

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# RAKENNUSAIKAISEN LÄMMITYKSEN HUOMIOINTI MAALÄMPÖKOHTEESSA

TEKIJÄ Toni Savolainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Toni Savolainen	
Työn nimi Rakennusaikaisen lämmityksen huomiointi maalämpökohteessa	
Päiväys 01.05.2023	Sivumäärä/Liitteet 24/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pohjola Rakennus Oy Suomi	
<p>Tässä rakennusmestarityössä keskityttiin tutkimaan rakennusaikaisen lämmityksen kustannuksia, menetelmiä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyön tilaajana toimi Pohjola Rakennus Oy Suomen Kuopion yksikkö. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia rakennusaikaista lämmitystä tuotannosuunnittelun näkökulmasta ja löytää kerrostalotyömaalle toimivin sekä kustannustehokkain lämmitysjärjestelmä runkovaiheeseen.</p> <p>Työssä tutustuttiin aiheesta aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin ja verkkodokumentteihin. Työssä tutkittiin eri lämmitysjärjestelmien kulutuksia ja hintoja, joita myös hyödynnettiin laskenta Excelin teossa. Käytettyjä hintoja kerättiin eri energiatoimittajilta. Opinnäytetyön teossa tutkittiin yleisimpiä uudiskohteilla käytettäviä lämmitysjärjestelmiä. Työssä myös paneuduttiin siihen, milloin lämmitys kannattaa aloittaa.</p> <p>Opinnäytetyössä kohdetyömaana käytettiin Pohjola Rakennus Oy Suomen omaa kohdetta As Oy Kuopion Luiselijaa. Laskennassa hyödynnettiin työmaan tietoja. Laskenta Excelissä paneuduttiin pelkästään lämmitykseen menevään energiaan ja sen kustannuksista eri lämmitysmuodoissa. Laskennassa ei otettu huomioon toimisto- ja sosiaalitiloja, eikä siinä huomioida aukko suojauksessa käytettyjä materiaaleja tai laitevuokria. Excelistä saatavat kustannukset ovat suuntaa antavia, ja niitä voidaan soveltaa tulevaisuudessa tuotannon suunnittelussa sekä lämmitysjärjestelmän valinnassa.</p>	
Avainsanat Rakentaminen, Rakennusaikainen lämmitys, Energiakustannukset, Rakennustyömaa	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Toni Savolainen	
Title of Thesis Consideration of heating during construction in a geothermal site	
Date 01.05.2023	Pages/Appendices 23/1
Client Organisation /Partners Pohjola Rakennus Oy Suomi	
<p>This construction management study focused on studying the costs, methods and factors that are affecting heating during construction. The thesis was commissioned by Pohjola Rakennus Oy Suomi's Kuopio unit. The aim of the thesis was to study heating during construction from the perspective of production planning and to find the most functional and cost-effective heating system for an apartment building construction site for the frame phase.</p> <p>The study explored previous studies and online documents on the subject. The study examined the consumption and prices of different heating systems, which were also utilized in the calculation Excel. The prices that were used have been collected from different energy suppliers. This thesis did examine the most common heating systems used in new buildings. The study also focused on when to start the heating.</p> <p>The target construction site used for the study was Pohjola Rakennus Oy Suomi's own site, As Oy Kuopion Luistelija. The data from the construction site were used in the calculation. The calculation in Excel focuses solely on the energy that were used for heating and its costs in different forms of heating. The calculations did not consider office and social facilities and does not consider the materials used in the gap protection or equipment rentals. As a result, the company did get calculation Excel to calculate the need of heating and the costs for it. From Excel, the prices are indicative and can be applied in the future when planning production, as well as when choosing a heating system. The excel is only for the company and the prices are secret, so the final Excel will not be published in this thesis.</p>	
Keywords Building, Construction-time heating, Energy costs, Construction site	

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	6
2 RAKENNUSAIKAINEN LÄMMITYS.....	7
2.1 Yleistietoa rakennusaikaisesta lämmityksestä ja olosuhteista .....	7
2.2 Kosteudenhallintasuunnitelman merkitys .....	7
2.3 Rakentaminen talvella ja kesällä .....	8
2.3.1 Talvirakentaminen .....	8
2.3.2 Kesäarakentaminen .....	9
2.4 Huomiointi työmaan suunnittelussa ja aikataulutuksessa .....	9
2.5 Kustannusten huomiointi budjetissa .....	10
2.6 Lämpöhäviön vähennys rakennusaikana .....	10
3 MAALÄMPÖ .....	11
3.1 Mitä on maalämpö .....	11
3.2 Energiakaivo.....	11
3.3 Hyödyntäminen rakennusvaiheessa.....	11
4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA KUIVAIMET .....	13
4.1 Sähkölämmittimet ja kuivaimet .....	13
4.2 Polttoöljykäyttöiset lämmittimet .....	15
4.3 Nestekaasulämmitys.....	16
4.4 Kaukolämpö .....	17
5 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSVERTAILU .....	18
6 TULOSTEN VERTAILU .....	20
7 POHDINTA .....	22
LÄHTEET .....	23
LIITE 1: EXCEL LASKENTATAULUKKO .....	25

## KUVALUETTELO

KUVA 1. TALVEN 2021–2022 SÄÄ, ILMATIETEENLAITOS (CC BY-ND).....	9
KUVA 2. EL-BJÖRN TF 18EL (RENTA EASY 2022) .....	13
KUVA 3. REMKO ELKOMAT 9 (RENTA EASY 2022).....	14
KUVA 4. VEAB LAF 50 ES (RENTA EASY 2022) .....	15
KUVA 5. HEATMOBIL HTL 250 (RENTA EASY 2022).....	16

KUVA 6. LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSEROT (SAVOLAINEN 2023 CC BY-ND) .....20

## 1 JOHDANTO

Rakennusaikainen lämmitys on tärkeä osa rakentamista. Sen suunnittelu ja toteutus on isossa osassa rakennuksen kuivatusta ja lämmitystä. Rakennusaikaisen lämmityksen kustannuksista ei tosin löydy juurikaan kirjallisuutta ja tulevien työmaiden suunnittelu tehdäänkin usein pohjautuen aikaisempaan työmaadataan ja työmaata suunnittelevien henkilöiden kokemuksiin perustuen. Toimivan lämmitysjärjestelmän valinta ja kustannus voikin olla hieman haastavaa, koska vaihtoehtoja on niin monta. Laskenta Excelin tarkoitus on helpottaa tulevaisuudessa lämmitysjärjestelmän valintaa ja niiden kustannusten ennustamista. Laskuri on vain Pohjola Rakennus Oy Suomi käytössä, eikä sitä liitetä opinnäytetyön julkaistavaan versioon.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään rakennusaikaisen lämmityksen vaihtoehtoja kerrostalokohteessa, jossa lopullinen lämmitysjärjestelmä on maalämpö. Työssä selvitetään, miten maalämpöä voidaan hyödyntää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa työmaan lämmityksessä ja millä keinoilla sitä voidaan huomioida työmaan suunnittelussa sekä aikataulutuksessa. Tilaaja saa myös laskentataulukon Excel ohjelmaan, jolla voidaan laskea suuntaa antavia lämmityskustannuksia eri lämmitysjärjestelmillä.

Opinnäytetyön tekemisessä hyödynnetään aikaisempia tutkimuksia ja luotettavia verkkolähteitä sekä verkkodokumentteja. Opinnäytetyössä pääosassa on yritykselle tehty laskenta Excel ja hankittu tieto lämmitystarpeeseen vaikuttavista tekijöistä. Lämmitystarve on määritetty laskennassa optimaalisiin olosuhteisiin.

Tämä opinnäytetyö tehdään Pohjola Rakennus Oy Suomen Kuopion yksikölle. Esimerkkikohteena toimii As Oy Kuopion Luistelija. Kohteen lopullinen lämmitysjärjestelmä on maalämmöstä lämpönsä saava vesikiertoinen lattialämmitys.

## 2 RAKENNUSAIKAINEN LÄMMITYS

Rakennusaikaisen lämmityksen käyttöönotto on tärkeää työmaan edistymisen kannalta, koska monet työvaiheet vaativat lämpimät olosuhteet laadullisesti hyvän lopputuloksen saavuttaminen. Lämmityksellä taataan laadun lisäksi materiaalien ja työympäristön kunnossa pysyminen. Tästä syystä työmaa-aikataulua laadittaessa on huomioitava rakennusaikaisen lämmityksen toimintaan saattaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja sen toteutumista tulee valvoa. (Renta 2022.)

### 2.1 Yleistietoa rakennusaikaisesta lämmityksestä ja olosuhteista

Rakennusaikainen lämmitys on isossa osassa hankkeen kustannuksissa ja rakenteiden kuivumisen kannalta kriittinen. Lämmityksen tarve vaihtelee vuodenajan mukaan ja kustannukset sen mukana. Rakennettaessa voidaan vuodenajat jakaa kahteen osaan ja vaiheet kolmeen. Kesä- ja talvirakentaminen sekä kuivatuslämmitys, rakennusosan lämmitys ja ylläpitolämmitys. Suomessa lämpötilojen vaihtelu on suurta ja parhaillaan lämpötilat voivat vaihdella yli 50 celsius astetta vuoden sisällä. Tämän takia myös suhteellinen kosteus vaihtelee suuresti, mikä vaikuttaa rakenteen kuivumiseen ja lämmitystarpeeseen. (Hämäläinen 2012.)

Lämmityksen aloituksen edellytys on sääsuojaus. Sääsuojauksen tarkoituksena on suojata rakennettavaa kohdetta vedeltä, lumelta, lämpötilalta ja ilmajirroilta. Suojaustarpeet suunnitellaan aina kohdekohtaisesti ja kohteen rakentamisen aloituksen mukaan. (Hämäläinen 2012.)

Vuoden 2021 sää vaihteli suuresti missä päin Suomessa oli. Esimerkiksi maaliskuussa Suomessa ylin lämpötila on mitattu Jomalassa +14,6 °C ja alin Kuhmossa -38,9 °C. Tämä tarkoittaa rakentamisen kannalta huomattavan suuria kustannuseroja ja huomiointia rakennusaikaiseen lämmitykseen varattavasta budjetista. (Ilmatieteenlaitos, Säävuosi 2021–2022.)

### 2.2 Kosteudenhallintasuunnitelman merkitys

Rakennusaikaiseen lämmitykseen kuuluu oleellisena osana myös kosteudenhallintasuunnitelma, joka tehdään ennen rakentamisen aloitusta. Monet rakennusyrietykset ovat siirtyneet käyttämään kuiva- ketju10-toimintamallia, jonka on ympäristöministeriön ja Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston kehittänyt. Sillä pyritään ennaltaehkäisemään ja vähentämään kosteusvaurioiden syntyä rakennuksen elinkaaren aikana. (Sisäilmayhdistys ry. Julkaisuaika tuntematon.)

Kosteudenhallintasuunnitelmaan kartoitetaan kosteusriskejä ja merkitään rakenteiden kuivumisaikavaihtelut. Rakennuksen kuivatukseen ja lämmitykseen käytetään työmaa-aikaisia lämmityslaitteita, jotka ovat usein lämpöpuhaltimia. Myös kosteudenkeräjiä käytetään usein kerrostalokohteissa, joilla kerätään ilmankosteutta pois. Lämmittimillä ja ilmankuivaimilla varmistetaan ilmankosteuden hallittu poistaminen ja niiden määrään vaikuttaa vuodenaika, milloin rakennetaan. (Sisäilmayhdistys ry. Julkaisuaika tuntematon.)

On tärkeää kiinnittää huomiota rakennusmateriaalien suojaamiseen kosteudelta kuljetusten ja varastoinnin aikana. Niiden oikein suojaus ja varastointi vähentää rakennekosteutta ja estää rakennusmateriaaleja pilaantumasta. Vähentynyt rakennekosteus on suoraan verrannollinen rakennuksen kuiva-

tustarpeeseen. Materiaalien varastointi ja suojaus vaatii tarkkaa suunnitteluja, mikä tulee ottaa huomioon työmaata aikataulutettaessa. Suojauksessa kannattaakin hyödyntää jo valmiita rakenteita, jossa materiaalit ovat poissa olosuhteiden vaikutukselta. Huomioitavaa on myös suojattavat materiaalit ja niiden alttiudet kosteuden vaikutukselle. Yleisimmin suojaukseen käytetään suojapeitteitä, eristemattoja ja rakennusmuovia. (Hämäläinen 2012.)

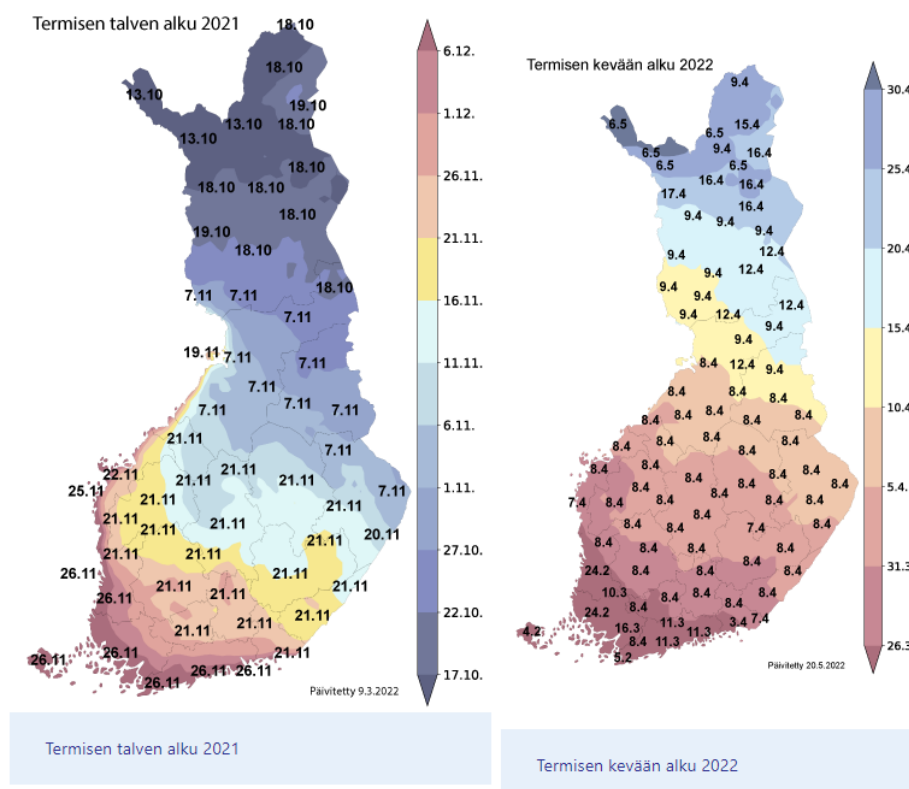
## 2.3 Rakentaminen talvella ja kesällä

### 2.3.1 Talvirakentaminen

Talvikauden alun määrittää se, kun keskilämpötila on alle nolla koko vuorokauden. Talvikauden alkamisaika vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Suomessa rakentaminen tapahtuu noin puolet ajasta talvisissa tai kylmissä olosuhteissa ja talvi kestää keskimäärin 140 vuorokautta. Tähän lisätään myös mahdolliset syksyn ja kevään kylmät ajanjaksot niin saadaan ajaksi noin puoli vuotta. Suomessa on tämän takia opittu käyttämään ja hyödyntämään erilaisia rakennusmenetelmiä, joilla pystytään myös talvella saamaan laadullisesti hyvä lopputulos sekä hallitsemaan kustannuksia. (Koskenvesa 1999.)

Talvirakentamisen omia haasteita tuo lumen määrä, kylmät lämpötilat ja kasvava energiamäärä. Lumemäärän ja kylmyyden takia työmenekki kasvaa huomattavasti kylmillä keleillä ja energian tarve kasvaa merkittävästi. Myös syksyisin työmenekkiä lisää etenkin runkorakentamisessa kovat sateet, myrskytuulet ja kylmyys, jotka hidastavat rakennustyötä. Keväällä riskiä aiheuttaa lumien aiheuttamat suuret vesimäärät. Suomessa on silti opittu huomioimaan suunnitelmissa lisäresurssien ja kustannusten lisääntymiset, mutta sääolosuhteiden vaihteluun on vaikea varautua etukäteen. (Koskenvesa 1999.)

Ilmatieteenlaitoksen termisen talven alku 2021 ja termisen kevään alku 2022 kuvastaa Suomen tämänhetkistä talvikautta (kuva 1). Talvikauden alussa on ollut muutaman kuukauden erot. Kevään alun erot ovat huomattavat, koska siinä erot kasvavat jopa kolmeen kuukauteen. (Ilmatieteenlaitos, Talven sää 2021–2022.)



KUVA 1. Talven 2021–2022 sää, Ilmatieteenlaitos (CC BY-ND)

Kuva 2

Talvirakentamisessa käytetään paikallavalettavissa rakenteissa kohdekuivatusta upottamalla lämmityskaapeleita, eli betoninkovetuskaapeleita valettavaan osaan. Lämmityskaapeliensa tarkoituksena on lämmittää valettua osaa sisältäpäin, joka poistaa kosteutta molempiin suuntiin ja auttaa betonin kovettumista sekä kuivumista. Kaapeleita on erimittaisia ja tehoisia. (Pistesarjat.)

### 2.3.2 Kesärakentaminen

Kesärakentamisen haasteina on lumen muuttuminen vedeksi, jolloin sen siirtyminen on helpompaa ja poisto työläämpää, kun joudutaan käyttämään uppopumppuja tai vesi-imureita. Kosteuspitoisuuden kesä- ja talvirakentamisessa on melko samanlainen. Myös kesärakentamisen haasteisiin kuuluu materiaalien ja työvoiman saatavuus. (Elo 2018.)

## 2.4 Huomiointi työmaan suunnittelussa ja aikataulutuksessa

Rakennusaikaisen lämmityksen tarpeeseen voidaan vaikuttaa suunnittelemalla vaikeasti toteutettavia ja lämpimät olosuhteet vaativia töitä suoritettavaksi kesällä. Runkovaiheissa erityisesti paikallaan valettavassa rungossa voidaan säästää esivalmisteluissa ja työkustannuksissa, kun se suoritetaan kesällä. Lämmitystä suunniteltaessa käytetään hyödyksi aikaisempien kuukausien keskilämpötiloja, pakkaspäivien määriä, termisen talven alkamis- ja päättymisajankohtia, sekä tarvittavan keinovalaistuksen tarve tunteina. Näitä tietoja käytettäessä saadaan alustavaa ja suuntaa antavaa materiaalia, koska paikallisesti pakkaspäivät, lumi- ja sademäärät sekä lämpötilat vaihtelevat Suomessa paljon. (Koskenvesa 1999.)

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, milloin rakennuksen lämmitys ja kuivatus voidaan aloittaa. Lämmitys aloitetaan usein uudiskohteella silloin, kun ensimmäinen kerros on valmis ja toista kerrosta pystytetään. Ennen kuin lämmitys ja kuivatus on aloitettu, rakennusaikainen kosteus on jakautunut epätasaisesti sisäilmaan, ja rakenteiden pintaan on tiivistynyt kosteutta ja mahdollisesti jäätä. Etenkin runkovaiheessa sisätilojen lämpöerot ovat suuria, kun alemmissa kerroksissa jo lämmitetään ja ylemmissä kerroksissa vasta asennetaan elementtejä. (Koskenvesa 1999.)

## 2.5 Kustannusten huomiointi budjetissa

Rakennuksen lämmitykseen tarvittava energiamäärä vaihtelee kohteittain ja rakennusajankohdan mukaan. Suunnitteluvaiheessa tulee miettiä, kuinka rakennusta tullaan lämmittämään ja miten lämmitys lohkotetaan. Arvioimalla lämmitystehon tarve, saadaan valittua kohteeseen sopiva lämmitysjärjestelmä. Lämmitystehon arviointi liian alhaiseksi voi aiheuttaa riittämättömän lämmityksen, joka voi aiheuttaa rakenteiden vaurioitumien kosteuden takia. Toisaalta tehon arviointi yläkanttiin aiheuttaa ylimitoitettun lämmitysjärjestelmän valinnan, milloin kustannukset kasvavat. Lämmitystehot määritetään yleensä rakennustyömailla aikaisempien kohteiden ja kokemusten pohjalta. (Hämäläinen 2012.)

Jos kohteen lopullinen lämmitysmuoto on kaukolämpö, sitä myös käytetään rakennusaikaiseen lämmitykseen, koska se on edullinen ratkaisu. Kaukolämpöverkkoon yleensä yhdistetään väliaikainen lämpökeskus. Väliaikainen lämpökeskus on usein tehokkaampi mitä lopullinen lämpökeskus. Sillä saadaan myös vähennettyä lopullisen lämmityskeskuksen kulutusta ja sen puhdistusta. (Elo 2018.)

Kustannuksia kertyy rakennusaikaiseen lämmitykseen energian kulutuksen lisäksi myös lämmityskaluston vuokra- ja huoltokustannuksista, sekä liittymis- ja perusmaksuista. Liittymis- ja perusmaksut vaihtelevat paikkakunnittain. Syntyneillä kustannuksilla onkin yleensä suurin vaikutus järjestelmän valintaan. (Hämäläinen 2012.)

## 2.6 Lämpöhäviön vähennys rakennusaikana

Lämpöhäviötä pyritään vähentämään erinäisillä aukkosuojauksilla ja pyrkimyksellä saada rakennuksen vaippa tiiviiksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Kun kylmää vastaan suojataan, tulee erityisesti kiinnittää huomiota aukkoihin, jotka ovat auki pitkäaikaisesti sekä kulkuaukkoihin. Suojauksessa on tärkeää kiinnittää huomiota ilmanpitävyyteen ja eristävytyteen. Suojauksessa tulee olla huolellinen, jotta saavutetaan paras mahdollinen lopputulos. (Hämäläinen 2012.)

Kerrostalokohteessa ylempänä nousevan kerroksen kylmän ilman ja kosteuden siirtymistä alempiin aiemmin valmistuneisiin kerroksiin pyritään vähentämään suojaamalla aukkoja esimerkiksi rakennusmuovilla, routamatolla tai EPS-eristeellä. Myös sade- ja sulamisvesien pääsy ylhäältä alas tulee huomioida ja pyrkiä pitämään mahdollisimman pienenä. Alempiin kerroksiin päätyneet kosteudet tulisi poistaa mahdollisimman nopeasti esimerkiksi vesi-imureilla kosteudenkerääjillä. (Hämäläinen 2012.)

### 3 MAALÄMPÖ

Tässä luvussa kerrotaan mitä on maalämpö, perehdytään energiakaivon toimintaan ja miten maalämpöä voidaan hyödyntää jo rakennusaikaisessa lämmityksessä, ennen kun varsinainen lämmitysjärjestelmä on otettu käyttöön.

#### 3.1 Mitä on maalämpö

Maalämpö syntyy auringon lämmöstä. Kun aurinko paistaa, sen lämpö lämmittää maan pintaa, mikä kulkeutuu siirtymällä kallioon. Myös sade tehostaa lämmön siirtymistä imeytyessään ja se kuljettaa lämpöä maaperään. Maalämmön mitoittaminen oikein takaa sen, ettei sen tuottama lämpö lopu edes talven pakkasilla. Maalämmön KgCO<sub>2</sub> päästöt on huomattavasti pienemmät mitä kaasulla tai öljyllä, mutta päästöt ovat myös pienemmät mitä suorasähköllä. (Nibe 2022.)

Maalämpö on ympäristöystävällistä, puhdasta energiaa, jota kerätessä tarvitaan noin neljännes sähköä. Maalämmön keräys on mennyt paljon eteenpäin ja se oikeinkerättynä on uusiutuva energianlähde. Sen toiminta perustuu energiakaivoihin ja niiden porauksesta kallioperään. Suomessa maalämmössä hyödynnettävä lämpötila on noin nollan ja kahdeksan asteen väliltä. (Nibe 2022.)

#### 3.2 Energiakaivo

Energiakaivoa tarvitaan maalämmön talteenottoa varten. Energiakaivo porataan tai kaivetaan maahan ja sen sisälle porataan noin 100–350 metriä syvä reikä. Keruuputkisto asennetaan porattuun reikään, joka upotetaan reiän pohjalle käyttämällä pohjapainoa. Putken sisällä kiertää lämmönkeruuneste, joka koostuu vedestä ja bioetanolista. Koostumus on yleensä 70 % vettä ja 30 % bioetanolia. Bioetanolia on tärkeä käyttää jäätymisen estona ja oikealla suhteutuksella saadaan alennettua jäätymispiste noin -17 celsius asteeseen. Keruuputkisto voidaan myös asentaa noin metrin syvyyteen maahan vaakaputkistona, jolloin porareikää ei tarvitse tehdä. (Thermia 2022.)

Energiakaivon toimintaperiaate on se, että keruuputkistossa kiertävä neste lämpenee maaperän lämmöstä ja sitä lämpöä voidaan hyödyntää lämmityksessä. Keruuneste lämpenee tavallisesti 2–5 astetta ja se kierrättää nesteen lämpöpumpun höyrystimeen, jossa se luovuttaa kerätyn lämmön ja palaa takaisin maapiiriin. Lämmönkeruuneste kiertää maapiirissä ympäri vuoden ja maalämpö uusiutuu jatkuvasti. Maaperään varastoituva energia on rajatonta ja maalämpöä voidaan hyödyntää jatkuvasti ja usealla kaivolla, kunhan kaivot sijoitetaan vähintään 15 metrin päähän toisistaan. (Thermia 2022.)

#### 3.3 Hyödyntäminen rakennusvaiheessa

Kerrostalon kaivokenttä suunnitella huolella ja sen tekevät aina ammattilaiset. Kerrostaloissa käytetään yhden kaivon sijaan useampaa kaivoa ja näistä koostuvaa lämpökaivokenttää. Maalämpöjärjestelmien yleisimmät ongelmat johtuvat siitä, että lämpökaivoja on liian vähän tai niitä ei ole porattu riittävän syvään. Tällöin maaperä kylmenee liikaa, kun niistä pumpataan lämpöenergiaa. (Gebwell 2022.)

Työmaa-aikaiseen lämmitykseen käytettäessä maalämpöä, tulee ottaa huomioon, ettei kohteen energiakaivosta saatavaa lämpöenergiaa käytetä liikaa. Maalämmössä on energiaperusteinen mitoitus, kun taas esimerkiksi kaukolämmössä on maksimiteho, jolla mitoitetaan lämmitys. Maalämpökohteissa vuotuista lämpöenergian määrää ei ole suositeltavaa ylittää, jotta energiakaivot eivät pääse kylmenemään. Lämpökaivojen vuotuisen energiamäärän ylittäminen lyhentää kaivon käyttöikää ja sillä on vaikutusta rakennuksen käyttöaikaisiin kustannuksiin. (Pirinen 2022.)

Rakennusaikaisessa lämmityksessä kuluu lämpöenergiaa huomattavasti enemmän, mitä valmiiseen kohteeseen lämpöenergiaa kuluu. Rakennusvaiheessa vaippa ei ole vielä tiivis, jolloin lämpöä häviää huomattavasti. Myös kuivauslämmityksessä lämpöenergian tarve on huomattavasti suurempaa, jolloin lämpötilan tulee olla yli +20 °C sisällä. (Pirinen 2022.)

## 4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA KUIVAIMET

Tässä luvussa käsitellään yleisempiä lämmitysjärjestelmiä maalämpökohteissa. Kaukolämpö on otettu tähän mukaan, vaikka sitä ei yleensä voida hyödyntää rakennusaikaisessa lämmityksessä maalämpökohteella. Kaukolämpö on silti työmailla erittäin yleinen ja suosittu lämmitysjärjestelmä, jos olosuhteet sen sallivat.

Lämmitysmuodon valintaan vaikuttavat kohde, aikaisemmat kokemukset, laskelmat ja järjestelmien vertailu. Jokaiselle rakennustyömaakohteelle asetetaan erilaisia välitavoitteita, jotka ovat sidonnaisia sisälämpötilaan. Tämä tarkoittaa, että lämmitysmuodolle asetetaan tietyt kriteerit. Lämmitysmuotoon vaikuttaa sen toimivuus kyseiseen kohteeseen ja sitä valittaessa vertaillaan huolto- ja käyttökustannuksia. Järjestelmän tulee olla luotettava, riittävän tehokas ja varmatoiminen.

Työmaalla tulee lämmittimiä käytettäessä huomioida niissä vaadittavat voimavirta ja letkuvedot, jotka on hyvä saada kiinnitettyä niin, etteivät ne häiritse työntekoa. Siksi on tärkeää saada työmaan oma lämmitysjärjestelmä mahdollisimman nopeasti käyttöön, jotta ylimääräisistä kaapeleista ja letkuista päästään eroon.

### 4.1 Sähkölämmittimet ja kuivaimet

Sähkökäyttöinen lämmitys on varmatoiminen ja helppokäyttöinen lämmitysmuoto. Rakennustyömailla käytettävät lämpöpuhaltimet ovat tehokkaita ja nopeasti lämpöä tuottavia. Sähkölämmitystä voidaan hyödyntää pienissä, mutta myös isoissa kohteissa. Sähkölämmittimien teho vaihtelee 2–23 kW, 230–400 V välillä. Sähköllä toimivia lämmittimiä voidaan käyttää lämmöntuoton lisäksi myös tuuletukseen ja kuivatukseen. Korkeapainepuhaltimet ovat helppoja asentaa ja ne tuottavat tehokkaasti lämpöä. (Hämäläinen 2012.)



KUVA 3. EL-BJÖRN TF 18EL (Renta Easy 2022)

Kuvan 2 sähkökäyttöinen korkeapainepuhallin toimii kahdella 400 V 16A voimavirtaliittimellä ja sen sähkökaappi on integroitu alustaan. Se voidaan säätää kahdelle eri puhallinnopeudelle tarpeen mukaan. Tehoa voidaan säädellä 4,5–9–18 kW välillä ja sen säätöön käytetään mekaanista termostaatt-

tia. Kyseisellä lämmittimellä voidaan lämmittää jopa 350 m<sup>2</sup> tilaa ja se onkin erinomainen valinta isojen kokonaisuuksien lämmitykseen. Se jakaa lämmön tekstiilisellä ilmanjakajalla, jossa on kuusi 95 mm poistoaukkoa. Korkeapainepuhaltimet toimivat hyvin runkovaiheen rakennustyömaalla. (El-björn 2022.)

Pienempiä sähkölämmittimiä voidaan käyttää tilapäiseen lämmitykseen tai pitempiaikaiseen lämmitykseen tilan suuruuden mukaan. Pienempiä sähkölämmittimiä saa 2–9 kW teholla, sen mukaan otaanko käyttöön valovirralla vai voimavirralla toimiva lämmitin. (Renta 2022.)



KUVA 4. REMKO ELKOMAT 9 (Renta Easy 2022)

Pienemmät lämmitimet toimivat hyvin sisävalmistusvaiheessa. Kun rakennuksen vaippa on saatu tiiviiksi, pienet lämmitimet toimivat hyvin tukena rakennuksen omalle lämmitysjärjestelmälle. Rakennustyömailla käytetään lämmityksen lisäksi myös erinäisiä puhaltimia ja kuivaimia, joilla pyritään liikuttamaan ilmaa ja pienentämään ilmankosteutta rakenteen kuivattamiseksi. Turbopuhaltimilla voidaan tehostaa rakennuksen kuivatusta ja lämmitystä. Niiden turpiinit tuottavat suuren määrän ilmaa. Niitä kutsutaan yleisimmin simpukkapuhaltimiksi niiden ulkonäkönsä vuoksi. Niiden läpi kierrätettävä ilmamäärä vaihtelee 2 250–4 250 m<sup>3</sup>/h puhaltimen koon mukaan.

Kosteudenerottimet ovat yleisiä uudiskohteissa. Kosteudenerottimilla saadaan pidettyä tilojen kosteusprosentti halutulla tasolla. Kondenssi vesiä voidaan kerätä laitteiden omiin säiliöihin tai johtaa suoraan viemäriin. Niiden keräämän kosteuden määrä vaihtelee 13–27 l/vrk. (Renta 2022.)



KUVA 5. VEAB LAF 50 ES (Renta Easy 2022)

#### 4.2 Polttoöljykäyttöiset lämmittimet

Polttoöljykäyttöisiä lämmittimiä käytetään usein suurissa ja laajan pinta-alan rakennuskohteissa, kuten autohallit, kauppa- ja toimistotilat sekä teollisuushallit. Kevyen polttoöljyn tuottama tehollinen lämpöarvo on 9,98 kWh/m<sup>3</sup>. Lämmittimien etu on se, että ne tuottavat nopeasti lämpöä haluttuun tilaan. Niitä löytyy siirreltäviä malleja sekä lämpökontteja. Lämmittimien tehot vaihtelevat 20–372 kW välillä ja niiden tuottama ilmamäärä vaihtelee 400–18 000 m<sup>3</sup>/h (Hämäläinen 2012.)

Osassa polttoöljykäyttöisissä lämmittimissä on mahdollisuus johtaa lämmittimen synnyttämät savukaasut ulos lämmitettävästä tilasta. Tämä onnistuu malleissa, jossa on erillinen polttoainetankki. Pienemmissä lämmittimissä on itsessään polttoainetankki ja näiden tuottamat palokaasut vapautuvat suoraan lämmitettävään tilaan. Tällaisia lämmittimiä voidaan käyttää runkovaiheessa silloin, kun ikkunat tai vesikatto ei ole vielä paikallaan. Monessa polttoöljyllä toimivassa lämmittimessä on puhallin, joka auttaa lämpöä liikkumaan ja tämä tarvitsee sähköä toimiakseen. Sähkön kulutus on polttoöljylämmittimissä huomattavasti pienempää, mitä suorasähköllä toimivissa lämmittimissä. (Elo 2018.)



KUVA 6. Heatmobil HTL 250 (Renta Easy 2022)

Suuret lämmityskontit sopivat hyvin laajojen tilojen lämmitykseen. Ne asetetaan rakennuksen ulkopuolelle ja niiden tuottama lämpö johdetaan kangassukkaa pitkin rakennuksen sisälle. Suuremmissa lämmitysyksiköissä on alapuolella 2 000 l polttoainesäiliö ja sillä saadaan lämmitettyä jopa 7 000 m<sup>3</sup> kokoinen tila. Suurten lämmityskonttien, kuten heatmobil HTL 250 paino on 1 100 kg ja mitat 3 100 x 1 200 x 2 200 mm. Se tarkoittaa, että yksikkö on kuljetettava ja asennettava työmaalle aina kuorma-autolla. (Talhu 2022.)

#### 4.3 Nestekaasulämmitys

Nestekaasulämmittimet ovat pienikokoisia lämmitystehoonsa nähden ja niitä käytetään yleensä runkoviherakentamisessa. Nestekaasulämmittimiin ei ole yleensä asennettu lämmönsiirrintä eli lämmittimen tuottamat palokaasut jäävät lämmitettävään tilaan. Tämän takia samassa tilassa oleskelua tulisi välttää. Nestekaasun palaminen on puhdasta, mutta nestekaasun palaessaan se kuluttaa paljon hapetta ja tuottaa suuren määrän vesihöyryä ilmaan. (Hämäläinen 2012.)

Nestekaasulämmittimien sijoittaminen on harkinnanmukaista ja ne voidaan sijoittaa ainoastaan tiloihin, joissa on riittävä ilmanvaihto. Palamisen takia yksi kilo nestekaasua kuluttaa noin 12 m<sup>3</sup> ilmaa. Laitteiden tulee olla käyttöön hyväksytyjä ja niistä tulee löytyä letkurikkoventtiili sekä liekinvalvontalaitte. Kohteen laajuus ja osastojen koko vaikuttaa nestekaasulämmityksen valintaan. Yleisimmän runkoviherakentamisen työmailla käytettävät lämmittimet ovat kooltaan 25–150 kW ja laitteiden kulutus ja haluttu toiminta-aika määrää, minkä kokoluokan nestekaasusäiliön se tarvitsee. (Hämäläinen 2012.)

Nestekaasulämmittimiin tarvittava kaasu toimitetaan työmaille nestekaasuastioihin nesteytettynä. Nestekaasun kuljetuksessa on otettava huomioon, että siihen tarvitaan vaarallisten aineiden kuljetuslupa. Myös varastointi työmaalla on huomioitava. (Hämäläinen 2012.)

#### 4.4 Kaukolämpö

Kaukolämpöverkkoja on yli 15 000 kilometriä Suomessa. Tuotantolaitoksissa tuotettu lämpöenergia toimitetaan kuumana vetenä kuluttajille ja työmaille suljetuissa putkissa. Putkia on kaksi, meno- ja paluuputki. Kaukolämmön menoputkessa lämpötila vaihtelee sään mukaan. Lämpötila on menoputkessa 65–115 °C ja paluuputkessa lämpötila on 40–60 °C. Kaukolämpöputkistossa kiertävä vesi on suojattu mekaanisilta epäpuhtauksilta ja hapelta. Se on värjätty usein mahdollisten vuotojen paikantamiseksi, mutta vihertäväksi muuttuva väriaine ei ole ympäristölle tai terveydelle haitallista. (Energiateollisuus 2022.)

Kaukolämpökeskukset ovat työmailla tilapäiseen lämmitykseen suunniteltuja ja lämpökeskukset voidaan yhdistää myös internettiin, jolloin voidaan esimerkiksi hyödyntää laitteiden hälytystoimintoja. Siirreltävät lämpökeskukset ovat kontin sisällä, jota voidaan siirrellä työmaalla. Kaukolämpökeskuksesta lämmin vesi kierrätetään kuumavesikäyttöisiin lämpöpuhaltimiin, jotka puhaltavat ja jakavat lämpimän ilman rakennukseen. (Renta 2022.)

El-Björn valmistaa kaukolämpökeskuksia, joita voidaan hyödyntää työmaalämmityksillä ja niiden tuottama teho on 50–1 600 kW. Teho riittää kierrättämään lämmintä vettä lämmittimien läpi isompiinkin kohteisiin. Kaukolämpöpuhaltimia voidaan sijoitella ympäri lämmitettävää alaa. (El-Björn.)

## 5 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSVERTAILU

Tämän rakennusmestarityön lähtökohtana oli tilaajan halu saada helpotusta ja nopeutta rakennusaikaisen lämmityksen kustannusten laskentaan. Opinnäytetyön teorian löytämiseen käytettiin luotettavia lähteitä, joiden kautta pystyi tutustumaan rakennusaikaisen lämmityksen haasteisiin ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Työssä myös tutustuttiin maalämpökaivojen toimintaan, sekä varsinaiseen lämmitysjärjestelmään ja sen hyödyntämiseen jo rakennusaikaisessa lämmityksessä. Lähtötilanteesta aloin laatimaan täysin tyhjältä pohjalta laskenta Exceliä, koska halusin luoda siitä oman näköisen ja toimivan konseptin.

Rakennusaikaisesta lämmitystä on tutkittu melko vähän. Sen kustannuksia ja siihen varattavaa budjettia tarkastellaan usein kokemusten kautta. Opinnäytetyön aiheen ajankohtaisuus on tähän maailmanhetkeen erittäin mielenkiintoinen, koska energian hintatasot ovat nousseet erinäisien syiden takia todella korkeiksi. Tilaajan toiveena olikin saada käyttöönsä laskenta Excel, jolla voidaan laskea nopeasti muutaman yleisimmän lämmitysjärjestelmän ennustettuja kustannuksia. Saadut laskelmat ovat aina suuntaa antavia, koska talvea ei voida ennustaa eikä sääolosuhteisiin vaikuttaa.

Laskentapohjan päädyin toteuttamaan Excel-laskentataulukkoa, koska se on rakennustyömailla tuttu ja toimiva työväline, jota jokainen rakennustyömaan toimihenkilö osaa käyttää. Excelin teossa tarkastelin ainoastaan Pohjola Rakennus Oy Suomen omaa kohdetta As Oy Kuopion Luistelijaa, josta minulla oli hyvät lähtötiedot lähteä toteuttamaan taulukon tekoa. Olin itse runkovaiheessa työjohto-harjoittelijana kyseisessä kohteessa, joten päätös käyttää työmaata mallina Excelin tekoon oli looginen. Kohteen lämmitysjärjestelmänä toimi sähkö ja kohteen varsinainen lämmitysjärjestelmä toimi maalämpö. Sähkölämmityksen kustannuksia ei tosin pystynyt erottelamaan ja hyödyntämään laskennassa, koska sähköön sisältyi myös työmaatoiminnassa kulunut sähkö.

Eri lämmitysjärjestelmistä tietoa keräämällä sai hyvän käsityksen, miten Exceliä pitäisi alkaa koota ja miten siitä saadaan toimiva konsepti. Apuna Excelin tekoon käytin kouluaikana tehtyjä muistiinpanoja ja internetistä löytynyttä materiaalia lämpöenergiasta. Lopulliseen laskentataulukkaan päädyin käyttämään neljää yleisintä lämmitysjärjestelmää. Lämmitysjärjestelmät ovat kevytpolttoöljy, neste-kaasu, sähkö ja kaukolämpö. Laskiessani kustannuksia lämmitysjärjestelmille käytin niiden opinnäytetyön tekohetkellä olleita markkinahintoja, mutta esimerkiksi sähkössä en lähtenyt miettimään pörsisähkön hintavaihteluita, vaan päädyin käyttämään kiinteää hintaa.

Taulukon perustana on lämmitettävä ala ja paljon sen alan lämmittämiseen tarvitaan energiaa. Käytetyllä laskentakaavalla saadaan tulokseksi optimaalisissa olosuhteissa kuluva lämpöenergia. Kaava huomio sisäpuolisen ja ulkopuolisen lämpötilan, joita voidaan muuttaa haluamansa mukaan. Sisäpuolisena lämpötilana käytettiin 20 °C jokaiselle kuukaudelle ja ulkopuolisena lämpötilana käytettiin vuoden 2022 jokaisen kuukauden mitattua keskilämpötilaa. Keskilämpötila on otettu ilmatieteenlaitoksen Kuopion Savilahden sääaseman mittaustuloksista. Kuukauden erotus laskettiin ja erotus toimi kertoimena. Laskennassa saatu lämpöenergia vastaa, paljon lämmitettävä ala tarvitsee lämpöenergiaa (kWh) tunnille optimiolosuhteissa. Saatavat tulokset siis eivät kerro koko totuutta lämmitykseen

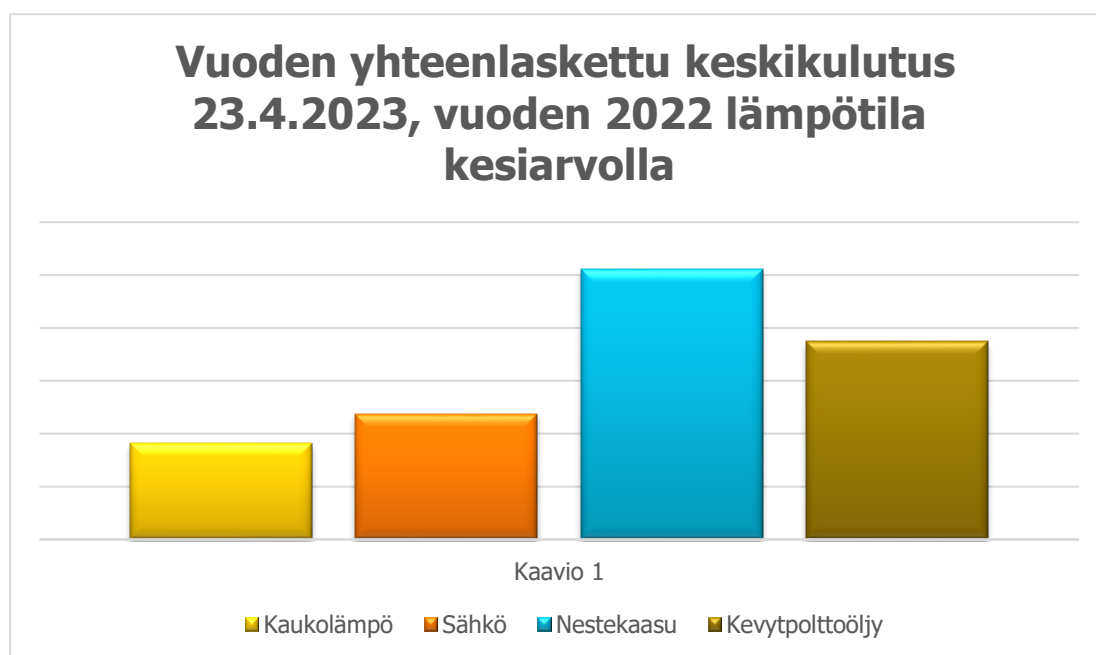
menevistä kustannuksista, koska lämpöhäviötä ei ole huomioitu tai kiertävän ilman vaikutusta rakennuksen ja rakenteiden lämpiämiseen. Myöskään rakenteiden pintamateriaalin kosteudenläpäisykerrointa ei olla laskuissa huomioitu.

Laskentataulukkoa voidaan hyödyntää muiden työmaiden laskentaan. Kun lasketaan uutta kohdetta, ei tarvitse kuin muuttaa lämmitettävä kuutiomäärä  $m^3$ , jonka jälkeen Excel hoitaa lopun laskennan. Runkovaiheessa lämmitystä voidaan myös tarkastella kerroksittain, muuttamalla sen hetken lämmitettävä ala ja lisäämällä lämmitettävää alaa aina, kun uusi kerros nousee. Kustannukset voidaan laskea kaikille neljälle järjestelmälle ja muuttaa järjestelmien hinnat kyseistä hetkeä kuvaavaksi.

## 6 TULOSTEN VERTAILU

Lämmitysmuotoja vertaillessa, olennaiseen osaan nousee kohteen koko, sisäpuolen avaruus ja lämmön jakautuminen kohteessa. Jos kohde on sokkeloinen, ei usein yksi lämmitin riitä jakamaan lämpöä jokaiseen huoneeseen. Suurissa ja avarissa tiloissa taas lämmönjakautuminen on tasaisempaa ja silloin voidaan usein suorittaa työmaan lämmitys yhdellä suurella lämmittimellä, jonka tueksi voidaan asentaa pienempiä lämmittimiä tai ilmaa kierrättäviä puhaltimia. Tarkasteltavan kohteen tilavuudeksi on määritetty reilu 8 900 m<sup>3</sup> ala. Tätä käytettiin myös laskennassa lämmitystä vaativana alana.

Kaukolämpö lämmitysjärjestelmänä on yleisesti suosituin ja halvin vaihtoehto, jos sen mahdollisuus on olemassa. Tosin usein, jos kyseessä on maalämpökohde, niin kaukolämpöverkko puretaan ennen perustustöiden alkua pois, koska sen purkaminen jälkikäteen voi tuottaa ongelmia. Tämä tosin riippuu aina, millainen kohde on kyseessä. Kaukolämmön erotuksen muiden lämmitysjärjestelmien hintaan voidaan nähdä alla olevasta kaaviosta (kuva 6). Ilman kaukolämpöä lämmitettävään taloon usein valikoituu lämmitysjärjestelmäksi joko sähkö tai kevytpolttöljy lämmitys. Vaikka nestekaasulämmitys on teholtaan ja lämpöarvoltaan suurempi mitä sähkö tai kevytpolttöljy, se on usein hinnaltaan jopa yli puolet kalliimpaa, mitä sähkö lämmitys sekä huomattavasti vielä kevytpolttöljylämmittimiä kalliimpi. Lisäksi nestekaasulämmittimet päästävät ilmaan enemmän vesihöyryä ja lämmitettävässä tilassa on oltava riittävästi vaihtuvaa ilmaa, jotta sen polttama happi saadaan korvattua. Tästä syystä usein valitaankin lämmitysmuodoksi sähkö tai kevytpolttöljy, koska ne on todettu työmaalla käytännöllisiksi ja niistä on saatavilla paljon aikaisempaa kokemusta sekä lämmittimiä on hyvin tarjolla. Nestekaasulämmittimiä käytetään usein varsinaisen lämmitysjärjestelmän tukena runkovaikhe rakentamisessa.



KUVA 7. Lämmitysjärjestelmien kustannuserot (Savolainen 2023 CC BY-ND)

Kaaviosta (kuva 6.) voidaan todeta, että kaukolämpö ja sähkö ovat yleisimmin halvimmat vaihtoehdot. Taulukon tulokset on saatu käyttämällä tämän hetken energiahintoja, mitä kyseinen lämmitysjärjestelmä käyttää. Laskennassa on käytetty vaadetta, että sisäilman lämpötila on +20 °C ja pylväskaavio on kokovuoden arvioidusta kustannuksesta. Nestekaasu on selvästi kallein, kun taas kaukolämpö halvin. Kaukolämmön ja sähkölämmityksen erot eivät ole suuret, mutta sähkön laskennassa on käytetty kiinteää hintaa, joka on ollut edullinen nyky maailman tilanteeseen verraten. Erotuksessa ei ole huomioitu kalustovuokraa tai liittymismaksuja

Varsinaisen lämmityksen hyödyntäminen jäi laskennasta pois. Sen vaikutus on lämmityksen kustannuksiin suuri, mutta sen hyötyä ei saatu työssä tutkittua riittävällä tasolla, jotta sitä olisi voinut hyödyntää. Suurin syy tähän on kohteen sähkölämmitys ja se, että lämmityksen kustannukset sulautuivat työmaan kokonaissähkökulutukseen. Tämän takia on mahdoton arvioida, paljon todellisuudessa lämmityskustannukset laskivat, kun varsinaista lämmitysjärjestelmää otettiin lohkoissa käyttöön.

Sähkölämmityksen seurantaan voitaisiin esimerkiksi harkita omaa syöttöä sähkökeskuksille, joista lämmittimet saavat virtansa. Siihen voitaisiin asentaa kulutusmittari, jolla saataisiin käsitystä paremmin sähkölämmityksen kustannuksista, jotta sähkölämmitykseen kuluva energia saataisiin paremmin selville. Mittareita on jo olemassa, mutta usein niitä ei usein näy kuin pääsähkökeskuksen yhteydessä. Sähkölämmittimille pitäisi siis asentaa omat keskuksensa, joista lämmittimet saavat virtansa ja näin voitaisiin seurata sähkökulutusta. Tämä tosin tuo lisäkustannuksia, jos keskuksat ovat vuokrattu.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin laskentataulukko, jolla saadaan suuntaa antava ennuste rakennusaikaisen lämmityksen kustannuksista optimaalisissa olosuhteissa. Sen tarkoituksena on, että käyttäjä pystyy nykypäivän energia/polttoaine hintaa ja lämmitettävän alueen kokoa muuttamalla saamaan käsityksen, paljon kustannuksia tulee kertymään. Tähän joudutaan lisäämään aina kalustovuokra ja mahdolliset liittymäkustannukset, koska niitä ei huomioida laskennassa. Laskennassa on käytetty fysiikan kaavoja sekä omaa soveltamista. Suuntaa antavat tulokset ovat pohjaa rakennusaikaisen lämmitykseen varattavaan budjettiin ja sen litterointi kannattaa aina tehdä hieman suuremmaksi, mitä Excelin tulokset antavat osviittaa.

## 7 POHDINTA

Rakennusaikaisen lämmityksen valinta on aina ison organisaation suunnitelman tulos runkovaiheen kerrostaloissa. Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä on monia. Suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, milloin rakennetaan, missä rakennetaan ja millaista kohdetta ollaan rakentamassa. Suomessa sääolojen vaihtelut tekevät rakennusaikaisen lämmityksen suunnittelusta haastavaa ja ennalta arvattavaa. On siis selvää, että lämmityksen kustannuksiin tulee varautua hyvin.

Runkovaiheessa on tärkeää pystyä suojaamaan aukot huolella ja oikeilla materiaaleilla, jotta lämpöhäviötä voidaan hallita ja pienentää mahdollisimman paljon. Lämpöhäviö voi tuoda suuretkin kustannukset lämmitykseen ja se hidastaa rakenteiden kuivumista huomattavasti. Aukkosuojauksissa tulisikin käyttää materiaaleja, jotka estävät lämmön karkaamisen hyvin. Kustannuksiin vaikuttavat myös vaatimukset, milloin pitää olla sisällä tietty lämpötila. Jos aukkoja ei ole suojattu riittävän hyvin, lämpötila tavoitteiden saavuttaminen on hankalaa ja energiaa joudutaan kuluttamaan huomattavasti, jotta tavoite saavutetaan.

Opinnäytetyön tekoa hankaloitti työn aikataulutusta ja laskenta Excelin tekeminen. Työn valmistuminen myöhästyi alkuperäisestä aikataulusta huomattavasti. Työskentely opinnäytetyön parissa ei aina sujunut ongelmitta, mutta asioista selvää ottamalla työ saatiin maaliin vaikeuksista huolimatta. Laskenta Excel olisi voinut olla laajemmin toteutettu ja siitä olisi voinut tehdä tarkemman huomioimalla lämmönläpäisyn rakenteiden läpi, mutta laskennasta olisi tullut itselleni liian hankalaa.

Omasta mielestäni työ on tehty sillä laajuudella, että sitä voidaan hyödyntää rakennusaikaisen lämmityksen laskennassa, mutta tulokset ovat suuntaa antavia. Laskenta on suoritettu niin sanotusti optimaalisissa olosuhteissa, joten tulokset ovat hieman alakanttiin todellisuuteen verrattuna. Rakennusaikaiseen lämmityksen tutkintaan voitaisiin panostaa enemmän, sekä uusia innovaatioita voitaisiin kokeilla rohkeasti. Rakennustyömaan toiminta ja rakentaminen menee suurella vauhdilla eteenpäin ja niin pitää mennä rakennusaikainen lämmityksin.

Opinnäytetyön tekeminen on opettanut paljon rakennusaikaisesta lämmityksestä, sen huomioimisesta ja mitkä tekijät vaikuttavat siihen. Kokonaisuudessaan aihe on kiinnostava ja työstä saadut opit auttavat varmasti tulevaisuudessa itseäni työmaan suunnittelemisessa sekä kustannusten huomioimisessa, mitä tulee rakennusaikaiseen lämmitykseen.

## LÄHTEET

D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö Rakennetun ympäristön osasto Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta Ohjeet 2022. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Viitattu 9.11.2022.

El-björn julkaisuaika tuntematon. Tvs kuivaus ja lämmitys järjestelmät. <https://www.elbjorn.com/fi-fi/lampo/tvs-kuivaus-ja-lammitysjarjestelma/>. Viitattu. 20.2.2023.

Elo, Eero. 2018. Rakennusaikaisen lämmityksen, kustannukset ja menetelmät toimitilarakentamisessa. Rakennustekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/144186/Elo\\_Eero.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/144186/Elo_Eero.pdf?sequence=1). Viitattu 31.10.2022.

Fysiikan oppikirja. oppikirja/Lämpö. 2021. Oppikirja. Verkkojulkaisu. [https://fi.wikibooks.org/wiki/Fysiikan\\_oppikirja/L%C3%A4mp%C3%B6](https://fi.wikibooks.org/wiki/Fysiikan_oppikirja/L%C3%A4mp%C3%B6). Viitattu 23.3.2023.

Gebwell julkaisuaika tuntematon. Kerrostalon kaivokentän suunnittelu. Verkkodokumentti. <https://gebwell.fi/maalampo/kerrostalon-kaivokentan-suunnittelu/>. Viitattu 22.3.2023.

Hillamo, Harri julkaisuaika tuntematon. Kaukolämpöverkot. Energiateollisuus. Verkkolähde. <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>. Viitattu. 19.4.2023.

Hämäläinen, Jari. 2012 Rakennustyömaan energiatutkimus. Rakennusteollisuus. Verkkolähde. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/rakennustyomaan-energiatutkimus.pdf>. Viitattu 2.11.2022.

Ilmatieteenlaitos. Säävuosi 2021–2022. Verkkolähde. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talvi-2021-2022>. Viitattu 6.11.2022.

Nibe julkaisu aika tuntematon. Mitä maalämpö on. Verkkolähde <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/tietoa-eri-lampopumpuista/mita-maalampo-on>. Viitattu 28.11.2022.

Pirinen, Teemu. 2022. Maalämpökohteiden työmaa-aikainen lämmitys. Rakennustekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/779809/Pirinen\\_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/779809/Pirinen_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Viitattu 2.1.2023

Pistesarjat Oy julkaisuaika tuntematon. Betonin lämmittäminen talvivalussa. Verkkolähde. [https://pistesarjat.fi/fi/media/aw\\_blog/202101\\_BET\\_tuote\\_esite.pdf](https://pistesarjat.fi/fi/media/aw_blog/202101_BET_tuote_esite.pdf). Viitattu 9.11.2022

Koskenvesa, Anssi. 1999. Talvirakentaminen. Rakentajain kalenteri. Rakennustieto. PDF tiedosto. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK99s697.pdf>. Viitattu 5.2.2023.

Renta 2022. Olosuhdehallinnan osa-alueet. Verkkolähde. <https://www.renta.fi/palvelut/olosuhdehallinta/>. Viitattu 2.11.2022.

Sisäilmayhdistys ry julkaisuaika tuntematon. Puolueetonta tietoa sisäilmasta, Kosteudenhallintasuunnitelma. Verkkolähde. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Tyomaan-kosteudenhallinta/Kosteudenhallintasuunnitelma>. Viitattu 9.11.2022.

Talhu julkaisuaika tuntematon. Heatmobil HTL 250. Verkkolähde. <https://talhu.fi/tuotteet/lampo-energia-ja-olosuhdehallinta/talhu-heat-250/>. Viitattu 9.3.2023.

Thermia julkaisuaika tuntematon. Miten maalämpö toimii. Verkkolähde. <https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>. Viitattu 28.11.2022.

**LIITE 1: EXCEL LASKENTATAULUKKO**

Laskentataulukko on salassa pidettävä dokumentti, siksi sitä ei julkaista tässä opinnäytetyössä.