisi olla paikallisesti tai lähellä tuotettua uusiutuvaa energiaa. Uudet rakennukset pitäisi ainakin pyrkiä rakennuttamaan lähes nollaenergiarakennuksena. Jos uuden rakennuksen lämmittäminen ei toteudu uusiutuvista lähteistä tai yhteistuotannolta perustuvalla energialla, rakennukselle on tehtävä kokonaisuutena lämmitysjärjestelmän arviointi. [9.]

Suomen rakentamismääräyskokoelma monien muiden asioiden lisäksi määrittelee rakennusten uusien rakenteiden eri osille U-arvojen raja-arvot. Eri tiloille on omat rajoitteet. Lämmin tila on tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun ja puolilämmin tila on 5–17 asteen tila, joka ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun. Näiden tilojen U-raja-arvojen asettamisen tarkoituksena on se, että toivottu sisäolosuhde saavutetaan energiatehokkaasti. Erityisen lämpimillä ja lämmittämättömillä tiloilla nämä rajoitteet lähinnä ovat sitä varten, etteivät ne vaikuttaisi läheisiin lämpimien ja puolilämpimien tilojen energiatehokkuuteen. [11, s. 3–4.]

Nykyisen 2010 rakennusmääräyskokoelman mukaisesti lämpimän tilan ulkoseinän enimmäisarvo U-luvulle pitää olla $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, kun taas puolilämpimissä tiloissa tämä on $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lämpimän ja puolilämpimän tilan välisen seinän enimmäis-U-arvo on $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, ja kylmän ja muun tilan välisen seinälle se on $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$. Eri elementeillä on omat U-raja-arvot. Ikkunoilla ja ovilla nämä ovat korkeimmat, koska niistä vuotaa eniten lämpöä normaalisti. Lämpimissä tiloissa ikkunoiden ja ovien enimmäis-U-arvo on $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. [11, s. 7] U-arvojen lisäksi ilmanvuotoluvulla on myös vaatimuksia. Rakenteellisen energiatehokkuuspykälän 33 mukaan rakennuksen suurin sallittu ilmanvuotoluku on $0,6$ [12, s. 12].

Valtioneuvosto teki periaatepäätöksen energiatehokkuustoimenpiteistä 4.2.2010. Suomen energiatehokkuuden parantamiseksi tarvittavat toimenpiteet perustuvat Euroopan unionin yhteisesti asettamiin tavoitteisiin. Suomen hallitus

hyväksyi marraskuussa 2008 pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian. Tämä strategia sisältää ilmasto- ja energiapolitiikkaan liittyviä linjauksia, tavoitteita ja toimenpiteitä. [13.]

Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 määrittelee E-luvun ja sen raja-arvot. E-luku eli energiantehokkuusluku kWhE/(m²a) kertoo rakennuksen ostoenergiankulutuksesta pinta-alaa kohden. Erityyppisille rakennuksille on omat raja-arvot, majoitusrakennuksille se on 160 ja opetusrakennuksille se on 100. E-arvon kaava 2 on

$$E = \frac{(f_1 Q_1) + (f_2 Q_2) + (\sum_i f_3 Q_3) + (f_4 W_s)}{A} \quad (2)$$

jossa f_1 on kaukolämmön energiakerroin, Q_1 on kaukolämmön kulutus, f_2 on kaukojäähdytyksen energiakerroin ja Q_2 on kaukojäähdytyksen kulutus, f_3 on fossiilisen polttoaineen energiakerroin Q_3 on fossiilisen polttoaineen kulutus, f_4 on sähkön energiakerroin, W_s on sähkön kokonaiskulutus, mahdollisten aurinkopaneelien ym. tuotot vähennettynä ja A on lämmitettävä nettopinta-ala. Nämä arvot on syötettävä vuositasolla. Energiakertoimet kertovat eri energiamuotojen tuotantohyötysuhteista. [14] Viimeksi vuonna 2017 Ympäristöministeriö muutti 788. painoksellaan energiakertoimiaan. Sähkön energiakerroin on 1,2, kun taas kaukolämmöllä se on 0,5 ja polttoaineilla se on 1. [15.]

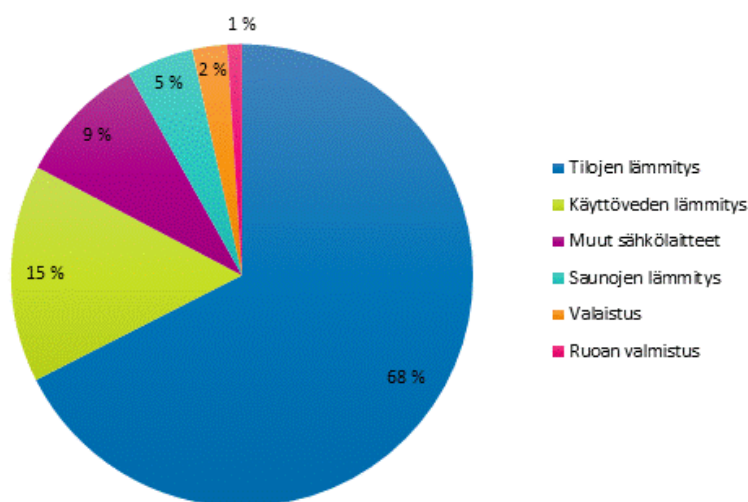
E-lukua käytetään muun muassa energiatodistuksissa. Energiatodistus on vuodesta 2013 lähtien jokaiselta yli 50 neliön lämmitystarpeiselle rakennukselle pakollinen asiakirja, jossa luokitellaan ja arvioidaan kaikki rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ja lasketun E-luvun avulla annetaan energiatehokkuudelle luokka asteikolla A–G. Energiatehokkuuden kannalta parhaimman luokan omaavilla rakennuksilla on pienempi E-luku kuin 75. Energiatodistuksen kevennetyt versiot ovat julkisia ja löytyvät Energiatodistusrekisteristä. [16.]

Suomi ei ole sitoutunut ainoastaan saavuttamaan omia ilmastotavoitteitaan ja rajoitteiden noudattamista, vaan on myös EU:n jäsenenä sitoutunut energiajärjestelmänsä kehittämiseen, pyrkien vähentämään vuoden 2030

kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 40 %:lla verrattuna vuoden 1990 päästölukeisiin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2018/844 mukaan [17, s. 1]. Jokaisen jäsenvaltion on laadittava peruskorjausstrategia pitkän aikavälin rakennusten energiatehokkuuden parantamista varten. Strategian yhtenä osana on etenemissuunnitelma, joka sisältää toimenpiteitä, joiden toimivuus taataan käyttäen mitattavissa olevien energiatehokkuuden indikaattoreita [17, s. 7–8].

2.3 Energiankulutuksen tilastoja

Rakennusten energiankulutus on huomattava energiankulutuksen lähde Suomessa. Rakennusten energiankäyttö kattaa 40 % Suomen energiankulutuksesta, josta neljäsosa tulee julkisen sektorin rakennuksista [18]. Energiankulutus riippuu rakennustyypistä melko paljon. Esimerkiksi valaistus keskimäärin kattaa huomattavasti pienemmän osuuden asuinrakennusten energiankulutuksesta, kuin opetusrakennuksissa. Valaistus kattaa keskimäärin 2 % asuinrakennusten energiankulutuksesta, kuten kuvasta 2 näkee. [19, s. 10.]



Kuva 2 Asuinrakennusten energiankulutusjakauma vuonna 2018 [19, s. 10].

Lämmön talteenotto (jatkossa LTO) on ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuutta tukeva järjestelmä. Tyypillisen lämmön talteenotolla varustetun opetusrakennuksen energiankulutuksesta 68 % kuluu lämmittämiseen. Ilman lämmön talteenottoa opetusrakennusten energiankulutuksesta 85 % kuluu lämmittämiseen. Kuten taulukosta 1 näkee, LTO:lla varustettu ilmanvaihtojärjestelmä tekee opetusrakennuksesta huomattavasti energiatehokkaamman. [20, s. 8.]

Taulukko 1 Tyypillisen opetusrakennuksen energiankulutusjakauma ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla ja ilman [20, s. 8].

Energiankulutusjakauma eri ilmanvaihtojärjestelmillä		Opetusrakennus ilman LTO:ta (yht. 187 kWh/m ² vuodessa)	Opetusrakennus LTO:lla (yht. 119 kWh/m ² vuodessa)
Lämmitys	Ilmanvaihdon lämmitys	39 %	16 %
	Käyttöveden lämmitys	7 %	11 %
	Muu lämmitys	5 %	10 %
Sähkö	Puhallinsähkö	6 %	16 %
	Valaistussähkö	4 %	6 %
	Muu sähkö	5 %	10 %

Kuten aiemmin mainittu, helmikuussa 2022 alkaneesta Venäjän-Ukrainan sodasta johtuen energian hinta kasvoi merkittävästi hyvin monissa maissa, varsinkin niissä maissa, jotka olivat osittain riippuvaisia energian tuonnista Venäjältä, kuten Suomi ja Baltian maat. Kuten taulukosta 2 näkyy, yli kymmenesosa Suomen energianhankinnasta oli Venäjältä juuri ennen sodan alkua [21, s. 2].

Taulukko 2 Suomen sähkön hankinta ja kulutus tammikuussa 2022 ja 2023 [21, s. 2].

GWh	tammikuu	
	2022	2023
KOKONAISTUOTANTO	6 944	7 598
voimaloiden omakäyttö	239	234
TUOTANTO	6 705	7 365
uusiutuva energia	2 490	3 026
ydinvoima	2 083	2 317
lämpövoima	2 132	2 021
yhteistuotanto	1 769	1 737
erillistuotanto	363	285
TUONTI	2 392	563
Venäjältä	951	0
Muista maista	1 441	965
HANKINTA YHTEENSÄ	9 098	8 325
VIENTI	635	626
KULUTUS	8 462	7 703

Toukokuussa energian tuonti Venäjältä lopetettiin kokonaan. Tätä kompensoitiin lisäämällä ydinvoima- ja varsinkin tuulivoimatuotantoa. Tuulivoimatuotanto kasvoi noin 48 % yhdessä vuodessa. Venäjän energian tuonnin lakkauttamista kompensoitiin myös yleisesti kuluttamalla vähemmän energiaa. [22] Tämä on laajalti saavutettu yksilöiden omien tekojen pohjalta. Lokakuussa 2022 Motiva, Energiavirasto, työ- ja elinkeinoministeriö, valtioneuvoston kanslia, ympäristöministeriö ja Sitra käynnistivät yhteistyökampanjan nimeltä Astetta alemmaksi, jossa jokaista suomalaista kannustetaan energian käytön vähentämiseen kotona, oppilaitoksissa, työpaikoilla, liikenteessä ja yrityksissä. Suomalaisia muun muassa ohjeistetaan vähentämään huonelämpötilaa, sähkön kulutusta huippukulutusaikoina, turhaa autolla liikkumista ja pitämään lyhyempiä suihkuja [23].

Tämä johtikin sähkön kulutuksen laskemiseen. Verrattuna edellisvuoteen vuoden 2022 sähkönkulutus lokakuussa oli 7 % alempi. Marraskuussa ja joulukuussa nämä olivat 9 ja 10 prosenttia. [24] Tämä tarkoittaa sitä, että tilanteen sitä vaatiessa energiankulutusta pystytään vähentämään pelkästään tekemällä pieniä arjen muutoksia.

Muut asiat, jotka ovat tukeneet Suomen energiatehokkuuden nousua viime vuosien aikana ovat olleet energiatehokkuussopimukset, rakennusmääräykset sekä tiukentuneet kriteerit tuotteiden ja autojen päästöissä. Rakennusmääräysten myötä tulleiden energiansäästöjen määräksi arvioitiin 7,5 TWh vuonna 2020, verraten vuoteen 2003, jolloin määräykseen tuli kiristyksiä. [25.]

Energiankulutukseen vaikuttaa myös monia tekijöitä, joihin ei itse pysty suoraisesti vaikuttamaan, kuten sää ja yhtäkkiset rajut muutokset maailmalla, kuten maailmanlaajuiset pandemiat, lamat sekä sodat. 2020 oli poikkeuksellisen kuuma vuosi, minkä takia lämmitystarve oli myös poikkeuksellisen pieni. Vuoden 2020 lämmityskulutus asuinrakennuksissa oli noin 39 TWh, mikä oli noin 10 % edellisvuotta alhaisempi. Sinä vuonna lämmitystarpeen vähenemisen takia vain 64 % asuinrakennusten energiankulutuksesta kului lämmittämiseen, mikä on edellä mainittua 88:aa huomattavasti alhaisempi luku. [26, s. 1.]

3 Energiansäästömenetelmät

Opetukseen tarkoitetut rakennukset, varsinkin korkeakoulut ovat tavanomaisiin asuinrakennuksiin verrattuna monimutkaisempia, ja niissä energiankäyttö on monipuolisempaa ja potentiaalisia säästökohteita on enemmän. Korkeakoulut ovat myös energiankäytön osalta iso tekijä, niiden monimuotoisuuden ja keskittymistä tukevan ilmapiirin ylläpidon takia, joten pienet muutokset voivat johtaa isoihinkin säästöihin, varsinkin ottaen huomioon, että hyvin monet korkeakoulut ovat vuosikymmeniä vanhoja.

Monet korkeakoulut, varsinkin Diak, tukevat ja edustavat nykyään kestävästä kehityksestä ja innovointia, toimimalla esimerkkinä. Onnistuneet energiansäästöt

johtavat organisaation sisäisten ja ulkoisten ympäristöystävällisyystavoitteiden toteutumiseen sekä rahallisiin säästöihin, jotka voi uudelleensijoittaa muihin organisaatiota parantaviin sektoreihin. Lähes viidentoista tuhannen osallistujan laajuisen Princeton-yliopiston laatiman tutkimuksen mukaan 74 % opiskelijoista ottaa yliopistohakuprosesseissaan huomioon kohdeyliopiston sitoutumista ympäristöystävällisyyteen [27].

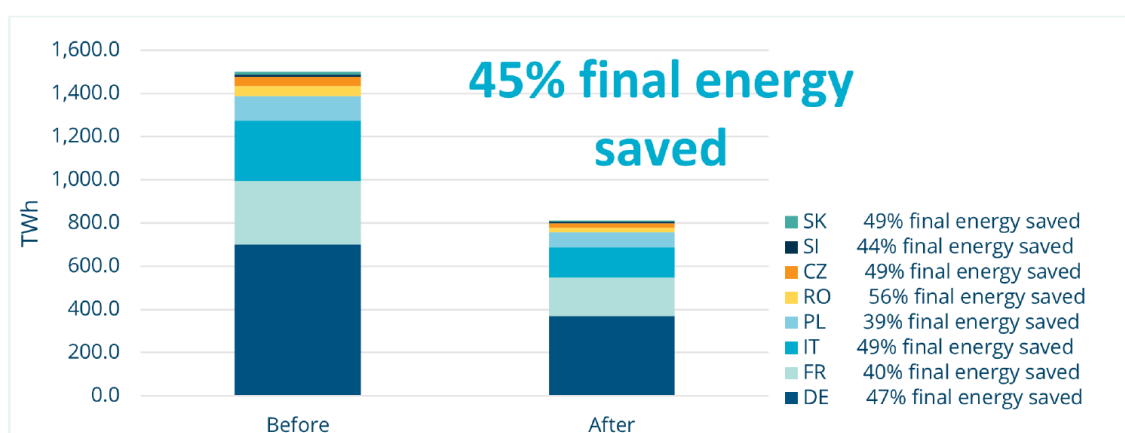
Tässä luvussa käydään läpi yleisimpiä energiansäästömenetelmiä, joita tämänkaltaisissa rakennuksissa sovelletaan. Energiansäästötoimenpiteet tämänkaltaisissa kiinteistöissä voi käytännössä jakaa kahteen pääluokkaan: olemassa olevan järjestelmän tai laitteiston uusiminen energiatehokkuudeltaan tehokkaampaan versioon ja olemassa olevan järjestelmän käyttäminen loogisesti sekä energiatehokkaasti.

3.1 Lämmitys ja eristys

Suomen rakennuksissa lämmittäminen on aina suurin energiankulutuskohte. Noin kolmas asuinrakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä. Yleisiä lämmitystapoja ovat sähkö, puu ja erilaiset lämpöpumput. Kerrostaloissa ja muissa isoimmista rakennuksista lämmitysmuoto on kaukolämpö 90 % tapauksista [28], mikä on hyvä asia, koska suurin osa kaukolämmöstä tulee voimalaitosten yhteistuotannon kautta, nostaten voimalaitoksen hyötysuhdetta voimakkaasti ja täten tukien energiatehokkuutta. Lauhdelaitosten keskimääräinen hyötysuhde on alle 40 %. Yhteistuotannolla toimivissa voimalaitoksissa se on 80–90 %. Kaukolämpö on myös huomattavasti halvempi lämmitystapa sähkölämmitykseen verrattuna johtuen vuoden 2022 energiakriisistä.

Lämmitystavan sijaan ongelma useammin on lämmittämisen käyttö ja eristys ympäristöstä. Rakennuseristeen tarkoituksena on eristää tarpeetonta äänen, lämmön ja kosteuden tunkeutumista rakennuksen sisätiloihin. Hyviä lämmöneristeitä käyttämällä pystytään pitämään toivottu huonelämpötila vähäisemmällä energiankäytöllä. Eristemateriaaleissa on tullut paljon parannuksia viime vuosikymmenien aikana. Nykyaikaiset eristemateriaalit ovat keskimäärin kaksi

kertaa tehokkaampia 1970-luvun eristeisiin verrattuna [29]. Vuonna 2022 EU suoritti tutkimuksen, jossa verrattiin kohderakennuksien lämpöenergian käyttöä ennen eristeiden uusimista ja niiden jälkeen: lopputuloksena kohderakennukset kuluttivat 45 % vähemmän energiaa, kuten kuvassa 3 näkyy. Kotien lämmitys vie 15–21 % näiden maiden kokonaisenergiakulutuksesta, joten potentiaaliset kokonaisenergiansäästöt ovat huomattavia. Talojen rakenteiden remontointi on näin ollen tullut entistä suosittumaksi toimenpiteeksi. [30 s. 9]. Keskiverto-omakotitalossa 30 % lämpöhäviöstä johtuu seinämien kautta ja toiset 30 % katon kautta [6].



Kuva 3 EU:n tutkimukseen kohdistuneiden rakennusten yhteinen lämmönkulutus ennen ja jälkeen korjausten maittain [30, s. 2].

Ikkunat ja ovet ovat rakennuksissa lämpöeristykseltään heikoimmat elementit. Vaikka pinta-alaltaan ikkunat yleensä kattavat vain pienen osuuden rakennuksen seinämäpinta-alasta, keskiverto-omakotitalossa 10–20 % lämpöhäviöistä tapahtuu ikkunoiden kautta [6]. Tämän vuoksi ikkunoiden lämpöeristys on tärkeää. Ikkunoiden huono sisäinen U-arvo ja esimerkiksi huonot liitoskohdat aiheuttaa alaspäin kulkeutuvaa kylmää virtausta, mikä aiheuttaa vetoa. Tämä voi olla ongelmana esimerkiksi päiväkodeissa, missä lapset yleensä oleskelevat lattialla ja lähellä seiniä. [31, s. 241.]

Yksinkertaisin lämmittämiseen liittyvä energiansäästötoimenpide on lämpötilojen laskeminen. Lämpötilan laskeminen jo yhdellä asteella voi johtaa huomattaviin energiansäästöihin, ottaen huomioon opetusrakennusten suuren koon ja

lämmittämiseen kuluvan energian määrän (68 %). Tätä pystyy yksinkertaisesti kompensoimaan lisäämällä vaatetusta, mutta ihmisillä on käyttötottumuksia, joita monet eivät välttämättä ole valmiita muuttamaan. Muutokset ilmanvaihtoja ja lämmitysolosuhteisissa yleensä havaitaan nopeasti ja usein vastaanotetaan negatiivisesti. Tilojen lämpötilaa säädetään yleensä termostaattien avulla, jotka säätelevät pattereissa kulkevan veden tai muun nesteen virtausta riippuen sisälämpötilasta ja lattialämmityksessä, mutta myös lattioiden lämpötilasta. Nykyään on myös saatavilla älytermostaatteja, jotka ottavat huomioon sääennusteen ja pörssisähkön hinnan.

Suurin osa ihmisen energiasta kuluu kehon lämmittämiseen. Lepotilassa ihminen tuottaa noin 100–120 wattia lämpöenergiaa [32]. Ihmistihedeltään suurissa tiloissa, kuten luokka- ja auditoriotiloissa, ihmisten tuottama lämpö voi olla hyvin huomattavakin lämmön lähde. Tätä on jo hyödynnetty joissakin rakennuksissa, esimerkiksi Tukholmassa sijaitsevan Kungsbrohuset-nimisessä yritysrakennuksessa. 5–10 % sen lämmönkulutuksesta tuotetaan ihmisten lämmöstä lähellä sijaitsevasta Tukholman päärautatieasemasta [33]. Opetusrakennuksissa tätä voisi esimerkiksi hyödyntää säättämällä lämpötilaa alemmaksi sellaisissa tiloissa, joissa on yleensä paljon ihmisiä.

Riippuen opetusrakennuksen käyttöasteesta koko rakennuksen lämpötilaa voi säätää pienemmälle aikoina, kun rakennus on tyhjänä. Tätä yleensä säädetään manuaalisesti tai automaattisesti, mutta joissakin tapauksissa sitä ei ole optimoitu täysin.

3.2 Energiaomavaraisuuden lisääminen

Energiatehokkuuden lisääminen toteuttaminen ei tarkoita ainoastaan energiankulutuksen vähentämistä, vaan se voi myös olla energiankulutuksen kompensoimista tuottamalla omaa uusiutuvaa energiaa. Korkeakoulukampukset ovat usein ideaalisia alueita uusiutuvan energian infrastruktuurin rakennuttamiselle ison kokonsa takia. Tämänlaiset hankkeet voivat olla kalliita investointeja, mutta yleensä maksavat itsensä takaisin melko nopeasti. Yhdysvalloissa on jo

seitsemän yliopistoa, jotka tuottavat uusiutuvaa energiaa vähintään sen käyttämän energian verran [34]. Korkeakouluissa yleensä käytetään aurinkoon ja tuuleen perustuvaa uusiutuvaa energiaa, joten tässä luvussa syvennyttään niihin.

Kuvassa 4 näkyvät tuuliturbiinit tuottavat keskimäärin puolet kuvan ulkotilojen valaisemiseen vaadittavasta sähköstä ja ovat yksi tapa kompensoida energiankulutusta. Tuuliturbiinit ovat halventuneet vuosien varrella, ja korkeakoulujen sijainti on usein sopiva tuuliturbiineille [35].



Kuva 4 Quinnipiac-yliopiston York Hill-kampus Connecticutissa. Taustalla näkyy tuuliturbiineja [35].

Korkeakouluympäristössä yleensä käytetään siivettämiä tuuliturbiineja perinteisten tuuliturbiinien sijaan. Suomessa tuulivoiman määrä on lisääntynyt vuosi vuodelta ja varsinkin 2010-luvun puolivälissä tuulivoimaloiden määrä kasvoi huomattavasti. Vuoden 2022 lopussa Suomen asennettu tuulivoimakapasiteetti oli 5 677 MWh ja tuulivoimaloiden lukumäärä oli 1 393 [36].

Aurinkopaneelit ovat tällä hetkellä yksi puhutuimmista energiantuotantomenetelmistä. Aurinkopaneeliteknikka on kehittynyt paljon tämän vuosikymmenen aikana ja aurinkopaneelien hinta on laskenut huomattavasti, minkä takia ne ovat

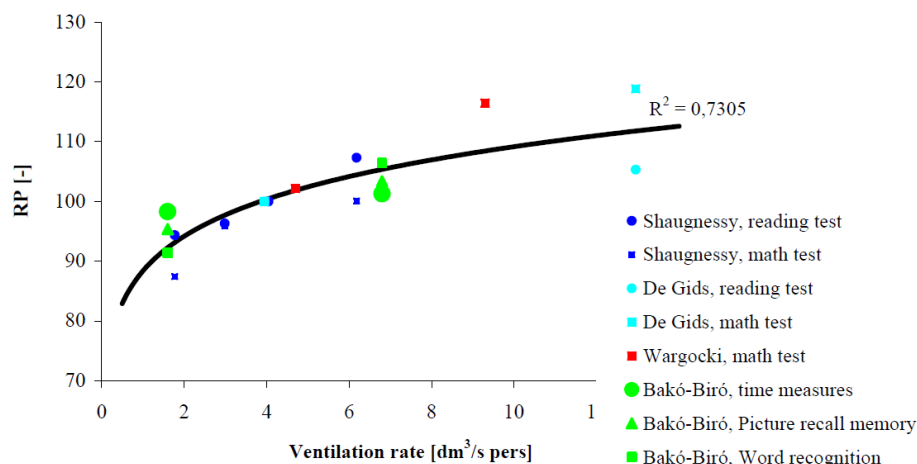
yleistyneet viime vuosina. IRENAn (International Renewable Energy Agency) mukaan tuuli- ja aurinkoenergia on halvin energiantuotantomenetelmä tällä hetkellä [37]. Näiden suurimpina haittapuolina on niiden volatilitteetti ja energian varastoinnin epäkäytännöllisyys. Sähköverkkoon liitetty aurinkovoimala voi myydä ylijäämä sähköä. Aurinkopaneelien tyypillinen käyttöikä Suomessa on 30 vuotta ja takaisinmaksuaika 12 vuotta [38]. Suomessa aurinkoenergia ei ole yhtä kannattavaa verrattuna lähempänä päiväntasaajaa oleviin maihin, mutta siitä huolimatta pitkällä aikavälillä aurinkopaneelit ovat kannattava ja suhteellisen riskivapaa sijoitus. Vuonna 2017 Helsingin yliopiston Viikin kampukselle asennettiin 1,2:ta megawattia vastaava 3 500 paneelin aurinkovoimala, jonka keskimääräisellä sähköntuotolla arvioitiin sen kattavan 4 % kampuksen energian kulutuksesta [39]. Sähköä tuottavien aurinkopaneelien lisäksi on aurinkokeräimiä, jotka muuttavat auringon säteilyn lämpöenergiaksi. Niitä käytetään yleensä lisänä lämmitysjärjestelmissä. Aurinkokeräimen talteen ottamaa lämpöenergiaa käytetään yleensä käyttöveden lämmittämiseen. Harvardin yliopistoon asennettiin noin 300 neliömetrin verran aurinkokeräimiä, joiden arvioitiin kattavan vähintään 60 % käyttöveden lämmittämiseen kuluneesta energiasta [40].

3.3 Ilmanvaihto ja ilmastointi

Kuten aiemmin mainittu, ilmanlaatu vaikuttaa ihmisten suorituskykyyn. Huono ilmanlaatu voi johtaa

- silmien ärsyntyymiseen
- kurkun ärsyntyymiseen
- tukkoiseen tai nuhaiseen nenään
- päänsärkyyn
- väsymykseen
- huimaukseen.

Opiskelijoilla hyvän ilmanlaadun on todettu olevan yhteydessä korkeampaan suorituskykyyn matematiikkaan, lukemiseen ja kuvamuistiin liittyvissä tehtävissä, kuten kuvasta 5 voi nähdä. [41, s. 13.]



Kuva 5 Opiskelijoiden suorituskyvyn ja ilmanvaihdon välinen korrelaatio [42; 43, s. 490–493].

Ilmanvaihto (jatkossa IV) ja ilmastointi on huomattava osa rakennuksen, varsinkin koulurakennuksen energiankulutusta. Kuten luvussa 2.3 mainittiin, tyypillisellä lämmön talteenotolla varustetulla koulurakennuksella ilmanvaihto kattaa 32 % kokonaisenergiankulutuksesta, josta puolet kuluu puhallettavan ilman lämmittämiseen ja loput ilman puhaltamiseen [19]. Yksinkertaisuudessaan ilmanvaihdon tehtävänä on kierrättää sisäilmaa poistamalla rakennuksen ja ihmisten synnyttämät epäpuhtaudet, jotka aiheuttavat sisäilmaongelmia. Puhallettava tuloilma yleensä lämmitetään kaukolämmöllä tai muulla tavalla. Osa ilmanvaihtojärjestelmistä kykenee myös jäähdyttämään tuloilmaa, jolloin järjestelmää kutsutaan ilmastoinniksi pelkän ilmanvaihdon sijaan.

Edellä mainittu lämmön talteenotto on ilmanvaihdon järjestelmä, joka kerää lämpöenergiaa poistoilmasta ja kierrättää sen takaisin tuloilmaan. LTO-järjestelmät kykenevät kierrättämään 60–95 % poistoilman lämpöenergiasta ja näin ollen kasvattavat ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuutta huomattavasti [44, s. 47; 665–682]. Kuten valaisinjärjestelmissä, ilmanvaihtojärjestelmän voi ja kannattaa automatisoida ja ohjelmoida niin, ettei se olisi käynnissä turhaan. Monissa ilmanvaihtojärjestelmissä on tarpeenmukainen ohjaus, jossa ilmanvaihtojärjestelmän teho riippuu esimerkiksi ilman kosteudesta, lämpötilasta, infrapunasensoreiden havaitsemasta läsnäolosta ja hiilidioksidiarvoista, joiden korkeat

arvot aiheuttavat ilman tunkkaisuutta. Vuonna 2005 Norjassa 81 koulua osallistui tutkimukseen, jossa verrattiin hiilidioksidi- ja infrapunasensoreilla ohjautuvia ilmanvaihtojärjestelmiä ilmanvaihtojärjestelmiin ilman tarpeenmukaista ohjausta. Hiilidioksidisensoreilla ohjautuneilla ilmanvaihtojärjestelmillä energiansäästöt olivat 38 %, ja infrapunasensoreilla ohjautuneilla ilmanvaihtojärjestelmillä nämä olivat 51 % ilman havaittuja haittavaikutuksia sisäilman laatuun. [45, s. 1234–1240]. Ilmanvaihtojärjestelmä kannattaa laittaa öisin puoliteholle tai pois päältä talvisin.

Ilmanvaihdon ohjauksen lisäksi itse järjestelmän huoltaminen ja uusiminen usein tuo energiansäästöjä. Ilmanvaihtokanavissa ja muissa ilmanvaihtojärjestelmän osissa voi mahdollisesti olla heikko eristys, mikä aiheuttaa tarpeetonta tulo- tai poistoilman lämpenemistä ja jäähtymistä. Lisäksi se aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ilmanvaihtokanavien ulko- ja sisäpuolelle ja ylipäättään laskee ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuutta, minkä takia kunnollisesta eristyksestä kannattaa pitää huolta. Ilmanvaihtojärjestelmä on myös syytä puhdistaa säännöllisesti, koska ajan mittaan kanavistoon ja muihin ilmanvaihtojärjestelmän osiin kerääntyy epäpuhtauksia kuten pölyä ja bakteereja, heikentäen sisäilman laatua, vähentäen virtaavan ilman määrää laskien ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuutta. Hyvin huollettu ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia hyvin pitkänkin aikaa, mutta joskus ilmanvaihdon uusiminen kokonaan voi olla kannattava sijoitus. Ruotsissa tiettyihin kiinteistöihin vaihdettiin 1990-luvulla asennettu ilmanvaihtojärjestelmä nykyaikaiseen ja lopputulokseksi laskettiin, että uusi järjestelmä säästää vuodessa 50 kilowattituntia neliometriä kohden, maksaen itsensä takaisin arvion mukaan viidessä vuodessa [46].

3.4 Valaistus

Kuten luvussa 2.3 eriteltiin, valaistus kattaa keskimäärin 6 % tyypillisen lämmön talteenotolla varustetun koulun energiankulutuksesta, joten pitkäikäisillä aikavälillä säästöt voivat olla huomattavia.

Yleisin säästömenetelmä, mistä puhutaan, on loisteputkivalaisimien vaihto led-valaisimiin. Led eli loistediodi on ylivoimaisesti tehokkain valaistustekniikka. Vaihtamalla loisteputket led-valaisimiin sähkön kulutus voi laskea jopa puoleen ja tapauskohtaisesti jopa enemmän [47]. Led-valaisimia myydään kaikissa muodoissa, eli valaisimen vaihto ei yleensä vaadi loisteputken vaihtamista led-putken lisäksi enempää. Vuonna 2021 EU hyväksyi direktiivimuutoksen, joka kielittää loisteputkien myynnin syyskuusta 2023 alkaen [48].

Oikean valaisintyyppin valitsemisen jälkeen voi keskittyä valaistuksen ohjaukseen. Hyvä ohjausjärjestelmä minimoi aikaa, jolloin valaisimet palavat turhaan. Käytännössä valaisimet palavat turhaan aikaohjauksen tai valojen poissa päältä laittamisen unohtamisen takia. Aikaohjaus on yleinen tapa ohjata valaistusta koulu- ja toimistorakennuksissa. Yleensä aikaohjaus säädetään niin, että valot ovat päällä rakennuksen aukioloajojen mukaan. Se voi johtaa ongelmiin, koska aikaohjaus ei kykene havaitsemaan ihmisiä tai muun tulevan valon määrää. Sen takia aikaohjauksella toimivaa valaisinohjausta on hyvä täydentää tai korvata liiketunnistimilla ja hämäräkytkimillä. Liiketunnistimet, tyyppin mukaan, voivat havaita tilassa tapahtuvaa liikettä ja/tai tilassa sijaitsevaa henkilöä ihmisen ja ympäristön lämpötilaeron avulla. Näitä käyttämällä valot eivät pala tyhjiissä tiloissa.

Opetukseen tarkoitetut tilat ovat yleensä melko avoimia ja sisältävät paljon ikkunoita, joten jotkut koulurakennukset voivat sijainnista ja muista asioista riippuen saada paljonkin auringonvaloa päivässä. Tämän takia valaistusohjausjärjestelmässä voi myös käyttää hämäräkytkimiä, jotka havaitsevat tulevan valon määrää ja pitävät valot sammutettuna, jos tilat ovat jo tarpeeksi valaistettuja. Tämän avulla ei ainoastaan voi säästää kuluissa, vaan voi myös potentiaalisesti nostaa opiskelijoiden suorituskykyä. 21 000 ihmisen laajuisen tutkimuksen perusteella suuremman luonnollisen valon määrällä ja opiskelijoiden suorituskyvyllä kokeissa oli säännöllinen korrelaatio [49]. Tavanomaiset kytkimetkään eivät ole huono ratkaisu, mikäli valot muistetaan sammuttaa, kun niille ei ole enää käyttöä.

Näiden asioiden lisäksi voi myös arvioida valaisimien valaistustehokkuutta. Käytävä- ja aulatiloissa, missä ihmiset liikkuvat paikasta toiseen, ei yleensä vaadita kirkasta valaistusta. Työtilat ja muut tilat, missä ihmiset viiptyvät ja työskentelevät, vaativat kirkkaampaa valaistusta. Siitä huolimatta voi potentiaalisesti vähentää valaistuksen määrää, jos sillä ei ole negatiivisia vaikutuksia. Tapoja tälle on esimerkiksi osittainen ledien ja/tai loisteputkien irrottaminen sekä himmentimiä ja himmennystä tukevien valaisimien käyttöä.

3.5 Muita energiansäästömenetelmiä

Edellä mainitut energiansäästömenetelmät ovat yleensä tärkeimpiä ja olennaisimpia asioita energiansäästösuunnitelmaa tehtäessä, mutta näiden lisäksi on monia muita vaihtoehtoisia energiansäästömenetelmiä.

Yleisimmät energiansäästömenetelmät, mistä maallikot kuulevat eniten ovat päätöksenvaraisia, kuten valojen ja muiden sähkölaitteiden pois päältä laittaminen käytön jälkeen. Koulutiloissa esimerkiksi infonäytöt, videotykit, valot ja automaattit voivat olla tämänlaisia laitteita. Osalta Diakin henkilöstöltä on tullut huomioita päälle jätetyistä sähkölaitteista. Päätöksenvaraisia energiansäästömenetelmiä voivat olla myös muun muassa portaiden ja lähiopetuksen suosiminen, kun koulun energiantehokkuus nousee, kun valot ja ilmanvaihto eivät ole päällä turhaan.

Organisaatio voi myös viestiä ja perustella vastuullisempia käyttötottumuksia, kuten pyöräilyn ja julkisten liikenteen suosimista yksityisautoilun sijaan, jätteiden lajittelua ja veden tuhlauksen vähentämistä, mikä voi parhaimmillaan johtaa koko toimintakulttuurin muuttumiseen.

Myös veden käytön vähentämisellä voi myös säästää energiaa. Joillakin alueilla vedenkulutus kattaa hyvin merkittävän osan energiankulutuksesta. Esimerkiksi Kalifornian osavaltiossa vesijärjestelmän ylläpitäminen (vedenpuhdistus, veden jakelu ja lämmitys ym.) kattoi 20 % koko osavaltion energiankulutuksesta vuonna 2001 [50].

Veden säästäminen vähentäisi vedenlämmityskuluja, veden pumppaamiseen kuluva sähköä ja puhdistettavan jäteveden määrää, mikä taas merkitsee vähemmän prosessoitavaa jätevedenpuhdistamoille. Veden käytön vähentämistä tukevat muun muassa edellä mainitut käyttöveden vastuulliset käyttötottumukset ja vakio- tai paineenalennusventtiilien käyttö paineen alentamiseksi. Veden kulutuksen kannalta on tärkeää, että veden kulutus riippuu täysin käyttäjistä, kuten valaistuksessa ja lämmityksessä. Liiketunnistimilla toimivat pisuaarit ja hanat voivat olla vedenkäytön osalta järkeviä ratkaisuja veden kulutuksen vähentämiseen (manuaaliset hanat voivat epähuomiossa jäädä päälle), mutta tietyt mallit voivat olla yliherkkiä ja vuotaa vettä tarpeettomasti. Vedettömien urinaalien käytöllä voi myös rajoittaa veden käyttöä. Myös papereiden tai pyyhkeiden suosiminen puhallinkuivaimien sijaan johtaa energiansäästöön.

Koulun keittiöt kuluttavat paljon energiaa laitteistojen käyttämisessä ja veden lämmittämisessä. Näin ollen keittiön energiatehokkaat ratkaisut voivat johtaa huomattaviin energiansäästöihin. Esimerkiksi konvektiuunin voi vaihtaa energiatehokkaampaan kombiuniin. Nimensä mukaisesti uuni yhdistää monet eri lämmitystavat yhteen uuniin. Konvektion, eli kuuman ilman avulla tapahtumaa lämmittämistä, lisäksi kombiuni kykenee lämmittämään höyryllä tai näiden kahden yhdistelmällä. Tietyissä tutkimuksessa, teollisuuskeittiössä konvektiuunin vaihtaminen kombiuniin johti 68 %:n säästöihin [51, s. 10]. Monissa muissa keittiölaitteistoissa voidaan päätyä vastaaviin energiansäästöihin vaihtamalla uuteen tekniikkaan.

Laitteiston lisäksi keittiön ilmanvaihto on merkittävä energian kuluttaja. Ilmanvaihdon kulutuksen vähentämistä tukee esimerkiksi DCKV (Demand Controlled Kitchen Ventilation), eli tarpeenmukainen keittiön ilmanvaihto. Käytännössä DCKV on järjestelmä keittiön ilmanvaihtojärjestelmän automatisointiin. Se optimoi ilmanvaihdon määrää suhteessa ruoan valmistusvaiheisiin, verrattuna perinteisiin puoliteho- ja täysitehojärjestelmiin. Tätä pystyy automatisoimaan muun muassa mittaamalla keittiölaitteistojen pintalämpötilaa ja ulostuloilman kemialliskoostumusta. DCKV:n käyttäminen voi jopa puolittaa ilmanvaihdon käyttämän energian määrää ilman negatiivisia vaikutuksia [51, s. 18–19]. Lämpimän

vedenkin käyttö voi olla merkittävä energiankulutuskohte. Esimerkiksi pienemmissä keittiöissä voi periaatteessa kokonaan luopua tarjottimien käytöstä, millä kuumun veden kulutus vähentyisi.

Vanhojen laitteistojen vaihtaminen uuteen ei koske pelkästään keittiötä. Koulut ja opistot ovat rakennuksia, jotka yleensä sisältävät paljon tietotekniikkaa. Vanhan tietotekniikkalaitteiston uusimisella uuteen voi säästää jopa 10 % sähköä [52, s. 37].

4 Kampusten energiatehokkuuden lähtötilanne

Jokaisella Diakin kampuksella vierailtiin energiateknisten ominaisuuksien selvittämiseksi ja tarpeellisten aineistojen keräämiseksi. Lisäksi kiinteistövastaavia haastateltiin kiinteistön energiateknisistä asioista, jotta jokaiselle kampukselle voitaisiin laatia yksilölliset ja sopivat energiansäästötoimenpide-ehdotukset.

4.1 Pori

Kuvassa 6 näkyvä Porin kampus sijaitsee Tiilimäen alueella Länsi-Suomen Diakonialaitoksen pihapiirissa. Diakin lisäksi siellä toimivat muun muassa ammatillinen erityiskoulutus sekä vanhusten erilaiset kuntoutus-, asumis- ja hoivapalvelut. Se koostuu vuonna 1947 valmistuneesta päärakennuksesta (Martintalo) sekä vuonna 1975 valmistuneesta pienemmästä kappelirakennuksesta (Pihlajasal). Näissä rakennuksissa on Diakin lisäksi päiväkot-, esikoulu-, pitopalvelu- ja siivoustoimintaa. Porin-kampuksella voi opiskella sosiaali-, terveys- ja kirkon alan tutkintoja monimuotokoulutuksena. Kampusalueesta vastaa Diakon, joka tarjoaa erilaisia palveluja muun muassa ikäihmisille.

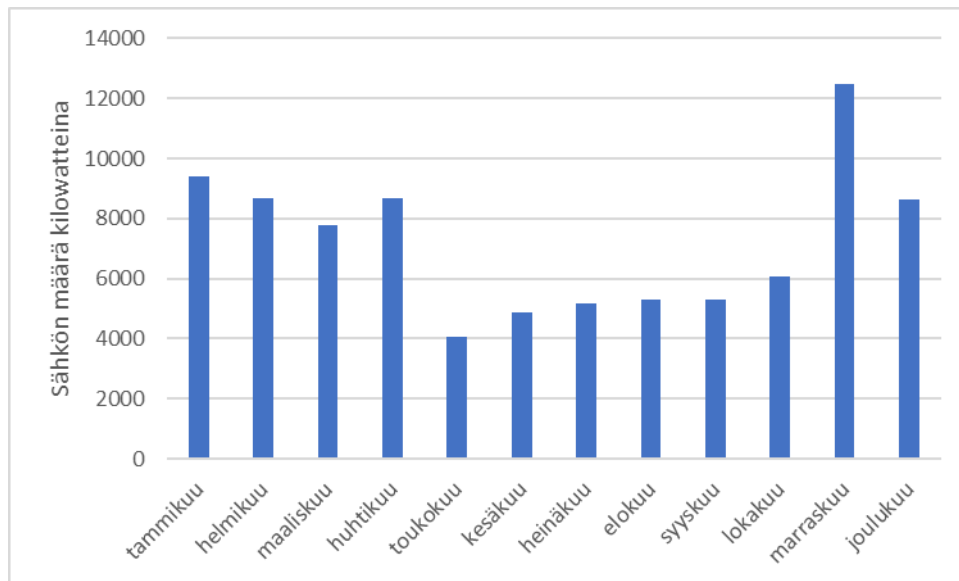


Kuva 6 Porin kampuksen päärakennuksen julkisivu.

Kampus on käytännössä sama, kuten se oli valmistuessa. Pihlajasali on lähes täysin muuttumaton, ja Martintaloa on remontoitu vuonna 2016, mutta remontin kohteet eivät käytännössä vaikuttaneet rakennuksen energiatehokkuusprofiiliin. Martintalossa on kolme kerrosta ja Pihlajasalissa yksi kerros. Molemmissa on ullakko sekä kellari.

Kampus käyttää lämmittämiseen kaukolämpötoimitteisiä termostaatin alla olevia pattereita, mikä on sinänsä energiatehokkuuden kannalta hyvä. Ainoa haittapuoli on, että Diakin kampukset saavat kaukolämpöä samasta pisteestä kuin kaikki muut Diakin kampuksen rakennukset (johon kuuluu muun muassa vanhuskoteja ja terveydenhuoltorakennus), minkä takia saadun kaukolämmön määrää ei pysty säätämään eikä mittaamaan. Näin ollen kampuksen kokonaisenergiakulutuksen määrää on vaikea arvioida, koska lämmitys on Suomessa rakennuksien suurin energiankulutuskohte. Saatavilla olevista sähkönkulutusarvoista pystyi päättelemään jotain. Kuten kuvasta 7 voi huomata, sähkönkulutus on korkeimmillaan talvena. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että Porin kampuksessa toimii monia muita toimijoita, joten energiankulutuksen määrä ja jakauma ei ole

välttämättä tyypillinen muihin koulurakennuksiin verrattuna. Yhteispinta-ala Martintalossa on noin 1 000 neliömetriä.



Kuva 7 Porin kampuksen sähkönkulutus vuonna 2022.

Kampusessa on lähes 30 vuotta vanha ilmanvaihtojärjestelmä, joka puhtaasti siirtää ulkona olevaa ilmaa sisälle. Siitä huolimatta kampusrakennusten jäähdyttäminen ei ole olennainen asia, koska koulurakennukset ovat lämpimimpinä kuukausina kiinni. Ilmanvaihtojärjestelmässä on lämmön talteenotto. Martintalon termostaattien ylärajoiksi oli asetettu 21 astetta opetustiloille, 21 astetta toimisto-ohuoneille, 22 astetta vessoille ja 18 astetta varastoille ja aulatiloille. Edellä mainitusta syystä näitä arvoja ei voida laskea.

Kampus käyttää suurimmaksi osaksi loisteputkia valaistukseen; hehkulamppuja on paikoittain vieläkin käytössä. Osa käytävä- ja aulatiloista on kellokytkimillä ohjautuvia, suurin osa muista tiloista ovat manuaalisilla kytkimillä ohjautuvia. Pihlajasalin luentosalissa valot ovat himmennettäviä. Loisteputkia käytetään vielä toistaiseksi, koska niitä on paljon jäljellä.

Pihlajasalissa, joka näkyy kuvassa 8, on 27 ikkunaa, ja se on punatiilistä rakennettu.



Kuva 8 Porin kampus, Pihlajasali.

4.2 Pieksämäki

Pieksämäen kampus sijaitsee Kirkkopalvelut Ry:n vastaamalla kampusalueella, missä muun muassa toimii lastenkoti ja vanhuspalvelutalo. Tämä kampus tarjoaa sosiaali-, terveys- ja kirkon alan tutkintoja. Alueella myös sijaitsee monia muita oppilaitoksia. Pieksämäen kampus koostuu ainoastaan kuvassa 9 näkyvästä rakennuksesta. Rakennus on vuodelta 1988, ja olennaisiin energiatehokkuuteen vaikuttaviin tekijöihin ei ole tehty muutoksia sen jälkeen, ilmanvaihtoa lukuun ottamatta. Rakennuksessa toimii Diakin lisäksi STEP-ammattioppilaitos. Noin 38 % tämän 14 696 kuution rakennuksen tiloista on Diakin käytössä ja loput ovat STEP-koulutuksen käytössä.



Kuva 9 Pieksämäen kampuksen julkisivu.

Kampus käyttää kaukolämpöä tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen. Vuonna 2022 rakennusta lämmitettiin 578,17 MWh:n edestä, mikä tekee tämän rakennuksen lämpöindeksistä 39,342 kWh/Rm³. Muuhun sähkönkulutukseen kului 158 MWh energiaa.

Kampuksen valaistus toimii täysin loisteputkilla. Puolet loisteputkista on jo poistettu vaikuttamatta valaistuksen toimivuuteen. Aulatiloiissa ja käytävillä valaistus ohjautuu kellokytkimillä ja luokkatiloissa manuaalisilla kytkimillä. Aulassa on lasikatto, luonnollista valoa ei käytetä hyväksi.

Ainoa merkittävä energiatehokkuuteen liittyvä muutos Pieksämäen kampuksella oli valitusten takia uusittu ilmanvaihto vuonna 2017. Ennen sitä koko rakennuksen ilmanvaihdosta vastasi vain yksi kone, joka vaihdettiin kuuteen uuteen, minkä ansiota ilmanlaatu parantui, vaikka siitä on vieläkin valitettu. Paljon tehokkaampi ilmanvaihto myös kuluttaa huomattavasti enemmän sähköä. Vähentäkseen sitä ilmanvaihto on säädetty niin, että normaaleina työaikoina ilmanvaihto pyörisi täysin tehoin ja muina aikoina puoliteholla. Tästä huolimatta kampuksella on tiettyinä aikoina vuodessa hyvin vähän opiskelijoita ja henkilökuntaa, minkä takia valaistus ja ilmanvaihtokoneet usein käyvät turhaan.

Ilmanvaihtojärjestelmä kykenee lämmön talteen ottamiseen, muttei ilmastointiin. Toisin kuin Porissa, Pieksämäen kampuksella on toimintaa myös kesäisin, minkä takia kesällä on tullut valituksia myös kuumuudesta. Joissakin kampusalueen rakennuksissa on hiilidioksidisensoreita, joilla ilmanvaihdon energiatehokkuus kasvaa.

4.3 Helsinki

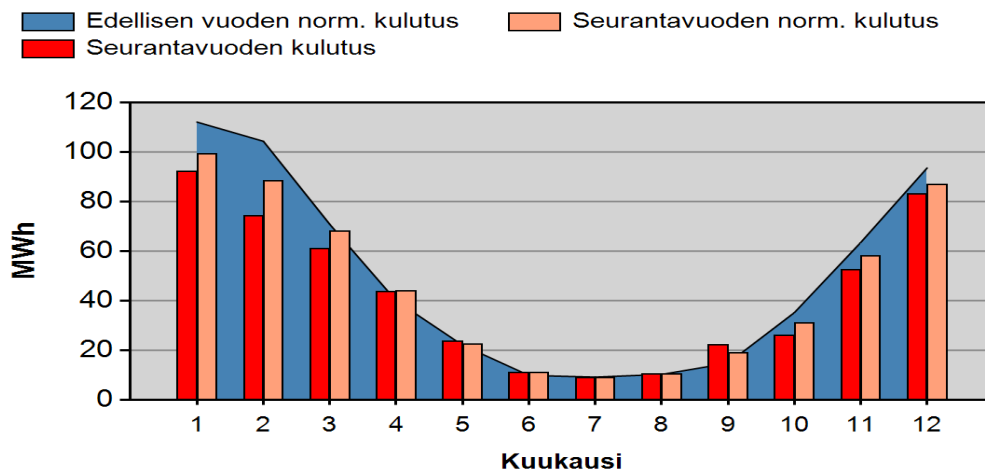
Vuonna 2016 valmistunut kuvassa 10 näkyvä Helsingin Kalasatamassa sijaitseva kampus on Diakin ainoa kampus, jossa on pelkästään Diakin toimintaa. Helsingin kampuksessa on kuusi kerrosta, ja koko kampuksen yhteistilavuus 34 232 m³.



Kuva 10 Helsingin kampuksen julkisivu.

Helsingin kampuksen tiloja sekä käyttövettä lämmitetään kaukolämmöllä. Vuonna 2022 Diakin kampusta lämmitettiin 511 MWh:n edestä. Edellä nimetyillä arvoilla Helsingin kampuksen lämpöindeksi on 14,9 kWh/Rm³, kun taas keskimääräinen Helsingissä sijaitsevien kiinteistöjen lämpöindeksi on 39,4–47 kWh/Rm³. Energian yhteiskulutus oli 662 MWh. Energian kulutus on isointa talvikuukausina lämmittämisen tarpeen lisääntymisen takia, kuten kuvasta 11 voi päätellä. Ilmanvaihtojärjestelmässä on keskitetty poisto ja lämmön talteenotto

tuloilmasta. Kampuksen katolla on aurinkopaneeleita, joiden kaikki tuotot menevät myyntiin.



Kuva 11 Energiankulutus kuukausittain Helsingin kampuksella 2022 [53].

4.4 Oulu

Oulun kampus sijaitsee Oulun keskustassa monesta eri kiinteistöstä muodostuneessa rakennuksesta, josta Diakin tilat kattavat vain pienehkön osan. Kuten Porin kampuksessa, Oulussa Diakin lisäksi toimii muun muassa terveyskeskus ja vanhusten majoitusta. Diak toimii yhtenäisissä tiloissa, mutta kolmessa eri kiinteistössä. Suurin osa siitä toimii Uusikatu 16 B:ssä ja loput toimivat Uusikatu 18 B:ssä ja Albertinkatu 18 A:ssa. Kuvasta 12 voi nähdä, missä kohtaa kiinteistöt alkavat ja loppuvat.



Kuva 12 Oulun kampuksen julkisivu.

Näistä Diakilla on käytössä kolme kerrosta, mutta Diakin lisäksi tiloja käyttää myös Suomen Diakoniaopisto, eli SDO-opisto, joka Pieksämäen STEP-koulutuksen tavoin opettaa samoja aloja, mutta alemmalla koulutustasolla. Pieksämäestä eroten SDO:lla ja Diakilla ei ole omia tiloja vaan kaikki tilat ovat yhteisessä käytössä, yleensä tasapuolisesti. Uudenkadun kaksi kiinteistöä on rakennettu eri vuosina, mutta on molemmat peruskorjattu vuonna 2018. Kaikki mahdolliset energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät vaihdettiin, kuten valaistus, ikkunat ja ilmanvaihto. Oulun kampuksen ilmanvaihtojärjestelmää voi myös kutsua ilmastoinniksi, koska se kykenee myös jäähdyttämään. Koko rakennuksen seinämät ovat 45 cm paksuista tiiltä. Mitään varsinaisia eristemateriaaleja ei ole käytetty, mutta seinien paksuus kompensoi sitä. Albertinkadun osuus on taas peruskorjattu 2006, eli sen ilmanvaihtojärjestelmä sekä ikkunat ovat vanhempia ja energiatehokkuudeltaan heikompia. Valot ja muut asiat ovat muuten samoja muiden tilojen kanssa. Tämän osuuden yhteispinta-ala on 473,5 m², kun taas opistojen toiminnalle tarkoitettujen tilojen yhteispinta-ala on 2 563,5 m². Kampus toimii kolmessa kerroksessa, ja jokaisen kerroksen korkeus on noin 3 m, joten kampuksiltilojen yhteistilavuus on noin 23 000 m³.

Näin ollen energiatehokkuusnäkökulmasta katsottuna Oulun kampus on hyvässä kunnossa, mutta kuten aiemmin mainittu, mikään rakennus ei ole koskaan täydellinen energiatehokkuudessa. Iso haaste Oulun kampuksen energiansäästöseurannassa on se, että kaukolämpöä, vettä sekä sähkönkulutuksen määrää ei pysty mittaamaan, ainoastaan arvioimaan. Kaukolämpö itsessään jakaantuu koko korttelille, eli mitatusta kaukolämmön kulutuksesta Diak ja SDO kuluttavat vain murto-osan. Tämän takia olisi myös vaikea tehdä lämmitykseen liittyviä muutoksia kampuksessa. Kaukolämmön määräksi laskennallisesti arviointiin 436,5 MWh vuonna 2022. Käyttöveden lämmittämiseen menevää osuutta ei tiedetä. Vastaavasti sähkönkulutuksen määrä oli 115,8 MWh perustuen muun muassa pinta-aloihin. Näillä arvoilla laskien kampuksen lämpöindeksi on noin 19 kWh/Rm³, mikä on hyvä luku, mutta se ei ole tarkka luku johtuen siitä, että tarkkoja kaukolämpölukuja ei ole.

5 Energiasäästötoimenpide-ehdotusten laatiminen kampuksittain

Jotkut kampukset olivat energiatehokkuuden kannalta paremmassa kunnossa kuin muut, mutta jokaisessa kampuksessa on epäkohtia. Helsingin kampusta lukuun ottamatta jokaisessa muussa kampuksessa on muuta Diakista poikkeavaa toimintaa, mikä johtaa siihen, että tarkkojen kulutustilastojen arviointi ja mahdollisten säästötoimenpiteiden vaikutusten määrää on hankalaa arvioida. Analyysien jälkeen jokaiselle kampukselle tehdään koonti keskeisistä löydöksistä, tilastoista sekä annetaan energiansäästötoimenpide-ehdotuksia jokaiselle kampukselle.

Näissä arvioissa ei saavuteta täysin tarkkoja lukemia, mutta tärkeintä arvioiden tekemisessä oli selvittää tietyn energiansäästömenetelmän säästöpotentiaali yleisen skaalan selvittämiseksi. Tämän pohjalta voi luoda jonkinlaisia johtopäätöksiä. Näissä arvioissa ei myöskään oteta huomioon muita tietyissä kampuksessa toimivia oppilaitoksia, koska tiloja käytetään jaetusti ja tarkoitus on yleisesti säästää energiaa ja täten vähentää ympäristökuormitusta.

5.1 Pori

Opetuskäytössä olevan tilan yhteispinta-ala Martintalossa on noin 1 000 neliötä ja Pihlajasalissa 363 neliötä. Kuten liitteestä 1 näkee, eristeinä käytetään 100+50-mineraalivillaa ulkoseinille ja neulahuopamattoa, betonia ja 75-solumuovia perusteissa. Kattotiilistä tehdyn katon eristeinä käytetään 30+100+100-mineraalivillaa. Ikkunoiden huono eristys on yksi huomattavampia lämmönhäviön lähteitä. Rakennusten vanhasta iästä huolimatta molemmissa rakennuksissa on kolmoislasi-ikkunat. Kolmoislasi-ikkunoissa on kaksi ilmalukkoa, minkä takia kolmoislasi-ikkunoiden energiatehokkuus on 50 % enemmän kaksoislasi-ikkunoihin verrattuna [54]. Pihlajasalin lämmöneristys on kaikin puolin hyvä.

Kuten aiemmin mainittu, energiatehokkuuden lisääminen ei tarkoita ainoastaan päästöjen vähentämistä, vaan myös omavaraisuuden lisäämistä, yleensä aurinkopaneelien asentamisen avulla. Idea otettiin vastaan hyvin. Edellisen työkoemuksen ja asemapiirroksia ja satelliittikuvaa hyödyntämällä pystyttiin arvioimaan potentiaalista aurinkopaneeleista tullutta energiaa. Laskelmien mukaan Pihlajasalin ja Martintalon katolle mahtuisi yhteensä noin 350 kappaletta 405 watin huipputeholla toimivaa aurinkopaneelia, jotka sijainnin mukaan voisivat tuottaa noin 70 MWh sähköä vuodessa. Lisäksi käytettiin metodiikkaa, jossa aurinkopaneelikapasiteetti mallinnetaan tietokoneohjelmaa hyödyntäen. Helenin Aurinkolaskuri on verkkopalvelu, joka laskee satelliittikuvaa käyttäen rakennusten potentiaalisen aurinkopaneelikapasiteetin, laskien samalla arvioidun energiantuoton määrän. Aurinkolaskuri arvioi noin 50 MWh:n vuosituoton, mikä vastaa omaa arviota.

Kuten luvussa 4.1 mainittiin, suurin osa valaisimista on loisteputkia ja niiden käyttöä jatketaan, koska niitä on vielä paljon. Tästä huolimatta led-valaisimiin siirtyminen on suunnitteilla ja osa valaisimista on jo tarkoitus vaihtaa tulevaisuudessa. Joka tapauksessa tällä hetkellä Martintalossa on 19 loisteputkivalaisinta, jotka kytkeytyvät aikaohjauksella. Niiden yhteisteho on noin 1,1 kW. Skenaariorissa, jossa nämä valaisimet ovat päällä 10 tuntia päivässä 187 päivänä

vuodessa, näiden valaisimien vuosittainen sähkönkulutus on 2,057 MWh. Jos oletetaan, että puolet ajasta nämä valaisimet ovat valaisemassa tilaa paikalla olevalle henkilölle, niin sähkönkulutus voi laskea yhteen megawattituntiin käyttämällä ainoastaan liiketunnistimia valaistuksen ohjauksessa. Pihlajasalissa on sama tilanne. Siellä on 13 valaisinta, jotka aikaohjauksella valaisevat eteisen tiloja. Niiden yhteisteho on noin 550 W, joten edellisillä parametreillä vuosittainen sähkönkulutus olisi noin 1 MWh. Martintalon tavoin, jos eteisessä ei ole ketään puolet päivästä, niin liiketunnistimien pääsääntöisellä käytöllä voi laskea näiden valaisimien vuosittaista sähkönkulutusta 500 MWh:iin.

Energiansäästösuunnitelmassa ohjeistettiin varmistamaan, että sähkölaitteet kuten videotykit, ovat sammutettuina, jolleivät ole käytössä. Mahdollisuuksien mukaan luonnollisen valon ja ulkoilman hyödyntämisestä on myös mainittu. Näiden lisäksi mainittiin kulutuskulttuurin muuttamisesta yleisesti mainostamalla kestäviä kulutustapoja kampuksen asiakaskunnalle. Nämä asiat on mainittu jokaisessa energiansäästöohjelmassa, koska nämä asiat koskevat kaikkia opetusrakennuksia.

5.2 Pieksämäki

Käytävätilojen valaistuksesta vastaa pääosin SLO 6212-128 U ja aulatiloihin vastaa SLO 6013-158. Molemmat ovat samankokoisia valaisimia ja samantehoisia (58 W). Niitä on yhteensä 231 kappaletta, mutta puolet loisteputkista oli jo poistettu, eli niiden yhteisteho on 6,7 kW. Tämän kampuksen osalta valaistuksen optimointi tulee keskittymään valaisimien vaihtoon ja valaistuksen ohjauksen muuttamiseen. Näille kahdelle valaisintyypille ehdotettiin erilaisia opetusrakennuksille soveltuvia led-putkimalleja. Niiden teho on 22 W. Näin ollen voidaan laskea, että jos nykyiset valaisimet ovat päällä 10 tuntia päivässä 187 päivänä vuodessa, vuotuinen sähkönkulutus olisi noin 12,5 MWh. Vaihtamalla led-putkiin tämä laskisi noin 9,5 MWh:iin, johtaen 3 MWh:n säästöihin. Näistä 9,5 MWh:sta 2 MWh kuluisi käytävätilojen valaistukseen.

Osa rakennuksesta on kattoikkunan alla, joten tiettyinä päivinä tietyt tilat voivat saada paljonkin auringonvaloa. Näiden läheisyydessä olevat valaisimet on säädetty olemaan päällä vain hämärän vuodenaajan aikana. Sisätiloissa ei ole käytössä hämäräkytkimiä, mutta ulkona on hämäräkytkin ohjaamassa parkkipaikan valaistusta. Aulatilojen valaistuksenohjaus on jo säädetty niin vähäkuluiseksi, kuin tilanne sallii. Kokemusperäisen arvion mukaan keskimääräinen henkilömäärä päivässä on 30. Kampus on täysin tyhjänä noin neljäsosan arkipäivistä. Näin ollen, jos liiketunnistimet ohjaisivat käytävätiloja myös klo 7–17, tämä toimenpide säästäisi noin 0,5 MWh sähköä vuodessa pelkästään ottamalla huomioon päivät, jolloin kampuksessa ei ole ihmisiä. Muina päivinä keskimääräinen henkilömäärä on 40.

Kampuksessa on yhteensä neljä pääkäytävää. Jos esimerkiksi oletetaan, että henkilö viettää 30 minuuttia päivässä käytävätiloissa ja että ihmismäärä on tasan jakautunut neljän käytävän välille ottamatta huomioon, että ihmiset usein kulkevat käytävillä ryhmissä, niin silloin käytävätilan valaisimet ovat valaisemassa tiloja jonkun läsnä ollessa keskimäärin viisi tuntia kymmenestä. Näin ollen muina päivinä energiasäästöt voivat olla 0,75 MWh. Tiivistäen, Pieksämäen kampuksen nykyinen keskimääräinen vuosittainen sähkönkulutus käytävä- ja aulatilojen valaisemiseen voi laskea 12,5 MWh:sta 8,25 MWh:iin. Tämä voidaan puolittaa, jos nykyisten loisteputkivalaisimien tavoin puolet led-putkista jätettäisiin asentamatta.

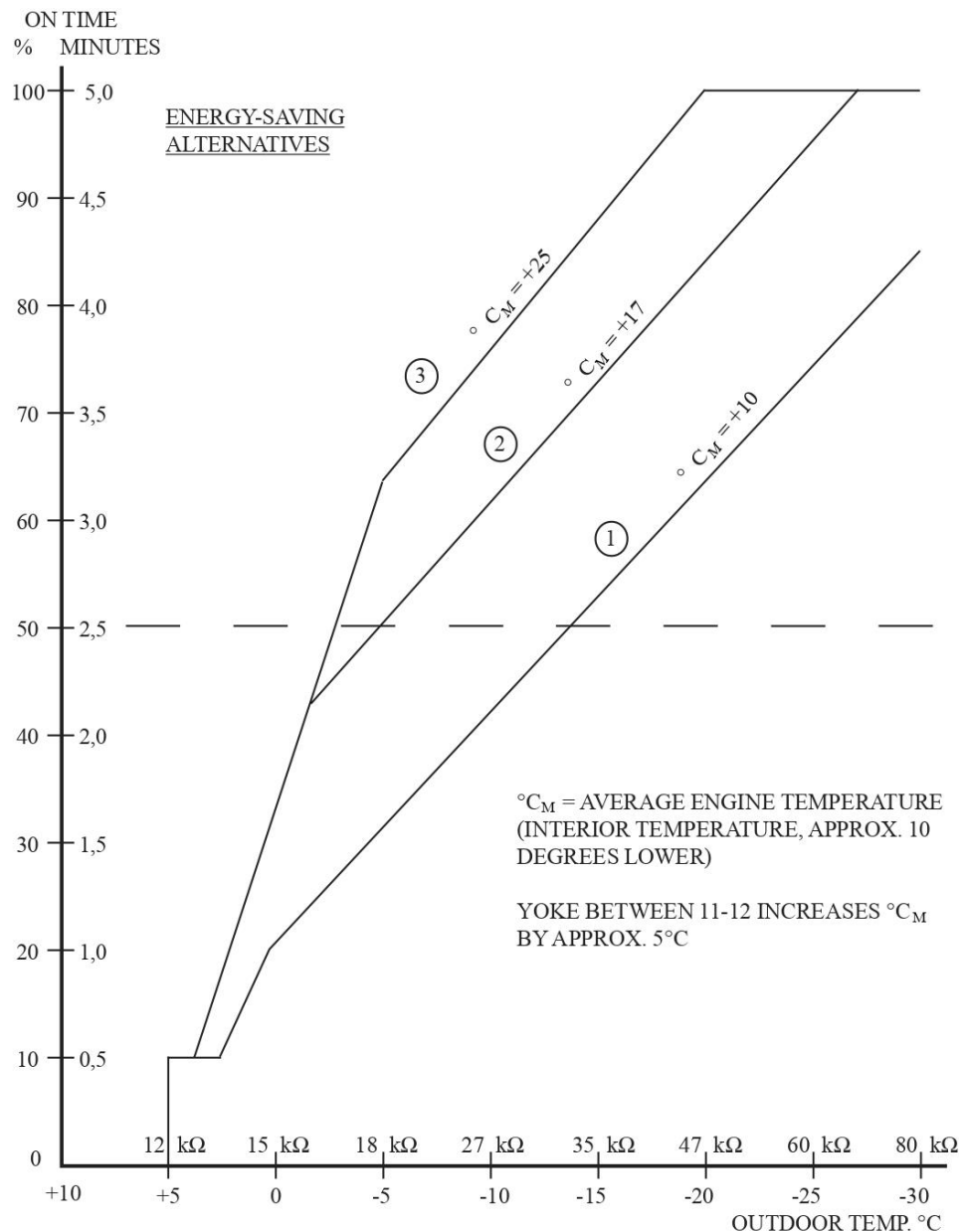
Rakennuksen ilmanvaihto toimii täysiteholla arkisin klo 7–17. Muina aikoina ja, jos lämpötila on -15 °C :tä alempi, niin ilmanvaihtokone menee puoliteholle. Ilmanvaihdon optimointi oli tarkistettu, ja tultu johtopäätökseen, että ilmanvaihdossa ei ole varaa säästää. Missään vaiheessa ei ilmanvaihtoa pysäytetä, ei edes kesällä tai pitkällä lomaviikoilla, sisäilmaolosuhteen ylläpidon takia. Rakennuksessa on kesäisin vaihtelevasti toimintaa. Niille viikoille ilmanvaihto ohjelmoidaan räätälöidysti. Esimerkiksi, jos luokissa on luokkamajoitusta, niin ilmanvaihdon puolitehoepisodi voi olla lyhempi, toimien esimerkiksi 22–06. Siihen asti koneet vaihtavat ilmaa mahdollisimman hyvin. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä ottaa huomioon lämpötilan, muttei hiilidioksiditasoja. Syy siihen on, että


koska hiilidioksiditasot ovat yksilöllisiä huoneelle, saman ilmanvaihtokoneen alla olevat muut tilat voivat helposti vaihtaa liian vähän tai liian paljon ilmaa, riippuen havaitusta hiilidioksiditasosta.

Kampusalueella on yhteensä 44 lämmitystolppaa, joissa jokaisessa on kaksi pistokepaikkaa. 27 tolpassa on ruotsalaisen valmistajan EI-Teknikin Termotakt 15400P -niminen termostaattijärjestelmä, joka ohjaa pistorasiaa ulkolämpötilan mukaan. Neljässä tolpassa on virta koko ajan, joten niiden käyttäjiä on ohjeistettu käyttämään niitä vain lyhyen aikaa. Näiden lämmitystolppien käyttöasteesta ei ole tietoa, joten seuraavissa arvioissa niitä ei oteta huomioon. Muissa 13 tolpassa on perinteinen kahden tunnin ohjausjärjestelmä, mikä tarkoittaa sitä, että autoa voi lämmitellä kerralla enintään kahden tunnin ajan. Tämä ei kuitenkaan ota huomioon muita olosuhteita, minkä takia ne ovat energiatehokkuudeltaan heikompia. Kokemusperäisen arvion mukaan lämmitystolppien käyttöaste päivässä on noin kolmasosa kokonaiskapasiteetista, eli noin 30 henkilöä käyttää autolämmityspistorasioita päivässä. Pistorasiatyyppin valikoimisesta ei ole arviota, joten oletettiin, perustuen perinteisten ja termostaatilla varustettujen tolppien suhteella, että päivässä 8–10 henkilöä käyttää perinteisiä lämmitystolppia päivässä ja todennäköisesti lämmittelee autoansa kahden tunnin ajan.

Auton lämmitystolpat kuluttavat yleensä keskimäärin 2 kW sähköä, joten päivittäinen sähkönkulutus perinteisten lämmitystolppien osalta voisi olla 35–40 kWh. Ulkolämpötila vaikuttaa huomattavasti arvion tekoon, koska Termotakt 15400P toimii intervaleilla, vaihdellen aikaa milloin se on päällä ja milloin se on kiinni riippuen ulkoilman lämpötilasta. Kuvan 13 mukaan esimerkiksi -15 °C :n lämpötilassa, joka on Suomessa tyypillinen talvilämpötila, Termotakt 14500 P:n käyttöaste on 50 % 1-vaihteella, jolloin auton moottori pidetään 10-asteisena ja auton sisätilat 0-asteisena. Näin ollen energiasäästöt tämänkaltaisina päivinä voivat olla jopa 20 kWh. Tämä on huomattava energiasäästökohde jopa mahdollisissa tilanteissa, joissa 1-vaihe ei takaa tarpeeksi lämpimää olosuhdetta tietyille autoille.

TERMOTAKT®



 SUNDSVALL	TERMOTAKT® 15400P V3.1 DIAGRAM ENERGY-SAVING ALTERNATIVES	Revised	Dat.
		April 2006	80.04.15
		Drawing number: 15400-2	

Kuva 13 Diagrammi Termotakt 15400P:n käyttöasteista eri lämpötiloilla [55].

Kampuksella oli jo yritetty laskea lämmityksen tarvetta, mutta lämpötilojen sää-
täminen alkuperäiselle tasolle monien palautteiden vuoksi johti siihen, että

lämmityksen käyttöastetta ei laskettu. Lisäksi suurena rakennuksena lämpötilan laskeminen ei vaikuttanut kaikkiin tiloihin tasapuolisesti, vaan joidenkin tilojen lämpötila saattoi laskea merkittävästi haluttua tasoa alemmaksi. Yksikään tila ei voi poiketa toivotusta ilmanvaihdon, valaistuksen tai lämmityksen tasosta, joten energiansäästötoimenpiteiden toteuttaminen isoimmissa rakennuksissa osoitautui haastavaksi. Lisäksi käyttötottumukset vaikuttavat lämmityksen ja ilmanvaihdon käyttöasteeseen. On myös huomioitava, että kaikki sisäilmaongelmat eivät johdu aina puutteellisesta ilmanvaihdosta. Esimerkiksi kosteissa ja huonosti tuuletetuissa tiloissa oleskelu tai märissä ja haisevissa vaatteissa oleminen voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia, mutta nämä eivät välttämättä johdu ilmanvaihdon puutteesta.

Pieksämäelläkin aurinkopaneelien mahdollinen asentaminen oli toimenpide-ehdotus, joka laitettiin harkintaan. Laskelmien mukaan Pieksämäen kampuksen katolle mahtuisi noin 300 kappaletta 405 watin huipputeholla toimivaa aurinkopaneelia, jotka sijaintiin perustuen voisivat tuottaa noin 60 MWh sähköä vuodessa. Aurinkolaskuri sen sijaan arvioi 278 MWh:n vuosituoton. Nämä luvut ovat vain suuntaa antavia, mutta aurinkopaneelien hintojen laskun myötä aurinkopaneelit suurella varmuudella maksavat itsensä takaisin ja on vaativa, mutta kannattava sijoitus.

5.3 Helsinki

Keittiö ja ruokailutilat kattavat suurimman osan ensimmäisestä kerroksesta. Ensimmäisen kerroksen valot ohjautuvat suurimmaksi osaksi liiketunnistimilla. Kerroksissa 2–4 sijaitsee luokkatiloja. Luokkatilojen valot ovat himmennettäviä ja ohjautuvat liiketunnistimilla sekä painikkeilla. Kirjasto sekä työtilat sijaitsevat toisessa, viidennessä ja kuudennessa kerroksessa. Lähes kaikki näiden tilojen valaisimista ovat 80 watin tehoisia loistevalaisimia. Kirjastossa ja työtiloissa ei ole mahdollisuutta himmennykselle. Nämä valaisimet vastaavat suurimman osan kampuksen valaistuksen sähkönkulutuksesta. Työtilojen valaisimia voi ohjata liiketunnistimilla tai painikkeilla, mutta vakio-ohjaus toimii kellokytkimillä, kuten liitteestä 2 huomaa. Mikäli aikaohjausta käytetään liiketunnistimien sijaan, tiloja

saatetaan valaista turhaan, erityisesti hiljaisina aikoina. Valaistuksen ohjaustyyppin jako on samanlainen kaikkien kerrosten kanssa, ohjaustyyppi riippuu huoneen tai tilan käyttötarkoituksesta. Kaikki käytävä- ja aulatilojen valaisimet ovat kellokytkimillä kytkettyjä matalatehoisia 18 watin led-valaisimia. Toistaiseksi muutokset tehdään vain viidennen kerrokseen, myöhemmin mahdollisesti myös muihin kerroksiin. Viidennessä kerroksessa on yht. 260 valaisinta, joiden yhteisteho on 17,15 kW. Käytävä- ja aulatilojen led-valaisimet kattavat tästä vain 739 wattia. Nämä valot ovat päällä klo 7–17, jonka jälkeen liiketunnistimella 30 minuutin ajastuksella, kuten liitteestä 2 huomaa.

Samanlaisessa tilanteessa, jossa valaisimet ovat vuodessa päällä 187 päivää ja ovat valaisemassa tilaa henkilöille puolet siitä ajasta, niin vuodessa kuluisi noin 3 kWh turhaan viidennen kerroksen käytävä- ja aulatilojen valaisemiseen, tämä on aikaisempia esimerkkejä paljon alhaisempi luku, koska valaisimet ovat matalatehoisia. Oikea energiansäästön määrä on todennäköisesti isompi, koska oli havaittu, että jotkut valaisimet oli ohjelmoitu päällä oleviksi myös ilta-aikaan. Näiden laskelmien pohjalta tehtiin päätös poistaa osa viidennen kerroksen työtivalaisimien loisteputkista ja säätää viidennen kerroksen käytävä- ja aulatilojen valaistuksen ohjaus ainoastaan liiketunnistimilla ohjautuvaksi. 5. kerroksen työvalaisimissa on 77 loisteputkivalaisinta, joiden yhteisteho on 14,72 kW. Puolet loisteputkista poistetaan valaisimista, puolittaen tehon. Vuotuisesti tämä toimenpide säästäisi 13,763 MWh sähköä.

Lämpötilaa laskemalla voi tehdä suuriakin energiansäästöjä. Vuonna 2022 kaukolämpöä tuotiin 511 MWh:n edestä. Jos koko kampuksen tiloja pidettäisiin 21-asteisina, lämpötilan laskeminen 20 asteeseen säästäisi noin 24 MWh lämpöenergiaa vuodessa. Sen takia Helsingin kampus hankkii Fidelixin EcoSmart-rakennusautomaatiojärjestelmän, joka optimoi kiinteistöjen energiankulutusta. Se muun muassa säättää sisälämpötilaa sääennusteen mukaisesti. Tämän hankinnan takaisinmaksuajaksi on arvioitu viisi vuotta. [56].

Osana Diakin vastuullisuustyötä kampusravintolassa luovuttiin tarjottimien käytöstä. Toimenpide vähentää pestävien astioiden määrää noin 40–50 korillisella

vuorokaudessa, puolittaen METOS WD 211E -astianpesukoneen pesevien astioiden määrän. Arviolta tämä johtaa noin 14,75 kWh:n energiasäästöihin ja 2 640 litran veden säästöihin vuorokaudessa. [57]. Vuotuisesti säästettävä energian määrä on noin 2,8 MWh. Aikaisempina energiansäästötoimina ilmanvaihdon käyttöastetta vähennettiin, kytkeytyen tunti ennen kampuksen aukioloaikaa. Lisäksi vessoissa vaihdettiin käsipaperit pyyherulliin paperin säästämiseksi.

5.4 Oulu

Oulun kampus eroaa muista kampuksista sillä, että Diakin toiminnot kattavat vain pienen osan rakennuksen pinta-alasta, mikä aiheuttaa rajoituksia muun muassa ilmanvaihdon osalta. Samassa rakennuksessa on muun muassa terveyskeskus, jonka ilma vaihtuu vuonna 2006 valmistuneella ilmanvaihtokoneella, joka myös vaihtaa ilmaa osan kampuksen tiloista. Sitä ei voida uusida, koska terveyskeskus vaatii todella tarkat ilmanlaadun olosuhteet, jotka vain nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä voi täyttää.

Kuten luvussa 4.4 on mainittu, Oulun kampuksessa oli juuri uusittu kaikki energiatehokkuutteen vaikuttavat elementit, paitsi ikkunat Albertinkadun osiossa, mikä kattaa noin 18 % opistojen käyttämien tilojen pinta-alasta ja ikkunoista. Näiden ikkunoiden arvioitu U-luku on 1,5–2 ja muilla ikkunoilla 0,9. Laskien luvun 3.1 mukaisilla arvioilla, kaikkien ikkunoiden vaihtaminen uusiin voisi johtaa vuosittaisiin 8 MWh:n säästöihin, mutta tässä tilanteessa pitää ottaa seinämateriaali huomioon. Kuten aikaisemmin mainittu, rakennuksen seinät ovat lähes kaikissa kohdissa 45 cm:n paksuista massiivitiiliseinäitä. Punatiilen keskimääräinen lämmönjohtavuuskerroin on 0,5–1 [58]. Esimerkissä käytetään Uudenkadun puoleista seinää, jonka pituus on noin 60 metriä ja jonka korkeus kampuksen osalta on 9 metriä. Laskussa käytetään tämän pinta-alaa 540 neliömetriä, lämmönjohtavuuskertoimen keskiarvoa 0,75 ja sisälämpötila 21 °C:n ja Oulun vuoden 2021 keskilämpötilan 2,7 °C erotusta [59]. Lämmönjohtavuus saadaan jakamalla paksuus 45 cm lämmönjohtavuuskertoimella 0,75. Tulokseksi saadaan 0,6 W/mK. Nyt lämmönjohtavuusluvun voi kertoa pinta-alalla ja

lämpötilaerolla selvittääkseen siirtymistehon P . Tulokseksi saadaan 5 929 W. Nyt tämä luku sijoitetaan edellä mainittuun kaavaan (kaava 3).

$$U = \frac{P}{(\Delta T \times A)} = \frac{5929 \text{ W}}{18,3 \text{ K} \times 540 \text{ m}^2} = 0,6 \quad (3)$$

Aikoinaan 0,6 oli hyvä U-luku, mutta nykyään se on reilusti rajoitusten yläpuolella. Nykyäänkään ei ole mahdollista täyttää U-lukuvaatimuksia massiivitiiliseiniä rakentamalla [60]. Ottaen huomioon, että ikkunat kattavat vain pienehkön osan kampuksen seinien kokonaistilavuudesta, ikkunoiden vaihtaminen ei todennäköisesti tule tuottamaan huomattavia tuloksia.

Kuten muissa kampuksissa, aula- ja käytävätilojen valaistuksen ohjaus on aikaohjattu, olemalla päällä klo 7–17. Näissä tiloissa on myös liiketunnistimet valaistuksen ohjaukseen normaaliaukioloajasta poikkeaviin aikoihin. Kampuksen kaikki valaisimet ovat led-valaisimia. Kampuksessa on 182 aikaohjauksella kytkeytyvää valaisinta, joiden yhteisteho on 4,878 kW. Nykyinen vuosikulutus edellisissä luvuissa käytetyillä parametreilla olisi 9,121 MWh.

SDO:n arvioiden mukaan keskimääräinen päivittäinen ihmismäärä on 250. SDO:n mukaan käytävätilat ovat tasaisesti käytössä, mikä tekee arviosta tarkemman. Kampuksen tilat voidaan luokitella kolmeentoista aula- ja käytävätilaan. Jos henkilö viettää keskimäärin 30 minuuttia päivässä käytävä- ja aulatilissa, niin ne ovat valaisemassa tiloja käytävässä tai aulassa kulkevalle henkilölle 9,5 tuntia kymmenestä, mikä laskisi vuosittaisen kulutuksen 8,665 MWh:iin. Tämä ei ole välttämättä paljoa, mutta hiljaisina päivinä energiasäästöt voivat olla huomattavia. Näissä arvioissa ei ole myöskään otettu huomioon sitä, että opiskelijat kulkevat käytävätiloissa usein yhdessä, kuten aikaisemmin oli mainittu.

Uudenkadun puolen tilat ja kampuksen kirjasto sekä 2. kerroksen aulatila vastaanottavat paljon auringonvaloa. Uudenkadun puoleiset tilat ovat suurimmaksi osaksi luokka- ja monitoimitiloja, joissa valot kytkeytyvät manuaalisesti. Näiden tilojen käyttäjiä ohjeistettiin käyttämään luonnollista valoa, mikäli säätilanne sen

sallii. Kirjasto ja 2. kerroksen aulatila sen sijaan ovat aikaohjauksella kytkeytyviä. Ilmatieteen laitoksen mukaan Oulusta lähin oleva auringonpaistetta seuraava havaintoasema Seinäjoella vastaanottaa keskimäärin 4 tuntia auringonpaistetta päivässä elokuun ja toukokuun välisenä aikana [61]. Edellä mainituissa tiloista laskettiin yhteensä seitsemän valaisinta, jotka olisivat sopivia hämäräkytkimellä kytkeytymiseen. Niiden yhteisteho on 762 W, eli samoilla parametreilla niiden vuosittainen sähkönkulutus olisi noin 1,4 MWh vuodessa. Liiketunnistimien käyttö ei todennäköisesti vähennä näiden valaisimien käyttöastetta, koska ne sijaitsevat tiloissa, joissa kulkee paljon ihmisiä. Jos nämä valaisimet olisivat myös hämäräkytkimillä kytkeytyviä ja kampus vastaanottaisi keskimäärin neljä tuntia auringonvaloa päivässä, niin näiden valaisimien vuosittainen sähkönkulutus laskisi 0,84 MWh:iin.

Rakennus, jossa kampus toimii, on pinta-alaltaan suuri, ja iso osa katosta on tasainen ja huopapäällysteinen, mikä takaa optimaaliset olosuhteet aurinkopaneelien asennukselle. Katolla on monia esteitä, mikä vähentää asentamiseen soveltuvaa pinta-alaa. Laskelmien mukaan Diakin toimintaa sijaitsevien kiinteistöjen katolle mahtuisi noin 150 kappaletta 405 watin enimmäisteholla toimivaa aurinkopaneelia, joka voisi tuottaa noin 30 MWh sähköä vuodessa. Aurinkolasurin mukaan rakennuksen katon kattava aurinkovoimala voisi tuottaa 447 MWh sähköä vuodessa, mutta se ottaa laskentaan koko rakennuksen yhteispinta-alan. Vaikka Oulu sijaitseekin paljon pohjoisemmassa kuin esimerkiksi Pieksämäki, kuvan 14 mukaan Oulu vastaanottaa suunnilleen yhtä paljon auringonvaloa vuodessa, mikä ei tee Oulusta välttämättä huonoa kaupunkia aurinkopaneelivoimalainvestoinneille [62].



Kuva 14 Vuosittainen auringon säteilyn määrä Suomessa alueittain [62].

6 Tulokset

Helsingin kampus oli projektin keskiössä, sillä kampuksesta vastaava kiinteistöhuoltoyritys oli jo suunnitellut kustannusvapaiden energiansäästötoimenpiteiden suorittamista vuodelle 2023. Tämän vuoksi Helsingin kampuksella energiansäästötoimet etenevät muita kampuksia nopeammin. Muissa kampuksissa energiansäästötoimenpide-ehdotukset otettiin vastaan, mutta toistaiseksi toimenpiteitä ei ole alettu toteuttaa. Mikäli muissakin kampuksissa yhteisesti päätetään energiansäästötoimenpiteiden tekemisestä, onnistuminen helpottuu, kun käytetään laadittuja energiansäästösuunnitelmia. Helsingin kampuksessa toimenpide-ehdotusten johdosta tehdään muutokset toukokuussa 2023, jolloin toimenpiteiden energiansäästövaikutukset tulevat olemaan havaittavissa. Vaikka olisi ollut toivottavaa saada enemmän aikaan tavoitteisiin verrattuna muissa kampuksissa, Helsingin kampuksen osalta projekti oli kaikin puolin onnistunut,

vaikkakin pienten vastoinkäymisten ja viivästysten kera. Diakin intranettiä hyödyntämällä kerättiin henkilöstöltä energiansäästötoimenpide-ehdotuksia, joista toteutuskelpoisimmat huomioitiin energiansäästöohjelmaa laatiessa. Projektin etenemisestä viestittiin ja raportoitiin Kestävä ja vastuullinen Diak -tiimille. Diakin ja sen kiinteistöjen ylläpidossa ja omistuksessa on mukana useita yrityksiä. Energiansäästöohjelman laatimisessa on oleellista kuulla tiloja käyttävien henkilöiden mielipiteitä ja ehdotuksia ja varmistaa tiedon kulku projektin eri vaiheissa, varsinkin tiloissa, joissa on monia tekijöitä. Keskeisistä muutoksista viestittiin yleisesti koko Diakin opiskelija- ja henkilökunnalle muun muassa blogikirjoitusten ja infotaulujen kautta. Projektin päätteeksi laadittiin tiivistelmä toteutetuista toimenpiteistä.

7 Riskit ja niihin varautuminen

Projektia hankaloitti se, että eri kampusten valmius tehdä energiansäästötoimia oli vaihtelevaa. Projektin keskiössä oli Helsingin kampus ja toimenpiteet, jotka eivät vaadi kustannuksia. Kiinteistöhuollon palvelut ovat hajautettuja eri yrityksille. Lisäksi kaikilla kampuksilla oli monitasoinen palvelujärjestelmä, joka hankaloitti tiedon kulkua ja päätöksentekoa. Laadittujen toimenpide-ehdotusten laajuus vaihteli kustannusvapaista muutoksista laajempiin investointeihin, jotka maksaisivat itsensä takaisin pidemmällä aikavälillä. Joka tapauksessa osa laadituista toimenpide-ehdotuksista toteutetaan ja niillä saadaan selkeitä havaittavia muutoksia.

Kuten luvussa 6.2 mainittu, välillä projektin tiettyjen vaiheiden edistyminen riippui henkilöistä, joihin ei saatu yhteyttä. Esimerkiksi käyttöoikeuksien saaminen energiankulutustietoihin viivästyi paljon edellä mainituista syistä johtuen. Tämänkaltaisten tilanteiden takia suunnitelmaa on jouduttu muuttamaan projektin aikana ja joidenkin vaiheiden viimeistely viivästyi. Aiemmin mainittujen henkilöiden sitouttaminen lisäisi toimenpiteiden toteutumista. Asioiden edistämistä myös hidasti se, että Diakin kampuksista vastaa monia eri organisaatioita ja kommunikaatio näiden eri tahojen välillä oli vaihtelevaa. Onnistunut yhteistyö edellytti eri tahojen intressien tunnistamista sekä proaktiivista viestintää.

8 Pohdinta ja loppusanat

Projektin tavoitteena oli löytää energiansäästökohteita ja laatia energiansäästösuunnitelmia Diakille sähkön hinnan nopean nousun ja ympäristötavoitteiden takia. Projektin keskiössä oli Helsingin kampus ja muut kampuksen olivat toissijaisia. Osa Helsingin kampuksen energiansäästötoimenpiteistä on toteutettu ja osa tullaan toteuttamaan ja muissa kampuksissa energiansäästösuunnitelmat otettiin vastaan mahdollisia tulevia energiansäästötoimia varten. Laskennallisesti arvioitu energian säästön määrä Helsingin kampuksessa on huomattava taloudellisuuden ja ympäristöystävällisyyden näkökulmasta.

Projekti oli pääosin onnistunut, mutta ennen projektin aloittamista oli aliarvioitu tämäntyyppisten projektien vaativuutta ajan ja tavoitteiden suhteen. Suurin haaste oli todennäköisesti se, että jokaisella kampuksella on omanlaisensa kiinteistöhuolto ja sen hierarkia, mikä viivästytti huomattavasti asioiden etenemistä. Alun perin tarkoituksena oli tehdä energiansäästösuunnitelma ainoastaan Helsingin kampukselle, mutta suunnitelmaa muutettiin. Erityyppisten kampusten takia aineistojenkeruuosuus ja kirjallisuuskatsaus ja sen tuoma tieto oli kirjavampi. Helsingissä tehtiin melko pieniin muutoksiin ja niiden toteuttamiseen tarvittiin paljon yhteydenottoja ja panostusta eri ihmisten kesken.

Aihe oli hyvin mielenkiintoinen ja monipuolinen, mutta se vaati paljon uusien asioiden opettelemista alusta alkaen. Oppimista tuki insinöörikoulutuksen aikana kertynyt tekninen ajattelutapa ja perusta. Tarkemmalla ja syvällisemmällä perehtymisellä rakennuksen eri energiatehokkuuteen liittyvät laskennat olisi voitu suorittaa yksityiskohtaisemmin. Energiansäästösuunnitelman laatiminen ei työvaiheiltaan eronnut paljoa kampuksittain, mutta jokaisella kampuksella oli ehdottomasti omat pääkohtansa. Projektin edistymisestä olisi myös voitu raportoida ja päivittää useammin. Projektina se oli iso kokemus, ja kiittäen kaikkia projektissa mukana olleita, Diak on nyt askeleen lähempänä hiilineutraalisuutta. Jokainen rakennus ja henkilö voi panostaa ja toimia ympäristöystävällisemmin pienillä muutoksilla. Kaikki osapuolet olivat tyytyväisiä projektin lopputulokseen.

Lähteet

- 1 Ammattikorkeakoulut matkalla kohti hiilineutraaliutta 2030. 2021. Verkkoaineisto. Arene. <<https://www.arene.fi/ajankohtaista/ammattikorkeakoulut-matkalla-kohti-hiilineutraaliutta-2030/>>. Luettu 17.1.2023.
- 2 Energiakriisi: kolme EU:n koordinoimaa toimea laskujen pienentämiseksi. 2022. Verkkoaineisto. Eurooppa-neuvosto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/eu-measures-to-cut-down-energy-bills/>>. Luettu 17.1.2023.
- 3 Pandemiasta toipuminen ja Venäjän hyökkäys Ukrainaan johtivat energiahyödykkeiden hinnat jyrkkään nousuun. 2022. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<https://www.stat.fi/julkaisu/cktyeqofs24270c529ia6x4i1>>. Luettu 14.2.2023.
- 4 Diakin strategia 2021–2030. 2021. Verkkoaineisto. Diakonia-ammattikorkeakoulu. <<https://www.diak.fi/diak/organisaatio/strategia/>>. Luettu 25.1.2023.
- 5 SFS-EN 16798-1:2019. Rakennusten energiatehokkuus. Osa 1: Sisäympäristön lähtötiedot rakennusten energiatehokkuuden suunnitteluun. 2019. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 6 Таблица теплопроводности строительных материалов: коэффициенты. 2022. Verkkoaineisto. Remoo. <<http://remoo.ru/materialy/osnovnaya-tablitsa-teploprovodnosti-stroitelnyih-materialov>>. Luettu 6.3.2023.
- 7 Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnittelu-arvoja – energiantodistusoppaan 2018 liite. 2018. Verkkoaineisto. <https://www.ymparisto.fi/download/Energiantodistusopas_2018_Vanhojen_rakennusten_tyypillisia_suunnittelu-arvojapdf/%7BA6558C5F-9B2E-40E5-B261-605118163F03%7D/141252>. Luettu 16.1.2023.
- 8 Energiantehokkuuslaki. 2014. 30.12.2014/1429.
- 9 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 5.2.1999/132.
- 10 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. 2010. Verkkoaineisto. EU:n oikeus. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32010L0031>>. Luettu 31.1.2023.

- 11 C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma – Rakennusten lämmöneristys. 2008. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B7BF051A7-6436-4724-A1FD-7688A56FB09B%7D/102966>>. Luettu 28.1.2023.
- 12 Lylykangas, Kimmo; Andersson, Albert; Kiuru, Jari; Nieminen, Jyri & Päätaalo, Juha. 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus. Verkkoaineisto. <https://www.rt.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf>. Luettu 5.3.2023.
- 13 Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä. 2010. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriö. <<https://stm.fi/documents/1410877/3506436/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+energiatehokkuustoimenpiteist%C3%A4.pdf>>. Luettu 31.1.2023
- 14 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. 1010/2017
- 15 Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2017. 788/2017.
- 16 Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. 18.1.2013/50.
- 17 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844. 2018. Verkkoaineisto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=FI>>. Luettu 20.3.2023.
- 18 Rakentaminen ja rakennukset. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset>. Luettu 24.2.2023.
- 19 Asumisen energiankulutus 2018. 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_fi.pdf>. Luettu 25.2.2023.
- 20 Seppänen, Olli; Lönnqvist, Siru; Säteri, Jorma; Railio, Jorma; Strand, Tiina & Ahola, Mervi. Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. 2017. Verkkoaineisto. The Finnish Association of HVAC Societies. <<https://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/12/D2-hanke-loppuraportti-30112017.pdf>>. Luettu 24.1.2023.
- 21 Sähkön hankinta ja kulutus, tammikuu 2023. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/files/3922/Pikatilasto_tammikuu.pdf>. Luettu 28.2.2023.

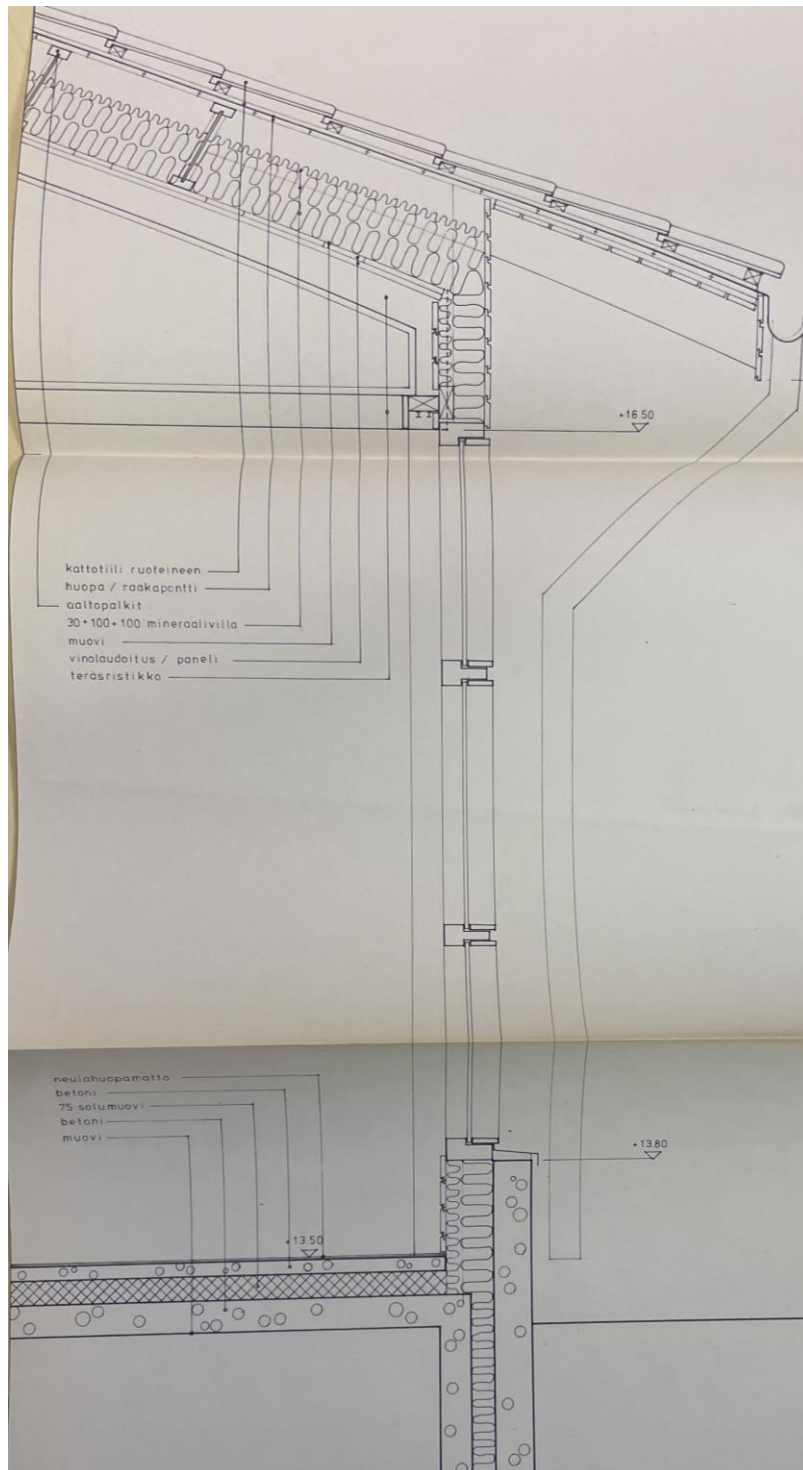
- 22 Eromäki, Veikko. Suomen energiankulutus laski – sähköä tuotetaan itse aikaisempaa enemmän. 2022. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/a/3-12644692>>. Luettu 28.2.2023.
- 23 Astetta alemmas. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <<https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiansaastokampanja>>. Luettu 26.2.2023.
- 24 Suomalaisten kotitalouksien sähkölasku kallistui keskimäärin noin 50 prosenttia vuonna 2022. 2023. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/-/suomalaisten-kotalouksien-sahkolasku-kallistui-keskimäärin-noin-50-prosenttia-vuonna-2022>>. Luettu 26.2.2023.
- 25 Energiankäyttö Suomessa – yhteenveto. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/yhteenveto>. Luettu 1.3.2023.
- 26 Asumisen energiankulutus 2020. 2021. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_fi.pdf>. Luettu 25.2.2023.
- 27 2022 College Hopes & Worries Survey Report. 2022. Verkkoaineisto. The Princeton Review. <<https://www.princetonreview.com/college-rankings/college-hopes-worries>>. Luettu 20.2.2023.
- 28 Lämmitysmuodot Suomessa. 2018. Verkkoaineisto. HSY. <<https://koutsi.hsy.fi/courses/energiaekspertti/lessons/lammitys-2/topic/lammitysmuotojen-yleisyys/>>. Luettu 25.1.2023.
- 29 Holm, Markus Hannu. 2011. Energiat ehokkaat seinäeristemateriaalit. Insinööriyö. Rovaniemen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 30 Putting a stop to energy waste. 2022. Verkkoaineisto. Buildings Performance Institute Europe. <https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2022/05/Putting-a-stop-to-energy-waste_Final.pdf>. Luettu 25.1.2023.
- 31 Tampereen teknillinen yliopisto – rakennustekniikan laitos. 2007. Rakennusfysiikka 2007.
- 32 Stevens, Matthew. Human Body Heat as a Source for Thermoelectric Energy Generation. 2016. Verkkoaineisto. Stanford University <<http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/stevens1/>>. Luettu 26.2.2023.
- 33 Kungsbrohuset. 2023. Verkkoaineisto. Kungsbrohuset. <<https://www.kungsbrohuset.se/>>. Luettu 28.2.2023.

- 34 Green Power Partnership Top 30 College & University. 2023. Verkkoaineisto. United States Environmental Protection Agency. <<https://www.epa.gov/greenpower/green-power-partnership-top-30-college-university>>. Luettu 18.2.2023.
- 35 On-campus wind energy - Moving toward 100 % Clean, Renewable Energy on Campus. 2018. Verkkoaineisto. Environment America. <<https://environmentamerica.org/resources/on-campus-wind-energy/>>. Luettu 22.2.2023.
- 36 Tuulivoima Suomessa. 2023. Verkkoaineisto. Suomen tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-suomessa>>. Luettu 22.2.2023.
- 37 Majority of New Renewables Undercut Cheapest Fossil Fuel on Cost. 2021. Verkkoaineisto. International Renewable Energy Agency. <<https://www.irena.org/news/pressreleases/2021/Jun/Majority-of-New-Renewables-Undercut-Cheapest-Fossil-Fuel-on-Cost>>. Luettu 20.2.2023.
- 38 Aurinkopaneelien taloudellinen kannattavuus. 2018. Verkkoaineisto. Aurinkotekniikka. <<https://www.aurinkotekniikka.fi/blogi/aurinkopaneeleiden-taloudellinen-kannattavuus>>. Luettu 17.2.2.2023.
- 39 Helsingin yliopisto rakentaa Suomen suurimpiin kuuluvan aurinkovoimalan Viikkiin. 2017. Verkkoaineisto. Helsingin yliopisto. <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/energia/helsingin-yliopisto-rakentaa-suomen-suurimpiin-kuuluvan-aurinkovoimalan-viikkiin>>. Luettu 22.2.2023.
- 40 Durrant, Colin. New solar panels atop Canaday Hall provide long-term energy boost. 2010. Verkkoaineisto. The Harvard Gazette. <<https://news.harvard.edu/gazette/story/2010/10/creating-power-by-the-yard/>>. Luettu 21.2.2023.
- 41 Rehva. 2010. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools – Part 1 Principles.
- 42 Franchimon, F; Dijken, F; Van Pernot C.E.E; Van Bronswijk, J.E.M.H. 2009. Air-exchange rate under debate. Proceedings of Healthy Buildings.
- 43 Jacobs, P; Dijken, F; Van Boerstra; A.C. 2007. Prestatie-eisen ventilatie in klaslokalen: beperken infectieziekten en bevorderen leerprestaties (Performance requirements of ventilation in classrooms: reduction of infectious illnesses and encouragement of learning performance).

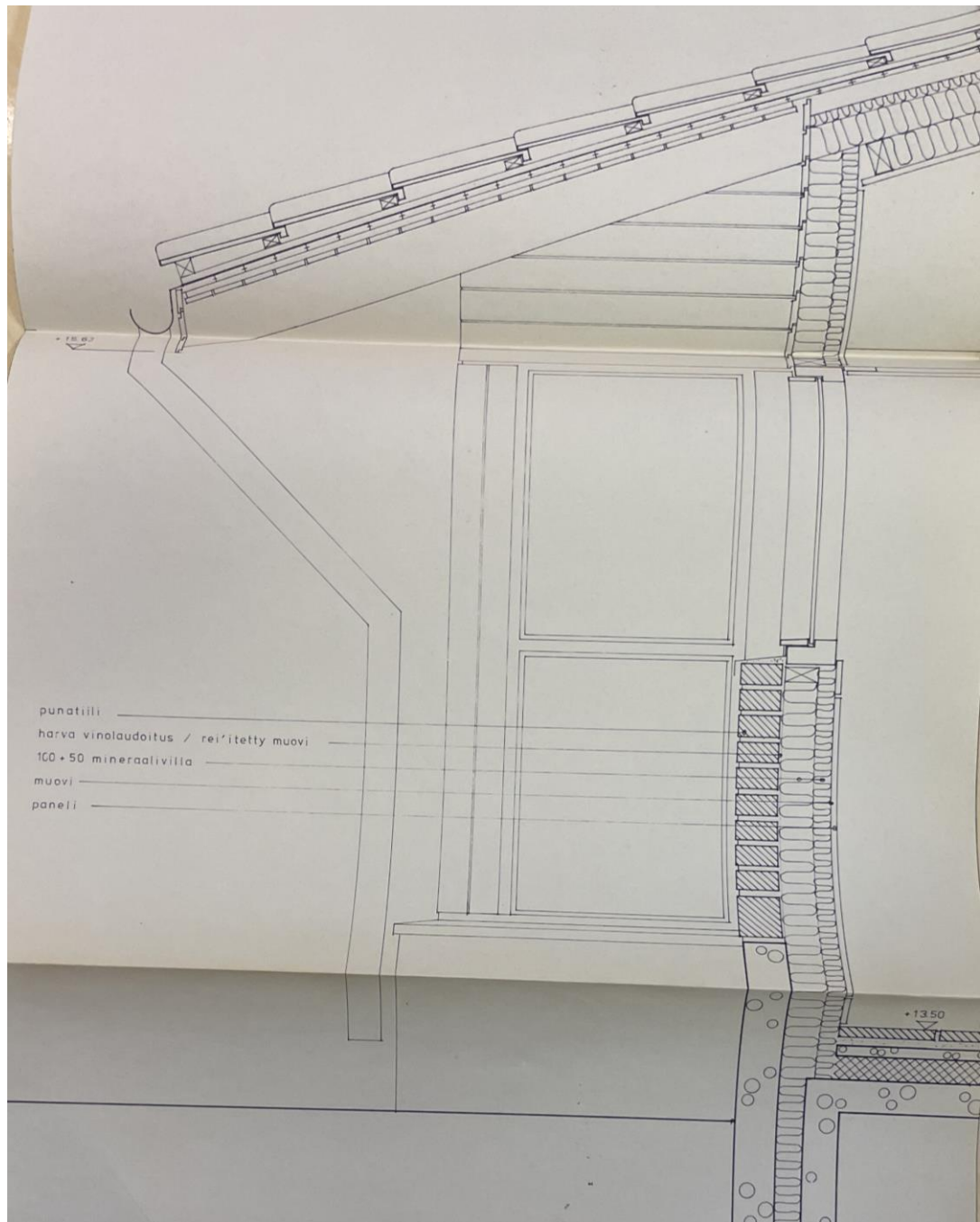
- 44 Cuce, P.M. & Riffat, S. 2012. A comprehensive review of heat recovery systems for building applications. *Renew. Sustain.*
- 45 Mysen, Mads; Berntsen, Sveinung; Nafstad, Per & Schild, Peter G. 2005. Occupancy density and benefits of demand-controlled ventilation in Norwegian primary schools.
- 46 Payback in 5 years when replacing 90's air handling unit. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.ivprodukt.com/references/new-ahu-saved-85000-kwh?clbox=1&nr=1>>. Luettu 21.2.2023.
- 47 Koivisto, Janne. Lappeenrantalainen yrittäjä vaihtoi loisteputket ledeihin – säästö löi ällikällä. 2016. Verkkoaineisto. Lappeenrannan uutiset. <<https://www.lappeenrannanuutiset.fi/paikalliset/1751715>>. Haettu 15.2.2023.
- 48 EU Commission adopts regulation to ban all fluorescent lighting by September 2023. 2021. Verkkoaineisto. European council for an energy efficient economy. <<https://www.eceee.org/all-news/news/eu-commission-adopts-regulation-to-ban-fluorescent-lighting-by-september-2023/>>. Luettu 14.3.2023.
- 49 Cooper, Kenneth J. 1999. Study Says Natural Classroom Lighting Can Aid Achievement. Verkkoaineisto. The Washington Post. <<https://www.washingtonpost.com/archive/politics/1999/11/26/study-says-natural-classroom-lighting-can-aid-achievement/776b9d19-05e8-417a-8591-3053063ad8be/>>. Luettu 16.2.2023.
- 50 Escriva-Bou, Alvar; Sencan, Gokce; Ayres, Andrew. 2022. Water and Energy in California. Verkkoaineisto. Public Policy Institute of California. <<https://www.ppic.org/wp-content/uploads/water-and-energy-in-california.pdf>>. Luettu 21.2.2023.
- 51 Lechik, Denis. 2017 Energy Reduction in Commercial Kitchens. Insinööri-työ. San Francisco Institute of Architecture.
- 52 Minkkinen, Heikki. 2009. ATK-laitteiston energiansäästö. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 53 Kulutusseurantaraportti – Helsingin Kyläsaarenkuja 2. 2023. Vahanen
- 54 What triple-glazed windows are and why they are worth it. 2023. Verkkoaineisto. GM PLAST – Fabryka okien i drzwi. <<https://gmplast.eu/en/blog/window-guide/what-is-a-pane-window-and-why-its-worth-it/>>. Luettu 20.2.2023.

- 55 Termotakt 15400P V3.1 DIAGRAM ENERGY-SAVING ALTERNATIVES. 2006. EI-Teknik. <<https://eltekNIK.se/wp-content/uploads/2022/05/termotakt-teknisk-beskrivning-en.pdf>>. Luettu 11.4.2023.
- 56 EcoSmart – Fidelix. 2023. Verkkoaineisto. Fidelix. <<https://www.fidelix.fi/ecosmart/>>. Luettu 30.3.2023.
- 57 Astianpesukone Metos WD 211E V-O 400V3N~. Verkkoaineisto. Metos. <<https://www.metos.fi/product/astianpesukone-metos-wd-211e-v-o-400v3n/>>. Luettu 10.4.2023.
- 58 How the Thermal Conductivity of Clay Bricks Contributes to Their Success as a Building Material. 2021. Verkkoaineisto. Thermtest. <<https://thermtest.com/how-the-thermal-conductivity-of-clay-bricks-contributes-to-their-success-as-a-building-material>>. Luettu 15.4.2023.
- 59 Säättietoja. Verkkoaineisto. Oulun kaupunki. <<https://www.ouka.fi/oulu/oulu-tietoa/saattietoja>>. Luettu 15.4.2023.
- 60 Koivisto, Elina. Missä menet, massiivirakentaminen? 2021. Verkkoaineisto. Arkkitehti-lehti. <<https://www.ark.fi/fi/2021/02/missa-menet-massiivirakentaminen/>>. Luettu 16.4.2023.
- 61 Auringonpaiste- ja säteilytilastot. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>>. Luettu 16.4.2023.
- 62 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Luettu 12.4.2023.
- 63 Rakennepiirustus. 1975. Kimmo Levanto ja Olli Steen arkkitehdit Oy.
- 64 Pakkanen, Kirsti. Valaistuksen ohjaustapakaavio – 5. kerros. 2015. Projectus Team.

Pihlajasalin rakennepiirustukset



Kuva 1. Leikkauskuva katosta ja perustuksista [63]



Kuva 2. Leikkauskuva ulkoseinästä [63]

