

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ENERGIAANSÄÄSTÖ RAKENNUSHANKKEEN AIKANA

TEKIJÄ: Iiro Heinonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Iiro Heinonen	
Työn nimi Energiansäästö rakennushankkeen aikana	
Päiväys 6.6.2023	Sivumäärä/Liitteet 29/4
Toimeksiantaja YIT Suomi Oy	
<p>Energiansäästöä ei huomioida riittävästi rakentamisen aikana, mikä näkyy suurina energiakustannuksina. Lisäksi rakennuttajilta vaaditaan tulevaisuudessa vähäpäästöisempää rakentamista, sillä Suomen ympäristötavoitteet ja lainsäädäntö tiukentuvat jatkuvasti. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on tarkasteltava koko rakennuksen elinkaaren aikaisia energiakustannuksia. Näin ollen tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä rakennushankkeen energiankäyttöön ja etsiä ratkaisuja, joilla saavutetaan kustannussäästöjä sekä tuetaan ympäristötavoitteita. Työn tilaajana toimii YIT Suomi Oy.</p> <p>Tutkimuksessa kerättiin energiatietoja kahdesta Kuopion alueen kerrostalohankkeesta, joita analysoimalla etsittiin energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä sekä mahdollisuuksia pienentää energiakustannuksia. Lähtötietomateriaalina käytettiin laskutustietoja sekä kerrostalojen rakentamisvaiheen aikataulua. Vertailun tueksi haastateltiin konevuokraamo Renta Oy:n edustajaa, sillä vertailuhankkeiden väliaikaiset lämmitysjärjestelmät vuokrattiin yrityksestä.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä saatiin yleiskuva energiakustannusten muodostumisesta rakennushankkeen aikana ja siitä mihin energiaa työmaan aikana kului. Tutkimustuloksien perusteella suurin energiansäästöpotentiaali löytyi runkotyövaiheista ja talvirakentamisesta. Suurin yksittäinen kuluerä oli rakennuksen väliaikainen lämmitys, jonka huolelliseen suunnitteluun, seurantaan ja ylläpitoon kannattaa investoida. Työssä käsiteltiin myös energiansäästön kannalta tärkeitä toimenpiteitä ja keinoja kohti vähähiilisempää rakentamista. Energiavertailun tuloksena saatiin myös ajankohtaista tietoa energiakustannuksista yrityksen kerrostalokohteista.</p>	
Avainsanat Energiansäästö, kerrostalo, väliaikaiset lämmitysjärjestelmät, ympäristötavoitteet, rakentaminen, vähähiilisyys	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Iiro Heinonen	
Title of Thesis Energy Efficiency during the Construction Project	
Date 6 June 2023	Pages/Appendices 29/4
Client Organisation YIT Suomi Oy	
<p>Energy savings are not adequately considered during construction which is reflected in high energy costs. In addition, developers will be required to build with lower emissions in the future as environmental targets and legislation of Finland are constantly tightening. To achieve these goals, energy costs throughout the life cycle of a building must be considered. Thus, the aim of this thesis was to become familiar with the energy use in the construction project and to find solutions to achieve cost savings and support environmental goals. This thesis was commissioned by YIT Suomi Oy.</p> <p>In this study, energy data was collected from two apartment building projects in the Kuopio region. Billing data and schedules of the construction phase of apartment buildings were used as the starting material. The data was analyzed to look for factors affecting energy consumption and opportunities to reduce energy costs. A representative of the equipment rental company Renta Oy was interviewed to support the comparison of energy data, as temporary heating systems for the projects were leased from the company.</p> <p>This thesis provided an overview of the formation of energy costs during the construction project and where energy was used during the construction phase. Based on the research results, the largest potential for energy savings was found from the framework phases and winter construction. The largest single expense was the temporary heating of the building and therefore, it is worth investing in the careful planning, monitoring and maintenance of temporary heating. The work also dealt with measures and means important for energy conservation towards low-carbon construction. The energy comparison also resulted in up-to-date information of the energy costs of the company's apartment buildings.</p>	
Keywords energy saving, apartment building, temporary heating systems, environmental targets, construction, low carbon	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LAIT JA SÄÄDÖKSET	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Energiatehokkuus	7
2.3	Suomen ympäristötavoitteet	8
3	ENERGIATARPEET TYÖMAALLA	9
3.1	Lämmitys	9
3.2	Kuivatus	10
3.3	Työkoneet- ja laitteet	11
3.4	Valaistus.....	11
3.5	Työmaan sähköistys.....	12
3.6	Vuodenaika ja sää.....	12
3.7	Mittalaitteet	13
4	ENERGIAVERTAILU.....	14
4.1	Lähtökohdat	14
4.2	Työmaiden esittely	14
4.2.1	Asunto Oy Kuopion Kruuna	15
4.2.2	Asunto Oy Kuopion Hiihtomestari.....	15
4.3	Tulokset	16
4.3.1	Energiankulutus As Oy Kuopion Kruuna.....	16
4.3.2	Energiankulutus As Oy Hiihtomestari.....	18
4.4	Energiankulutuksen vertailu rakennushankkeiden välillä	20
4.5	Haastattelu.....	21
4.5.1	Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät	21
4.5.2	Ratkaisuja energiansäästön ja ympäristön kannalta	22
4.6	Tulosten yhteenvedo.....	23
5	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	30

KUVALUETTELO

KUVA 1. Valokuva Asunto Oy Kuopion Kruunasta (Heinonen 2023)	15
KUVA 2. Valokuva Asunto Oy Kuopion Hiihtomestarista (Heinonen 2023).....	16
KUVA 3. As Oy Kuopion Kruunan Energiakustannusten jakauma prosenteissa (Heinonen 2023)	17
KUVA 4. As Oy Kruunassa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma (Heinonen 2023).....	18
KUVA 5. As Oy Kuopion Hiihtomestarin kustannusten jakauma prosenteissa (Heinonen 2023)	19
KUVA 6. As Oy Hiihtomestarissa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma (Heinonen 2023).....	20

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään käytännön menetelmiin energiankulutuksen laskemiseksi rakennushankkeen aikana. Vuoden 2022 alussa alkanut energiakriisi on muokannut Suomen energian tuotantoa ja vaikuttanut merkittävästi ajattelutapaan sähkön kulutuksessa. Energian hinnan raju nousu vaikuttaa jokaisen arkeen, mutta pakottaa samalla myös parempiin ympäristötekoihin. Päästöttömän tuotannon osuus on noussut 89 % eli korkeimmilleen maamme historiassa (Energiateollisuus 2023). Ilmaston lämpeneminen on viime vuosina saanut median huomion ja yhä enemmän yritysten imagoon vaikuttaa ympäristötavoitteet ja vähähiilisyys. Rakennushankkeen aikana energiankulutusta ei huomioida riittävästi, mikä näkyy suurina energiakustannuksina sekä päästöinä. 2000-luvulla on otettu valtava harppaus rakennusten energiatehokkuudessa, joka painottuu rakennuksen käytön ajalle. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen vaikuttaa myös rakentamisvaihe, joka pitää myös ottaa huomioon tavoitellessa vähähiilisempää rakentamista.

Opinnäytetyössä perehdytään kahden eri kerrostalohankkeen energiankulutukseen sekä kustannuksiin ja tehdään vertailu hankkeiden välillä. Hankkeina ovat As Oy Kuopion Kruuna ja As Oy Kuopion Hiihtomestari. Vertailun perusteella tutkitaan eri rakentamisen vaiheissa kuluva energia määrä ja etsitään sen avulla rakentamisaikaisia energiansäästö mahdollisuuksia. Rakennustyömaalla kuluu valtavasti energiaa väliaikaiseen lämmittämiseen, rakenteiden kuivattamiseen, valaistukseen, työkooneisiin ja tehtäviin työvaiheisiin. Opinnäytetyö painottuu väliaikaiseen lämmitykseen, sillä se kattaa yleensä valtaosan koko rakennushankkeeseen käytetystä energiasta ja näin ollen vaikuttaa paljon myös kustannuksiin. Vertailussa käytetään tilaajalta saatuja energian laskutustietoja ja rakennushankkeiden aikatauluja, joita analysoidaan Excelin avulla. Lisäksi tutkimuksessa käytetään laadullisena tutkimusmenetelmänä puolistrukturoitua haastattelua, jossa keskitytään väliaikaisiin lämmitysjärjestelmiin ja energiansäästön mahdollisuuksiin. Haastateltavana on Renta Oy:n aluemyyntipäällikkö, sillä vertailun kohteissa käytettiin Renta Oy:n väliaikaisia lämmitysjärjestelmiä. Opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Suomi Oy.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kokonaiskuva siitä mitkä asiat vaikuttavat rakennusaikaiseen energian kulutukseen. Rakennusaikana energiankulutuksen hallinta on haastava kokonaisuus, sillä kovat aikataulupaineet ja laatuksiteerit ovat etusijalla. Lisäksi energiankulutukseen vaikuttaa todella moni tekijä kuten rakennuksen tiiveys, käytetyt lämmitysmuodot ja järjestelmät, työntekijöiden asenne ja tottumukset sekä vuodenaika. Energiaa ei voida säästää ilman rajoitteita, sillä siinä on huomioitava rakennuksen kosteustekninen käyttäytymien ja pahimmassa tilanteessa väärässä paikassa säästäminen tuo mittavat korjauskustannukset. Energiakustannukset koko projektin ajalta muodostavat mittavan kuluerän. Tämän vuoksi opinnäytetyön toisena tavoitteena on aineistoa hyödyntäen pyrkiä löytämään potentiaalisia energiansäästökohteita, joilla voidaan vaikuttaa rakentamisen kustannustehokkuuteen.

2 LAIT JA SÄÄDÖKSET

2.1 Yleistä

Suomen lait ja säädökset sekä Euroopan Unionin direktiivit ohjaavat rakentamista kuten myös rakentamisen ja rakennusten energiankäyttöä sekä hiilidioksidipäästöjä. Energiatehokkuus säädökset ovat myös mukana maankäyttö- ja rakennuslaissa ja siihen tukeutuviissa valtioneuvoston sekä ympäristöministeriön säädöksissä. Viimeisten vuosien aikana lait, säädökset sekä direktiivit ovat kiristyneet, sillä tavoitteena on vähäpäästöisemmät rakennukset. EU:n Energiatehokkuusdirektiivi tuli voimaan 2010 ja se uudistettiin 2018. Direktiivin tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen lisäämällä rakennusten energiatehokkuutta sekä lisäämällä kustannustehokkaita korjauksia. Sen tavoitteena on myös ilmastonmuutoksen hillintä ja vähäpäästöisempi rakennuskanta. Lisäksi komissio on antanut ehdotuksen direktiivin uudistamisesta 2021. (Ympäristöministeriö, Rakennusten energiatehokkuus, julkaisu-aika tuntematon)

Rakentamista koskevat lait ohjaavat tulevaisuudessa yhä enemmän vähähiilisempään rakentamiseen. Eduskunta on jo hyväksynyt tätä koskevan lakimuutoksen, joka tulee voimaan 2025. Yhtenä isoimpana lakimuutoksena tulee olemaan ilmastonmuutoksen hillinnän tuominen osaksi maankäyttö- ja rakentamislakia. Lakia tullaan säätämään tulevaisuudessa annettavilla asetuksilla rakennusten ilmastaselvityksistä ja hiilijalanjäljen raja-arvoista. (Ympäristöministeriö 2023)

2.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energian hyötysuhdetta eli sitä, miten pienemmällä kulutuksella saavutetaan vähintään yhtä suuri hyöty. Energiatehokkuuslaissa on määritelty energiatehokkuuden tarkoittavan ”suoritteen, palvelun, tavarain tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välistä suhdetta” (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 1 luku 3 §). Esimerkiksi tiiviimmällä rakennuksella saavutetaan sopiva sisälämpötila pienemmällä energiankulutuksella. Energiatehokkuus vähentää kasvihuonepäästöjä ja energiakustannuksia.

Maankäyttö- ja rakennuslaissa rakennusaikainen energiankäyttö on määritelty seuraavasti: ”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 117 g §). Näin ollen rakentamisaikaista energiankulutusta ei säädetä tarkasti, vaan pääpaino keskittyy rakennuksen energiatehokkuuteen. Tällöin energiankulutukseen liittyvät päätökset ja sen seuranta riippuvat suurelta osin rakennuttamisesta vastuussa olevan yrityksen käytännöistä.

Energiatehokkuuslaissa määrätään suurempien yritysten (yli 250 työntekijää/vuosiliikevaihto yli 50 miljoonaa) energiakatselmuksista, joiden tarkoituksena on energiatehokkuuden parantaminen ja energiaa säästävän ja tehokkaan käytön edistäminen. Energiakatselmuksella saadaan tietoa yrityksen energiankulutuksesta ja tarkoituksena on myös lisätä yrityksen kustannustehokkuutta energiankäytön suhteen sekä löytää siihen parannuskohteita (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 1 luku 1–2 §, 2 luku 4–6 §)

2.3 Suomen ympäristötavoitteet

Suomen hallituksen ilmastopoliittinen tavoite on, että maa on vuoteen 2035 mennessä hiilineutraali (Ympäristöministeriö 2022). Hiilineutraalius tarkoittaa sitä, että ilmakehään vapautuvien CO₂-päästöjen määrä ei ylitä hiilinielujen sitomaa määrää. Kasvillisuus eli metsät ja maaperä poistavat parhaiten ilmaston hiilidioksidipäästöjä. Luonnon hiilinielujen on arvioitu sitovan 9,5–11 gigatonnia CO₂-päästöjä, kun maailman päästöt vuonna 2020 olivat 36 gigatonnia eli yli kolminkertainen määrä. (Euroopan parlamentti 2022)

Euroopan Unionin tavoitteena puolestaan on vähentää kasvihuonepäästöjä niin paljon, että se on hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. EU:n ilmastotavoitteet ovat laillisesti sitovia, sillä ilmastolaki hyväksyttiin parlamentin ja neuvoston toimesta vuonna 2021. Välitavoitteena on, että vuoden 2030 aikana päästöjä vähennetään 55 %, joka nostettiin aiemmasta 40 %. (Euroopan parlamentti 2022) Suomi on siis yksi Euroopan edelläkävijämaista ilmastotavoitteissa. Keinoina ovat muun muassa lähes päästötön sähkön- ja lämmöntuotanto 2030-luvun lopulla sekä rakentamisen hiilijalanjäljen pienentäminen (Ympäristöministeriö, Hiilineutraali Suomi 2035, julkaisuaika tuntematon). Noin kolmasosa koko Suomen kasvihuonekaasuista syntyy rakennusten elinkaaresta ja ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi on tehtävä toimia myös rakentamisen sektorilla. Rakennusten käytön lisäksi on tarkasteltava koko rakennuksen elinkaarta ja sen aikana syntyviä päästöjä. Aikaisemmin ympäristöohjaus ja lainsäädäntö on keskittynyt rakennusten käytöstä syntyvien päästöjen vähentämiseen sekä rakennusten energiatehokkuuden lisäämiseen. Jatkossa rakentamisen ohjaus keskittyy myös rakennuksen elinkaaren alku- ja loppupäähän, joka tarkoittaa rakennusmateriaalien valmistuksessa ja rakentamisessa sekä rakennusjätteessä syntyviä päästöjä. (Ympäristöministeriö, Vähähiilinen rakentaminen, julkaisuaika tuntematon)

3 ENERGIATARPEET TYÖMAALLA

3.1 Lämmitys

Rakennustyömaalla lämmitystä tarvitaan muun muassa rakenteiden kuivattamiseen, sopivien työntekeolosuhteiden ylläpitämiseen ja betonin lujuuden kehityksen varmistamiseen (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 24). Monet rakennusmateriaalit kuten maalit ja tasoitteet tarvitsevat tietyn vähimmäislämpötilan, jotta niille suunnitellut ominaisuudet täyttyvät.

Elon (2017,11) mukaan rakentamisaikaiseen lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttaa rakennuksen käyttötarkoitus, koko, sijainti ja rakentamisvaihe. Tämän vuoksi esimerkiksi uudiskerrostalon runkovaiheessa lämmitystapa on eri, kuin kerrostalon sisävalmistusvaiheessa. Rakennusaikaista lämmitysjärjestelmää valittaessa on huomioitava tehokkuus ja luotettavuus, kustannukset, toiminta- ja huoltovarmuus. Tavallisimpia työmaan lämmitysjärjestelmiä ovat kaukolämpöpuhaltimet, sähkölämmittimet, polttoöljylämmittimet ja nestekaasulämmittimet. Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä kannattaa ottaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa käyttöön, jotta rakennukseen saadaan tasainen lämmitys ja säästetään kustannuksissa (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021). Kustannussäästöjä syntyy myös, kun vuokralaitteet voidaan palauttaa vuokraamoon.

Rakentamisaikaisena lämmitysmuotona käytetään monesti useampaa eri energiamuotoa. Isoimmat rakennushankkeen päätökset tehdään suunnitteluvaiheessa, jolloin myös väliaikainen lämmitysjärjestelmä pitäisi valita. Tavallisimpia energiamuotoja ovat: sähkö, kaukolämpö, kaasu ja polttoöljy. Tilapäisiä lämmitysmuotoja yhdistämällä saadaan tarvittava kokonaisuus, jotka valitaan kohdekohtaisesti (Renta 2023). Monet konevuokraamot järjestävät rakentamisen aikana tarvittavan lämmityksen suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon. Lämmitysjärjestelmän suunnittelu alkaa tehon tarpeen määrittämisellä, jossa lasketaan rakennuksen lämmittämiseen tarvittava lämmitysteho. Lämmitystehon mukaan rakennushankkeelle määritetään lämmittimien lukumäärä ja teho, jotta vaadittu lämpötila saavutetaan.

Yksi energiansäästön kannalta merkittäviä uudistuksia on maalämmön käyttäminen rakentamisvaiheen aikana. Geolo-teknologia hyödyntää maahan varastoitunutta auringon energiaa. Kallioperään porataan energiakaivoja, joista maalämpölaitteisto ottaa energiaa talteen. Rakennushankkeen aikana Geolo-teknologia käyttää ja ohjaa energiaa maalämpökentästä hallitusti. Järjestelmä säästää energiakuluissa, hankkeen hiilidioksidipäästöissä ja vähentää tarvetta ostaa energiaa. Kesällä Geolo-järjestelmällä voidaan myös viilentää rakenteita tai varmistaa riittävä kuivuminen. Järjestelmä on etäohjattava ja automatisoitu, mikä varmistaa, ettei hukkaenergiaa kulu rakenteiden lämmittämiseen. Kun olosuhteet rakentamisen aikana pysyvät kunnossa, rakentamisen laatu paranee. Maalämpöjärjestelmää käyttämällä voidaan saavuttaa lähes nollapäästöt. Esimerkiksi 5000m² kerrostalohankkeessa Geolo-järjestelmällä säästetään lämmitys- ja kuivatuskauden aikana 263 tonnin edestä CO₂-päästöjä verrattaessa fossiilisiin polttoaineisiin. (YIT 2022)

Seuraavaksi käsitellään yleisimpiä väliaikaisia lämmitysjärjestelmiä, joita käytetään rakennushankkeissa. Tärkeä ominaisuus väliaikaisille lämmitysjärjestelmille on niiden tehokkuus sekä luotettavuus.

Niiden on toimittava kovissakin pakkasissa ja oltava helposti siirreltävässä. Rakennusaikaista lämmitystä valittaessa on huomioitava lämmitystehontarve, syntyvät kustannukset sekä huollon järjestelyt. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021)

Kiertovesikäyttöiset lämmittimet:

Siirrettävät kiertovesikäyttöiset lämmittimet soveltuvat rakennuskohteisiin, joissa on kiinteistön oma kiertovesijärjestelmä tai mahdollisuus liittyä kaukolämpöverkkoon. Lämmittimen toiminta perustuu lämmönsiirtokennoon, joka lämmittää läpi kulkevan veden ja puhallin siirtää kennon lämmittämän ilman tekstiili-ilmanjakajaan. Ilmanjakaja siirtää lämmitetyn ilman tasaisesti huoneeseen ja laite suodattaa läpi menevän ilman. Uudemmissa malleissa on lisäksi elektroninen termostaatti. (El Björn julkaisuaika tuntematon).

Sähkökäyttöiset lämmittimet:

Sähkökäyttöiset lämmittimet soveltuvat rakennuksen väliaikaiseen lämmitykseen ja kuivaukseen. Lämmittimen sisällä on vastus, joka sähköön avulla kuumenee ja lämmittää ympäröivää ilmaa. Laitteen takapäässä on puhallin, joka siirtää lämmitetyn ilman eteenpäin. Yleisimmin sähkökäyttöisissä lämpöpuhaltimissa on termostaatti, jolla voidaan muuttaa lämmitystehoa. Sähkölämmittäjiä on saatavilla muutamasta kilowatista 40 kilowattiin ja niitä käytetään yleisesti rakennustyömailla. (Polart-herm 2023)

Polttoaine- ja kaasulämmittimet:

Polttoaine- ja kaasulämmittäjiä käytetään väliaikaiseen lämmittämiseen. Lämpö tuotetaan polttoaineen palamisella ja lämmittimet ovat yleensä diesel- tai öljykäyttöisiä. Lämmittimet ovat usein varustettu termostaatilla, jolla voidaan säätää lämmityksen voimakkuutta. Rakentamisessa näitä voidaan käyttää esimerkiksi runkotyön vaiheissa tai infrarakentamisessa, kun sähköä ei ole saatavilla. (Rami-vent 2018)

3.2 Kuivatus

Rakenteiden kuivuminen tapahtuu luonnollisesti, mutta pitkien kuivumisaikojen vuoksi rakenteiden kuivattamista tulee nopeuttaa, ettei rakenteisiin tule kosteus- tai mikrobivaurioita. Kosteuden siirtyminen rakenteissa tapahtuu painovoimaisesti, kapillaarisesti, konvektion ja diffuusion vaikutuksista. (Sisäilmayhdistys ry 2008)

Rakenteiden kuivatuksen tehostamisen keinoja ovat lämmittäminen, ilmavirtauksien lisääminen ja ilman suhteellisen kosteuden laskeminen. (Sisäilmayhdistys ry 2008). Kuivattaminen rakentamisen aikana tapahtuu lämpötilaa nostamalla, lisäämällä ilmavirtauksia tai laskemalla ilman suhteellista kosteutta. Toteutustavasta riippumatta kuivattamiseen tarvitaan energiaa.

Kuivatuksen tehostamiseen rakennustyömaalla käytetään lämpöpuhaltimia, jotka tuottavat lämmön lisäksi tarvittavan ilmavirran. Markkinoilla on myös rakennuskäyttöön tarkoitettuja ja sähköllä toimivia ilmankuivaimia eli rakennuskuivaimia. Laitteen toiminta perustuu ilman sisältämän kosteuden

kondensoimiseen vedeksi. Ilmankuivain viilentää ensin huoneilman laitteessa, jolloin osa kosteudesta kerätään laitteessa olevaan säiliöön tai valutetaan viemäriin. Kosteudenpoiston jälkeen ilma lämmitetään ja puhalletaan takaisin huoneeseen. (Rakennuskuivain julkaisuaika tuntematon)

3.3 Työkoneet- ja laitteet

Työn suoritukseen tarvittavat koneet ja laitteet kuluttavat myös energiaa. Yhä useampi työkone ja laite toimii nykyään sähkön avulla. Sähkötyökoneet korvaavat perinteisiä polttomoottorilla toimivia työkoneita, jotta päästäisiin eroon fossiilisten polttoaineiden kulutuksesta. Senaatti-kiinteistöjen sekä Etelä-Suomen muutaman suurimman kaupungin Green Deal- sopimuksena on, ettei kuntien ja Senaatin työmailla käytetä lainkaan fossiilisia polttoaineita vuoteen 2025 mennessä. Tämä tarkoittaa, että korvaavina energialähteinä on sähkö, biokaasu ja vety. (Rakennustaito 2021)

Sähkötyökoneiden etu ei ole pelkästään pienemmissä päästöissä, vaan myös melutaso verrattuna polttomoottoriin on lähes olematon. Tuotevalikoimista löytyy yhä enemmän myös suuremman kokoluokan sähkökäyttöisiä työkoneita, mutta esimerkiksi maarakentamisessa käytettävien 10–35 tonnin kokoluokan kaivinkoneisiin ei ole vielä löytynyt sähköistä ratkaisua. Haasteena on työkoneilta vaadittava toiminta-aika, sillä etäisyydet latauspisteelle voivat olla pitkiä ja vaadittava työteho suurta. Kaupunkiolosuhteissa, joissa sähkön saatavuus on taattu sähkötyökoneet toimivat hyvin. (Neste 2023)

Markkinoilla on myös hybridityökoneita, joilla nopeutetaan päästöjen vähentämistä. Autojen tapaan hybridityökoneet toimivat sähkön lisäksi polttomoottorilla. Päästöjen vähenemisen kannalta tavoitteena on, että fossiilisten polttoaineiden kulutus loppuu kokonaan ja tulevaisuudessa työkoneiden moottorit toimivat uusiutuvilla polttoaineilla ja energianlähteillä. (Neste 2023)

3.4 Valaistus

Työmaavalaisituksen päätehtävänä on luoda turvallinen työympäristö. Työtilan valaistuksen voimakkuus tulee olla 150–200 luksia ja valaisimet on asennettava siten, etteivät ne aiheuta vaaraa työnteekijöille. (Työsuojelu 2022). Rakennustyömaan valaistuksessa on huomioitava, että se on tilapäinen ja valaisimien tulee olla riittävän kestäviä työmaaolosuhteisiin. (ST 51.35 Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu 2019.)

Valonmäärän tarve vaihtelee vuodenajan sekä vuorokauden ajan mukaan. Kesällä päivän pituuden ollessa pisimmillään valoa riittää jopa 20 tuntia, kun taas talvella valoisa aika voi olla vain viisi tuntia. Päivänvalolla voidaan osittain tai kokonaan korvata keinotekoinen valaistus, joka on myös energiansäästön kannalta suotavaa, mutta aina tämä ei ole mahdollista (ST 58.02 Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti 2017). Suunnittelussa on kuitenkin hyvä ottaa huomioon myös luonnonvalon käyttö.

Peuran (2013,15) mukaan energiatehokkaassa valaistuksessa käytetään valaistuksen ohjausta eli minimoidaan aika, jolloin valot ovat päällä turhaan. Valaistuksen ohjauksessa voidaan käyttää kellokytkimiä, läsnäolotunnisteita tai päivänvalon mukaan ohjautuvia valaisimia. Ohjauksella saavutetaan energiatehokas valaistus pienellä lisäkustannuksella valaisimien hankinnassa.

Suurin osa työmaalla käytettävistä valaisimista on nykyään led- valaisimia, sillä ne kestävät pitkiä käyttöaikoja ja ovat energiatehokkaita verrattaessa vanhoihin loisteputki-, halogeeni- tai hehkuvalaisimiin. Led -valaisimien käyttöaika on 25 000–50 000 tuntia, kun hehkulampulla se on vain 1000 tuntia (Airam 2022). Led -valojen tulo markkinoille ja työkäyttöön on antanut jopa kuusinkertaisen säästön verrattuna hehkulamppuun, sillä 10 watin led -valaisin vastaa valoteholtaan noin 60 watin hehkulamppua. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018)

3.5 Työmaan sähköistys

Työmaan sähköistyksen perustana on hyvä sähköistämissuunnitelma, jonka avulla rakennetaan työmaata palveleva ja turvallinen tilapäinen sähköverkko. Hyvin suunniteltu sähköverkko takaa taloudellisen ja tehokkaan käytön sekä helpon ylläpidon. Työmaan sähköverkon tulee olla aina maadoitettu ja maadoituksen on täytettävä siihen liittyvät standardit. Lisäksi sähköverkon on oltava helposti muunneltavissa ja kestettävä koviakin olosuhteita. Sähköverkon määrittäminen alkaa suurimman tehon laskemisella, jossa lasketaan tilanne, jolloin työmaan kaikki sähkölaitteet olisivat samanaikaisesti käytössä. Suurimman sallitun tehon mukaan mitoitetaan tarvittavat alakeskukset sekä sähköverkon pääjohdot. Lisäksi sähköverkon mitoituksessa on huomioitava kaapeleiden kuormitettavuus. (ST 51.35 Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu 2019)

Työmaalla käytettävien sähkökeskusten vaatimukset ovat standardin SFS-EN 61439-4 mukaisia. Keskuksen pistorasioiden tulee olla käsiteltävissä ilman työkaluja tai avaimia. Keskukset ovat vikavirtasuojattuja ja tavallisimmat työmaan keskuskoot ovat 16A, 32A, 63A ja 125A. (KK-Sähkötukku julkaisuaika tuntematon.)

3.6 Vuodenaika ja sää

Vuodenajalla on suuri merkitys rakentamisen kustannuksiin, sillä energiankulutukseen vaikuttavat rakennuksessa ja sen ympäristössä vallitsevat olosuhteet. Talvella rakentaminen on kaikkein kalleinta, sillä sen lisäksi, että energiankulutus on suurimmillaan, kalustoa tarvitaan enemmän ja sää aiheuttaa häiriöitä työvaiheille. Kaikkia työvaiheita ei voida suorittaa talvella samaan tapaan kuin kesällä. Esimerkiksi betonoinnissa on tärkeää, että betonimassan vesi ei pääse jäätymään kovettumisen aikana, koska muuten se ei saavuta riittävää lujuutta. Talvella työvaiheet vaativat myös enemmän suojausta, aikaa, materiaalia ja energiaa. (Ratu C8-0377 Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje 2010)

Suomessa lämpötilat vaihtelevat todella paljon eri vuosien välillä, jonka vuoksi niitä ei voida ennustaa tarkasti. Vuodenajan sekä ylipäättään sään aiheuttamiin aikataulullisiin häiriöihin ja lisääntyviin kustannuksiin on varauduttava jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Rakennusaikainen energiantarve on riippuvainen ilman lämpötilasta. Talvikuukausina varsinkin kovilla pakkasilla energian tarve on korkeimmillaan, kun energiaa kuluu enemmän lämmitykseen sekä maaperän ja betonoinnin sulana pitoon. Myös lyhyt päivän pituus lisää energian tarvetta, sillä keinovalaistuksen tarve kasvaa. (Ratu C8-0377 Talvityöt ja –kustannukset. Suunnitteluohje 2010)

Suomessa sataa vuosittain noin 600 mm vettä ja suurin osa siitä tulee syksyllä (Sisäilmayhdistys ry 2008). Ilmastonmuutoksen myötä talvista tulee leudompia ja sateet lisääntyvät (Ilmasto-opas julkaisuaika tuntematon). Sateinen sää lisää rakenteiden kosteutta, joka tarkoittaa kuivattamisen tarpeen

lisääntymistä työmaalla. Rakenteiden kuivattaminen puolestaan tarvitsee energiaa. Ulkoilman kosteuspitoisuus vaikuttaa myös rakenteiden kuivumiseen. Kesällä ilman kosteuspitoisuus on korkea eli noin 14 g/m^3 , kun talvella ilmankosteuspitoisuus on noin 1 g/m^3 . Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se pystyy sitomaan kosteutta. Lämpimän ja matalan ilmankosteuspitoisuuden omaava ilma sopii siis parhaiten rakenteiden kuivattamiseen. (Kosteudenhallinta julkaisuaika tuntematon)

3.7 Mittalaitteet

Rakennuksen sisäilman mittaaminen on osa olosuhdehallintaa ja energiansäästöä. Rakennuksen sisäilman lämpötilaa tarkkailemalla pystytään reagoimaan ja vaikuttamaan liian suuren lämmitystehon tuottamaan energianhukkaan (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021). Lämpötilaa on tärkeää tarkkailla, sillä liian alhainen lämpötila vaikuttaa betonin kuivumisaikaan. Lisäksi riskinä liian alhaisilla lämpötiloilla on rakenteiden kastuminen, kun kastepiste siirtyy rakenteiden sisään. Betonin kuivumisaika vaikuttaa myös aikatauluun, sillä kosteuden on oltava riittävän alhainen ennen pinnoitusta. Mittalaitteilla voidaan varmistaa, että rakentamisaikaiset olosuhteet pysyvät otollisina ja rakentamisen laatu hyvänä. (Rakennuslehti 2021)

Nykyään sisäilman lämpötilan ja ilmankosteuden mittaamiseen voidaan käyttää antureita, jotka lähettävät lähes reaaliaikaista tietoa verkkoalustalle työmaalla vallitsevista olosuhteista. Tämän ansiosta eri kerrosten tai alueiden tiedot löytyvät yhdestä paikasta ja sisäilman olosuhdemuutoksiin on helppoa reagoida. (Nollge 2023)

Rakenteiden kosteusmittaus on tärkeää rakennushankkeen aikataulun ja energiansäästön kannalta, sillä kuivatukseen kuluu aikaa ja siihen tarvitaan energiaa. Kosteusmittauksiin on monia eri mitta-reita sekä menetelmiä, joista yleisimpiä ovat pintakosteusmittaus, porareikämittaus ja näytepalamittaus. Mittatarkkuutta vaativissa kosteusmittauksissa, kuten betonin kosteuden mittauksissa käytetään porareikämittausta tai koepalamittausta. Porareikä- ja koepalamittaukset vaativat aikaa ja tarkkuutta, joten mittapaikat on hyvä suunnitella etukäteen. Betonin suhteellisen kosteuden mittauksilla varmistetaan, että suhteellinen kosteus on riittävän alhainen pinnoitusta varten. (Ratu RT-103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Ohjekortti 2021)

4 ENERGIAVERTAILU

4.1 Lähtökohdat

Energiavertailun lähtökohtana oli löytää rakentamisen aikaiseen energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä, joita voitaisiin tulevien hankkeiden toteutusvaiheessa huomioida. Tavoitteena oli tutkia kahden rakennushankkeen energiakustannuksia ja määriä, joiden pohjalta löytää kehityskohtia eli mahdollisuuksia kustannustehokkaampaan ja ympäristöystävällisempään energiankäyttöön rakentamisessa.

Vertailussa käytettävät energiamäärät ja kustannukset perustuvat YIT:n projektinhallintajärjestelmästä Quintetistä koottuihin energiatoimittajien laskukopioihin. Quintet on YIT:n käyttämä talouden suunnitteluun ja hallintaan tarkoitettu järjestelmä. Tuotantovaiheessa järjestelmää käytetään projektin ennustamiseen ja raportointiin. (YIT:n tietokanta). Laskukopioihin perustuvasta tarkastelusta sain kuukausikohtaiset tiedot energiankulutuksesta. Näin ollen energiankulutuksen tarkastelussa ei voitu paneutua yksityiskohtiin, vaan suurempiin kokonaisuuksiin.

Energiakustannusten vertailussa hyödynsin myös rakennushankkeiden yleisaikatauluja. Yleisaikataulujen perusteella pystyin kohdistamaan energiakustannuksien kertymää rakentamisen työvaihekokonaisuuksiin kuukauden tarkkuudella. Työvaihekokonaisuudella tarkoitan esimerkiksi kerrostalon runkotyötä, joka sisältää eri työvaiheita mukaan lukien elementtien asennuksen, saumavalut ja betoni-pintojen jälkityöt. Tästä yleisaikataulujen ja energiakustannusten kohdistamisesta sain suuntaa antavaa tietoa rakennushankkeen eri työvaiheissa syntyvistä energiakustannuksista. On huomattava, että käyttämistäni tietolähteistä ei saa täysin tarkkaa tietoa siitä, miten projektit ovat edenneet todellisuudessa.

Vertailua tehdessä hain tietoa eri tietolähteistä, jotta sain paremman käsityksen ja kokonaiskuvan energiankulutuksesta työmaalla. Tämä auttoi arvioimaan, mistä kohteiden kulut todennäköisimmin syntyivät. Lisäksi selvitin kuukausittaiset keskilämpötilat projektien ajanjaksolta, joita hyödynsin vertailussa, koska lämpötilalla on todella suuri merkitys energiakustannuksien syntyyn. Kuukausittaiset lämpötilatiedot etsin hila-aineistosta ilmatieteenlaitoksen sivuilta (Ilmatieteenlaitos, julkaisuaika tuntematon). Työmaista sain tietoa YIT:n tietojärjestelmästä ja laadunhallintasovelluksesta.

Tietojenkäsittelyssä käytettiin Microsoft Excel-ohjelmaa, jonka avulla laskutustietojen kustannusten ja määrien tietoja oli kätevä muokata ymmärrettävämpään taulukkomuotoon. Sovelluksen avulla laskettiin energiamääriä kokonaisuuksina kuukauden tarkkuudella. Excelin pivot-ominaisuudella laskelmista tehtiin taulukot, joiden avulla energiatiedot muokattiin selkeämpään ja helpommin luettavaan muotoon. Taulukon avulla tietojen analysointi onnistui paremmin, kun luvut olivat visuaalisessa muodossa. Tutkimuksessa käytin eri taulukkotyyppejä kuten pylväsdiagrammia ja ympyrädiagrammia.

4.2 Työmaiden esittely

Energiavertailuun valittiin Asunto Oy Kuopion Kruuna ja Asunto Oy Kuopion Hiihtomestari. Kruunan kerrostalo sijaitsee aivan Kuopion keskustassa ja Hiihtomestari Puijonlaaksossa. Kerrostalokohteiden

valinta tehtiin sen perusteella, että rakennukset olivat laajuudeltaan lähes samankokoiset ja rakentamisen aloitus vuodenaikaan nähden yhtäläinen. Vertailun ajanjakso kohteilla on eri pituinen, sillä Kruunan rakennus oli luovutettu käyttäjille jo ennen opinnäytetyöni aloitusta, kun taas Hiihtomestarin rakentaminen oli vasta käynnissä tutkimuksen aikana. Lisäksi Kuopion Kruunan laskelmissa ei huomioida perustustöitä, sillä Kruunan perustukset oli tehty jo aikaisemmin, sillä se on kolmas YIT:n rakentama kerrostalo samalla tontilla.

4.2.1 Asunto Oy Kuopion Kruuna

Kruuna on seitsemänkerroksinen asuin- ja liiketilarakennus Kuopion keskustassa (kuva 1). Asuntoja on 64 ja liiketiloja neljä. Rakennuksen välipohjat ja seinät ovat rakenteeltaan betonielementtejä. Rakentaminen aloitettiin syksyllä 2021 ja rakennus luovutettiin käyttäjille elokuun 2022 lopussa.

Kruunan lämmitysmuotona on kaukolämpö ja lämmitysjärjestelmänä vesikiertoiset patterit. Lisäksi huoneistoissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joissa on lämmön talteenottojärjestelmä. Lämmitettyä nettoalaa kerrostalossa on 3497 m². Rakennuksen ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on 353m². (YIT:n tietokanta)



KUVA 1. Valokuva Asunto Oy Kuopion Kruunasta (Heinonen 2023)

4.2.2 Asunto Oy Kuopion Hiihtomestari

Hiihtomestari sijaitsee Kuopion Puijonlaaksossa (kuva 2). Rakennus on kahdeksankerroksinen uudis-kerrostalo, jonka runko on rakennettu pääosin elementtirakenteisena ja asuntoja on yhteensä 63. Rakennus oli tutkimuksen aikana rakenteilla ja rakentaminen rungon osalta aloitettiin syyskuussa 2022. Rakennuksen on määrä valmistua heinäkuun lopussa 2023.

Kerrostalon lämmitysmuotona on kaukolämpö ja pysyvä lämmitysjärjestelmänä vesikiertoinen lämmitys sekä märkätiloissa sähkökäyttöinen lattialämmitys. Lämmitetty nettoala on 3600,5 m². Rakennuksen ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on 393,3m². (YIT:n tietokanta)



KUVA 2. Valokuva Asunto Oy Kuopion Hiihtomestarista (Heinonen 2023)

4.3 Tulokset

Kaikki vertailutulokset perustuvat rakennushankkeiden As Oy Kuopion Kruunan ja As Oy Kuopion Hiihtomestarin laskutustiedoista saatuihin kustannuksiin ja määriin sekä niistä tehtyihin päätelmiin ja tämän vuoksi ne ovat suuntaa antavia. Hankkeiden työvaiheiden keston ja aikatauluun liittyviin vertailutuloksiin käytettiin kohteiden yleisaikatauluja.

4.3.1 Energiankulutus As Oy Kuopion Kruuna

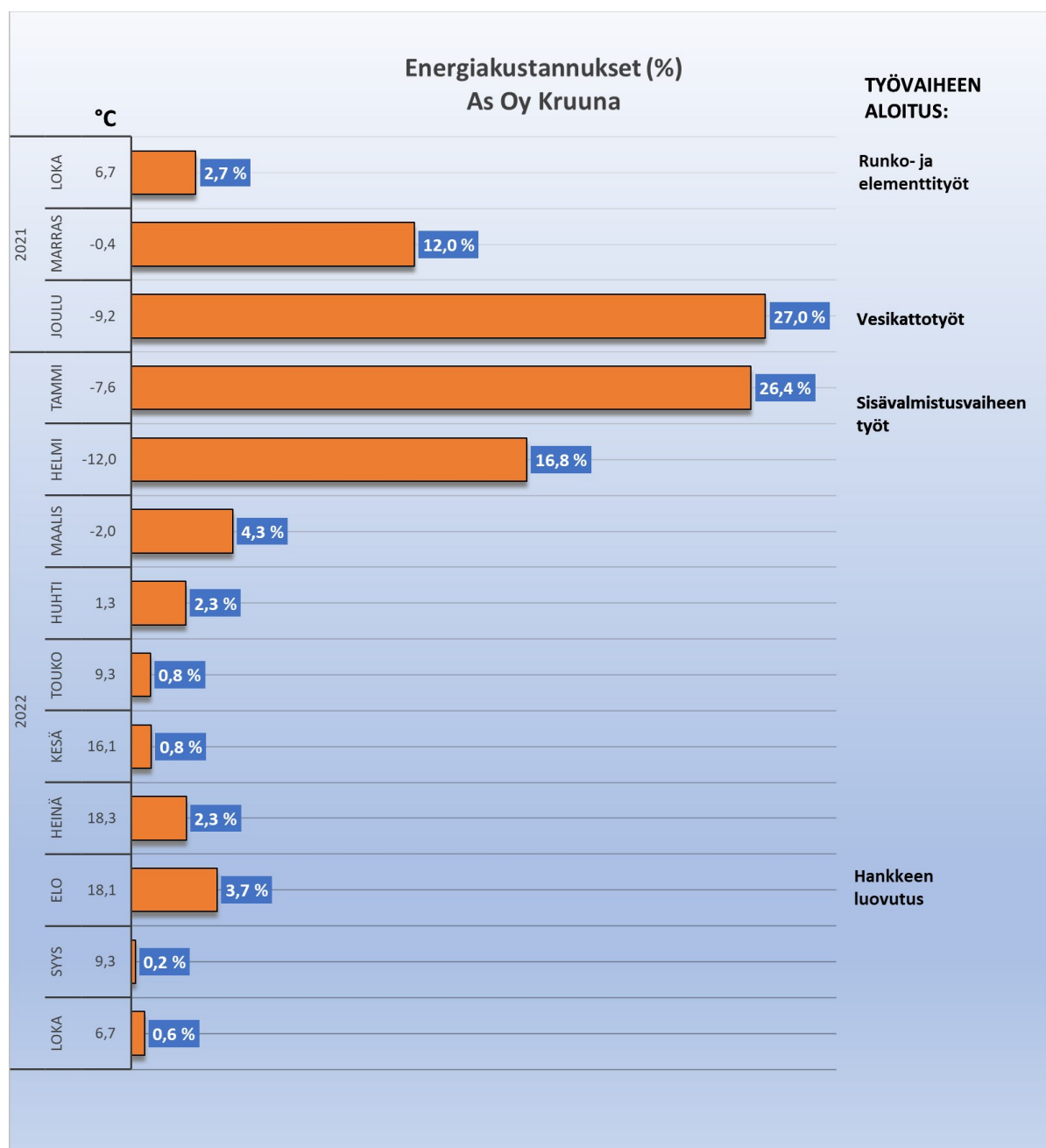
Energiankulutuksen tarkastelu alkoi Kuopion Kruunan osalta lokakuussa 2021, jolloin yleisaikataulun perusteella käynnistettiin runkotyöt ja elementtien asennus. Elementtien asennus jatkui joulukuun puoleen väliin asti, jonka jälkeen aloitettiin vesikattotyöt, jotka kestivät aina tammikuun puoleen väliin asti. Ikkunoiden asennus tapahtui sitä mukaa, kun kerroksen runkotyöt valmistuivat ja asennus ajoittui ajallisesti lokakuun alkupuoliskosta aina joulukuun loppuun asti. Sisävalmistusvaihe aloitettiin tammikuun lopussa, jolloin rakennuksen vaippa eli ulkokuori saatiin umpeen. Kun rakennuksen vaippa saatiin tiiviimmäksi, kytkettiin rakennukseen lämmöt päälle. Sisävalmistusvaihe jatkui itselleluovutukseen ja itse rakennuksen luovuttamiseen asti eli aina elokuuhun 2022.

Työmaan kokonaisenergiakustannuksissa oli havaittavissa selvä nousu talvikuukausien (joulukuu, tammikuu ja helmikuu) aikana, ja ne muodostivat 70,2 % koko projektin energiakustannuksista (kuva 3). Kustannuksien nousuun vaikuttavia tekijöitä olivat muun muassa talvikuukausien kylmempi lämpötila, joka lisää lämmitystarvetta sekä käynnissä olevat työvaiheet, runko- ja elementtityöt, joissa vaadittiin lämmitystä betonin sulana pitoon. Valaistustarve oli myös suurempi talven aikana.

Sisävalmistusvaiheen alkaessa helmikuun alussa oli havaittavissa 9,6 % lasku energiakustannuksissa, vaikka lämpötila on tammikuussa ollut helmikuuta lämpimämpi. Näin ollen ulkoilman lämpötila ei ole energiankustannusten laskun taustalla, vaan laskun on johdettava muista syistä. Yleisaikataulun perusteella suurin syy energiakustannusten laskuun on todennäköisimmin se, että tammikuun

lopussa rakennuksen vaippa saatiin umpeen. Rakennuksen tiiveyden parantuessa rakennuksen lämmitys oli saatu tasattua ja hukkalämmittäminen minimoitiin. Kustannusten laskun taustalla voi olla myös muita syitä, mutta niitä ei kuukausitason tarkastelulla voida todeta.

Helmikuun jälkeen energiakustannukset laskivat entisestään, joka ainakin osittain selittyy sillä, että ulkoilman lämpötila nousi plus asteiden puolelle. Toisaalta tällä aikavälillä olivat käynnissä rakennuksen sisävalmistusvaiheen työt, joihin kuului useita samanaikaisia työvaiheita. Näissä työvaiheissa lämmityksen osuus korostuu etenkin kuivattamisen kannalta, mutta energiankulutuksen kannalta säästöjä tuo rakennuksen lopullisen oman lämmitysjärjestelmän käyttö väliaikaisten lämmitysjärjestelmien sijaan. Tästä ajanjaksosta johtuvia maltillisia kustannuksia kuvaa myös se, että maaliskuusta aina elokuuhun asti energiakustannusten vaihteluväli oli 4,3 % - 0,8 %.

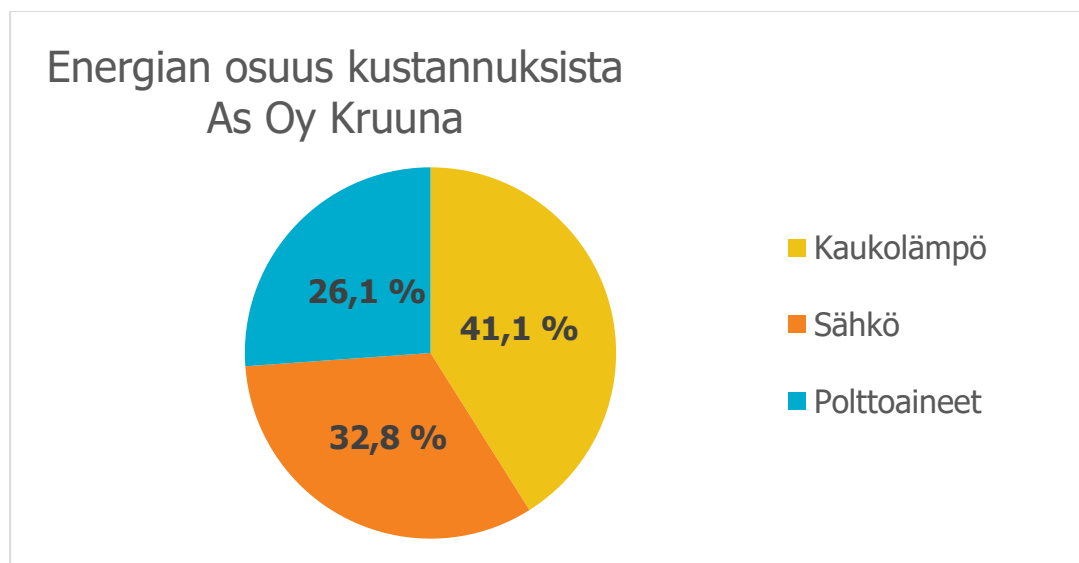


KUVA 3. As Oy Kuopion Kruunan Energiakustannusten jakauma prosenteissa (Heinonen 2023)

Energiakustannuksiin vaikuttavat myös käytetyt energialähteet (kuva 4). Kuopion Kruunassa käytetyt energialähteet voitiin jakaa karkeasti kolmeen pääluokkaan: kaukolämpö, sähkö ja polttoaineet.

Kaikkien energialähteiden osalta käyttö oli suurinta joulukuun osalta, jolloin runkotyöt olivat vielä käynnissä ja kuukauden keskilämpötila oli $-9,2$ °C. Työvaiheiden osalta minkään yksittäisen energialähteen käyttö ei korostunut suhteessa muihin.

Kaukolämmön osuus energiakustannuksista oli 41,1 %. Kaukolämpöä hyödynnettiin runkovaiheesta aina hankkeen luovutukseen asti. Sähkön osuus kokonaiskustannuksista puolestaan oli 32,8 %. Sähkön kustannukset kertyivät koko tarkasteluvälin ajalta eli lokakuusta 2021 lokakuuhun 2022. Sähköä käytettiin esimerkiksi osana väliaikaista lämmitystä, kuivatusta ja valaistusta. Polttoaineiden osuus kokonaiskustannuksista oli 26,1 %. Suuret polttoainekustannukset saattoivat johtua moottoripolttoöljyn käytöstä osana väliaikaista lämmitystä. Talvella runkovaiheessa saatettiin käyttää polttoöljykäyttöisiä lämpöpuhaltimia, joilla varmistettiin betonin lujuudenkehitys ja jäätyminen esto.



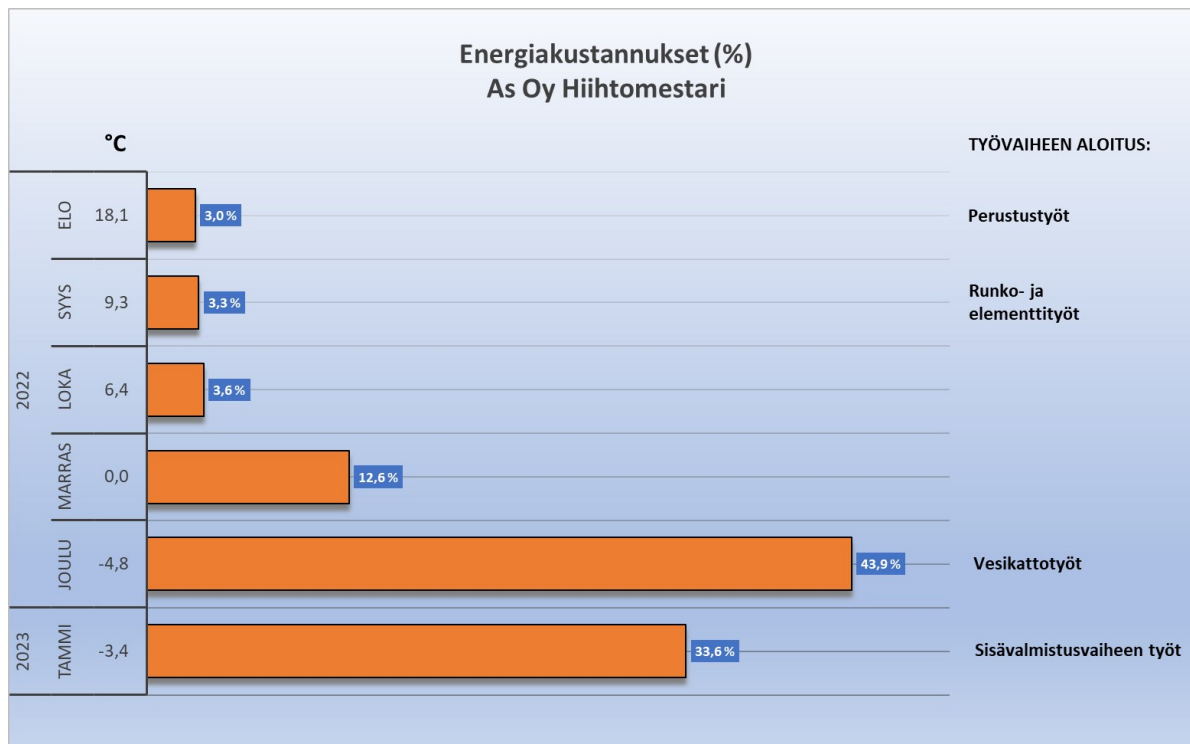
KUVA 4. As Oy Kruunassa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma (Heinonen 2023)

4.3.2 Energiankulutus As Oy Hiihtomestari

As Oy Hiihtomestarin rakentaminen aloitettiin elokuussa 2022 maarakennus- ja perustustöillä, jotka kestivät syyskuun loppupuoliskolle asti. Tämän jälkeen rakentaminen jatkui runkotöillä ja elementtiasennuksilla, joita tehtiin aina joulukuun puoleenväliin asti. Myös tässä kohteessa ikkunoita asennettiin sitä mukaa, kun kerroksen runkotyöt valmistuivat ja asennus ajoittui ajallisesti lokakuun puolivälistä joulukuun puoliväliin. Vesikattotyöt aloitettiin elementtiasennuksen jälkeen ja ne jatkuivat tammikuun puoleen väliin asti. Rakennuksen lämmitys aloitettiin tammikuun alussa, jolloin rakennuksen vaippa oli saatu umpeen. Tämän jälkeen alkoivat sisävalmistusvaiheen työt. Kohteen energiankulutusta seurataan tässä työssä vain tammikuun loppuun asti, sillä kohde tulee valmistumaan vasta tutkimuksen valmistumisen jälkeen.

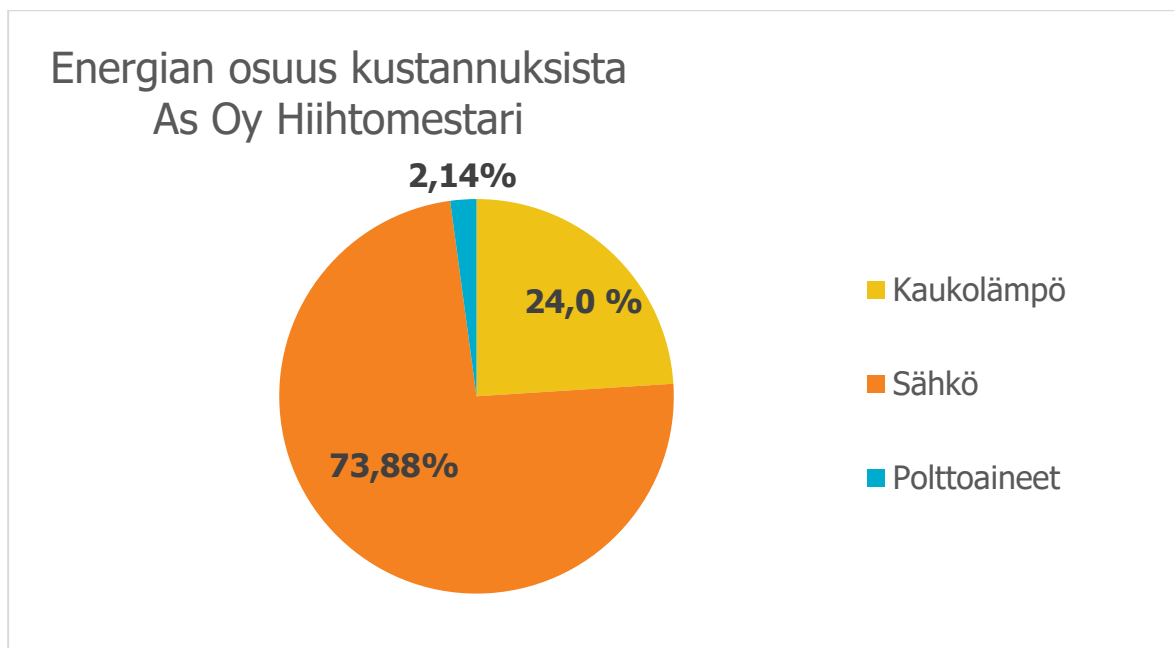
Kuten Kruunan työmaalla, myös Hiihtomestarin energiakustannukset olivat talvikuukausina suurempia muihin kuukausiin verrattuna muodostaen 77,5 % kohteen tähänastisista kokonaisenergiakustannuksista. Sisävalmistusvaiheen alkaessa tammikuun ja helmikuun välillä oli myös tämän kohteen osalta havaittavissa 10,3 % lasku energiakustannuksissa. Tämä ei johdu lämpötilojen vaihtelusta, sillä tammikuussa on ollut lämpimämpi, kuin helmikuussa. Kruunan työmaan tapaan syynä voi olla

se, että rakennuksen vesikatto oli valmis ja ikkunat asennettu eli rakennuksen vaippa oli saatu umpeen, jolloin rakennuksen lämmitys tasaantui. Näihin aikoihin rakennuksessa otettiin käyttöön myös vesikiertoiset lämpöpuhaltimet, joka voi olla myös syynä energiakustannusten laskuun. (Kuva 5.)



KUVA 5. As Oy Kuopion Hiihtomestarin kustannusten jakauma prosenteissa (Heinonen 2023)

As Oy Kuopion Hiihtomestariissa käytetyt energianlähteet jaettiin sähkөөn, kaukolämpöön ja polttoaineisiin. Tarkastelun ajanjaksolla sähkön osuus oli käytetyistä energianlähteistä suurinta, muodostaen energian kokonaiskustannuksista 73,9 %. Tämä viittaa siihen, että sähköä käytettiin paljon myös lämmönlähteenä väliaikaisessa lämmityksessä. Kaukolämmön osuus oli 24,0 % energiakustannuksista ja sitä käytettiin kohteessa osana väliaikaista lämmitystä. Polttoaineiden osuus oli vain 2,1 % eli kohteessa ei käytetty polttoaineita lämmittämiseen. (Kuva 6.)



KUVA 6. As Oy Hiihtomestarissa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma (Heinonen 2023)

4.4 Energiankulutuksen vertailu rakennushankkeiden välillä

Rakennusaikaisessa energiankulutuksessa As Oy Kruunan ja As Oy Hiihtomestarin välillä on huomiotava rakennushankkeiden poikkeava tarkastelujakson pituus. Kuopion Kruunan kustannuksien jakauma on laskettu koko projektin ajanjaksolta, kun taas Hiihtomestarissa tarkastelu päättyy kuuden kuukauden jälkeen. Tästä huolimatta kohteiden energiankulutuksessa on paljon yhtäläisyyksiä, joista selkeimpiä olivat talvikuukausina syntyneet suuret kulut energiankustannuksissa.

Kruunan ja Hiihtomestarin kustannuksien vertailussa loka-, marras-, joulukuun ja tammikuun tarkastelun tulokset ovat verrattavissa toisiinsa, sillä tarkasteltavista kuukausista näiden aikana molemmat projektit olivat käynnissä. Tällä tarkastelujaksolla energiakustannuksissa oli kohteiden välillä suurimmillaan yli 30 % erot. Suurimmat kustannuserot kohteiden välillä syntyivät tammikuussa, jolloin myös kuukauden keskilämpötilojen erot vuosien 2022 ja 2023 välillä olivat 4,2 °C. Tammikuun osalta Kruunan työmaan energiakustannukset olivat siis suuremmat ja ulkolämpötila merkittävästi matalampi, joka on tuonut lisäkustannuksia lämmityksen osalta.

Pelkästään vallitseva ulkolämpötila ei selitä rakennushankkeiden välisiä kustannuseroja, sillä joulukuun osalta energiakustannukset olivat melkein samansuuruiset, vaikka kuukauden keskilämpötilassa oli merkittävä ero. Joulukuussa 2021 Kruunan työmaalla ulkoilman keskilämpötila oli -3,4 °C ja vuonna 2022 Hiihtomestarissa -7,6 °C. Tiedetään, että talvirakentamisella ja ulkoilman lämpötilaeroilla on suuri vaikutus rakentamisen energiakustannusten nousuun, mutta muita syitä voivat olla esimerkiksi erot rakennuksen tiiveydessä, energian hinnassa, käytetyissä lämmitysjärjestelmissä, sähkölaitteissa ja valaistuksessa. Myös rakentajien suhtautuminen energiansäästöön tuo kustannuseroja rakennushankkeelle.

Energiavertailussa tutkittiin myös käytettyjä energialähteitä ja ne jaettiin karkeasti kolmeen osaan kulutettujen energiamäärien mukaan. Myös tässä on hyvä huomioida, että Kruunassa on tarkasteltu

koko rakennusprojektiä alusta loppuun asti, kun taas Hiihtomestarin tiedot päättyvät sisävalmistusvaiheen alkuun. Sähkön ja polttoaineiden osalta suurin vaikuttava tekijä on erot väliaikaisten lämmitysjärjestelmien käytöissä. Kruunan työmaalla polttoaineiden kulutuksen perusteella käytettiin polttoainekäyttöisiä lämmittimiä, kun taas Hiihtomestarissa oli suhteessa paljon suuremmat sähkökustannukset, joka viittaa sähkön käyttämiseen myös lämmityksessä.

Energiankulutus oli suurimmillaan runkotyövaiheessa molempien vertailukohteiden osalta. Siirtyminen sisävalmistusvaiheisiin ja kaukolämmön hyödyntäminen väliaikaisena lämmitysjärjestelmänä laski energiakustannuksia molemmissa hankkeissa noin 10 % sääolosuhteista huolimatta. Tämä korostaa rakennuksen tiiveyden ja vaipan umpeen saamisen tärkeyttä energiansäästöissä. Kaiken kaikkiaan energiakustannusten tarkastelun perusteella suurin säästöpotentiaali on ennen sisävalmistusvaiheen töitä, kun energiakustannukset ovat korkeimmillaan.

4.5 Haastattelu

Molemmissa energiavertailun kohteissa väliaikainen lämmitys tuotettiin kalustovuokraamo Renta Oy:n tuotteilla. Renta Oy tarjoaa rakennusliikkeille palveluita olosuhdehallintaan, sähköistykseen ja valaistukseen. Yrityksen kautta voidaan tilata esimerkiksi työmaan väliaikainen lämmityskokonaisuus, joka sisältää suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon. Tämän vuoksi haastattelin Renta Oy:n edustajaa.

Haastattelun tarkoituksena oli tukea energiavertailua sekä selvittää mitä tulevaisuuden ratkaisuja Renta Oy:lla on energiansäästöön liittyen. Energiavertailun perusteella suurin yksittäinen kuluerä oli väliaikainen lämmitys, joten haastattelun pääteemana oli rakennushankkeen väliaikaiset lämmitysjärjestelmät. Keskustelu käytiin Microsoft Teams:in avulla ja se tallennettiin tutkimusta varten. Tallentaminen auttoi keskustelun raportoinnissa vähentämällä asiavirheitä ja mahdollisti vastauksien paremman analysoinnin. Haastattelussa Renta Oy:n edustajana oli aluemyyntipäällikkö ja toteutus tehtiin puolistrukturoituna eli haastattelun ydinkysymykset lähetettiin haastateltavalle ennakoon. Ydinkysymysten tukena käytettiin tarkentavia lisäkysymyksiä, jotka oli suunniteltu ennen haastattelua. Haastateltavalle kerrottiin tutkimustavoitteet ja taustaa tutkimuksesta ennen haastattelua.

Haastattelun ydinkysymykset:

- Mitkä asiat vaikuttavat rakennushankkeen lämmitysjärjestelmän valintaan?
- Mikä on yleisin tilapäinen lämmitysjärjestelmä?
- Miten yrityksen palveluissa huomioidaan vähähiilisempi tulevaisuus?
- Mitä tulevaisuuden ratkaisuja yrityksellä on energiansäästöä ajatellen?

4.5.1 Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät

Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat ensisijaisesti rakennuksen sijainti ja rakennustyyppi sekä alueella saatavilla olevat lämmitysmuodot. Kaukolämpökohteissa väliaikaisena lämmitysjärjestelmänä

käytetään yleensä vesikiertoista järjestelmää. Rakennushankkeissa, joissa kaukolämpöä ei ole saatavilla voidaan käyttää lämpökeskuksia, jotka tuottavat lämmön poltinjärjestelmän avulla. Lämpökeskukset toimivat polttoöljyllä ja niiden käyttö on kallista. Ne myös tuottavat paljon CO₂-päästöjä. Suoraan sähkölämmitteiset järjestelmät ovat nykyään harvinaisia, sillä sähkön hinta on todella korkea eli sähköä käytetään pääsääntöisesti vain täydentämään tilapäistä lämmitysjärjestelmää. Matalaenerginen ratkaisu voisi olla myös ilmavesilämpöpumppu, mutta niiden käyttö on ainakin toistaiseksi todella harvinaista.

”Joissain kohteissa saatetaan lämpö tuottaa sähköllä, mutta kun tiedetään tämänhetkisen sähkön hinta, niin sitä ei juurikaan käytetä.”

Näin ollen yleisimpänä lämmönlähteenä käytetään kaukolämpöä, jonka osuus on noin 80 % kaikista lämmitysmuodoista, jolloin vesikiertoiset lämpöpuhaltimet toimivat väliaikaisina lämmitysjärjestelminä. Harvinaisempia ovat kaasu- ja öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet, joita käytetään useimmiten vain tietyissä runkotyövaiheissa kuten paikallavaluissa ja onteloiden täyttövaluissa.

4.5.2 Ratkaisuja energiansäästön ja ympäristön kannalta

Lämmöntehtöön tarve lasketaan rakennuksen kuutiomäärien ja kerrospinta-alojen mukaan eli suunnitteluvaiheessa päätetään riittävät lämmityslaitteet, jolloin saavutetaan energiatehokkain ratkaisu väliaikaiselle lämmitysjärjestelmälle. Suunnittelussa on tärkeä tietää rakennuksen eristävyys ja tiiveys, sillä ne määräävät lämpötehtöön tarvetta. Kuivaketju 10 -kosteudenhallinnan toimintamalli määrittää monessa kohteessa rakennusaikaisen lämpötilan, jonka mukaan väliaikainen lämmitys suunnitellaan riittäväksi, kun rakenteiden kuivuminen ja kosteudenhallinta ovat päätavoitteina. Lämmöntehtöä voidaan ohjailta puhallinkohtaisesti termostaatin avulla ja ilman lämpötilan seurannalla. Tavoitteena on, että kaikki lämmittimet puhaltaisivat tasalaatuisesti niin, että koko rakennukseen saavutettaisiin sama lämpötila. Ongelmana on, että lämmin ja kevyt ilma nousee ylöspäin, jolloin korkeissa rakennuksissa ylempien kerroksien lämpötilat nousevat helposti liikaa ja lämmittimiä joudutaan sulkemaan ja käynnistämään manuaalisesti. Paljon tehdään myös sitä, että lämmittimien määrä ja valinta tehdään arvioimalla ilman tarkkoja laskelmia, jolloin energiahukkaa tulee varmasti.

”Se mitä haluan korostaa, on suunnitelmallisuus. Kun suunnitelmien pohjalta tehdään rakennusaikainen lämmitys, niin se on toimivin.”

Energiansäästön ja ympäristön hiilidioksidipäästöjen kannalta merkittävin uudistus väliaikaisissa lämmitysjärjestelmissä on automatisoidut puhallinjärjestelmät. Puhallinyksikössä on anturi, joka mittaa ilman lämpötilaa ja -kosteutta. Anturi lähettää tietoa pilvipalveluun, jonka kautta käyttäjät saavat tiedot rakennuksen olosuhteista. Puhaltimen termostaatti säätelee automaattisesti lämmittimen tehoa, jotta saavutetaan haluttu lämpötila. Järjestelmä minimoi turhan eli hukkalämmittämisen ja varmistaa rakenteille kosteusteknisesti hyvät olosuhteet. Tällainen väliaikaisen lämmityksen optimointi tuo kustannuksiin merkittäviä säästöjä. Järjestelmää on kokeiltu muutamissa Suomen rakennushankkeissa.

”Automatisoidulla puhallinjärjestelmällä pystytään saavuttamaan kahdenkymmenenviiden prosentin energiansäästö koko talvikauden osalta.”

Kehitteillä on myös uusiutuvaa maalämpöenergiaa hyödyntävä järjestelmä, jota voidaan käyttää rakennushankkeiden väliaikaiseen lämmitykseen. Ratkaisulla pystytään pienentämään rakennusaikaisia hiilidioksidipäästöjä sekä kustannuksia.

Lisäksi rakennushankkeen valaistuksessa kannattaa käyttää led-valaisimia, joilla saavutetaan pienillä jännitteillä tehokas valaistus. Ne ovat merkittävä säästö verrattaessa vanhoihin halogeenivalaisimiin. Lisäksi voidaan hyödyntää liiketunnistimia ja valaistuksen ajastamista, jolloin valaistuksen hukka-käyttö minimoidaan.

4.6 Tulosten yhteenveto

Tutkimuksen perusteella ja energiansäästön kannalta tärkeimpänä asiana rakennushankkeessa pidän väliaikaisten lämmitysjärjestelmien hyvää suunnittelua ja hallintaa. Järkevintä olisi kohdistaa säästötoimet talvikuukausien ajalle, jolloin energiakustannukset kasvavat merkittävästi. Lisäksi väliaikaisten lämmitysjärjestelmien tyyppi sekä toimintaperiaate vaikuttavat paljon rakennustyömaan lämmön hallintaan ja säätelyyn. Hyvänä säästötoimena lämmityksen tasaiseen hallintaan on erityisesti rakennuksen tiivistäminen eli rakennuksen vaipan umpeen saaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Käytännössä se tapahtuu ikkuna-asennusten tai väliaikaisten ikkuna- ja ovisuojien asennuksella jo runkotöiden ohessa, kun tämä on rakennusteknisesti mahdollista. Lisäksi suurimmat läpiviennit rakennuksen ulkokuoressa tulisi tiivistää. Tiivis rakenne säilyttää lämpötilan paremmin, jolloin lämmitystarve pienenee ja energiankulutus laskee.

Rakennushankkeen olosuhdeseuranta on myös tärkeässä roolissa energiansäästöä ajatellen. Olosuhdeseurannalla tarkoitan tässä tapauksessa rakennuksen sisäilman lämpötilaa, ilmankosteutta ja ulkona vallitsevaa säätä. Työmailla on käytössä mittalaitteita seuraamaan olosuhteita, joiden perusteella tehdään tarvittavat muutokset. Seuraamalla aktiivisesti rakennuksessa ja ympäristössä vallitsevia olosuhteita, voidaan epäedullisiin muutoksiin reagoida nopeasti ja sitä kautta vaikuttaa syntyviin energiakustannuksiin. Mitä nopeammin muutoksiin pystytään reagoimaan, sitä paremmat tulokset voidaan saavuttaa energiansäästön osalta.

Energiansäästöllä saavutetaan etuja rakennushankkeelle, yritykselle ja yhteiskunnalle. Energiankulutuksen vähentäminen luo suoria kustannussäästöjä ja auttaa rakentamaan vähähiilisempää tulevaisuutta pienentämällä ilmakehän hiilidioksidipäästöjä. Vähähiilisyys ja ympäristötavoitteet ovat nykyään ajankohtaisia aiheita, joten yrityksen imagon kannalta on tärkeää, että ympäristötavoitteisiin päästään ja rakennusaikainen energiansäästö on yksi hyvä keino siinä. Myös markkinoinnin kannalta energiansäästö ja vähähiilisyys luo etuaseman hyvin kilpaillulla alalla.

Haasteita energiansäästötoimiin tuo rakennushankkeiden kireät aikataulut, jolloin monet muut asiat menevät edelle. Energiakustannuksissa ei voida säästää riittävästi, että se olisi taloudellisesti kannattavaa, jos tästä syystä hankkeen aikataulussa jäädään jälkeen. Tästä on hyvänä esimerkkinä betonin kuivuminen, jota on monissa tapauksissa järkevää tehostaa, vaikka energiakustannukset nousevat. Työntekijöiden turvallisuus sekä terveen ja turvallisen rakennuksen tekeminen ovat etusijalla, jolloin säästötoimia ei aina voida toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla. Onkin tärkeää, että energian säästötoimet ovat helposti toteutettavissa ja kuluttavat mahdollisimman vähän työmaan resursseja.

Tulevaisuudessa automatisoidut lämmitysjärjestelmät tuovat suuren säästöpotentiaalin rakennushankkeiden energiankulutukseen. Automatisoidulla lämmönsäätelyllä ja etäohjauksella säästetään energian lisäksi aikaa ja resursseja sekä parannetaan rakentamisen laatua. Myös rakennustyömaan valaistuksessa on hyvä kustannussäästöpotentiaali, jos onnistutaan suunnittelemaan ja toteuttamaan valaistus mahdollisimman energiatehokkaasti. Käytännössä tämä tarkoittaisi valaistussuunnitelman tekoa, jossa määriteltäisiin tarvittavat valaisintehot sekä käytettäisiin energiatehokkaita valaisimia. Käyttämällä ajastettuja valaisimia tai liiketunnistinvalaisimia varmistetaan, ettei sähköä kulu tarpeettomaan valaistukseen.

Työnjohdon ja työntekijöiden asenteella sekä suhtautumisella energiansäästöön ja vähähiilisempään rakentamiseen on myös valtava merkitys, sillä säästötoimenpiteiden onnistuminen on työmaan käyttäjien vastuulla. Uusiin ratkaisuihin tarvitaan avoin suhtautuminen ja halu tehdä asioita uudella tavalla.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda yleiskuva rakennushankkeen energiankulutuksesta ja löytää kustannus- ja energiansäästöpotentiaalia analysoimalla kahden rakennushankkeen energiakustannuksia. Samalla pyrin löytämään keinoja vähähiilisempään rakentamiseen energiankulutuksen näkökulmasta. Onnistuin työn tavoitteissa luomalla yleiskuvan energiakustannuksien avulla ja löytämään kustannussäästöpotentiaalia talvikuukausien sekä runkovaiheen osalta. Käytännön ratkaisut energiansäästöön jäivät tässä työssä vähemmälle tarkastelulle. Rakennushankkeen energiansäästöä ja kulutuksesta tiesin aikaisemmin vain vähän, joka oli yksi perusta aiheen valintaan eli halu oppia uutta. Ideointiin vaikutti myös vuoden 2022 aikana vallitseva energiakriisi sekä omat kokemukset rakennushankkeiden energiankäytöstä. Tutustuin aiheeseen pääsääntöisesti eri internetin tietolähteiden kautta. Suoraan rakennushankkeen energiansäästöön liittyvää kirjallisuutta löytyi niukasti.

Rakennushankkeen energiansäästö on suuri kokonaisuus, joka muodostuu monesta eri tekijästä. Yksi suurimmista tekijöistä on rakennuksen lämmityksen hallinta. Hyvä lämmityksen hallinta lähtee suunnittelusta, oikean lämmitysjärjestelmän valinnasta ja hyvästä olosuhdehallinnasta. Energiansäästöön vaikuttaa paljon myös rakentamisen ajankohta, rakennuksen tiiveys ja rakentajien käyttäytyminen sekä asenne energiansäästöä ajatellen. Lisäksi työnjohdon suhtautuminen uusiin toimintamalleihin vaikuttaa paljon sekä se, miten esimerkiksi automatisaatiota osataan hyödyntää lämmitysjärjestelmissä. Lämmityslaitteiden valinnassa mennään monesti samalla vanhalla tavalla, joka on ennenkin toiminut. Tämä ei usein energiansäästön kannalta ole paras vaihtoehto, sillä markkinoilla on myös uusia ratkaisuja, joilla voidaan säästää myös luontoa kustannusten lisäksi.

Perehtyessä rakentamisen energiankulutukseen vaikuttavaan lainsäädäntöön huomasin, että Suomessa lainsäädäntö muuttuu paljon tulevina vuosina ja muutokset koskevat rakentamisen ja rakennusten energiankulutusta sekä hiilijalanjälkeä. Lainsäädäntöön tulee muutoksia, jotka määräävät ja ohjaavat yhä enemmän vähäpäästöisempään rakentamiseen ja toimiin ilmastomuutosta vastaan. Rakentamisen aikainen energiansäästö on osana koko rakennuksen hiilijalanjälkeä ja myös tärkeässä roolissa, kun halutaan vähentää ilmastolle haitallisia päästöjä.

Kun tarkastellaan energiankulutusta rakennustyömaalla, suurin yksittäinen energian kuluerä on lämmitys, joka on osa rakennuksen olosuhdehallintaa. Tähän olisi siis hyvä panostaa jo suunnitteluvaiheessa. Sanonta ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” pätee tässäkin asiassa eli lämmityksen hyvällä suunnittelulla vältetään hukkalämmitykseltä ja säästetään energiakustannuksissa. Hyvien olosuhteiden saavuttaminen rakentamisen aikana on erittäin tärkeää laadukkaan ja terveellisen rakentamisen sekä lopputuotteen eli rakennuksen aikaansaamiseksi.

Väliaikaisen lämmityksen mitoittaminen oikein ja hyvä suunnittelu ovat keskiössä säästöjä ajatellen. Lämmityksen laskennallisella suunnittelulla vältetään yli- ja alimitoittamiselta. Ylimitoittaessa hukkalämmitys tuo turhia energiakuluja. Lämmityslaitteiden alimitoitus taas aiheuttaa rakenteellisen kosteusvaurioriskin, joka voi johtaa suuriin rakenteellisiin korjauksiin tai järjestelmän paikkaamisen kalliimmalla vaihtoehtoisella järjestelmällä.

Energiavertailun haasteena oli lähtötietojen epätarkkuus, jonka vuoksi laskutustietojen perusteella tehty vertailu antaa kokonaiskuvan energiankulutuksesta, mutta yksityiskohtiin sillä ei päästä. Esimerkiksi suurin osa energialaskuista oli kuukauden ajalta, jolloin on mahdotonta viedä tarkastelua viikon tai päivän tarkkuudelle. Tarkemmat lähtötiedot olisivat helpottaneet energiamäärien vertailua ja rajaamista työvaiheiden suhteen. Tarkemmassa vertailussa tulisi ottaa huomioon kaikki energiankulutukseen vaikuttavat tekijät, jolloin tutkimus vaatii rakennushankkeiden aktiivista seuranta ja mittaamista energiankulutuksen osalta sekä työmaan työntekijöiden haastatteluita. Tässä työssä vertailtavat rakennushankkeet alkoivat samana vuoden aikana. Kohteiden valinnassa pidin tärkeänä, että hankkeiden laajuus on lähes sama, mutta enemmän huomiota olisi voinut kiinnittää niiden alkamisen ajankohtaan, jolloin vertailussa olisi voinut tutkia paremmin vuodenajan vaikutusta energiakustannuksiin.

Siiitä huolimatta, että tekisin uudessa energiavertailussa paljon asioita toisella tavalla, olen tyytyväinen aikaan saamaani tutkimukseen. Tästä on varmasti hyötyä tulevassa ammatissani tuotantoinisnöörinä. Energiavertailua tehdessä tutustuin laajasti rakennushankkeen energiankulutukseen, lämmitysjärjestelmiin, hankkeen aikana muodostuviin kustannuksiin ja käytin eri tiedonhakumenetelmiä. Excelin avulla onnistuin energiakustannusten kokoamisessa, laskemisessa ja visualisoinnissa. Haastattelun valmistelu ja toteutus onnistui hyvin, vaikka aikaisempaa kokemusta haastattelutilanteesta ei ollut.

Energiansäästö rakennushankkeen aikana on valtavan laaja aihe, joten tässä työssä painopiste oli lämmitykseen liittyvässä energiankulutuksessa ja sen säästöpotentiaalissa. Jatkotutkimusideana on tutkia aihetta rajatumminkin esimerkiksi vain väliaikaisen lämmitysjärjestelmän osalta, jolloin saataisiin vielä tarkempia tuloksia ja käytännön toimia energiansäästöön. Tällainen tutkimus vaatii tarkkaa energiankulutuksen ja olosuhteiden tilastointia työmaalla jopa päivän tarkkuudella.

LÄHTEET

- Airam, 2022. Verkojulkaisu. Sähkönkulutus puhuttaa. Pelastaako pimeässä istuminen isolta laskulta? <https://www.airam.fi/ideat-ja-vinkit/sahkonkulutus-puhuttaa>. Viitattu 18.5.2023.
- El-Björn, julkaisuaika tuntematon. Verkkosivut. lähde: <https://www.elbjorn.com/fi-fi/lampo/tvs-kui-vaus-ja-lammitysjarjestelma/eb14655-tf-100hw/>. Viitattu 20.4.2023.
- Elo, Eero 2017. Rakennusaikaisen lämmityksen kustannukset ja menetelmät toimitilarakentamisessa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma, Insinööri. Metropolian Ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201804275749>. Viitattu 29.1.2023.
- Energiateollisuus 2023, Energiakriisistä on selvitty nostamalla kotimaista tuotantoa ja vähentämällä kulutusta. Verkojulkaisu. Päivitetty 12.01.2023. https://energia.fi/uutishuone/materiaali-pankki/energiakriisista_on_selvitty_nostamalla_kotimaista_tuotantoa_ja_vahentamalla_kulutusta.html#material-view. Viitattu 15.01.2023.
- Euroopan parlamentti 2022. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarκοittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>. Viitattu 21.5.2023.
- Heinonen, Iiro 2023. Valokuva Asunto Oy Kuopion Hiihtomestarista. Valokuva, 1.5.2023. Kuopio: Iiro Heinosen kokoelmat.
- Heinonen, Iiro 2023. Valokuva Asunto Oy Kuopion Kruunasta. Valokuva, 30.5.2023. Kuopio: Iiro Heinosen kokoelmat.
- Heinonen, Iiro 2023. As Oy Kuopion Kruunan Energiakustannusten jakauma prosenteissa. Digikuva, 2.2.2023. Kuopio: Iiro Heinosen sähköiset kokoelmat.
- Heinonen, Iiro 2023. As Oy Kruunassa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma. Digikuva, 2.2.2023. Kuopio: Iiro Heinosen sähköiset kokoelmat.
- Heinonen, Iiro 2023. As Oy Kuopion Hiihtomestarin kustannusten jakauma prosenteissa. Digikuva, 2.2.2023. Kuopio: Iiro Heinosen sähköiset kokoelmat.
- Heinonen, Iiro 2023. As Oy Hiihtomestarissa käytettyjen energialähteiden kustannusjakauma. Digikuva, 2.2.2023. Kuopio: Iiro Heinosen sähköiset kokoelmat.
- Ilmasto-opas, julkaisuaika tuntematon. Verkojulkaisu. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/maan-kaytto-ja-rakentaminen>. Viitattu 30.4.2023.
- Ilmatieteenlaitos, 2023. Verkkosivut, tilastoja vuodesta 1961. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>.
- KK-Sähkötukku, julkaisuaika tuntematon. Tuoteluettelo. FP Pistorasiapilarit – Pienvenesatamat, Camping, Teollisuus. <http://www.kk-sahkotukku.fi/tuoteryhma.php?ryhma=finpilar-teollisuus>. Viitattu 22.4.2023.
- Kosteudenhallinta, julkaisuaika tuntematon. Verkkosivu. Rakenteiden kuivuminen. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivuminen>. Viitattu 30.4.2023.

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Viitattu 12.2.2023.
- Neste, 2023. Verkkojulkaisu. Sähköä, vetyä vai uusiutuvia polttoaineita? Tältä näyttää työkoneiden tulevaisuus. <https://www.neste.fi/konserni/journeytozerostories/arkisto/1676-kumppanuidet/sahkoa-vetya-vai-uusiutuvia-polttoaineita-talta-nayttaa-tyokoneiden-tulevaisuus>. Viitattu 21.5.2023.
- Nollge, 2023. Verkkosivut. Anturit sisäkäyttöön. <https://nollge.com/tuote/connected-airwits/>. Viitattu 18.5.2023.
- Peura, Jarmo 2013. Energiatehokas valaistus ja sen huomioiminen energiaselvityksessä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305097413>. Viitattu 22.4.2023.
- Polartherm, 2023. Verkkosivut. https://polartherm.fi/tuotteet_civ/remko-elkomat/. Viitattu 20.4.2023.
- Rakennuskuivain, julkaisuaika tuntematon. Verkkosivut. <https://www.rakennuskuivain.fi/rakennuskuivaimet/>. Viitattu 20.4.2023
- Rakennuslehti, 2021. Verkkojulkaisu. Betonin kuivuminen ei ole salatiedettä, mutta hokkuspokkuskonsteilla hankala muovimatto-ongelma ei ratkea. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/10/betonin-kuivuminen-ei-ole-salatiedetta-mutta-hokkuspokkuskonsteilla-ongelma-ei-ratkea/>. Viitattu 30.4.2023.
- Rakennustaito, 2021. Verkkojulkaisu. Lisää sähköisiä työkoneita työmaille. <https://rakennustaito.fi/lisaa-sahkoisia-tyokoneita-tyomaille/>. Viitattu 20.4.2023
- Rakennustieto Oy © Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS sr ja Mittaviiva Oy 2021 Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa, Suunnitteluohje 2021, 24. Viitattu 23.4.2023.
- Rakennustieto Oy © Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS ja Mittaviiva Oy. Ratu C8-0377 Talvityöt ja -kustannukset. Suunnitteluohje 2010. Viitattu 30.4.2023.
- Rakennustieto Oy © Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS sr 2021. Ratu RT-103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Ohjekortti 2021. Viitattu 18.5.2023.
- Ramirent, 2018. Verkkojulkaisu. <https://www.ramirent.fi/referenssit/kaasulammitus-kerrostalotyomaalla>. Viitattu 20.4.2023.
- Renta, 2023. Verkkosivut. <https://www.renta.fi/palvelut/olosuhdehallinta/lammitus/>. Viitattu 25.2.2023.
- Sisäilmäyhdistys ry, 2008. Verkkojulkaisu. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>. Viitattu 25.2.2023.
- Sähkö Severi, 2017. ST 58.02, Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti. <https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.savonia.fi/Search/PerformSearch>. Viitattu 22.4.2023.
- Sähkö Severi, 2019. ST 51.35 Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu. <https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.savonia.fi/Search/PerformSearch>. Viitattu 22.4.2023.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2018. Verkkojulkaisu. Liian tehokas lamppu valaisimessa on vaarallinen. <https://tukes.fi/-/liian-tehokas-lamppu-valaisimessa-on-vaarallinen#9392e01c>. Viitattu 18.5.2023.

Työsuojelu, 2022. Verkkosivut. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/valaistus>. Viitattu 28.2.2023.

YIT 2022. Maalämpö yhdistettynä vihreään sähköön on aidosti CO₂-vapaa vaihtoehto. <https://www.yit.fi/ytimessa/maalampo-yhdistettyna-vihraan-sahkoon-on-aidosti-co-vapaa-vaihtoehto>. Viitattu 21.5.2023.

YIT:n tietokanta, Energiatodistukset. Viitattu 30.4.2023.

YIT:n tietokanta, Quintet perusteet 2023. Viitattu 16.4.2023.

Ympäristöministeriö, 2022. Hallitus sopi ilmastotoimien vahvistamisesta. <https://ym.fi/-/hallitus-sopi-ilmastotoimien-vahvistamisesta>. Viitattu 11.4.2023.

Ympäristöministeriö, julkaisuaika tuntematon. Hiilineutraali Suomi 2035. <https://ym.fi/hiilineutraali-suomi2035>. Viitattu 11.4.2023.

Ympäristöministeriö, julkaisuaika tuntematon. Rakennusten energiatehokkuus. <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>. Viitattu 12.2.2023.

Ympäristöministeriö, julkaisuaika tuntematon. Vähähiilinen rakentaminen. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>. Viitattu 11.4.2023.

Ympäristöministeriö, Tiedote 1.3.2023. <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>. Viitattu 12.3.2023.

LIITTEET

LIITE 1: As Oy Kuopion Kruunan Energiakustannukset (SALAINEN)

LIITE 2: As Oy Kuopion Hiihtomestarin Energiakustannukset (SALAINEN)

LIITE 3: As Oy Kuopion Kruunan energiakustannusten jakauma energialajeittain (SALAINEN)

LIITE 4: As Oy Kuopion Hiihtomestarin energiakustannusten jakauma (SALAINEN)