



Karelia-ammattikorkeakoulu
Energia- ja ympäristötekniikka (AMK)

Teollisuuskiinteistön energiaselvitys

Samuel Juntunen

Opinnäytetyö, marraskuu 2023

www.karelia.fi



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2023
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Samuel Juntunen

Nimeke
Teollisuuskiinteistön energiaselvitys

Toimeksiantaja
Ylöjärven konepaja Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Ylöjärven teollisuusalueella sijaitsevan vuonna 1973 rakennetun ja 1980 laajennetun teollisuuskiinteistön energiatehokkuutta, sen kehittymistä tehdyn energiaremontin jälkeen ja jatkokehittämistä.

Työssä laskettiin remontin vaikutuksia kiinteistön energiankulutukseen eri rakenneosuuksilla. Työssä digitoitiin vanhoja rakennepiirustuksia ja päivitettiin ne vastaamaan remontissa tehtyjä toimenpiteitä. Näin saatiin selville lämpöhäviöiden jakaantuminen eri osuuksille, joista muodostuu lämpöenergiatase. Teoreettista kulutusta tarkasteltiin ennen ja jälkeen tehdyn remontin, kahden eri lämmityskauden keskilämpötiloissa sekä mitoituslämpötilassa.

Tehdyillä toimenpiteillä oli merkittäviä vaikutuksia energiankulutukseen ja kulutuksen jakaantumiseen eri osa-alueilla. Tehdyllä remontilla saatiin pienennettyä kiinteistön energiankulutusta noin viidenneksellä.

Potentiaalisia kehitysideoita, kuten lisäeristystä ja ovien sekä ikkunoiden päivitystä käsiteltiin suppeammin.

Kieli
suomi

Sivuja 40
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
energia, energiankulutus, lämmön siirtyminen, teollisuusrakennukset



THESIS
November 2023
Degree Programme in Energy and
Environmental Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Samuel Juntunen

Title
Energy Survey of an Industrial Building

Commissioned by
Ylöjärven konepaja Oy

Abstract

The thesis examined the energy efficiency of an industrial building located in the Ylöjärvi industrial area, built in 1973 and expanded in 1980. The study focused on its energy performance, development after the energy renovation, and potential further improvements.

The impact of the renovation on the building's energy consumption was calculated for various structural components. Old structural drawings were digitized, and updates were made to align them with the measures taken during the renovation. This process revealed the distribution of the heat losses among different components, forming the thermal energy balance. Theoretical consumption was analysed both before and after the renovation, considering the average temperatures of two different heating seasons and the design temperature.

The implemented measures had significant effects on energy consumption and its distribution across different structural elements. The renovation reduced the building's energy consumption by approximately one-fifth.

Potential development ideas, such as additional insulation and updating doors and windows are discussed briefly.

Language
Finnish

Pages 40
Appendices 2
Pages of Appendices 2

Keywords
energy, energy consumption, heat transfer, industrial buildings

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Tietoperusta	5
2.1	Rakennusten energiankulutus	6
2.1.1	Lämpöenergiatase	6
2.1.2	Energiatehokkuus	7
2.2	Energialähteet	8
2.2.1	Sähkö	8
2.2.2	Fossiilinen energia	8
2.2.3	Puuenergia	9
2.2.4	Lämpöpumput	10
2.2.5	Lämmöntalteenotto	11
3	Opinnäytetyön tavoite	12
4	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat	12
5	Kohteen esittely	13
5.1	Lämmitysjärjestelmä	14
5.2	Ilmanvaihto	14
5.3	Rakennekuvat	15
6	Käsittelyosa	18
6.1	Tilojen lämmitysenergian tarve	19
6.1.1	Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi	20
6.1.1.1	Lämmönjohtavuus	23
6.1.2	Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve	25
6.1.3	Korvausilman lämpenemisen energian tarve	28
7	Tulokset	30
8	Pohdinta	35
8.1	Pohdintaa jatkotoimenpiteistä	36
8.2	Luotettavuus ja eettisyys	37
	Lähteet	39

Liitteet

Liite 1 Keskilämpötilat

Liite 2 Kiinteistön, ikkunoiden ja ovien mitat

Sanasto

kWh	kilowattitunti, käytetään lämpö- ja sähköenergian yksikkönä
kW	kilowatt, tehon yksikkö
CO ₂	hiilidioksidi, alkuaine
m ²	neliömetri, pinta-alan yksikkö
ha	hehtaari, pinta-alan yksikkö
ILP	ilmalämpöpumppu
MLP	maalämpöpumppu
PILP	poistoilmalämpöpumppu
IVLP	ilmavesilämpöpumppu
LTO	lämmöntalteenotto

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on Ylöjärven teollisuusalueella sijaitsevan teollisuuskiinteistön energiaselvitys sekä energiatehokkuuden kehittäminen. Työn tavoitteena on tarkastella tehtyä energiaremonttia, joilla kiinteistön energiakustannuksia pyrittiin pienentämään, sekä energiankulutuksesta aiheutuneita CO₂-päästöjä vähentämään. Tarkasteltavana on myös kiinteistön lämmitysjärjestelmät.

Kiinteistö on n. 6 ha:n tontilla sijaitsevista kiinteistöistä toinen. Kiinteistössä toimii Ylöjärven Konepaja Oy. Kiinteistössä on viileää hallitilaa n. 320 m² sekä lämpöisempää toimisto- ja sosiaalitilaa n. 360 m². Kiinteistö on rakennettu vuonna 1973 ja lisäosa vuonna 1980. Kiinteistön lämmitys tehtiin pitkään maakaasulla, mutta vallitsevien olosuhteiden takia siitä luovuttiin.

Toimenpiteisiin on kiinteistöllä jo ryhdytty, koska maakaasun käytöstä luovuttiin keväällä 2022. Sen jälkeen tiloihin on asennettu kaksi ilmalämpöpumppua. Näiden lisäksi vanhan kaasupolttimen tilalle on asennettu öljypoltin ja pieni sisätiloihin sijoitettu öljysäiliö, jota käytetään pakkasjaksojen aikana. Syksyllä 2022 halliosuuden seinärakenteita lisäeristettiin sekä halli pellitettiin kauttaaltaan. Tulevaisuudessa esillä on ollut yläpohjan eristäminen ja puulämmittimen lisääminen halliin.

2 Tietoperusta

Työssä perehdytään kiinteistön energiatehokkuuteen, sen kehittymiseen ja parantamiseen jatkossa, energiataseeseen sekä tarkastellaan mahdollisia lämmitysjärjestelmiä kiinteistölle. Merkittäviä syitä energiatehokkuuden parantamisen osalta ovat esimerkiksi energiaomavaraisuus, resurssitehokkuus sekä kustannusten vähentäminen.

2.1 Rakennusten energiankulutus

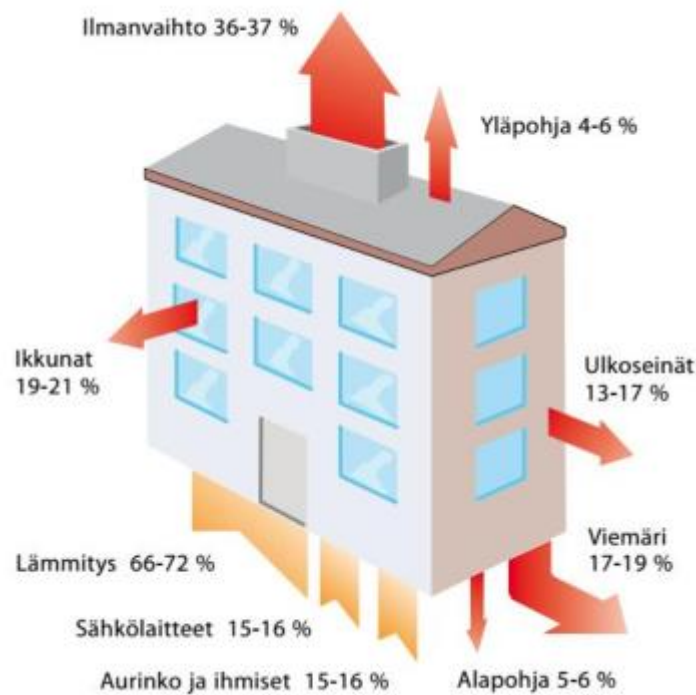
Rakennusten energiankulutus koostuu sisätilojen sekä käyttöveden lämmittämisestä, mahdollisesta jäähdytyksestä sekä valaistuksen ja muiden sähkölaitteiden energiankäytöstä. Rakennuksilla on suuri vaikutus energiankäyttöön, se vastaa noin 40 prosenttia energian loppukäytöstä aiheuttaen n. 30 % suomen kasvihuonekaasupäästöistä. (Motiva 2022.)

Rakennusten energiakulutus koostuu johtumislämpöhäviöistä rakennusvaipan läpi sekä ilman lämmittämisestä. Johtumislämpöhäviöissä huomioidaan rakennuksen ulkoseinät, ylä- ja alapohja, ikkunat, ovet, kylmäsillat sekä muut, joilla tarkoitetaan lähinnä sisäseiniä, joiden lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta. Ilman lämmittäminen pitää sisällään vuoto-, tulo- sekä korvausilman. (Ympäristöministeriö 2018.)

Laskennassa käytetyt kaavat käsitellään tarkemmin työn käsittelyosassa sekä tuloksissa, Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti.

2.1.1 Lämpöenergiatase

Lämpöenergiataseella tarkoitetaan kiinteistössä tapahtuvaa lämpöenergian ja lämpöhäviöiden jakaantumista eri osa-alueille kuvan 1 tapaan. Kiinteistön häviöiden osalta merkittävintä on ulkoseinien, ikkunoiden/ovien ja ilmanvaihdon tuomat häviöt. Kohteen iän ja tyyppin mukaan myös yläpohja, alapohja sekä lämmin käyttövesi voi tuoda merkittävät häviöt. Ilmaisena lämmönlähteenä toimii aurinko, ihmiset sekä sähkölaitteet. (Virta & Pylsy 2011, 18–20.)



Kuva 1. Lämpöhäviöiden jakaantuminen 1960–1980-lukujen asuinkerrostaloissa. (Virta & Pylsy 2011, 19.)

Työssä tarkasteltava kohde omaa sinänsä poikkeavan jakauman kuvaan 1 nähden, että lämmintä käyttövettä kulutetaan suhteellisen vähän, eikä ihmiset tuo rakennukseen mainittavasti ilmaista lämpöenergiaa. Lisäksi teollisuuskiinteistössä ala-, sekä yläpohja luo suhteessa suuremmat häviöt, kuin kerrostaloissa.

2.1.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan kulutetun energian tehokasta käyttöä ja kustannustehokasta CO₂-päästöjen vähentämistä. Energiatehokkuuden keskeisimpiä tavoitteita on kustannusten ja CO₂-päästöjen vähentäminen sen ilmastoa lämmittävän vaikutuksen takia. Energiatehokkuudella pyritään erityisesti lämpöhäviöiden minimointiin. Se on merkittävässä roolissa energiaremontteja tehtäessä. Paikoin jopa merkittävämmässä roolissa, kuin esimerkiksi lämmitysjärjestelmän uudistaminen. Energiatehokkuudella saavutetaan parhaassa tapauksessa suuria taloudellisia säästöjä lämmitystarpeen vähenemisen takia.

2.2 Energialähteet

Energialähteillä tarkoitetaan kiinteistön lämmitykseen käytettävää energiaa. Lämmitys kiinteistössä tapahtuu keskitetysti vettä/ilmaa lämmittäen, tai hajautetummin, jopa huonekohtaisesti.

2.2.1 Sähkö

Suora sähkölämmitys on investointikustannuksilta huokeimmasta päästä mutta käyttökustannuksilta korkeimmasta etenkin vanhoissa rakennuksissa.

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa monin tavoin, esim. vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään yhdistettynä, lattialämmityksenä tai huonekohtaisina lämmityspattereina. Järjestelmä on toimintavarma ja pitkäikäinen, minkä lisäksi se on käytettävyydeltä ja säädöiltään helppo. (Maalämpö 2023.)

Uusissa, suhteellisen pienissä ja energiatehokkaissa kiinteistöissä suoralla sähkölämmityksellä voidaan saada aikaan kustannustehokas lämmitys, etenkin jos siihen yhdistetään jokin toinen lisälämmitystapa.

2.2.2 Fossiilinen energia

Fossiilinen energia käsittää mm. kivihiilen, ruskohiilen, raakaöljytuotteet sekä maakaasun. Fossiiliset polttoaineet ovat peräisin miljoonien vuosien aikana maaperään varastoituneesta biomassasta. Turve luokitellaan kansainvälisesti usein fossiiliseksi polttoaineeksi, vaikka sen uusiutuminen on selvästi nopeampaa verrattuna muihin. (Tilastokeskus 2023.)

Suomessa tyypillisesti hiilen poltto tapahtuu rannikolla, johtuen logistiikasta, suurissa kattiloissa yhdistettynä kaukolämpöverkkoon. Hiilen poltosta ollaan luopumassa Suomessa. (Hiilitieto Ry 2023.)

Maakaasun käyttö lämmitysmuotona on ollut mahdollista alueilla, joihin on rakennettu maanalainen kaasuputki, kaasua ei täten tarvitse varastoida. Helmikuussa 2022 alkaneen Venäjän hyökkäyssodan takia kaasun tuonti Venäjältä Suomeen kuitenkin hiipui olemattomiin. (Gasum 2023.)

Lämmitysöljyä käytetään kiinteistökohtaisissa lämmityskattiloissa, mutta myös tasaamaan kulutushuippuja kaukolämpöverkossa. Öljystä saatava energia siirretään tyypillisesti veteen, jonka avulla lämmönjako tapahtuu. Öljy tarvitsee säiliön varastoimista varten. (Suomen Lämmitystieto Oy 2023.) Kiinteistöissä säiliö on tyypillisesti maanalle kaivettuna, kaukolämpöverkon yhteydessä suuremmat säiliöt monesti maanpinnalle asennettuna.

2.2.3 Puuenergia

Puusta saatavalla energialla tarkoitetaan yleisesti pilkettä, haketta sekä pellettiä. Puutuotteita poltetaan uuneissa ja takoissa tai kattilassa yhdistettynä vesi-/ilmakiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (Energiatehokas koti 2023a.)

Pilke on edellä mainituista tuotteista vähiten jalostettu. Pilkettä saadaan määrätyn mittaisiksi, tyypillisesti 25 - 50 cm pituisiksi katkaistuista puista halkomalla. Pilkettä poltetaan tyypillisesti uuneissa ja takoissa toisen lämmitysmuodon rinnalla. Myös vesi-/ilmakiertoisia, pilkkeellä toimivia keskuslämmityskattiloita on. (Energiatehokas koti 2023b.)

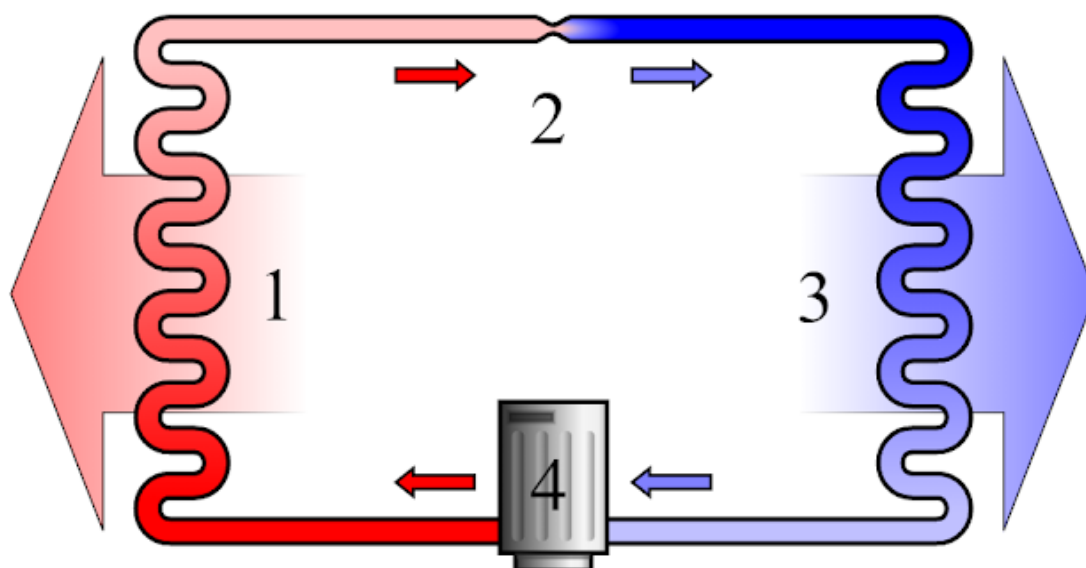
Puuhake on pilkettä hieman jalostetumpi tuote. Hakkeella tarkoitetaan energiapuusta tai metsäteollisuuden sivuvirroista hakettamalla tehtyä lastua, jonka koko vaihtelee ja joka on tyypillisesti kokoluokaltaan alle 10 cm. Haketta poltetaan usein aluelämpökeskuksessa tai kiinteistön omassa lämmityskattilassa. (Energiatehokas koti 2020.)

Puupelletti on tuotteista jalostetuin. Sen raaka-aineena käytetään puuteollisuuden sivutuotteita kuten kutterinlastua ja purua. Raaka-aine

jauhetaan hienoksi, minkä jälkeen se puristetaan koneellisesti matriisiin läpi vaihtelevan kokoisiksi pelleteiksi. Tyypillisesti pelletit ovat halkaisijaltaan yli 5 mm ja pituudeltaan 10–30 mm. Pelletti on tuotteista energiatiheintä, ja se on varastoinnin kannalta etu. (Bioenergia Ry 2023.)

2.2.4 Lämpöpumput

Lämpöpumpuilla tarkoitetaan yleensä sähkökäyttöisiä, kompressorilla putkistoon paine-eron tuottavia lämmityslaitteita. Paine-eron avulla kylmäaine saadaan höyrystymään kaasuksi ja tiivistymään taas nesteeksi halutuissa kohdissa lämpöpumpun putkistoa. Täten saadaan tuotua esimerkiksi ulkoilmasta, kalliosta tai vedestä lämpöä sisätiloihin enemmän kuin lämpöpumppu itsessään kuluttaa energiaa. (Sulpu Ry 2023a.)



Kuva 2. Ilmalämpöpumpun periaatekuva. (Kuva: Energytech 2023.) 1. lauhdutin, 2. paisuntaventtiili, 3. höyrystin ja 4. kompressor.

Lämpöpumput voidaan ryhmitellä seuraavasti: ilmalämpöpumput, maalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja ilma-vesilämpöpumput. Lämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.

Ilmalämpöpumppu eli ILP on ryhmistä yleisin. Se ottaa lämmitysenergian ulkoyksiköllä ulkoilmasta ja siirtää sen sisäyksikölle, josta lämmin ilma välitetään sisätiloihin. Ilmalämpöpumppua voi usein käyttää myös jäähdytykseen. (Sulpu Ry 2023b.)

Maalämpöpumppu eli MLP ottaa energian lämpökaivosta tai keruupiiristä, joka on sijoitettu maan alle tai vesistöön. Kaivosta tai keruupiiristä saatu energia siirretään sisätiloissa usein lämminvesivaraajaan, josta edelleen vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Lämmönjakojärjestelmä on usein lattialämmitys tai vesipatterit. (Sulpu Ry 2023c.)

Poistoilmalämpöpumppu eli PILP ottaa poistoilmasta saatavan lämmön talteen ja siirtää sen tarpeen mukaan joko tuloilman esilämmitykseen, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (Sulpu Ry 2023d.)

Ilma-vesilämpöpumppu eli IVLP on samankaltainen ilmalämpöpumpun kanssa. Se vain siirtää energian sisätiloissa lämminvesivaraajaan, josta lämpö jaetaan edelleen lattialämmityksen tai vesipattereiden kautta. (Sulpu Ry 2023e.)

2.2.5 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenotto eli LTO ottaa lämpöenergiaa talteen poistoilmasta, ennen kuin se puhalletaan ulos jäteilmana. Saatu lämpö hyödynnetään usein tuloilman esilämmitykseen. LTO toteutetaan tyypillisesti levylämmönsiirtimellä tai nestekiertoisena järjestelmänä. (Tom Allen Senner 2023.)

Levylämmönsiirtimessä on alumiinilevyistä valmistettu kuutio. Kuution läpi kulkee poistoilma ja risteävästi tuloilma ja alumiinilevyjen avulla poistoilman lämpöä saadaan siirrettyä tuloilmaan. (IVAeris Oy 2023.)

Nestekiertoisessa järjestelmässä poistoilmakanavassa ja tuloilmakanavassa on omat patterit, joiden välillä neste liikkuu pumpun avulla siirtäen poistoilmasta saatavan lämmön tuloilmaan. (IVAeris Oy 2023.)

3 Opinnäytetyön tavoite

Työn tavoitteena on selvittää keinoja teollisuuskiinteistön energiatehokkuuden parantamiseksi, saavuttaa siten kustannussäästöjä ja lämmitysjärjestelmän osalta vähentää siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Tarkasteltavana on lisäksi jo tehtyjä toimenpiteitä. Työssä lasketaan kiinteistön lämpöhäviöt ennen ja jälkeen jo tehdyn seinien lisäeristämisen sekä tarkastellaan sen tuomia kustannus- ja energiansäästöjä. Seinien eristämisen yhteydessä kiinteistön yhdeltä seinustalta poistettiin ikkunat sekä asennettiin nosto-ovi, jotka osaltaan vaikuttavat lämpöhäviöiden nykyiseen tasoon.

Tulevaisuudessa tehtäviä toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi selvitetään teorian tasolla energiansäästön osalta.

Näiden lisäksi tarkastellaan mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmien ja lämmöntalteenoton osalta. Kiinteistössä on vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä ilman varaajaa, jonka hyödyntäminen lämmönjaossa olisi sinänsä kannattavaa.

4 Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat

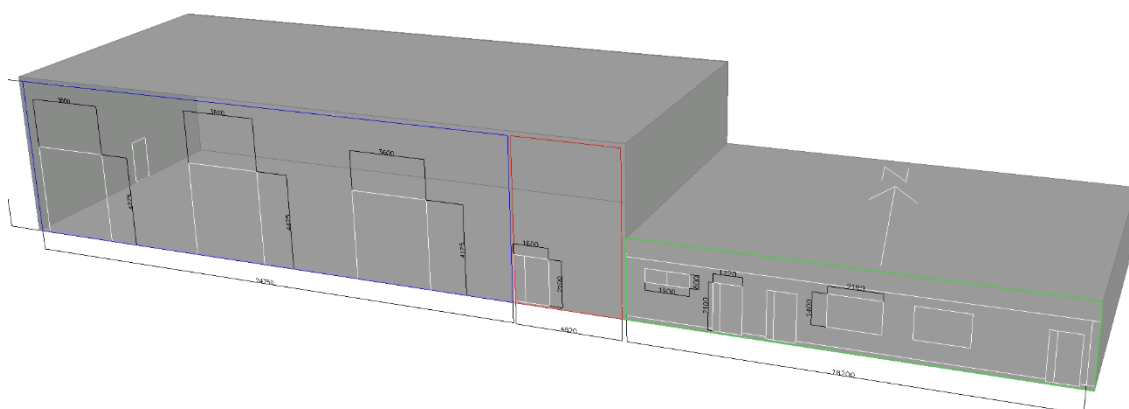
Työssä käsitellään teoriassa rakennuksen energiatehokkuuden kehitystä lämpöhäviöiden osalta. Saatavilla olevaa dataa sähkönkulutuksen osalta ei työssä voi luotettavasti hyödyntää, koska kiinteistöllä on kaksi rakennusta saman liittymän ja mittarin takana. Toisessa rakennuksessa, jota ei tässä työssä käsitellä, käytetään sähköä työaikana merkittäviä ja suurelta osin vaihtelevia määriä päivän mukaan. Tästä syystä jo tehtyjen toimenpiteiden arviointiin ei ole mielekäästä käyttää todellista kulutusdataa, vaan laskennallista eroa lämpöhäviöiden osalta.

Lähtöaineistona on rakennepiirustukset, joista selviää suurelta osin tarvittavat tiedot lämpöhäviöiden laskentaan. Vanhat rakennepiirustukset digitoidaan AutoCAD-ohjelmalla. Näillä tiedoilla saadaan laskettua teoreettinen energiakulutus alkuperäiskunnossa. Lisäksi lasketaan lisäeristämisen tuomien säästöjen teoreettinen vaikutus lämpöhäviöiden osalta.

Kiinteistössä tapahtuvat lämpöhäviöt lasketaan Ympäristöministeriön energiatehokkuus -ohjeen mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2018.) Varsinainen häviöiden laskenta ja vertailu tehdään Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

5 Kohteen esittely

Rakennus on jaettu kolmeen osaan kuvan 3 mukaisesti. Eri osissa on erilaiset tavoitelämpötilat ja rakenteelliset ratkaisut. Kolmelle osalle lasketaan erikseen lämpöhäviöt ennen ja jälkeen remontin.



Kuva 3. 3d-malli kiinteistöstä. Sinisellä viileän hallin osuus, punaisella vanha sosiaalitala ja vihreällä laajennus.

Kohteen halliosuudelle (sininen) sekä vanhalle sosiaalitalalle (punainen) tehtiin syksyllä 2022 remontti. Alkuperäiseen 250 mm siporex -seinään asennettiin 80 mm polystyreeniä lisäeristeeksi ja vanha rakennusosuus pellitettiin aaltopellillä

kauttaaltaan. Saman remontin yhteydessä halliosuudesta poistettiin kolme kappaletta 3600 mm x 1600 mm ikkunoita ja asennettiin kolmas nosto-ovi yhden poistetun ikkunan paikalle. Poistettujen ikkunoiden paikalle asennettiin lisäeristeeksi 80 mm polystyreenilevyä ulkovuorauksen lisäksi. Vanhan sosiaalitalan käyntiovi vaihdettiin nykyaikaiseen, kuin myös yläkerrassa olleet ikkunat.

Vihreällä esitetty laajennusosa, jossa nykyiset sosiaali- ja toimistotilat ovat, jäivät entiselleen.

5.1 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön lämmitysjärjestelmä voidaan luokitella hybridijärjestelmäksi. Käytössä on vesikiertoinen keskuslämmityskattila öljypolttimella ilman varaajaa, teholtaan 70 kW. Vesikiertoinen järjestelmä kattaa koko kiinteistön. Tämän lisäksi halliin asennettiin syksyllä 2022 ilmalämpöpumppu, ottoteholtaan 1,6 kW. Samaan aikaan sosiaalitiloihin asennettiin pienempi ilmalämpöpumppu, ottoteholtaan 0,8 kW. Edellä mainittujen lämmityslaitteiden lisäksi toimistossa on tarvittaessa käytössä suorasähköllä toimivia konvektiolämmittimiä, teholtaan 2 kW, joita käytetään tarvittaessa.

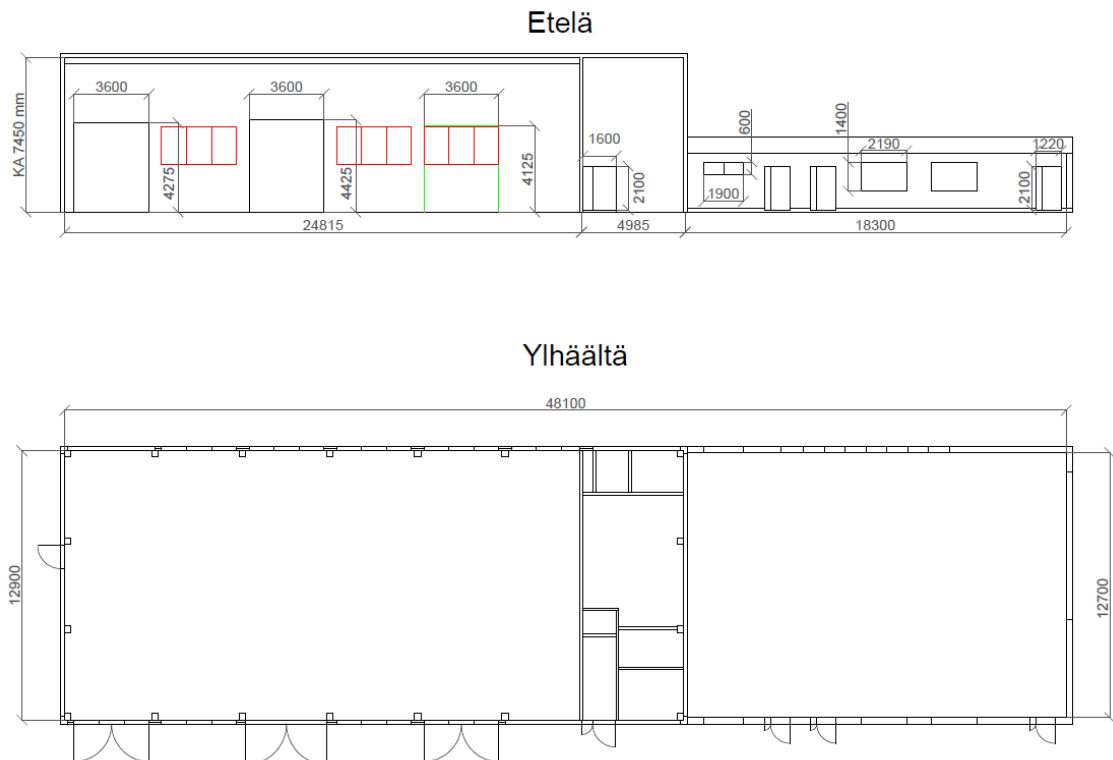
5.2 Ilmanvaihto

Kiinteistöllä ilmanvaihto toteutetaan eri osissa eri tavalla. Alkuperäisessä rakennuksessa, halliosuudessa sekä vanhassa sosiaalitalassa ilmanvaihto toteutuu perustilassa painovoimaisesti. Tämän lisäksi hallista, joka toimii tällä hetkellä varastona, löytyy kaksi huippuimuria. Huippuimurit kykenevät vaihtamaan ilmaa tarvittaessa kaksi kertaa tunnissa, koska tilat ovat suunniteltu työkäyttöön. Huippuimureita ei kuitenkaan ole käytetty mainittavasti lämmityskaudella sen jälkeen, kun tilat ovat toimineet lähinnä varastona.

Laajennusosassa, jossa sosiaali- ja toimistotilat nykyään ovat, ilmanvaihto on toteutettu poistoilman osalta koneellisesti, tuloilmapuhallinta ei erikseen ole. Koneellinen ilmanvaihto toimii 24 h/vrk ja 5 vrk/vk viikossa, täten ilma vaihtuu arkisin yhden kerran kahdessa tunnissa.

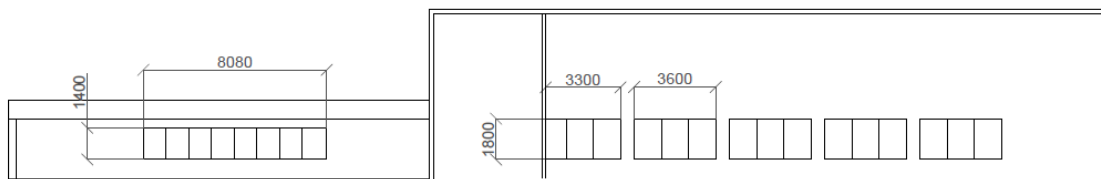
5.3 Rakennekuvat

Kiinteistön alkuperäiset rakennekuvat olivat saatavilla työtä varten, joiden pohjalta piirustusten teko onnistui hyvin.

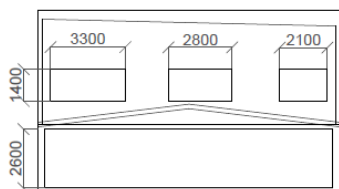


Kuva 4. Kiinteistö kuvattuna etelästä ja ylhäältä. Mitat millimetreinä. Punaisella poistetut ikkunat, vihreällä asennettu nosto-ovi.

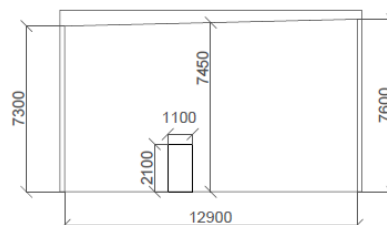
Pohjoinen



Itä

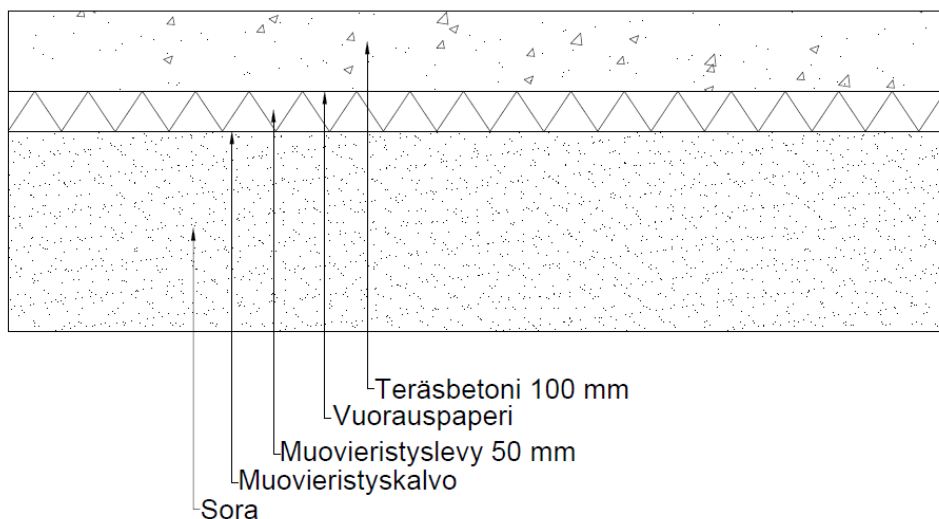


Länsi

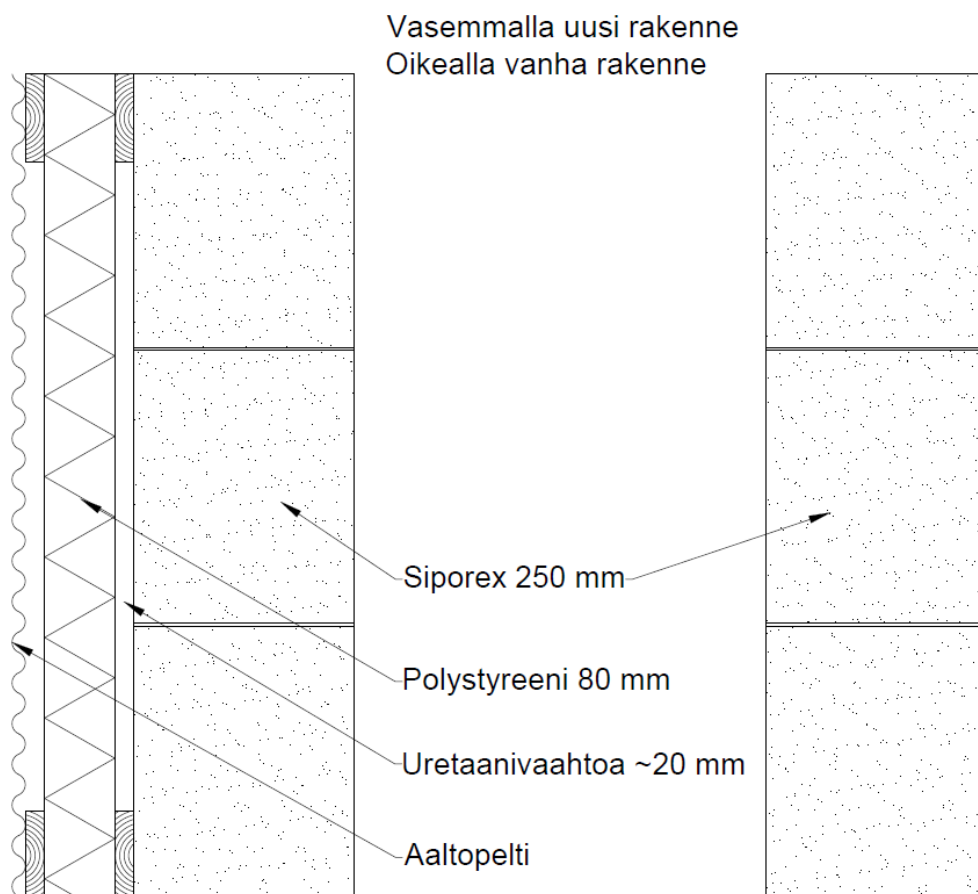


Kuva 5. Kiinteistö kuvattuna pohjoisesta, idästä ja lännestä. Mitat millimetreinä.

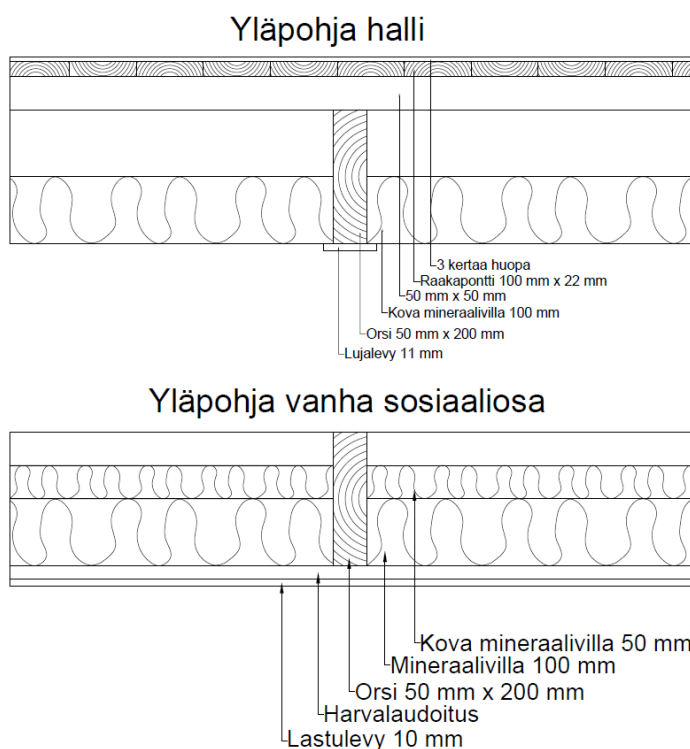
Alapohjan rakenne



Kuva 6. Alapohjan rakenne vuonna 1973 rakennetulle osuudelle.



Kuva 7. Seinärakenne vuonna 1973 rakennetulle osuudelle. Ennen ja jälkeen lisäeristämisen.



Kuva 8. Vanhan rakennusosiuuden yläpohjan rakenteet.

saadut tulokset suhteellisia ulkolämpötilan kanssa. Laskennassa käytetyt lämpötilat ja ajanjakson pituus on esitetty taulukossa 1.

Lämpötilat	
Keskilämpötila, ulko, 2023, T_u	0,51 °C
Keskilämpötila, ulko, 2022, T_u	-0,35 °C
Mitoitus ulkolämpötila, T_{mit}	-29 °C
Maan keskilämpötila lämmityskaudella 2023	5,80 °C
Maan keskilämpötila lämmityskaudella 2022	4,94 °C
Hallin lämpötila	10 °C
Vanha sos.tila+laajennus	19 °C
Ajanjakson pituus, Δt	5088 h

Taulukko 1. Laskennassa käytetyt lämpötilat.

Kiinteistön lämpöhäviöt lasketaan Ympäristöministeriön julkaiseman Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta -ohjeen mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2018.)

6.1 Tilojen lämmitysenergian tarve

Lämpöhäviöt saadaan laskettua alla olevalla kaavalla. Työssä laskettiin lämpöhäviöt kolmelle eri rakennusosuudelle ja nämä yhteenlaskettuna saadaan kokonaislämpöhäviöt ja sitä myötä lämmitysenergian tarve ja sen kehitys.

Alla oleva kaava 1 sisältää tarpeelliset muuttujat lämpöhäviöiden laskentaan, muuttujat tulee kuitenkin johtaa toisista kaavoista, joita käsitellään seuraavissa alaotsikoissa. Lopulliset arvot kaavalle 1, Q_{tila} ja sen muuttujille on laskettu otsikon tulokset alle taulukkoihin 12, 13, 14 ja 15.

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (1)$$

jossa

Q_{tila}	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
Q_{joht}	johtumishäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$Q_{iv,tuloilma}$	tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{iv,korvausilma}$ korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
(Ympäristöministeriö 2018.)

6.1.1 Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi

Jotta kaavassa 1, Q_{tila} , saadaan laskettua arvo Q_{joht} , käytetään siihen alla olevaa kaavaa 2. Lopulliset arvot kaavalle 2, Q_{joht} , on laskettu taulukkoon 2 ja 3, sekä tulokset otsikon alle taulukkoon 12, 13 ja 14.

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinä} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkuna} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäsillat} \quad (2)$$

jossa

Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q_{ikkuna}	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
Q_{muu}	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{kylmäsillat}$	kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh

(Ympäristöministeriö 2018.)

Yllä olevan kaavan 2 eri rakennusosien arvot saadaan laskettua käyttämällä alla olevaa kaavaa 3 Q_{rakosa} , jossa lasketaan lämmönjohtuminen eri rakennusosien läpi lämmityskauden keskilämpötilassa. Lämmityskauden keskilämpötiloina ovat Tampereen siilinkarin mittauspisteen keskilämpötilat ajalta 1.10.2021-30.4.2022 ja ajalta 1.10.2022-30.4.2023. Käytetyt lämpötilat ja ajanjakson pituus ovat taulukossa 1. Kaava 3 sisältää muuttujan U_i , lämmönläpäisykerroin, joka on laskettu seuraavan alaotsikon alle.

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3)$$

jossa

- Q_{rakosa} johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
 U_i rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m² K)
 A_i rakennusosan i pinta-ala, m²
 T_s sisäilman lämpötila, °C
 T_u ulkoilman lämpötila, °C
 Δt ajanjakson pituus, h
1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi
(Ympäristöministeriö 2018.)

	Ennen			Jälkeen		
Halli	U_i	A_i	Q_{rakosa}	U_i	A_i	Q_{rakosa}
Vaippa	W/m ² K	m ²	kWh	W/m ² K	m ²	kWh
Pohjoinen	0,52	153,0	3841,8	0,23	153,0	1670,4
Etelä	0,52	134,1	3367,3	0,23	125,7	1372,7
Itä, lämmin seinä	0,65	96,1	-2860,5	0,65	96,1	-2860,5
Länsi	0,52	93,8	2355,0	0,23	93,8	1023,9
Alapohja	0,73	319,3	4980,4	0,73	319,3	4980,4
Yläpohja	0,45	319,3	6937,4	0,45	319,3	6937,4
Ikkunat						
Pohjoinen	2,8	31,9	4307,4	2,8	31,9	4307,4
Etelä, poistetut ikkunat	2,8	19,4	2628,2	0,22	13,0	139,1
Ovet						
Etelä						
Nosto-ovi1	2	15,4	1486,2	2	15,4	1486,2
Nosto-ovi2	1,5	15,9	1153,8	1,5	15,9	1153,8
Nosto-ovi3				1,5	14,9	1075,5
Itä						
Länsi, Ovi1	2,1	2,3	234,2	2,1	2,3	234,2

Taulukko 2. Q_{rakosa} hallin eri rakennusosille.

	Ennen			Jälkeen		
Sos.tilat	U _i	A _i	Q _{rakosa}	U _i	A _i	Q _{rakosa}
Vaippa	W/m ² K	m ²	kWh	W/m ² K	m ²	kWh
Pohjoinen, alkuperäinen	0,52	37,1	1816,8	0,23	37,1	789,9
Pohjoinen, laajennus	0,26	36,3	887,1	0,26	36,3	887,1
Etelä, alkuperäinen	0,52	33,8	1652,4	0,23	33,8	718,4
Etelä, laajennus	0,26	32,6	797,9	0,26	32,6	797,9
Itä, alkuperäinen	0,52	51,6	2524,5	0,23	51,0	1083,9
Itä, laajennus	0,26	33,0	807,7	0,26	33,0	807,7
Länsi, hallin seinä	0,65	96,1	2860,5	0,65	96,1	2860,5
Alapohja, alkuperäinen	0,73	62,2	3046,1	0,73	62,2	3046,1
Alapohja, laajennus	0,29	231,1	4503,3	0,29	231,1	4503,3
Yläpohja, alkuperäinen	0,29	62,2	1715,3	0,29	62,2	1715,3
Yläpohja, laajennus	0,18	231,1	3914,1	0,18	231,1	3914,1
Ikkunapinta-ala						
Pohjoinen	1,70	11,3	1809,1	1,7	11,3	1809,1
Etelä	1,70	7,3	1163,0	1,7	7,3	1163,0
Itä	2,8	11,5	3024,0	1	11,5	1080,0
Ovet						
Etelä						
Ovi2	3,1	3,4	979,9	1	3,4	316,1
Ovi3	2,1	2,6	506,2	2,1	2,6	506,2
Ovi4	2,1	2,6	506,2	2,1	2,6	506,2
Ovi5	2,1	2,6	506,2	2,1	2,6	506,2

Taulukko 3. Q_{rakosa} alkuperäisen sosiaalitalan ja laajennuksen eri rakennusosille.

Kaavan 3 Q_{rakosa} lisäksi tarvitaan tieto kylmäsiltojen tuomasta lämpöhäviöstä, joka lasketaan alla olevalla kaavalla 4 Q_{kylmäsilta}. Tulokset taulukossa 4, lähtötiedot liitteessä 2. Lämmityskauden keskilämpötiloina ovat Tampereen Siilinkarin mittauspisteen keskilämpötilat ajalta 1.10.2021-30.4.2022 ja ajalta 1.10.2022-30.4.2023. Käytetyt lämpötilat ja ajanjakson pituus löytyvät taulukosta 1.

$$Q_{kylmäsilta} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

jossa

Q _{kylmäsilta}	johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh
l _k	viivamaisen kylmäsilan pituus, m
Ψ _k	viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m ² K)
T _s	sisäilman lämpötila, °C
T _u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi
(Ympäristöministeriö 2018.)

Kylmäsiilat			2023	2022	Mitoitus, -29 °C
Yläpohja-seinä	l_k , pituus, m	Ψ_k , W/(m K)	kWh	kWh	W
Siporex-puu	62,40	0,04	120,5	131,4	97,3
Siporex-puu, sostila	22,54	0,04	84,8	88,7	43,3
Puu-puu	49,30	0,05	231,9	242,6	118,3
Seinä-välipohja					
Betoni-siporex	12,90	0,1	121,4	127,0	61,9
Seinä-seinä, ulko					
Siporex-siporex	14,90	0,05	36,0	39,2	29,1
Siporex-siporex,	9,70	0,05	45,6	47,7	23,3
Puu-puu	5,20	0,04	19,6	20,5	10,0
Siporex-puu	5,20	0,04	19,6	20,5	10,0
Alapohja-seinä					
Siporex-betoni	50,50	0,09	219,5	239,2	177,3
Siporex-betoni	20,94	0,09	177,3	185,5	90,5
Puu-betoni	45,64	0,1	429,4	449,2	219,1
Ovet					
Halli	53,65	0,07	181,3	197,7	146,5
sostilat	7,40	0,07	48,7	51,0	24,9
Laajennus	19,92	0,04	75,0	78,4	38,2
Ikkunat					
halli	53,40	0,07	180,5	196,8	145,8
sostilat	24,80	0,07	163,3	170,9	83,3
Laajennus	38,32	0,04	144,2	150,9	73,6

Taulukko 4. Taulukko kylmäsiilojen lämpöhäviöistä. Sinisellä halli, punaisella alkuperäinen sosiaaliosa ja vihreällä laajennus.

6.1.1.1 Lämmönjohtavuus

Lämmönläpäisykertoimen laskemiseksi tarvitaan lähtötiedoiksi eri materiaalien lämmönjohtavuus, eli λ -arvo. Työssä tarvittavat λ -arvot ovat taulukossa 5. Lisäksi tarvitaan tieto lämmönvastuksesta R_{su} , joka lasketaan kaavalla 5. Lämmönvastuksen laskemiseksi tarvitaan tieto eri rakennusosien rakenteesta, niiden kerrospaksuudesta ja materiaalista. Tiedot löytyvät taulukoista 5, 6 ja 7. Lämmönvastuksen käänteislukuna saadaan lämmönläpäisykerroin U_i , kaavalla 6. Kiinteistön laajennusosan lämmönläpäisykertoimet löytyvät kuvasta 9.

$$R_{su} = \sum \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \dots \quad (5)$$

jossa

R_{12} lämmönvastus, $m^2 K/W$

d rakenneosan paksuus, m

λ materiaalin lämmönjohtavuus, W/mK

(Suvanto 2015, 457.)

$$U_i = \frac{1}{R_{su}} \quad (6)$$

jossa

U_i lämmönläpäisykerroin, W/m^2K

R_{su} lämmönvastus, $m^2 K/W$

(Suvanto 2015, 469.)

Lämmönjohtavuus, λ	W/mK
Siporex	0,13
Polystyreeni	0,04
Mineraalivilla	0,045
Betoni	1,8
Muovieristyslevy	0,038
Lastulevy	0,13

Taulukko 5. Lämmönjohtavuus eri materiaaleissa. (Suvanto 2015, 456.)

Lämmönvastus, R_{su}			
Halli	d m	Ennen m^2K/W	Jälkeen m^2K/W
Ulkoseinä,		1,92	4,42
Siporex	0,25		
Polystyreeni	0,1		
Väliseinä		1,54	1,54
Siporex	0,2		
Poistetut ikkunat	0,08	-	4,50
Alapohja		1,37	1,37
Betoni	0,1		
Muovieristyslevy	0,05		
Yläpohja		2,22	2,22
Kova min.villa	0,1		

Taulukko 6. Hallin vaipan rakenne ja lämmönvastus ennen ja jälkeen energiaremontin.

Lämmönvastus, R_{12}			
Sos.tilat	d	Ennen	Jälkeen
Alkuperäinen	m	m^2K/W	m^2K/W
Ulkoseinä		1,92	4,42
Siporex	0,25		
Polystyreeni	0,1		
Väliseinä		1,54	1,54
Siporex	0,2		
Yläpohja		3,41	3,41
Kova min.villa	0,05		
Min.villa	0,1		
Lastulevy	0,01		

Taulukko 7. Alkuperäisen sosiaalitalon vaipan rakenne ja lämmönvastus ennen ja jälkeen energiaremontin.

6.1.2 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Rakennukset, etenkin vanhat sellaiset, eivät useinkaan ole rakenteeltaan tiiviitä ja sen takia ne päästävät vuotoilmaa sisätiloihin. Vuotoilma tulee ottaa huomioon laskennassa ilmanvaihdon lisäksi. Vuotoilma lasketaan kaavalla 6 $Q_{vuotoilma}$. Laskennassa käytetyt lämpötilat ja ajanjakson pituus löytyvät taulukosta 1. Tulokset löytyvät taulukosta 8 ja

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (6)$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m^3/s
T_s	sisäilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
T_u	ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

(Ympäristöministeriö 2018.)

Yllä oleva kaava 6 sisältää tuntemattoman muuttujan, q_v , vuotoilma, joka tulee laskea erikseen alla olevalla kaavalla 7, jotta vuotoilman lämmittämiseen tarvittava energian määrä selviää. Tulokset löytyvät taulukosta 8.

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad (7)$$

jossa

q_v , vuotoilma vuotoilmavirta, m³/s

q_{50} rakennusvaipan ilmapuotoluku, m³/(h m²)

A_{vaippa} rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m²

x kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeammille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m. Vain maanpinnan yläpuoliset kerrokset lasketaan.

3600 kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m³/h yksikköön m³/s. (Ympäristöministeriö 2018.)

Vuotoilma	A_{vaippa}			
Halli	1104,4 m ²		ρ_i	1,2 kg/m ³
Vanha sos.tila	250,2 m ²		c_{pi}	1000 J/(kg K)
Laajennus	590,5 m ²		$T_{s,halli}$	10
	Jälkeen	Ennen	$T_{s,sostila}$	19 °C
q_{50} , Halli	6	12,00	$T_{s,laajennus}$	19 °C
q_{50} , Vanha sostila	4	8	$T_{u,2022}$	-0,35 °C
q_{50} , Laajennus	4	4	$T_{u,2023}$	0,51 °C
			Kerroin	1000 Wh->kWh
Halli	2023	2022		
$q_{v,vuotoilma}$	0,077	0,153 m ³ /s	Mitoitusteho, -29	
$Q_{vuotoilma}$, ennen	8887,7	9688,5 kWh	7178,7 W	
$Q_{vuotoilma}$, jälkeen	4443,9	4844,2 kWh	3589,3 W	
Vanhasos	2023	2022		
$q_{v,vuotoilma}$	0,012	0,023 m ³ /s	Mitoitusteho, -29	
$Q_{vuotoilma}$, ennen	2615,7	2736,7 kWh	1334,6 W	
$Q_{vuotoilma}$, jälkeen	1307,9	1368,3	667,3 W	
Laajennus	2023	2022		
$q_{v,vuotoilma}$	0,019	0,019 m ³ /s	Mitoitusteho, -29	
$Q_{vuotoilma}$	2116,1	2214,0 kWh	1079,7 W	

Taulukko 8. Kiinteistön vuotoilman lämpenemiseen vaadittava energia.

Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten energiatehokkuudesta heikon ilmanpitävyyden rakennuksille tyypilliseksi arvoksi annetaan asuinkerrostaloille ja toimistorakennuksille arvo väliltä 8–20, kuva 10. Työssä käsiteltävä alkuperäinen kiinteistö on vuodelta 1973 ja epäilemättä ilmanpitävyydeltään heikko, etenkin ennen remonttia. Tämän aikakauden teollisuuskiinteistölle ei löydy tyypillisiä arvoja, joten q_{50} lukuna alkuperäisessä kunnossa ollessa arvioitiin luku 12, mikä eristämisen ja pellittämisen myötä arvioitiin uudelleen lukuun 6. Vuotoilman puolittuminen on perusteltua, kun ottaa huomioon, että halli vuorattiin jokaiselta seinustalta polystyreenillä, sekä ilmaraot tilkittiin uretaanivaahdolla. Näillä arvoilla vuotoilman suuruusluokka pysyi myös kohtuullisena ja linjassa muun energiankulutuksen kanssa.

Alkuperäiseen rakennukseen kuuluvan vanhan sosiaali-tilan vuotoilmaluvuksi arvioitiin lähtötilanteessa 8. Luku arvioitiin pienemmäksi kuin halliosuudella, koska sosiaali-tilassa on vain yksi ovi, sekä ikkunoita maltillisemmin. Remontin yhteydessä tämän osuuden ikkunat ja ovi vaihdettiin nykyaikaisempiin, joten uuden vuotoilmaluvun arvioitiin jälleen puolittuneen arvoon 4.

Tavoite-ilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h \cdot m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Pientalot 1,0 – 3,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu talvanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Pientalot 3,0 – 5,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Pientalot 5,0 – 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Kuva 10. Tyypillisiä rakennuksen ilmapuotolukuja (n_{50}) ja rakennusvaipan ilmapuotolukuja (q_{50}) erilaisille rakennuksille. (Ympäristöministeriö 2018.)

Myöhemmin rakennettu laajennusosuus edustaa jo uudempaa rakennustekniikkaa, ja tyyppilisiä keskiarvoja tämän ikäisille rakennuksille/pientaloille on arvot alle 4 (Erkkilä, 2013). Koska kiinteistössä ei tehty tarvittavia mittauksia, lukua ei voi ainakaan alentaa ilman perusteluja, joten laajennukselle päädyttiin arvioimaan vuotoilmaluvuksi arvo 4.

6.1.3 Korvausilman lämpenemisen energian tarve

Laskettaessa ilmanvaihdon luomaa lämmitysenergian tarvetta, tulee ilman vaihtuvuus olla tiedossa. Mikäli rakennuksessa on koneellinen tai painovoimainen ilmanvaihto, ilman tuloilmapuhallinta, tapahtuu ilman lämmittäminen rakennuksen sisätiloissa. Tällöin puhutaan korvausilmasta, joka lasketaan kaavalla 8 $Q_{iv,korvausilma}$. Tulokset löytyvät taulukoista 9, 10 ja 11.

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (8)$$

jossa

$Q_{iv,korvausilma}$ korvausilman lämpenemisen tarve, kWh

ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v, korvausilma}$ korvausilmavirta, m³/s

T_u ulkoilman lämpötila, °C

T_s sisäilman lämpötila, °C

Δt ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

(Ympäristöministeriö 2018.)

Alkuperäisen rakennuksen ilman vaihtuvuus ei ole tiedossa, kun huippuimureita ei käytetä. Laskelmissa käytettiin varastoille, missä ei työskennellä, soveltuvaa arvoa 0,35 dm³/s m², mikä löytyy Ympäristöministeriön oppaasta ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa. (Ympäristöministeriö 2019.)

1980 rakennetussa laajennusosassa ilmanvaihto on mitoitettu siten, että ilma vaihtuu kerran kahdessa tunnissa. Ilmanvaihto on päällä automaattisesti kellolla arkipäivisin.

Hallin ilmanvaihto	2023	2022	yksikkö
Q_{iv}	6474,9	7058,3	kWh
t_d	1	1	h/24h
t_v	1	1	vrk/7vrk
ρ_i	1,2	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	1000	J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	0,112	0,112	m ³ /s
T_s	10	10	°C
T_u	0,51	-0,35	°C
Δt	5088	5088	h
kerroin	1000	1000	

Taulukko 9. Hallin korvausilman tarvitsema lämmitysenergia, ilman huippuimureita.

Sostilan ilmanvaihto	2023	2022	yksikkö
Q_{iv}	4913,6	5140,8	kWh
t_d	1	1	h/24h
t_v	1	1	vrk/7vrk
ρ_i	1,2	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	1000	J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	0,044	0,044	m ³ /s
T_s	19	19	°C
T_u	0,51	-0,35	°C
Δt	5088	5088	h
kerroin	1000	1000	§

Taulukko 10. Alkuperäisen sosiaali-tilan korvausilman tarvitsema lämmitysenergia.

Laajennuksen ilmanvaihto	2023	2022	yksikkö
Q_{iv}	6730,6	7041,8	kWh
t_d	1	1	h/24h
t_v	0,71	0,71	vrk/7vrk
ρ_i	1,2	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	1000	J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	0,083	0,083	m ³ /s
T_s	19	19	°C
T_{sp}	0,51	-0,35	°C
Δt	5088	5088	h
kerroin	1000	1000	

Taulukko 11. Laajennuksen korvausilman tarvitsema lämmitysenergia.

7 Tulokset

Vanhan siporex-rakenteisen hallin lisäeristäminen 80 mm:llä polystyreenilevyä ja rakojen tilkkiminen uretaanivaahdolla toi merkittävän parannuksen kiinteistön energiatehokkuuteen. Tarkasteltaessa vain seinärakenteita, joihin lisäeristeet asennettiin, on nykyinen lämpöhäviö noin 43 % alkuperäisestä. Seinien eristämisen lisäksi vanhojen ikkunoiden poistolla oli vaikutusta lämpöhäviöihin noin 2500 kWh. Vuotoilman pienentyminen, vaikkakin arvioon perustuen, toi myös huomattavan lisän energiansäästöön, noin 4444 kWh. Vaikka yhden nosto-oven lisääminen halliin korotti lämpöhäviöitä noin 1080 kWh, niin kokonaisuudessaan hallin energiankulutusta saatiin laskettua merkittävästi.

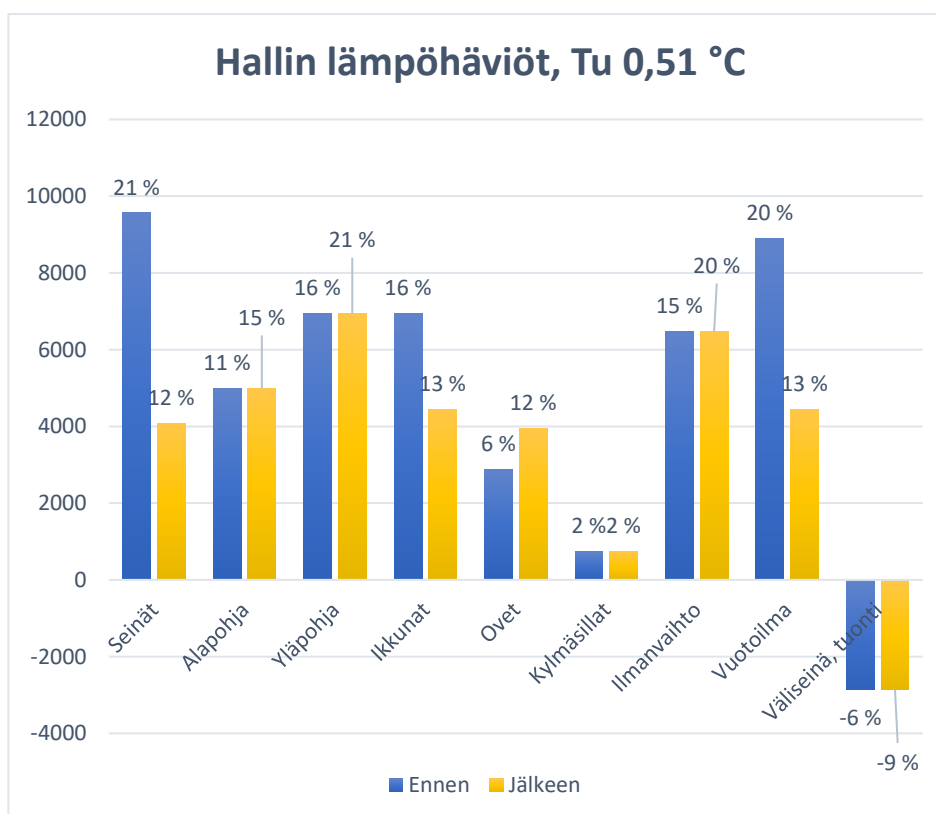
Taulukossa 12 hallin lämpöhäviöt rakennusosittain. Taulukon arvot laskettu käyttäen kaavoja 1 ja 2. Kaaviossa 1 esitetty lämpöenergiatase prosentteina eri rakennusosissa, ennen ja jälkeen energiaremontin. Häviöt pienenevät siten noin:

$$44532 \text{ kWh} - 33177 \text{ kWh} = 11355 \text{ kWh}$$

Mikä on noin 74,5 % lähtötilanteesta

Halli, lämpöhäviöt, T_u 0,51 °C				
	Ennen		Jälkeen	Osuus alkuperäisestä
Seinät	9564 kWh	Seinät	4067 kWh	43 %
Alapohja	4980 kWh	Alapohja	4980 kWh	100 %
Yläpohja	6937 kWh	Yläpohja	6937 kWh	100 %
Ikkunat	6936 kWh	Ikkunat	4446 kWh	64 %
Ovet	2874 kWh	Ovet	3950 kWh	137 %
Kylmäsillat	738 kWh	Kylmäsillat	738 kWh	100 %
Ilmanvaihto	6475 kWh	Ilmanvaihto	6475 kWh	100 %
Vuotoilma	8888 kWh	Vuotoilma	4444 kWh	50 %
Väliseinä, tuonti	-2860 kWh	Väliseinä, tuonti	-2860 kWh	100 %
Yhteensä	44532 kWh	Yhteensä	33177 kWh	74,5 %

Taulukko 12. Halliosuuden lämpöhäviöt rakennusosittain, ennen ja jälkeen energiaremontin. Lämpötilana käytetään vuoden 2023 lämmityskauden keskilämpötilaa.



Kaavio 1. Lämpöhäviöt kilowattitunteina. Siniset pylväät ennen remonttia, keltaiset remontin jälkeen. Prosentteina osuus hallin kokonaiskulutuksesta.

Alkuperäisen sosiaalitalon osalta seinien eristäminen toi samanlaisen parannuksen lämpöhäviöihin. Häviöiden ollessa nyt 43 % lähtötilanteesta. Ikkunoiden ja oven päivitys nykyaikaisiin toi noin 2750 kWh:n parannuksen

lämpöhäviöihin, mikä on osaltaan myös merkittävä parannus. Vuotoilman rooli tämän rakennusosuuden lämpöhäviöiden parantumisessa on noin 1308 kWh.

Taulukossa 13 alkuperäisen sosiaaliosan lämpöhäviöt rakennusosittain.

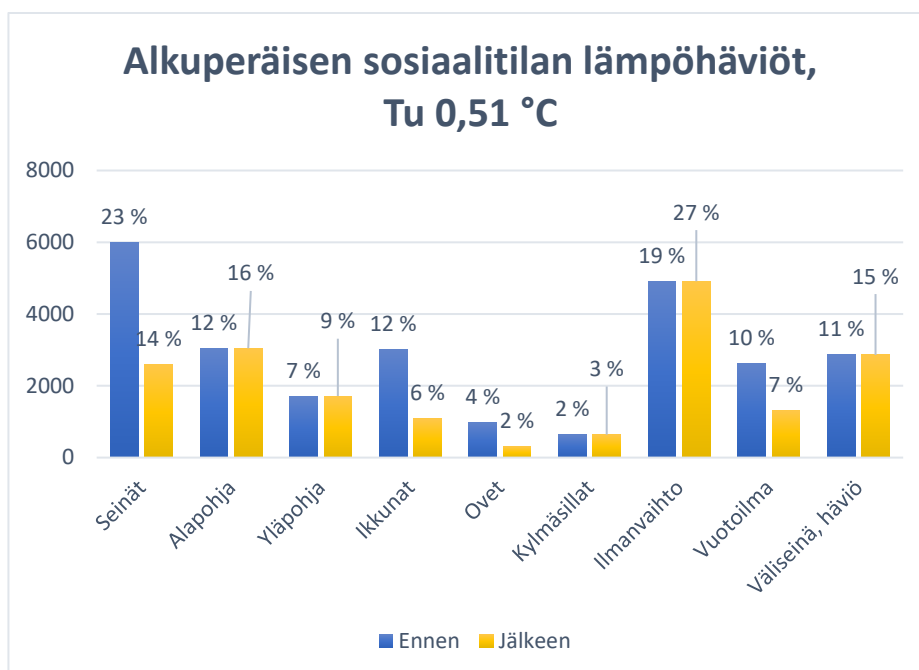
Kaaviossa 2 lämpöenergiatase prosentteina eri rakennusosille, ennen ja jälkeen energiaremontin. Laskettu kaavoilla 1 ja 2. Lämpöhäviöiden osalta parannus on täten:

$$25790 \text{ kWh} - 18473 \text{ kWh} = 7317 \text{ kWh}$$

Lämpöhäviöt ovat siten noin 71,6 % alkuperäisestä.

Alkuperäiset sosiaalitilat, lämpöhäviöt, T_u 0,51 °C				
	Ennen		Jälkeen	osuus alkuperäisestä
Seinät	5994 kWh	Seinät	2592 kWh	43 %
Alapohja	3046 kWh	Alapohja	3046 kWh	100 %
Yläpohja	1715 kWh	Yläpohja	1715 kWh	100 %
Ikkunat	3024 kWh	Ikkunat	1080 kWh	36 %
Ovet	980 kWh	Ovet	316 kWh	32 %
Kylmäsiilat	641 kWh	Kylmäsiilat	641 kWh	100 %
Ilmanvaihto	4914 kWh	Ilmanvaihto	4914 kWh	100 %
Vuotoilma	2616 kWh	Vuotoilma	1308 kWh	50 %
Väliseinä	2860 kWh	Väliseinä	2860 kWh	100 %
Yhteensä	25790 kWh	Yhteensä	18473 kWh	71,6 %

Taulukko 13. Alkuperäisen sosiaaliosan lämpöhäviöt rakennusosittain, ennen ja jälkeen energiaremontin. Lämpötilana käytetään vuoden 2023 lämmityskauden keskilämpötilaa.

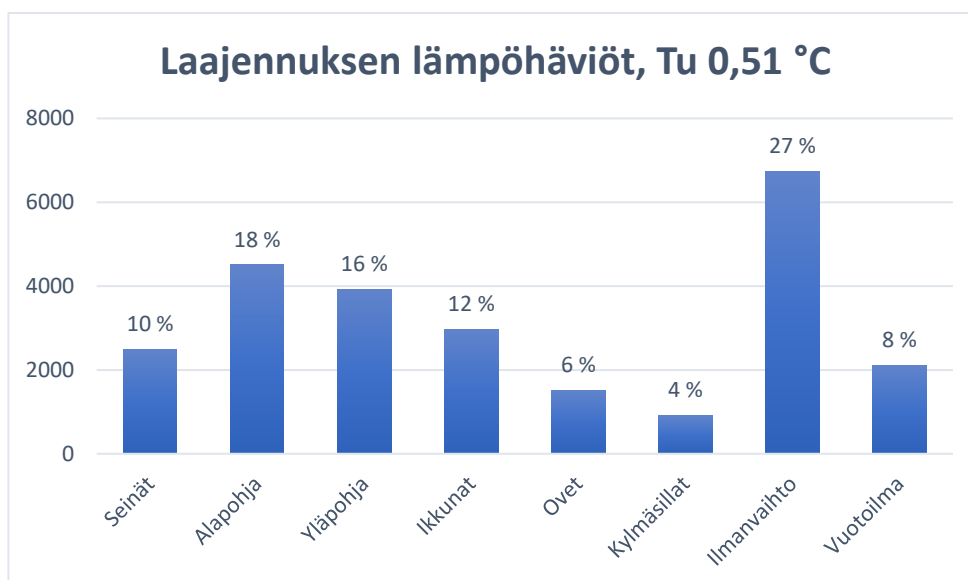


Kaavio 2. Alkuperäisen sosiaaliosan lämpöhäviöt kilowattitunteina. Siniset pylväät ennen remonttia, keltaiset remontin jälkeen. Prosentteina osuus alkuperäisen sosiaalitalan kokonaiskulutuksesta.

Laajennusosalle ei tehty remontin yhteydessä toimenpiteitä, joten sen lämpöhäviöissä ei tapahtunut muutoksia tarkastelujakson aikana. Taulukossa 14 lämpöhäviöt rakennusosittain. Kaaviossa 3 lämpöenergiatase prosentteina eri rakennusosille.

Laajennus, lämpöhäviöt, T _u 0,51 °C	
Seinät	2493 kWh
Alapohja	4503 kWh
Yläpohja	3914 kWh
Ikkunat	2972 kWh
Ovet	1518 kWh
Kylmäsillat	920 kWh
Ilmanvaihto	6731 kWh
Vuotoilma	2116 kWh
Yhteensä	25167 kWh

Taulukko 14. Laajennusosan lämpöhäviöt rakennusosittain. Lämpötilana käytetään vuoden 2023 lämmityskauden keskilämpötilaa.



Kaavio 3. Laajennuksen lämpöhäviöt kilowattitunteina. Prosentteina osuus laajennuksen kokonaiskulutuksesta.

Lämpöenergian tarve ennen energiaremonttia:

$$44532 \text{ kWh} + 25790 \text{ kWh} + 25167 \text{ kWh} = 95489 \text{ kWh}$$

Lämpöenergian tarve energiaremontin jälkeen:

$$33177 \text{ kWh} + 18473 \text{ kWh} + 25167 \text{ kWh} = 76817 \text{ kWh}$$

Lämpöenergian tarpeen muutos kiinteistössä:

$$95489 \text{ kWh} - 76817 \text{ kWh} = 18672 \text{ kWh}$$

Tarkasteltaessa koko kiinteistön energiankulutusta, saadaan lämpöenergian kulutukseksi energiaremontin jälkeen noin 80,4 % lähtötilanteesta.

Lämmitysenergian vähenemisenä se tarkoittaa noin 18672 kWh/lämmityskausi, jota voidaan pitää merkittävänä paranemisena. Huipputehon tarve mitoituspakkasilla -29 °C, oli lähtötilanteessa 57,4 kW ja energiaremontin jälkeen 44,5 kW. Huipputehon tarve väheni siten noin 12,9 kW, eli tehon tarve on noin 77,5 % alkuperäisestä.

Energia	Ennen	Jälkeen	Yksikkö	Erotus	yksikkö
2023 keksilämpötilalla T_u 0,51 °C	95488,8	76816,9	kWh	18672	kWh
2022 keskilämpötilalla T_u -0,35 °C	104078,8	82975,8	kWh	21103	kWh
Huipputehon tarve	Ennen	Jälkeen			
Huipputeho -29 °C	57,4	44,5	kW	12,9	kW

Taulukko 15. Laskennallinen kokonaisenergiankulutus vuosille 2022 ja 2023, ennen ja jälkeen lisäeristämisen, sekä huipputeho mitoituspakkasilla.

8 Pohdinta

Vuonna 1973 rakennetun kiinteistön ja siihen v. 1980 rakennetun toimistolaajennuksen energiatehokkuudessa on paljon kehitettävää, vaikka rakennustekniset ratkaisut ovatkin olleet aikansa mukaisia. 50 vuotta sitten energian hinta on ollut edullista eikä rakennuksia ole suunniteltu energiatehokkuutta ajatellen. Kiinteistöjä voidaan kuitenkin kehittää jälkikäteen tehokkaammiksi, ja näin saada aikaan merkittäviä säästöjä erityisesti käytetystä lämmitysenergiasta.

Tämän ikäluokan kiinteistöissä lisäeristäminen on tehokkain keino saavuttaa kustannussäästöjä. Lisäeristämisen jälkeen tehtävät toimenpiteet kohdistuvat lämmitysjärjestelmiin, ilmanvaihtoon sekä lämmöntalteenottoon. Valaistuksen vaihtaminen energiatehokkaisiin led-valoihin on toimenpiteenä järkevä, mutta kokonaisuutta ajatellen energiankulutukseen sen vaikutus on varsin maltillinen.

Vanhoja loisteputkivaloja päivitetään kohteessa led-valoihin sitä mukaan, kun vanhojen käyttöikä tulee tiensä päähän. Osa laajennuksen valoista on jo vaihdettu. Samoin hallissa noin 1/3 vanhoista loisteputkista on vaihdettu led-valoihin. Niiden vaikutus pelkästään valaistuksen tehoon on jo merkittävä.

Työ voi olla hyödyksi, kun saman ikäluokan rakennuksille suunnitellaan energiaremontteja. 1970- ja 1980- luvuilla Suomeen rakennettiin paljon teollisuuskiinteistöjä ja näistä merkittävä osa on vielä käytössä. Saadut tulokset

ovat helposti verrattavissa muihin samantyyppisiin kiinteistöihin, joille halutaan saada lisää käyttöikää remontin tuomien säästöjen turvin.

8.1 Pohdintaa jatkotoimenpiteistä

Kun kohdetta tarkastellaan jatkotoimenpiteiden suhteen, niin vaihtoehdot ovat sinänsä melko rajalliset saatavien säästöjen suhteen. Siporexin lisäeristäminen on tehty valmistajan ohjeen mukaisesti maksimoidulla tavalla. Laajennuksen osalta seinien lisäeristämällä ei saada aikaan merkittäviä säästöjä työn laajuuteen nähden. Muilta osin säästökohteina ovat ikkunat, ovet, ilmanvaihtoon liitettävät LTO-järjestelmät sekä PILP.

Päivittämällä laajennusosan ulko-ovet (3 kpl), joiden U-arvo on nykytilassa 2,1, U-arvoltaan 1,0 luokan oviin, toisi se energiansäästöä noin 795 kWh (n. 1 %). Laajennusosan ikkunoiden päivitys U-arvosta 1,7 arvoon 1,0 toisi säästöä noin 1224 kWh (n. 1,6 %). Kokonaisuudessaan ikkuna- ja oviremontilla olisi saavutettavissa siten noin 2019 kWh vuotuiset energian säästöt.

Laajennukseen voisi olla potentiaalista mieltä joko LTO- tai PILP-järjestelmää. Nykyinen ilmanvaihto vie vuositasolla noin 6731 kWh lämmintä ilmaa ulos. Poistoilmasta voisi LTO-järjestelmällä saada talteen korkeintaan noin 70–80 %, joka tarkoittaisi noin 4712 kWh–5385 kWh lämpöenergiaa. Energiamääränä hyöty olisi varsin suuri, noin 20 % laajennuksen kokonaiskulutuksesta.

Hallin ikkunoiden vaihtaminen nykyisistä U-arvoltaan 2,8, U-arvon 1,0 ikkunoihin toisi energiansäästöä noin 2769 kWh (3,6 %) vuodessa. Halliosuuden lisäeristäminen yläpohjan osalta on ollut ajatuksena ilmoilla. Jos yläpohjaan lisättäisiin mineraalivillaa 0,2 m, tarkoittaisi se lämpöhäviöiden vähenemisenä noin 4625 kWh (6 %). Jos mineraalivillaa lisättäisiin 0,3 m, olisi säästö 5203 kWh (6,8 %).

LTO-järjestelmän tai PILP:n asentaminen halliosuuteen on suurella todennäköisyydellä poissuljettua. Vaikka halli onkin nyt käytössä varastona, niin

optio tilojen ottamisesta taas työkäyttöön on pidettävä avoinna. Työkäytössä ilmanlaatu olisi todennäköisesti heikkoa, jolloin järjestelmien likaantuminen olisi todennäköisesti ongelma. Nykyaikaisilla suodattimilla asian voisi toki saada ratkaistua. Suodattimien puhdistusväli herättää kuitenkin kysymyksiä. Halliin on suunnitelmissa asentaa Ikavote Oy:n valmistama AirHot 50 (50 kW) ilmalämmitin, joka käyttää polttoaineena pilkettä.

Yhtenä vaihtoehtona, jossa hyödynnettäisiin nykyistä vesikiertoista lämmitysjärjestelmää, olisi IVLP. IVLP:n ja toisaalta myös PILP:n osalta suurin hankaluus tulee siitä, ettei nykyisessä vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä ole lainkaan varaajaa. Eikä varaajalle ole varsinaisesti paikkaa mihin sen mahtuisi hyvin sijoittamaan. Tämä luo merkittävän haitan molempien järjestelmien täyden hyödyn saamisen kannalta, ja toisaalta lisää asennuskustannuksia ja hankintahintaa.

8.2 Luotettavuus ja eettisyys

Ylöjärven konepaja Oy:llä on tontilla kaksi kiinteistöä, jotka ovat saman sähköliittymän takana, eikä niillä ole erillisiä mittareita kulutuksen jakamiseksi. Vaikka energiayhtiöiltä saatava data on tuntikohtaista, niin kulutuksen erottelu on haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Tämän takia kulutusdataa ei työssä hyödynnetty, mikä jättää työn arvon teorian tasolle.

Teorian tasolla työtä voidaan pitää kuitenkin tarpeellisena, koska energiaremontin yhteydessä seinien rakenne ja lämmitysjärjestelmät muuttuivat merkittävästi. Pelkän kulutusdatan perusteella lämpöhäviöiden arviointi olisi vaikeaa, koska osa lämmitysenergiasta tuotetaan lämpöpumpuilla, joiden COP-arvot voivat olla Suomen olosuhteissa vaikea todentaa.

Suurimmat epäluottamusta aiheuttavat seikat ovat arviot rakennuksen vuotoilman määristä, joita ei ole todennettu mittaamalla, vaan arvioimalla. Tämän lisäksi alkuperäisen rakennusosuuden painovoimaisen ilmanvaihdon arvot ovat arvioita. Vaikka arviot pohjautuvatkin Ympäristöministeriön

oppaaseen rakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa, niistäkään ei ole todennettua mittausdataa arvion tueksi.

Eettisinä näkökulmina merkittävimmät tekijät ovat fossiiliset polttoaineet ja lähiympäristö. Kiinteistö sijaitsee pohjavesialueella ja kaupungin toimesta esimerkiksi maalämpökaivojen poraamista on alueella rajoitettu merkittävästi, mikä käytännössä sulkee maalämmön pois lämmitysmuodoista.

Fossiilisista polttoaineista tulisi pitkällä tähtäimellä luopua etenkin päälämmitysmuotona. Maakaasusta luopuminen oli yritykselle itsestään selvää Venäjän hyökkäyssodan aloittamisen seurauksena. Öljylämmitys voi olla jossain määrin perusteltua lisälämmitysmuotona sen edullisen hankintahinnan ja paikoitellen korkean sähkön hinnan takia.

Öljypolttimen asennusta kaasupolttimen tilalle voidaan perustella myös siltä osin, että mahdollisten sähkökatkojen aikana lämmitysjärjestelmä saadaan pidettyä toiminnassa aggregaatin tuottaman energian avulla, eikä riskiä esimerkiksi putkien jäätymisen suhteen tällöin ole.

Lähteet

- Bioenergia Ry 2023. Pellettienergia.
<https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/> 10.5.2023
- Energiatehokas koti 2023a. Puulämmitys.
https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys 12.12.2023
- Energiatehokas koti 2023b. Pilkelämmitys.
https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pikelammitys 12.12.2023
- Energiatehokas koti 2020. Hakelämmitys.
https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/hakelammitys 12.12.2023
- Energiatehokas
- Energytech 2023. Mistä ilmalämpöpumpun lämpö tulee.
<https://www.energytech.fi/mista-lampopumpun-lampo-tulee> 9.5.2023
- Erkkilä, J. 2013. Ilmatiiveys 1980- ja 1990-luvulla rakennetuissa pientaloissa. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57805/Erkkila_Jonne.pdf?sequence=1 15.11.2023
- Gasum 2023. Maakaasumarkkina Suomessa.
<https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasumarkkina-suomessa/> 12.12.2023
- Hiilitieto Ry 2023. Hiili Suomessa.
<https://hiilitieto.fi/hiilitietoa/hiili-suomessa/> 12.12.2023.
- Ilmatieteenlaitos 2023. Havaintojen lataus.
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus> 2.10.2023
- IVAeris Oy 2023. Lämmöntalteenotto ja hyötysuhde.
<https://www.tietosalkku.fi/lammontalteenotto-ja-hyotysuhde> 12.12.2023
- Maalämpö 2023. Suora sähkölämmitys.
<http://www.maalampo.fi/artikkelit/suora-sahkolammitys/> 11.5.2023
- Motiva 2023. Rakentaminen ja rakennukset.
https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset 6.5.2023
- Sulpu Ry 2023a. Tietoa lämpöpumpuista.
<https://www.sulpu.fi/lampopumput/> 9.5.2023
- Sulpu Ry 2023b. Ilmalämpöpumppu.
<https://www.sulpu.fi/lampopumput/ilmalampopumput/> 9.5.2023
- Sulpu Ry 2023c. Maalämpöpumppu.
<https://www.sulpu.fi/lampopumput/maalampopumput/> 9.5.2023
- Sulpu Ry 2023d. Poistoilmalämpöpumppu.
<https://www.sulpu.fi/lampopumput/poistoilmalampopumput/> 9.5.2023
- Sulpu Ry 2023e. Ulkoilma-vesilämpöpumppu.
<https://www.sulpu.fi/lampopumput/ilma-vesilampopumput/> 9.5.2023
- Suomen Lämmitystieto Oy 2023. Öljylämmitysjärjestelmän toiminta.
<https://oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljylammitysjarjestelman-toiminta/> 12.12.2023
- Suvanto, K. 2015. Tekniikan fysiikka 1. Keuruu: Edita

- Tilastokeskus 2023.
https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html 8.5.2023.
- Tom Allen Senera 2023. Lämmöntalteenotto.
<https://www.tomallensenera.fi/lammon-talteenotto> 12.12.2023
- Virta, J. & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. 1. painos. Helsinki:
Kiinteistöalan Kustannus Oy.
https://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja/1.
- Ympäristöministeriö Suomenrakentamismääräyskokoelma 2018.
Energiatehokkuus, rakennuksen energiankulutuksen ja
lämmitystehontarpeen laskenta PDF 30.10.2023
- Ympäristöministeriö Suomen rakentamismääräyskokoelma 2019
Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa
PDF 13.11.2023

Keskilämpötilat

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Havaintoa: Vuosi		Kuukausi	Päivä	Aika [Paikallman keskilämpötila [°C]								
1	Tampere S 2021	10	01	03:00	9,546		Tampere S 2022	10	01	03:00	7,869		
2	Tampere S 2021	10	02	03:00	9,646		Tampere S 2022	10	02	03:00	8,469		
3	Tampere S 2021	10	03	03:00	10,646		Tampere S 2022	10	03	03:00	6,969		
4	Tampere S 2021	10	04	03:00	11,546		Tampere S 2022	10	04	03:00	8,369		
5	Tampere S 2021	10	05	03:00	10,846		Tampere S 2022	10	05	03:00	9,069		
6	Tampere S 2021	10	06	03:00	11,046		Tampere S 2022	10	06	03:00	12,369		
7	Tampere S 2021	10	07	03:00	11,546		Tampere S 2022	10	07	03:00	11,869		
8	Tampere S 2021	10	08	03:00	11,446		Tampere S 2022	10	08	03:00	11,269		
9	Tampere S 2021	10	09	03:00	11,846		Tampere S 2022	10	09	03:00	8,369		
10	Tampere S 2021	10	10	03:00	11,846		Tampere S 2022	10	10	03:00	8,369		
11	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa	Pillossa
12	Tampere S 2022	04	15	03:00	1,146		Tampere S 2023	04	15	03:00	3,169		
13	Tampere S 2022	04	16	03:00	3,046		Tampere S 2023	04	16	03:00	2,769		
14	Tampere S 2022	04	17	03:00	4,146		Tampere S 2023	04	17	03:00	2,969		
15	Tampere S 2022	04	18	03:00	4,346		Tampere S 2023	04	18	03:00	3,669		
16	Tampere S 2022	04	19	03:00	3,646		Tampere S 2023	04	19	03:00	5,069		
17	Tampere S 2022	04	20	03:00	5,346		Tampere S 2023	04	20	03:00	9,169		
18	Tampere S 2022	04	21	03:00	4,846		Tampere S 2023	04	21	03:00	7,569		
19	Tampere S 2022	04	22	03:00	5,146		Tampere S 2023	04	22	03:00	8,469		
20	Tampere S 2022	04	23	03:00	4,346		Tampere S 2023	04	23	03:00	6,469		
21	Tampere S 2022	04	24	03:00	4,146		Tampere S 2023	04	24	03:00	5,769		
22	Tampere S 2022	04	25	03:00	3,146		Tampere S 2023	04	25	03:00	7,969		
23	Tampere S 2022	04	26	03:00	3,546		Tampere S 2023	04	26	03:00	8,069		
24	Tampere S 2022	04	27	03:00	1,446		Tampere S 2023	04	27	03:00	5,769		
25	Tampere S 2022	04	28	03:00	1,446		Tampere S 2023	04	28	03:00	3,269		
26	Tampere S 2022	04	29	03:00	1,846		Tampere S 2023	04	29	03:00	4,869		
27	Tampere S 2022	04	30	03:00	4,146		Tampere S 2023	04	30	03:00	4,469		
28					Keskianvo	-0,35353					Keskianvo	0,511453	

Kiinteistön, ikkunoiden ja ovien mitat

Mitat+alat alkuperäinen				
Seinät				
Halli	Korkeus, m	leveys, m	ala, m ²	lkm
Pohjoinen	7,45	24,82	184,9	1
Etelä	7,45	24,82	184,9	1
Itä	7,45	12,90	96,1	1
Länsi	7,45	12,90	96,1	1
Sos.tilat				
Pohjoinen	7,45	4,99	37,1	1
Etelä	7,45	4,99	37,1	1
Itä	7,45	12,90	96,1	1
Länsi	7,45	12,90	96,1	1
Halli				
Ikkunat				
Tyyppi1	1,80	3,30	5,9	1
Tyyppi2	1,80	3,60	6,5	4
Sos.tilat, ikkunat				
Tyyppi3	1,40	3,30	4,6	1
Tyyppi4	1,40	2,80	3,9	1
Tyyppi5	1,40	2,10	2,9	1
Halli				
Ovet				
N.ovi1	4,28	3,60	15,4	1
N.ovi2	4,43	3,60	15,9	1
N.ovi3	4,13	3,60	14,9	1
Ovi1	2,10	1,10	2,3	1
Sos.tilat				
Ovi2	2,10	1,60	3,4	1
Ala/yläpohja				
Halli	24,75	12,90	319,3	1
Sos-tilat	4,82	12,90	62,2	1
Alat laajennus				
Seinät	Korkeus, m	leveys, m	ala, m ²	lkm
Pohjoinen	2,60	18,30	47,6	1
Etelä	2,60	18,30	47,6	1
Itä	2,60	12,70	33,0	1
Länsi	2,60	12,70	33,0	1
Ikkunat				
Tyyppi6	0,60	1,90	1,1	1
Tyyppi7	1,40	2,19	3,1	2
Tyyppi8	1,40	8,08	11,3	1
Ovet				
Ovi3	2,10	1,22	2,6	1
Ovi4	2,10	1,22	2,6	1
Ovi5	2,10	1,22	2,6	1
Ala/yläpohja				
	12,70	18,20	231,1	1