



Työmaa-aikainen lämmitys maalämpötekniikalla toteutetussa kerrostalokohteessa

Geothermal Heating in a Block of Flats During
Construction

Sami Uotila
OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Rakennustuotanto

UOTILA, SAMI:

Työmaa-aikainen lämmitys maalämpötekniikalla toteutetussa kerrostalokoh-
teessa

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyössä selvitettiin tilaajayritys Jatke Pirkanmaa Oy:lle maalämpötekniikalla toteutetun kerrostalokohteen työmaa-aikaisen lämmityksen kalustovaihtoehdot ja niiden kustannukset sekä laadittiin tiivistelmä urakoitsijoiden toimenpiteistä maalämmön toimintaan saattamiseksi. Tiedonhankintamenetelminä käytettiin kirjallisuutta, internetiä ja haastatteluja. Haastatteluilla selvitettiin, voidaanko maalämpöä hyödyntää jo rakennusaikana ja jos voidaan, mitä toimenpiteitä tämä vaatisi.

Haastatteluilla selvisi, ettei lopullista maalämpöä ole mahdollista hyödyntää ta-kuusyistä eikä rakennusaikaisen suuren energiatarpeen vuoksi. Maalämpökaivojen jäähtymisongelma on suuri haaste. Ilmeni kuitenkin, että väliaikainen maalämpökaivoihin kytkettävä maalämpökonttijärjestelmä on olemassa, mutta toiminnasta ja kustannuksista ei ole paljoa kokemusta opinnäytetyön kirjoitushetkellä. Vesi-ilmalämpöpumppukontti osoittautui yhdeksi vaihtoehdoksi rakennusaikaisen lämmityksen järjestämiseen. Kustannusvertailussa lämmityskalustovaihtoehdot olivat hyvin tasaväkisiä. Vesi-ilma- ja maalämpöpumppukontti ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja verrattuna perinteiseen öljylämmityskalustoon.

Lopputuloksena Jatke Pirkanmaa sai selvityksen lämmityskalustovaihtoehdoista kustannuksineen. Tulevaisuudessa ympäristöarvot ovat yhä tärkeämpiä rakentamisessa ja kustannuksia kannattaa miettiä kokonaisuutena. Ympäristöarvot määrittävät osaltaan yrityksen brändiä. Jatkotoimenpiteenä maalämpötekniikkaa kannattaa kehittää eteenpäin. Maaperän jäähtymisongelman haasteita pitää tutkia tarkemmin. Kehitysehdotuksena muitakin lämmitysenergiantuotantomuotoja kannattaa tutkia ja selvittää kuin maalämpöä.

Asiasanat: maalämpö, vesi-ilmalämpö, öljylämmitys, ympäristöystävällisyys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Production

UOTILA, SAMI:
Geothermal Heating in a Block of Flats During Construction

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 5 pages
May 2023

The purpose of this thesis was to solve which heating technologies can be used in a geothermally heated block of flats during construction and what they cost. Another aim was to create a summary for contractors about the actions required for geothermal heating to be used. The subscriber of this project was a construction company Jatke Pirkanmaa Oy.

Information was gathered by using Internet, literature and interviews. By interviews it was investigated whether it is possible to use the final geothermal heating system during construction and what actions it requires.

The interviews showed that it is currently impossible to use the final geothermal heating system because of warranty issues and the high energy consumption reasons. Cooling the geothermal wells is also a large problem. It appeared that there is a temporary container which can be connected to the geothermal heating system. Little is known about its function and costs. Water-air heat container appeared to be one way to arrange the heating in the building. All the costs of heating systems were close to each other. A Water-air heat container and a geothermal heat container are environmentally friendly choices compared to the traditional oil heating system.

As a result, Jatke Pirkanmaa got clarification about heating systems including costs. In the future, considering the environment is an important issue in the field of construction. It is reasonable to develop geothermal heating further. The challenges of cooling should be investigated more specifically. Also other sources of heating energy should be studied.

Key words: geothermal heating, water-air heat, oil heating, environment friendliness

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TYÖMAA-AIKAINEN LÄMMITYS JA KALUSTOVAIHTOEHDOT	6
2.1	Öljy-, nestekaasu- ja sähkölämmitys	6
2.2	Vesi-ilmalämpöpumppu	9
2.3	Maalämpö	10
3	URAKOITSIJOIDEN TOIMENPITEET LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN SAATTAMISEKSI RAKENNUSAIKANA	15
4	LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN HAASTEITA JA VERTAILUA	17
4.1	Lopullinen maalämpöjärjestelmä	17
4.2	Väliaikainen maalämpöjärjestelmä	19
4.3	Vesi-ilmalämpöpumppukeskus	21
4.4	Muut rakennusaikaiset lämmitysjärjestelmät	22
4.5	Vertailu eri lämmityskaluston kustannuksista	23
5	POHDINTA	26
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30
	Liite 1. Muistilista urakoitsijoille VILP-keskuksen tai Geolon lämmitysjärjestelmän käyttöönottamiseksi.	30
	Liite 2. Haastattelukysymykset	32

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään, onko maalämpötekniikalla toteutetussa kerrostalo-kohteessa mahdollista hyödyntää kyseenomaista tekniikkaa työmaa-aikaisessa lämmityksessä rakennusaikana ja jos on, mitä toimenpiteitä tämä vaatii työmaa-henkilöstöltä ja muilta rakennusprojektissa mukana olevilta tahoilta.

Opinnäytetyössä vertaillaan maalämmölle vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuja toimintavarmuuden, kustannusten ja toteutuskelpoisuuden perusteella. Opinnäytetyön tilaajana toimii rakennusyritys Jatke Pirkanmaa Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia Jatke Pirkanmaa Oy:lle selvitys maalämmön rakennusaikaisesta käyttömahdollisuudesta, keinoista ja kustannuksista. Jos kuitenkin maalämmön käyttäminen rakennusaikana osoittautuu kannattamattomaksi, opinnäytetyön laatija selvittää muut vaihtoehtoiset lämmitysratkaisut. Opinnäytetyön tekijä laatii myös listan urakoitsijoille toimenpiteistä, jotka pitää olla suoritettuna lämmitysjärjestelmän toimintaan saattamiseksi. Jatke Pirkanmaa Oy hyödyntää opinnäytetyön tuloksia tulevilla maalämpökohteissaan.

2 TYÖMAA-AIKAINEN LÄMMITYS JA KALUSTOVAIHTOEHDOT

Työmaa-aikana rakennuksen lämpötila ja kosteus sekä työmaahenkilöstön työskentelyolosuhteiden pitää olla optimaalisella tasolla eli 18–20 celsiusastetta ja suhteellinen kosteus 50 % (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa 2021). Rakennusta on lämmitettävä betonin ja tasoitteiden riittävän kovettumisen, maalien kuivumisen ja eri rakennusmateriaalien säilymisen vuoksi. Työmaan lämmitystarve määräytyy vuodenajan, rakennusvaiheen (esim. onko ikkunat ja ovet asennettu vai onko niiden tilalla vain väliaikaiset muovit), rakennuksen tilavuuden ja rakennusmateriaalien perusteella.

Osa rakentamisesta ajoittuu aina syksylle ja talvelle, jolloin tilojen pitäminen lämpimänä on välttämätöntä, ettei betoni pääse jäätymään eikä kosteuskuorma kasva liian suureksi. Lämmityskalustoa valittaessa on kustannusten ja energiatarpeen kannalta realistisinta ajatella rakennuksen olevan runkovaiheessa, eli seinäelementtien olevan asennettuina, mutta ikkunoiden ja ovien olevan asennettuina vain osaan rakennusta. Rakennuksen aukkojen ajatellaan olevan peitetty muovilla, josta aiheutuu suurempi lämmitystarve muovin päästäessä enemmän lämpöä ulos kuin ikkunan tai oven. Seuraavissa kappaleissa esitellään eri lämmityskalustovaihtoehdot.

2.1 Öljy-, nestekaasu- ja sähkölämmitys

Öljylämmityksessä voidaan öljyä polttamalla lämmittää joko ilmaa tai vettä. Vettä lämmitettäessä öljypolttimessa palava öljy kuumentaa vesikattilassa olevan veden ja kuumentunutta vettä johdetaan putkistossa lämmitettävien tilojen päälaitteille. Öljylämmittimet tarvitsevat sähköä sytytykseen, puhaltimien ja pumppujen toimintaan. Kuvassa 1 on esitetty kattilakontti, joka on tehokas ja taloudellinen öljylämmitin.



KUVA 1. Kattilakontti < 300 kW, vesikierto, POLARTHERM KVK230. (Cramo 2023.)

Lämmitettävässä tilassa olevia päätelaitteita on erilaisia. Kattilakonttia käytettäessä päätelaitteina käytetään vesikiertoisia kuumavesilämmittimiä, joita on eri tehoisia. Yleisimmin rakennustyömailla on käytössä halutun lämpöistä ilmaa puhaltava kuumavesilämmitin, joka on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Kuumavesilämmitin < 35 kW, EL-BJÖRN TF30HV-F. (Cramo 2023.)

Nestekaasulämmityksessä poltetaan propaania, josta syntyy lämpöä, hiilidioksidia ja vettä. Lämmittimet tarvitsevat sähköä sytytykseen ja puhaltimien toimintaan. Kuvassa 3 on esitetty yleisimmin kerrostalotyömaalla käytettävä työmaaikainen nestekaasulämmitin.



KUVA 3. Rakennuslämmitin, nestekaasu < 35 kW, REMKO PGM30. (Cramo 2023.)

Sähkölämmityksessä lämmittimen vastukset kuumenevat ja lämmittävät vastusten lähellä olevan ilman ja lämmennyt ilma puhalletaan lämmitettävään tilaan propellin avulla. Sähkölämmityskalusto tarvitsee ison työmaakeskuksen. Kuvassa 4 on esitetty sähkölämmitin, joka puhaltaa lämmitettyä ilmaa moneen suuntaan.



KUVA 4. Lämpöpuhallin < 40 kW, 400 V. EL-BJÖRN TF36EL. (Cramo 2023.)

2.2 Vesi-ilmalämpöpumppu

Vesi-ilmalämpöpumppu ottaa ilmasta talteen lämpöenergiaa. Vesi-ilmalämpöpumpun eli VILP:in toimintaperiaate on sama kuin kaikissa lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävissä laitteissa. Keruuneste kiertää ulkoyksikön keruuputkessa ja ottaa lämpöenergiaa ilmasta talteen alhaisessa lämpötilassa. Höyrystimessä haalea keruuneste kohtaa kylmäaineen, joka kiertää lämpöpumpun kylmäainepiirissä. Kylmäaine lämpenee muutaman asteen ja höyrystyy. Kompressorilla nostetaan kaasumuotoisen kylmäaineen painetta. Paineen kasvaessa lämpötila nousee. Lauhduttimen avulla lämpö siirtyy kuumasta kylmäaineesta talon lämmitysjärjestelmään eli esimerkiksi vesivaraajan veteen, minkä jälkeen jäähdytysnesteen lämpötila laskee ja se tiivistyy jälleen nesteeksi. Kylmäaine kiertää edelleen lämpöpumpun sisällä ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä. Paisuntaventtiilissä paine laskee ja lämpötila alenee. Prosessi alkaa alusta, kun kylmäaine kohtaa keruunesteen uudelleen. (Thermia 2023.)

Kuvassa 5 on esitetty Skanskan Konevuokraamon vesi-ilmalämpöpumppukeskus.



KUVA 5. Vesi-ilmalämpöpumppukeskus. (Skanska Konevuokraus 2023.)

2.3 Maalämpö

Maalämpö on maaperään varastoitunutta auringon lämpöenergiaa ja geotermistä energiaa. Lämpöpumpputekniikan avulla sitä voidaan käyttää rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Kesällä maalämpöä voidaan käyttää myös kiinteistön viilentämiseen. (Gebwell 2023.)

Maahan asennettava lämmönkeruuputkisto eli keruupiiri kaivetaan vaakasuoraan pintamaahan, upotetaan vesistöön tai kallioon porattuun reikään eli lämpökaivoon. Lämpökaivo on eniten käytetty tekniikka, sillä se sopii pienellekin tontille ja on energiatehokkain vaihtoehto. Lämmönkeruuputkistossa kiertää jäätymätön ja ympäristöystävällinen (jos vuotaa maahan, ei aiheuta ympäristövahinkoa) nesteliuos eli maaliuos, johon maaperässä varastoitunut lämpö sitoutuu. Maalämpöpumpun höyrystin ottaa lämpöä talteen kylmäaineeseen noin kolmen celsiusasteen verran. (Gebwell 2023.)

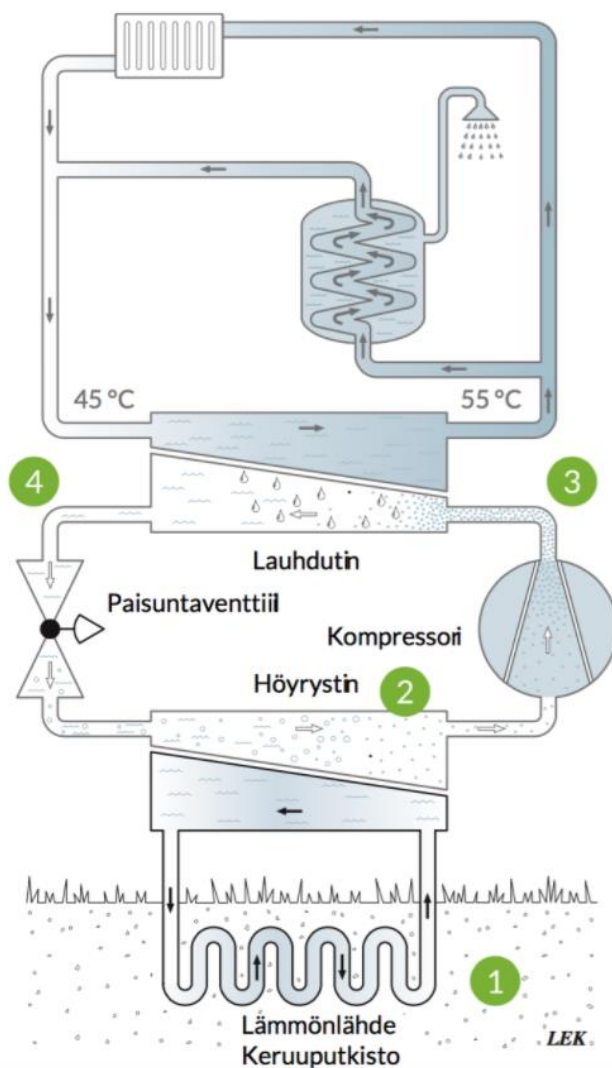
Maalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin jääkaappi. Jääkaapista lämpöä siirretään ympäröivään huoneilmaan, vastaavasti maalämpöpumpulla siirretään lämpöä maasta rakennuksen lämmitysjärjestelmään ja lämpimään käyttöveteen. (Gebwell 2023.)

Maalämpöpumpussa on kaksi lämmönvaihdinta: höyrystin ja lauhdutin, kompressor, paisuntaventtiili ja kylmäaine, jonka olomuodon muutoksiin lämpöpumpputekniikka perustuu. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä neste kulkeutuu höyrystimeen, jossa se kohtaa maalämpöpumpussa kiertävän jääkylmän kylmäaineen ja kylmäaine muuttaa olomuotonsa höyryksi eli höyrystyy. Höyry siirretään kompressoriin, joka puristaa sen korkeaan paineeseen lämmittäen kaasun. Lämmitetty kaasu siirretään lauhduttimeen, jossa lämmitettävä kiertovesi jäähdyttää kylmäaineen nesteen ja kaasun seokseksi vapauttaen lämmön rakennuksen lämmitysjärjestelmän käyttöön sekä käyttöveden lämmitykseen. Kylmäaine johdetaan paisuntaventtiiliin, jossa kylmäaineen paine laskee tehden siitä jälleen täysin nestemäistä. Höyrystimessä prosessi alkaa uudestaan kylmäaineen kohdatessa lämpimämmän maaliuoksen. (Gebwell 2023.)

Vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän avulla lämpöpumpun tuottama lämpöenergia jaetaan rakennuksen tiloihin lämpöpattereiden, lattialämmityksen tai ilmalämmityksen kautta. Lämmin käyttövesi lämmitetään varaajassa ja johdetaan kiinteistön käyttövesijärjestelmään. (Gebwell 2023.)

Parhaimman hyötysuhteen maalämpöpumpusta saa, kun lämmönjako toteutetaan lattialämmityksellä tai muulla matalalämpöisellä tavalla. Lattialämmityksessä menoveden lämpötila on matalampi (28–40 celsiusastetta) kuin esimerkiksi patterilämmityksessä, jossa menoveden lämpötila voi olla 35–60 celsiusastetta. Patterilämmitys on kuitenkin mahdollinen vaihtoehto. (Gebwell 2023.)

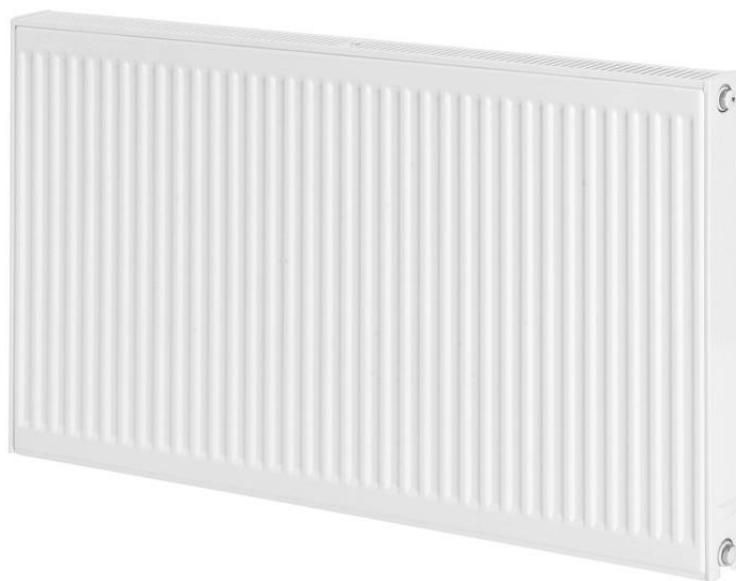
Kuvassa 6 on esitetty maalämmön toimintaperiaate.



KUVA 6. Maalämmön toimintaperiaate. (Suomen Vesiteknikka Oy. 2023.)

Lopullisella maalämpöjärjestelmällä tarkoitetaan rakennuksen valmistuttua käytettävää lämmitystapaa. Ei rakenneta väliaikaisia käytöstä myöhemmin poistettavia lämmitysjärjestelmiä. Lopulliseen maalämpöjärjestelmään kuuluvat lämmönjakuhuone, jossa sijaitsevat lämpöpumppujärjestelmä, vesivaraaja ja kiertovesipumppu sekä järjestelmän vaatimat oheislaitteet ja tarvikkeet.

Lämmönjakuhuoneesta lämmitetty vesi johdetaan putkia pitkin lämmitettäviin tiloihin ja tiloissa olevat päätelaitteet luovuttavat lämmön huoneilmaan. Yleisimpiä päätelaitteita ovat vesikiertoiset patterit ja pintalattian alla oleva vesikiertoinen lattialämmitysputkisto. Vesikiertoiset patterit asennetaan huonetilaan ikkunan alle koko ikkunan leveyden mitalle. Kuvassa 7 on esitetty vesikiertoinen patteri.



KUVA 7. Vesikiertoinen patteri/radiaattori. Purmo Compact, C. (Purmo 2023.)

Lattialämmitysputkisto asennetaan betonilaatan päälle, eristeen väliin, tasoitteen/plaanon ja lattian pintamateriaalin alle. Lattialämmitys on energiatehokkain tapa jakaa lämpöä eri huonetiloihin menoveden alhaisen lämpötilan (noin 40 celsiusastetta) vuoksi, lämpö leviää tasaisesti huoneeseen eikä näkyviä osia ole häiritsemässä sisustusta. Kuvassa 8 on esitetty lattialämmitysputkiston sijainti ja rakenne.



KUVA 8. Vesikiertoinen lattialämmitysputkisto. Uiva lattijärjestelmä Purmo EpsJet. (Purmo 2023.)

Väliaikaisella maalämpöjärjestelmällä tarkoitetaan esimerkiksi maalämpökonttijärjestelmää, johon kuuluvat metallinen kontti, jossa on sisällä maalämpöpump-puyksikkö ja siihen kuuluvat oheislaitteet ja tarvikkeet. Kontti olisi hyvä sijoittaa lähelle rakennuksen lopullista lämmönjakohuonetta ja lähelle porakaivoa, jotta vältetään pitkien lämpökanaaliputkien asennuksilta energiahukan minimoimiseksi.

3 URAKOITSIJOIDEN TOIMENPITEET LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN SAATTAMISEKSI RAKENNUSAIKAN

Rakennusaikainen lämmitys vaatii toimiakseen erilaisia toimenpiteitä. Jokaisella urakoitsijalla on vastuualueensa työmaalla. Urakoitsijat tekevät yhteistyötä lämmitysjärjestelmän toimintaan saattamiseksi jo rakennusaikana. Alla käsitellään eri toimenpiteitä urakoitsijakohtaisesti lämmitysjärjestelmän ollessa Raksystem-sin Geolo-maalämpökonttijärjestelmä tai VILP-keskus.

Pääurakoitsija valitsee lämmitysjärjestelmän toimittajan jo projektin alkuvaiheessa, tällöin voidaan yhdessä käydä läpi vaadittavia huomioitavia asioita. Yksi keskeisistä asioista on aluesuunnitelman laatiminen. Aluesuunnitelmasta ilmenee eri kaluston sijainnit. Minne väliaikainen maalämpökonttijärjestelmä voidaan sijoittaa koko projektin ajaksi, jottei turhasta siirtelystä muodostu ylimääräisiä kustannuksia. Nykyrakentamisessa tontit ovat ahtaita, mutta jätehuollon ja tavaramitoitusten toimiminen on välttämätöntä rakentamisen etenemisen vuoksi. Aluesuunnitelmasta selviää, missä kunnallistekniikka sijaitsee. Maalämpökanaalien ja porakaivojen kohdat on suojattava liikenteeltä ja kovilta kuormilta. Piirustusten risteilytarkastelut ovat tärkeässä asemassa. Risteilytarkastelussa katsotaan missä mikäkin kaapeli tai putki sijaitsee, jottei niitä sijoiteta päällekkäin. Pahimmillaan sähkökaapelit voivat sijaita siinä kohdassa, mihin olisi tarkoitus porata maalämpökaivo. Tulee paljon kustannuksia, jos rikotaan sähkökaapelit.

Aikataulua seurataan aina rakentamisen edetessä ja tarvittaessa tehdään toimenpiteitä pysyäkseen aikataulussa. Aikataulussa pitää ottaa huomioon lämmönjakohuoneen valmistumisajankohta, jotta on mahdollista kytkeä maalämpö toimintaan rakennuksessa. Aikataulusta pitää selvittää porakaivojen porausajankohta ja sähkö- ja vesiliittymien kytkentäajankohta. Kuivatettavien tilojen on oltava hallinnassa sääolosuhteiden osalta. Ikkuna- ja oviaukot on suojattava ja tukittava vaikka muovilla, jotta tilan kuivatus olisi edes mahdollista, eikä kuivattaisi koko maapalloa. Veden kulkeutuminen kuivattaviin kerroksiin on estettävä.

Lämmitysjärjestelmän toimittaja eli Geolon tai VILP-keskuksen edustaja ilmaisee tarkkaan ja ajoissa vaadittavat toimenpiteet lämmitysjärjestelmän toimintaan

saattamiseksi. Edustaja järjestää lämmityslaitteiden etähallinnan ja ympärivuorokautisen päivystyksen. Tarvittaessa huoltomiehen on päästävä käymään työmaalla, jos vaikka vedensaantiin tulee katkos. Lämmityskalustolle on suoritettava säännöllisiä tarkastuksia ja porakaivojen kuntoa ja lämmöntuottoa on seurattava.

Sähköurakoitsijan on kytkettävä erilliset sähköt järjestelmille ja työmaan muille sähköille. Näin toimittaessa varmistetaan lämmitysjärjestelmän jatkuva toimintavarmuus, ei ole varaa riskeihin kovilla pakkasilla, ettei esimerkiksi betoni pääse jäätymään. Työmaan muut sähköt eivät ole prioriteetti numero yksi, ei ole suuri vahinko, vaikka sirkkeli on hetken pois toiminnasta. Sähkökaapelien reitit on oltava sellaisessa paikassa, ettei niihin ole vaarana päätyä vettä. Sähkökaapelit on suojattava ulkopuolisten kopelointia vastaan ja ne eivät saa sijaita kulkureiteillä rikkoontumisvaaran vuoksi. Sähköurakoitsija tekee yhteistyötä pääurakoitsijan ja lämmitysjärjestelmän toimittajan kanssa ja tuo esille tarvitsemansa toimenpiteet ajoissa.

Putkiurakoitsija huolehtii osaltaan oikea-aikaisesti kiinteistön vedensaannista ja tarvittavien vesijohtoverkkojen valmiudesta. IV-urakoitsijalla ei lähtökohtaisesti ole toimenpiteitä lämmitysjärjestelmän toimintaan saattamisen suhteen, mutta hän varmistaa asian näin olevan. Lämmönjakohuone tai konttijärjestelmä saattavat tarvita jonkunnäköisen ilmanvaihdon.

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN HAASTEITA JA VERTAILUA

Opinnäytetyötä varten haastateltiin rakennuskonevuokraamoita, toimihenkilöitä, urakoitsijoita eri aloilta ja maalämpöasiantuntijoita. Maalämpöjärjestelmän hyödyntämisestä rakennusaikaiseen lämmitykseen löytyi vähän tietoa internetistä ja kirjallisuudesta. Suurin osa opinnäytetyön tiedoista perustuvat haastatelluilta saatuihin tietoihin. Haastattelut sijoittuvat ajalle 3.2.-28.4.2023. Osa haastatteluista toteutettiin tietokoneella etänä Microsoft Teamsilla ja osa haastateltavien varaamassa neuvotteluhuoneessa kasvotusten. Tiedot kirjattiin Microsoft Wordiin haastattelijan toimesta siten, että haastateltavat näkivät reaaliaikaisesti näytöltä tietojen kirjaamisen ylös. Haastattelukysymyspohjia oli kaksi, mutta niitä muokattiin haastateltavan alan asiantuntemuksen mukaan sopivaan muotoon ja aiempien haastattelujen avulla luotiin uusia tarkentavia kysymyksiä.

4.1 Lopullinen maalämpöjärjestelmä

Haastatteluilla saatiin selville, ettei lopullista maalämpöjärjestelmää pystytä hyödyntämään suuremman rakennusaikaisen lämmitysenergiatarpeen vuoksi. Pora-kaivot mitoitetaan lopullisen lämmitysenergiatarpeen mukaan. Rakennusaikana kaivoista otettaisiin liikaa lämpöenergiaa, jolloin niiden toimintakyky alenisi merkittävästi. Pahimmassa skenaariossa lämpöenergiaa otettaisiin niin paljon, että porakaivot jäätyisivät ja putket saattaisivat rikkoutua. Ei ole järkevää eikä kustannustehokasta mitoittaa kaivoja rakennusaikaisen lämmitysenergiatarpeen mukaan.

Maalämpökaivojen jäähtyminen on haaste yhä enenevässä määrin maalämmön yleistyessä rakennusten lämmitysjärjestelmänä. Kallion jäähtymistä voidaan hidastaa lataamalla maalämpökaivoon muualta talteen otettua lämpöä tai käyttää hybridilämmitystä esimerkiksi takan avulla. Maalämpöjärjestelmän hyötysuhteen pysyminen hyvänä edellyttää kalliosta otetun lämmön korvaamista jollain tavalla. Kesän lämpö lämmittää kallion pintakerrosta, mutta vaikutus ulottuu vain noin 10–15 metrin syvyyteen. Lämpökaivon ympäristöä lämmittää maan sisäosista johtuva lämpö. Geoterminen lämpövuoto on Suomessa tyypillisesti noin 40 mW/m². Tontin koon ollessa 1 000 m² vuodessa tontille johtuu lämpöä noin 350 kWh eli

paljon vähemmän kuin lämmitykseen vuodessa otetaan. Lämpökaivot hyödyntävät kallioon valmiiksi varastoitunutta lämpöä, jonka varassa lämpöpumpput toimivat tehokkaasti noin 30–50 vuotta riippuen mitoituksesta. (TM Rakennusmaailma 1/2023, 68.)

Maalämpöjärjestelmiä on hyödynnetty vuosikymmenien ajan, näyttää siltä, että tehokkuuden säilyminen vaatii uusien kaivojen poraamista tai lämmön lataamista kaivoihin. Kaivon jäähtymisen syynä on tyypillisesti lämmön ottotehoon nähden liian pieneksi mitoitettu kaivo. Toistaiseksi oikein mitoitetussa kaivossa ei ole näkynyt liikaa jäähtymistä. Syynä lienee, että vasta 2000-luvulla on aloitettu maalämpöjärjestelmien asennus. Maalämpöä pidetään uusiutuvana, mikä periaatteessa on totta, mutta uusiutuminen on hyvin hidasta ihmisen eliniän mittakavassa. Jos kaivosta otetaan 30 vuotta lämpöä, sen latautuminen kestää vähintään yhtä kauan. (TM Rakennusmaailma 1/2023, 68.)

Kallioperän jäähtymistä voi hidastaa hybridilämmityksellä. Lämmönsiirtonesteen viileneminen syö lämmön pumppaamisen hyötysuhdetta. Kallion lämpöä voi säästää aurinkokeräinten tai takan avulla. Kaivojen mitoitus perustuu arvioon, jossa yksi kaivometri tuottaa lämpöä yli 130 kWh vuodessa. Kaivon ollessa 200 metriä syvä, lämmön otto olisi 26 000 kWh. Kallio jäähtyy kaivosta poispäin logaritmisesti. Kaivon lähellä jäähtyminen on nopeaa, mutta etäisyyden kasvaessa jäähtyminen vähenee jyrkästi. Kallioperän jäähtyminen on tosiasia, joka on otettava huomioon suunnittelussa. Asia on sitä tärkeämpi mitä enemmän maalämpöjärjestelmät yleistyvät tiheästi rakennetuilla alueilla. Lämpöä tarvitaan tyypillisesti paljon, eikä ahtailla tonteilla ole tilaa laajoille kaivokentille. Ympäristöministeriön energiakaivo-opas suosittelee kaivojen väliseksi etäisyydeksi 15 metriä. (TM Rakennusmaailma 1/2023, 68–69.)

Lopullisen maalämpöjärjestelmän käytön haasteena on, että koko lämmönjakojärjestelmä on oltava kytketty ja testattu aina porakaivoilta lämmönjakohuoneen kautta päätelaitteille. Lämmönjakohuoneen on oltava valmis: lattia pinnoitettu, seinät ja katto pölynsuojamaalattu, laitteet asennettu ja kytketty, toimintakokeet suoritettu ja käyttöönottolupa saatu. Lopullisen lämmönjakotavan ollessa vesikiertoinen lattialämmitys on kerrokset oltava valmiit lattioiden osalta: lattialämmityspotkien on oltava asennettuina, peitettyinä tasoitteella ja jakotukkien oltava

kytkettyinä. Lämmönjakotavan ollessa vesikiertoinen patterilämmitys lattioiden ei tarvitse olla tasoitettuina, mutta muuten edellä mainitut toimenpiteet on oltava tehtyinä.

Lisäksi kun lopullinen maalämpöjärjestelmä otetaan käyttöön, takuu alkaa siitä päivästä ja tätä ei hyvin todennäköisesti tilaaja eikä maalämpöjärjestelmän tarjoaja hyväksy. Lämpöenergian kulkeutuminen ulos väliaikaisten muovien läpi ikkuna- ja oviaukoista on suurta ja lämmittimiltä vaaditaan noin kolme kertaa enemmän tehoa verrattuna tilanteeseen, jossa lopulliset ikkunat ja ovet olisi asennettuina.

4.2 Väliaikainen maalämpöjärjestelmä

Haastatteluilla saatiin selville, että on olemassa toimiva väliaikainen maalämpökonttijärjestelmä: Raksystems Climate Solutions Oy:n Geolo-järjestelmä. Geololta saadaan kuukausisopimuksella koko järjestelmän ylläpito ja valvonta, näin vastuu on Geololla ja Jatke Pirkanmaa Oy:n henkilöstö saa keskittyä omiin työtehtäviinsä. Kuvassa 9 mainitaan faktoja Geolosta.



GEOLO®

Key facts:

- Geolo mahdollistaa uusituvan, omavaraisen ja hiilineutraalin geo-energian hyödyntämisen uusien teknisten innovaatioiden avulla jo rakennusaikana
- Tuotamme korkealaatuisen lopputuloksen kustannustehokkaasti optimaalisilla tuotanto-olosuhteilla ympäri vuoden
- Pienennämme merkittävästi CO2 päästöjä, energiankulutusta ja kustannuksia
- Geolo-kokonaisratkaisu voitti toimialan Euroopan suurimman EHPA:n järjestämän kilpailun innovaatiokategorian 28.9.2022

ROTOTEC
CLEVER GEOTHERMY PIONEER

KONSULTTITOIMISTO
EnerSys Oy

EL-BJÖRN

RAKSYSTEMS | 2

KUVA 9. Faktoja Geolosta. (Raksystems 2023.)

Geoloon kuuluu energia-asema, jossa on maalämpöpumppu ja ilmalämpöpumppu. Energia-asemia voidaan sijoittaa kaksi päällekkäin. Yksi kontti vaatii

paljon tilaa, sen mitat ovat 3 x 12 metriä. Yhden kontin tehojen luvataan riittävän 15 000 m³ asti. Geolo on ratkaissut porakaivojen jäähtymisongelman käyttämällä suurimmissa lämmitysenergiatarvevaiheissa ilmalämpöpumppua ja suoraa sähköä lämmityksen tukena ettei synny tilannetta, jossa otetaan kaivoista liikaa lämpöenergiaa. Kaivojen kuntoa ylläpidetään ajamalla lauhdelämpöä kaivoihin aina kun ilman lämpötila on yli 0 celsiusasteen. Kesällä lauhdelämpöä saadaan viilennyspäätelaitteilta kiinteistöstä. Porakaivojen käyttö simuloidaan eri tilanteita varten, jotteivat ne pääsisi jäätymään missään tilanteissa. Geolo oli arvioinut järjestelmän kuluttavan eräällä työmaalla talvipakkasilla 16 000 kWh kuukaudessa, haastateltavassa yrityksessä todellinen kulutus oli ollut 19 000 kWh kuukaudessa. Talon tiiveys vaikuttaa suuresti todelliseen kulutukseen. Tilaajayrityksen kannalta ikävää on olla maailmanmarkkinoiden vallassa sähkön hinnan suhteen. Tilaaja maksaa sähkönkulutuksen eikä Geolo ota siitä vastuuta. Geololta on saatavissa kattava erittely muille kustannuksille esimerkiksi etäpäivystykselle eli tilaaja tietää tarkkaan hinnat eri kuluille, yllätykset pysyvät vähäisinä. Kuvassa 10 nähdään esimerkkiraportti porakaivojen käytöstä.

GEOLO KAIVOKENTÄN KÄYTTÖ ILMAN GEOLO LATAUSTA TYÖAIKANA

Haaste maalämpökaivon lämpötiloissa

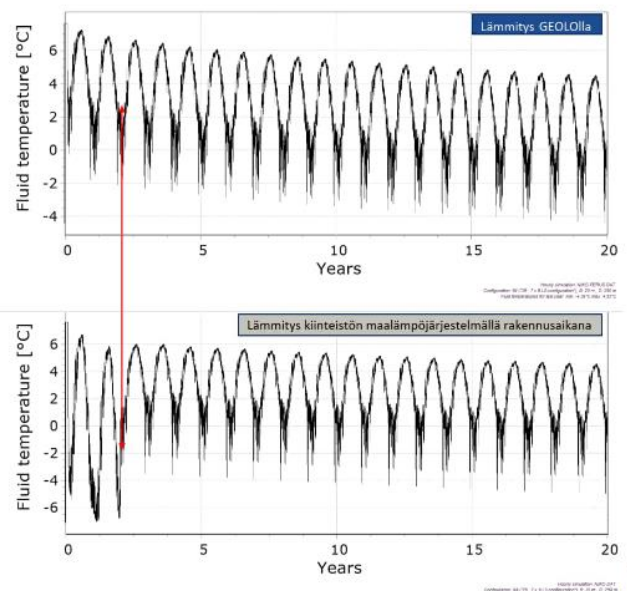
- Luovutetaanko tilaajalle jo käytetty vai uusi maalämpökaivokenttä?
- Kuvaajissa rakennusta lämmitetään kaksi lämmityskautta joko Geololla tai kiinteistön omalla maalämpöjärjestelmällä

[Pumpputekniikka](#)

Käyttötunnit 3000 - 8000 h

Kuvaajat ovat todellisen kohteen simuloituja dataa*

KONSULTTITOIMISTO
EnerSys Oy



KUVA 10. Maalämpökaivojen käytön dataa Geololla. (Raksystems 2023.)

Geololla toteutetaan tasaiset olosuhteet kiinteistöön kesällä ja talvella lämmittämällä, kuivattamalla ja viilentämällä kiinteistöä tarpeen mukaan. Lämmintä ilmaa kierrätetään ja suodatetaan, jolloin järjestelmän käyttö on energiatehokkainta. Päätelaitteissa on anturit, joilla mitataan kosteutta ja lämpöä ja tarvittaessa

vaikka VOC-pitoisuuksia. Päätelaitteissa on myös suodattimien tukkoisuusasteen mittaussominaisuus. Geolo lupaa järjestelmän toimivan energiatehokkaasti vielä – 30 pakkasasteessa. Laitekantaa säädetään pinnoitteiden vaatiman kuivumisaikatavoitteiden mukaan. Kuvassa 11 on esimerkki päätelaitteiden sijainnista ja mitä niillä voidaan mitata ja seurata.

GEOLO JÄRJESTELMÄN HALLINTA JA OHJAUS

CLEANER CLIMATE –
BETTER WORLD



Suunnitteluvaihe

Tuotanto-olosuhde optimoidaan ja simuloidaan Ashrae keskilämpötilojen, aikataulun ja rakenteiden / pinnoitteiden kuivumis-aikatavoitteiden mukaisesti. Tämän pohjalta muodostuu tavoitetaso CO₂-päästö- ja energiankulutus-säästöille vrt. nykytilanne.

Toteutusvaihe

Järjestelmää ohjataan suunnitelman, aikataulun ja mahdollisten olosuhteiden muutoksien mukaisesti RCS:n asiantuntijoiden toimesta. Tämän pohjalta muodostuu CO₂-päästö- ja energiansäästö-tavoitteiden toteuma vrt. nykytilanne.

RAKSYSTEMS | 7

KUVA 11. Esimerkki Geolon päätelaitteiden sijainnista. (Raksystems 2023.)

Geolo täyttää nykyisten tärkeiden ympäristösertifikaattien (muun muassa LEED ja BREEAM) vaatimukset. Geolosta saadaan kohteesta raportti koko työmaa-aikaiselta käytöltä.

Aikataulu ja laatu linkittyvät toisiinsa ja Geolo lupaa, että olosuhdeseurannoilla aikataulussa pysytään ja laatu saavutetaan paremmin verrattuna öljylämmityskalustoon, jossa ei ole mitään mittareita kosteuden ja lämpötilan seurantaan tilakohtaisesti. Raportoitu data eli dokumentit ovat aina myyntivaltti pääurakoitsijalle, niistä selviää tilojen kosteusolosuhteet lattioiden pinnoitusketkellä. Jos jälkeenpäin todetaan joku ongelma, niin urakoitsijalla on näyttää tietoja. Geolon tueksi ei tarvita muita lämmityskalustoja.

4.3 Vesi-ilmalämpöpumppukeskus

Haastatteluilla saatiin selville hyvin kapealla otannalla kokemuksia vesi-ilmalämpöpumppujärjestelmästä. Eräs rakennusyritys oli ottanut Skanska rakennuskonevuokraamon vesi-ilmalämpöpumppukeskuksen koekäyttöön. Toisella rakennuskonevuokraamolla oli omassa koekäytössä VILP-keskus, mutta testaus oli niin alkuvaiheessa, ettei heiltä saatu riittävästi dataa johtopäätösten tekemiseen. Skanskan VILP-keskuksen käyttämältä rakennusyritykseltä sen sijaan saatiin tietoa kustannuksista ja toiminnasta.

Yritys päätyi valitsemaan lämmityskalustoksi Skanska Rental rakennuskonevuokraamon vesi-ilmalämpöpumppukeskuksen maalämpöporakaivojen porauksen ruuhkan vuoksi. Yritys vertaili tarkkaan öljykattilan ja VILP-keskuksen ominaisuuksia keskenään. Molemmissa päätelaitteina voidaan käyttää yleisimmin käytössä olevia EL-BJÖRN kuumavesilämmittimiä eli tuttavallisemmin termoneita. Yritys osti Skanskalta ylläpitopalvelun, johon kuuluivat etäpäivystys ja huoltokäynnit. Muutaman kerran ilmeni lämpöpumppuvikoja, mutta ne saatiin nopeasti korjattua. VILP-keskus on vaativa sähköön laadusta, työmaakeskuksesta piti ottaa omat lähdöt, jotta sähkökatkon riskit saatiin minimoitua.

VILP-keskus osoittautui vaivattomaksi, kun ei tarvinnut murehtia tankkauksista, toisin kuin öljyllä lämmitettäessä. Yhden VILP-keskuksen tehot riittivät kahdelle kuusikerroksiselle asuinkerrostalolle. Keskuksen hyötysuhde oli parhaimmillaan 1:3. Kun lämpötila laski alle 15 pakkasasteen, sähkövastukset kytkeytyivät päälle ja hyötysuhde oli vain 1:1 ja tämä ikävä fakta pitää huomioida. VILP-keskus ei tarvitse tuekseen muita lämmityskalustoja.

4.4 Muut rakennusaikaiset lämmitysjärjestelmät

Rakennuskonevuokraamoilta saatiin haastatteluilla selville öljylämmityskaluston olevan toimintavarmoin ja kustannustehokkain verrattuna sähkö- tai nestekaasulämmityskalustoon työmaa-aikana. Öljyn hinta on maailmantilanteesta riippuvainen, mutta niin on myös nestekaasun ja sähkön hinta. Öljylämmittimissä voidaan polttaa biopohjaisia öljyjä, mutta ne ovat kalliimpia kuin fossiiliset.

Nestekaasua ei voida käyttää jatkuvasti rakennuksen kuivatuslämmitykseen, sillä nestekaasulämmittimet tuottavat kosteutta tilaan palamisprosessissa syntyneen

vesihöyryn seurauksena, syntynyttä kosteutta joudutaan poistamaan muilla keinoin. Lisäksi nestekaasua poltettaessa happi syrjäytyy tilasta, jossa lämmitin sijaitsee ja aiheuttaa ihmisille vaaran, jollei tilan ilmanvaihdesta huolehdita. Nestekaasu toimii lähinnä lyhytaikaisena betonin jäätymisenestolämmityksenä. Noin 3 päivää ennen rakennuksen seuraavan holvin valua lämmittimet kytketään päälle ja annetaan olla päällä noin 7 päivää valun jälkeen, kunnes valu on saavuttanut riittävän lujuuden eli 60 % betonin täydestä lujuudesta. Kaasupullot vaativat paloviranomaisen luvan säilytykseen pullojen määrän ylittäessä 200 kg. Pullot aiheuttavat vaaran väärin säilytettynä. Nestekaasulämmittimissä voi esiintyä sytytysongelmia kosteudesta ja epäsäännöllisestä käytöstä johtuen. Öljylämmityskaluston valinta on siis järkevin ratkaisu. Öljylämmityskaluston paras vaihtoehto on kattilakontti, johon kytketään kuumavesilämmittimet.

4.5 Vertailu eri lämmityskaluston kustannuksista

Taulukossa 1 on esitetty teoreettinen laskelma kuluista 9 kuukauden tarkastelujaksolla. Vuokrakulut sisältävät vain kontin vuokran, eivät kuumavesilämmittimien tai letkujen ja liittimien hintoja. Lämmittimet, letkut ja liittimet ovat suunnilleen samanhintaisia kaikilla kaluston tarjoajilla. Luvut ovat suuntaa antavia. Tarkkaan tarkasteluun tarvittaisiin sama rakennuksen kuutiotilavuus, tarkka tieto rakennuksen tiiveydestä, sama lämpötila. Haastateltavien yritysten kohteet eivät aivan olleet samankokoisia kuutiomääriltään. Verrokkirakennukset olivat lähes samankokoisia kerrosmääriltään, mutta tietoa ikkunoiden ja ovien asennusprosentista ei saatu. Haastatteluissa oli pieni otanta, vain yksi VILP-keskuksen käyttäjä ja yksi Geolon käyttäjä. VILP-keskusta tai Geoloa ovat käyttäneet vain muutamat yritykset ja nekin yhden työmaan verran tai työmaa on edelleen kesken.

Sähkön kulutusmäärätiedot saatiin yrityksistä haastattelemalla. Kuten Taulukosta 1 näkyy, öljykattilakontin vuokra on halvin ja Geolon kallein. VILP-keskuksen sähkönkulutus ja kontin vuokra olivat pienemmät kuin Geolon. Todennäköisin selitys on, että aukot eivät olleet tukittuina Geolon kohteessa ja lämpö karkasi ulos. Tarkastelu- ja vuokravuorokaudet ajoittuivat talvelle. Rakennuksen aukkojen tiiveys on suurimpia tekijöitä energiahukassa. Aina on työmaa-aikana joku ikkuna-aukko auki, joten lämmöntuottoon tulee energiatarvepiikkejä. Geolo ottaa sekä ilmasta että maasta lämpöä, siksi olosuhteet pysyvät paremmin vakioina. Ilman lämpö vaihtelee,

mutta maaperän lämmönvaihtelu on pienempää. VILP-keskus käyttää pelkkää ilman lämpöä ja on siksi täysin riippuvainen sääolosuhteista. Öljykattilakontti pärjää vertailussa alhaisen kontin vuokrahintansa vuoksi, mutta jos moni yritys ottaisi VILP-keskuksen ja Geolon käyttöönsä konttien vuokrakulut saataisiin lähes samaan tasoon öljykattilakontin kanssa. Öljylämmittimistä on paljon kokemusta työmailla, siksi ne mielletään toimintavarmiksi ja luotettaviksi. Kunhan VILP-keskukset ja Geolo yleistyvät työmailla nekin todetaan todennäköisesti toimiviksi ja luotettaviksi. Yhdellä työmaalla Geolo oli toiminut moitteetta ilman vikaantumista. VILP-keskuksesta oli sen sijaan rikkoontunut pumppuyksikkö muutamaan otteeseen, mutta se saatiin nopeasti vaihdettua ehjään.

TAULUKKO 1. Öljykattilakontin, VILP-keskuksen ja Geolo-maalämpökeskuksen kulujen vertailua.

Lähtötiedot, esimerkkikohde 6000 m². Työmaa elokuu-huhtikuu										
Työmaan kokonaislämpöenergian tarve				500 MWh						
Työmaan huipputehon tarve				200 kW						
Lämmityskauden kesto				9 kuukautta						
	vuokra /kpl /kk (1)	Yksikön teho (kun - 15 astetta) (2)	Huipputehon tarve 200 kW, Yksiköiden määrä	Vuokra, kaikki yksiköt / kk	Hyötysuhde lämmön tuotantoon / SCOP lämmityskäytössä keskilämpötila -5 (menovesi yli 50 C) (3)	Ostoenergian tarve (kWh)	Energiakustannus / kWh (4)	Ostoenergian hinta	Vuokrakulut koko työmaan ajalta	Kokonaiskulut, energian tuotanto
Öljy	1 000,00 €	400 kW	1	1 000,00 €	0,85	588235	0,16 €	94 117,65 €	9 000,00 €	103 117,65 €
VILP	3 000,00 €	92 kW	2	6 000,00 €	1,5	333333	0,12 €	40 000,00 €	54 000,00 €	94 000,00 €
GEOLO	7 000,00 €	220 kW	1	7 000,00 €	3	166667	0,12 €	20 000,00 €	63 000,00 €	83 000,00 €

1) Vuokrakustannukset vaihtelevat kohdekohtaisesti, käytetty suuruusluokkaa olevia arvioita. Sisältää myös asennuskulut yms.

2) Käytetty lämpöpumpuissa vain lämpöpumppujen tehoa, suorasähkölämmittimen tehoa ei ole huomioitu kuin tukilämmityksessä.

3) Öljypolttimien hyötysuhde n. 85%. Ilmalämpöpumppujen VILP hyötysuhde vaihtelee ulkolämpötilasta riippuen välillä 1-3, energiatarve suurin kun hyötysuhde matala kylmällä säällä. Maalämpöläitteiston hyötysuhde on vakio kelistä riippumatta

4) Sähkön hinta 0,12 €/kWh, öljyn lämpöenergisäisältö 1L=10kWh, 1L = 1,6€/L

Valmiin liikerakennuksen huipputehontarve on 0,03 kW/m³ (RT 52-10797 Vesi-kiertoinen patterilämmitys 2003). Haastateltujen käytännön kokemuksen mukaan rakennusaikana tarvittava energia on noin 3 kertaa suurempi kuin valmiin kohteen vaatima energia. Eli $3 \times 0,03 \text{ kW/m}^3 = 0,09 \text{ kW/m}^3$. 6 000 m³ huipputehon tarve on siis $6\,000 \text{ m}^3 \times 0,09 \text{ kW/m}^3 = 540 \text{ kW}$. VILP-keskuksen huipputeho on 140 kW, mutta käytännössä 92 kW. Öljylämmittimen tehontarve valmiissa 10 000 m³ rakennuksessa on 200 kW (RT 52-10857 Lämmitys kevyellä polttoöljyllä. 2005). Työmaa-aikana 300 kW tehoinen öljykattilakontti on siis riittävä. Geolon valmistajalta saatiin tehosta tieto, että 1 kontti riittää 15 000 m³ asti. Yhdellä työmaalla, jossa Geolo oli ollut käytössä, lämmitettävän rakennuksen lattiapinta-ala oli 12 000 m². Kuutioiksi muutettuna: $12\,000 \text{ m}^2 \times \text{huonekorkeus } 2,7 \text{ m} = 32\,400 \text{ m}^3$. Eli 1 Geolo olisi riittänyt jopa 32 400 m³ asti.

Kaikkien kolmen lämmityskaluston kulut ovat lähellä toisiaan pienen otannan tarkasteluissa. Pitää ottaa huomioon kovan pakkasen vaikutus VILP-keskuksen hyötysuhteeseen. Kun 15 pakkasastetta alitetaan, hyötysuhde on enää 1:1 eli lämmitys tapahtuu pelkällä sähköllä. Geolo on iso ja tehokas laitos. Kannattaa miettiä, onko sitä järkevää käyttää pienissä kohteissa. VILP-keskus sopii paremmin pienille kohteille. Taulukossa 2 tarkastellaan haastattelujen perusteella saatuja ainoastaan yhden kuukauden todellisia kulutuksia. Suhtauduttava varauksella.

TAULUKKO 2. Haastatteluilla selvitettyjen kohteiden todellisia kulutuksia ainoastaan yhden kuukauden otannalla. Suhtauduttava varauksella näin pienen otannan tietoihin.

Kattilakontti POLARTHERM KVK230	öljy l/vko	sähkö kWh/kk	öljy l/kk	öljy e/l	öljy e/kk	sähkö e/kWh	sähkö e/kk	vuokra e/kk	kulut yht. e/kk
Todellinen kulutus työmaa 1	1 500		6 000	1,00	6 000			1 300	7 300
1 kpl 4.krs ja 1kpl 5. krs. 400 m2 molemmissa pohjan ala				1,40	8 400				9 700
				1,70	10 200				11 500
Todellinen kulutus työmaa 2	1 700		6 800	1,00	6 800				8 100
2 kpl 7 krs. 400 m2 pohjan ala				1,40	9 520				10 820
				1,70	11 560				12 860
VILP-keskus 140 kW									
Todellinen kulutus		10 000				0,06	600	2 600	3 200
Marraskuu						0,15	1 500		4 100
2 kpl 6.krs. Asuinkerrotalo						0,40	4 000		6 600
Geolo-maalämpökeskus									
Ennustettu kulutus		16 000				0,06	960	6 000	6 960
						0,15	2 400		8 400
						0,40	6 400		12 400
Todellinen kulutus		19 000				0,06	1 140		7 140
Helmikuu						0,15	2 850		8 850
1 kpl 8.krs 15 000 rm3						0,40	7 600		13 600

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville, voidaanko maalämpöä hyödyntää rakennusaikana. Haastatteluilla saatiin selville, että voidaan, mutta ei lopullista järjestelmää käyttämällä. Uusina ratkaisuin opinnäytetyön kirjoitushetkellä oli kaksi vaihtoehtoa. Tällä hetkellä ainoastaan Skanska Konevuokraamolta vuokrattavissa oleva VILP-keskus tai Raksystems Geolo-järjestelmä. Molemmat ovat toimivia järjestelmiä haastattelujen perusteella. VILP-keskus on todettu toimivaksi, mutta pitää huomioida alle 15 asteen pakkasten vaikutukset hyötysuhteeseen. Geolon pitäisi toimia alle 30 pakkasasteessa, mutta lisää kokemusta olisi saatava, jotta nähtäisiin todellisuus. Kokonaishyötyä ajatellen Geolon olosuhdeseurantaominaisuus auttaa koko rakennusprosessissa ja luo aikataulusäästöjä. Olosuhdeseuranta mahdollistaa tiedon aikataulusta, milloin voidaan pinnoittaa mikäkin lattia ja missä taas on kosteutta vielä liikaa. Geolo on tarkoitettu isoihin kohteisiin, sitä ei ole järkevää käyttää pienissä projekteissa. Geolo kannattaisi ottaa testikäyttöön Jatkeen isoilla työmailla ja saada näin sisäpiiriin arvokasta dataa järjestelmän toimivuudesta ja energiankulutuksesta. Geolo täyttää ympäristösertifikaattien vaatimukset, joka on tärkeää nykyisessä ilmastotilanteessa.

Öljylämmityskaluston käyttö on kuluiltaan vaihtoehto edelleen, mutta ei maineeltaan ympäristön näkökulmasta. Öljylämmitys alkaa olemaan vanha jäännös ja olisi hyvä kokeilla VILP-keskusta tai Geoloa. Aurinkoenergia voisi olla yksi vaihtoehto edellä mainittujen tueksi. Aurinkopaneelit ovat käytössä monessa rakennuksessa lopullisen lämmityksen tukena. Aurinkoenergian käyttöä rakennusaikaiseen lämmitykseen ei selvitetty tässä opinnäytetyössä, mutta sekin vaihtoehto olisi hyvä tutkia.

Opinnäytetyössä laadittiin muistilista urakoitsijoille VILP-keskuksen tai Geolo-järjestelmän toimintaan saattamista varten. Jatke Pirkanmaa voi hyödyntää listaa työmaillaan ja tarvittaessa kehittää eteenpäin.

Suomessa olisi hyvä kokeilla uusia tekniikoita rohkeasti, eikä aina käyttää vanhoja tekniikoita ja odottaa, että muut maat menevät edelle tekniikoiden kehityksessä. Suomessa on osaamista vihreästä tekniikasta. Ympäristönäkökulmien

huomioon ottaminen enenevissä määrin on tulevaisuutta ja tilaajat vaativat jo sitä.

Tulevaisuudessa voitaisiin selvittää, miten lopullista maalämpöä pystyttäisiin hyödyntämään jo rakennusaikana. Toki takuun alkaminen jo rakennusaikana voi muodostua ylitsepääsemättömäksi esteeksi tilaajalle ja laitetoimittajille. Rakennusaikainen lämmitysenergiantarve on suurempi kuin lopullinen. Miten kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti energiatarvetta paikataan, porakaivojen liikaporaus ei ole tällä hetkellä kannattavaa. Nähtäväksi jää, miten tulevaisuudessa. Maalämmöstä löytyy paljon kehitettävää ja tutkittavaa pitkälle tulevaisuuteen. Auttaisiko porakaivojen jäähtymisongelmaan, jos porattaisiin syvemmälle kuin vain 100–300 metriin, josta lämpö hupenee nopeammin kuin jos porattaisiin useamman kilometrin syvyyteen ja päästäisiin käsiksi todelliseen maan ytimen lämpöön.

Lämmönjakohuone olisi kaikkia lämmitysmuotoja ajatellen hyvä saada valmiiksi laitteiden asentamista varten jo rakentamisen alkuvaiheessa. Olisiko ratkaisu lämmönjakohuonemuoduuli, joka valmistettaisiin elementtitehtaalla laitteet sisäänrakennettuina ja toimitettaisiin työmaalle oikea-aikaisesti. Työmaalla kytketään vesi, sähkö ja lämpöpiirit; valmista. Kuljetus on haaste herkille lämpöpumppuyksiköille, mutta riittävällä suojaamisella sekin ratkaistaisiin.

Saatetaan kehittää parempikin lämmitystekniikka nykyisten vaihtoehtojen tilalle. Tutkittavia kohteita voisivat olla pienydinvoimalan tai vetylaitoksen mahdollisuudet lämmitysenergian tuotantomuotoina. Jatke voisi toimia edelläkävijänä teknikoiden testaajana rakennusaikaisena käyttäjänä, jos tämä vain on taloudellisesti mahdollista.

Öljylämmityksen korvaajaehdokkaita oli vähän ja niistä oli vaikeaa löytää tietoa kirjallisuudesta ja Internetistä, kuitenkin haastatteluilla saatiin riittävästi tietoa nykylämmityskalustovaihtoehdoista. Opinnäytetyön aihe oli ajankohtainen, työ luo edellytykset jatkaa lämmitystekniikoiden kehittämistä ja tutkimista.

LÄHTEET

Cramo 2023. Rakennuskoneet. Lämmityskalusto. Kuumavesilämmittimet. Kattilakontti < 300 kW, vesikierto. Luettu 20.2.2023. https://cramoimageresizer.azureedge.net/POLARTHERM_KVK230_IMAGE_02.png?width=300

Cramo 2023. Rakennuskoneet. Lämmityskalusto. Kuumavesilämmittimet. Kuumavesilämmitin < 35 kW. Luettu 20.2.2023. https://cramoimageresizer.azureedge.net/ElbjornTF30HVF_Image_1.png?width=300

Cramo 2023. Rakennuskoneet. Lämmityskalusto. Nestekaasulämmittimet. Rakennuslämmitin, nestekaasu < 35 kW. Luettu 20.2.2023. https://cramoimageresizer.azureedge.net/REMKOPGM30_Image_1.png?width=300

Cramo 2023. Rakennuskoneet. Lämmityskalusto. Sähkölämmittimet. Lämpöpuhallin < 40 kW, 400 V. Luettu 20.2.2023. https://cramoimageresizer.azureedge.net/ElbjornTF36EL_Image_1.png?width=300

Gebwell 2023. Maalämpö. Miten maalämpö toimii. Luettu 26.1.2023. <https://gebwell.fi/maalampo/miten-maalampo-toimii/>

Purmo Group Finland Oy. 2022. Tuotteet. Lämmitys ja jäähdytys. Radiaattorit ja muut laitteet. Paneeliradiaattorit. Vaakasuuntaiset radiaattorit. Compact, C. Luettu 20.2.2023. <https://www.purmo.com/public/prod/bcd2c0f2-6156-46c6-99cd-ddcde7354507/14952/ab4d9a90678ce24a972c8316610d2918/fifi-overview-compact-c-desktop810x810.jpg>

Purmo Group Finland Oy. 2022. Tuotteet. Lämmitys ja jäähdytys. Lattialämmitys ja muut järjestelmät. Järjestelmät. Lattiajärjestelmät. Uiva lattijärjestelmä EpsJet. Luettu 20.2.2023. <https://www.purmo.com/public/prod/bcd2c0f2-6156-46c6-99cd-ddcde7354507/8001/2613e58166add769cab879c9e90/fi-fi-overview-uiva-lattijarjestelm-epsjet-desktop810x810.jpg>

Raksystems Climate Solutions Oy. 2023. Geolo-maalämpökonttijärjestelmä. Microsoft Powerpoint- dokumentti. Luettu 1.2.2023.

Ratu S-1236. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. 2021. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 26.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/>

RT 52-10797 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2003. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 26.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/>

RT 52-10857 Lämmitys kevyellä polttoöljyllä. 2005. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 26.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/>

Skanska Konevuokraus. 2023. Vuokrakoneet. Lämmitys ja kuivaus. Vesikiertolämmitys. VILP-lämpökeskus. Luettu 16.3.2023. <https://skanskakonevuokraus.fi/wp-content/uploads/2021/12/Vilp.jpg>

Suomen Vesitekniikka Oy. 2023. Omakotitalon lämmitysjärjestelmät. Maalämpö. Luettu 3.3.2023. <https://suomenlampopumppu.fi/img/Maal%C3%A4mp%C3%B6-toimintaperiaate.png>

Jaakkola, H. 2023. Maalämpökaivo jäähtyy vuosien mittaan. TM Rakennusmaailma. 18.1.2023, 68–69.

Thermia. 2023. Hyödyllistä tietoa. Miten lämpöpumppu toimii? Lämpöpumpun sisällä: kylmäpiiri. Luettu 21.3.2023. <https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/miten-lampopumppu-toimii/lampopumpun-sisalla-kylmapiiri/>

LIITTEET

Liite 1. Muistilista urakoitsijoille VILP-keskuksen tai Geolon lämmitysjärjestelmän käyttöönottamiseksi.

Pääurakoitsija

- Lämmitysjärjestelmän toimittajan valinta projektin alkuvaiheessa
- Lämmitystehotarpeen laskenta
- Aluesuunnitelma
 - o Väliaikaisen maalämpö-/VILP-keskuksen sijoitus
 - o Pihojen tilankäytön haasteet
 - o Kanaalin ja porakaivojen suojaus liikenteeltä
- Risteilytarkastukset
 - o Sähköjohtojen suojaputket ja maalämpökanaalin putket eivät mene samassa kohdassa
- Aikataulu
 - o Lämmönjakohuone
 - o Porakaivot
 - o Sähkö- ja vesiliittymä
 - o Tilojen sääolosuhteiden hallinta
 - Ikkuna- ja oviaukkojen suojaus
 - Veden kulkeutumisen esto
- Tiedotus

Lämmitysjärjestelmän toimittaja

- Ilmaisee tarkkaan ja ajoissa vaadittavat toimenpiteet maalämmön toimintaan saattamiseksi
- Maalämpöporakaivojen määrä ja mitoitus (Geolo)
- Laitteiden seuranta, tarkastukset ja huolto
 - o Etähallinta ja päivystys
 - o Tarvittaessa käynti työmaalla

Sähköurakoitsija

- Erilliset sähköt lämpöjärjestelmille ja työmaan muille sähköille
 - o Toimintavarmuus

- Laatu
- Aikataulu
 - Keskustelu lämmitysjärjestelmän toimittajan kanssa
- Sähkökaapeli sijainti ja suojaus
- Tiedotus

Putkiurakoitsija

- Aikataulu
 - Vedensaanti
 - Vesijohtoverkostot
- Tiedotus

IV-urakoitsija

- Ei toimenpiteitä, mutta varmistaa muilta tarvitaanko toimenpiteitä
- Tiedotus

Liite 2. Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset toimihenkilöille, urakoitsijoille ja maalämpöasiantuntijoille
otsikolla: Maalämmön toimintaan saattaminen rakennusaikana.

Kysymykset:

- Voiko maalämpöä hyödyntää rakennusaikana? Jos osa ikkunoista ja ovista on asentamatta, vaaditaanko tehokkaampi maalämpöpumppu?
- Mitä väliaikainen maalämpökonttijärjestelmä vaatii toimiakseen:
 - o pääurakoitsijalta? Tontin ahtauden haasteet? Lämpökontin ja rakennuksen välinen etäisyys?
 - o sähköurakoitsijalta? Miten varmistetaan työmaasähkön laatu ja toimintavarmuus?
 - o putkiurakoitsijalta?
 - o IV-urakoitsijalta?
 - o maalämpöurakoitsijalta?
- Riittääkö kuumavesilämmittimiin maalämpöjärjestelmän matala menoveden lämpötila 40 astetta?
- Voidaanko rakentamisvaiheessa käyttää vesikiertoisia pattereita väliaikaisesti, jos ei niin mitä muita vaihtoehtoja on? Ylimääräiset kustannukset, onko kannattavaa?
- Mitä toimenpiteitä maalämmön toimintaan saattaminen vaatii:
 - o pääurakoitsijalta?
 - o sähköurakoitsijalta?
 - o putkiurakoitsijalta?
 - o IV-urakoitsijalta?
 - o maalämpöurakoitsijalta? Jos sähkökatko iskee, miten saadaan lämpöpumppujärjestelmä taas käyntiin?
 - o joltain muulta, keneltä?
- Onko kokemusta työmaa-aikaisesta maalämmöstä, hyvät/huonot puolet?
- Olisiko öljylämmitys- tai nestekaasulämmityskalusto kustannustehokkaampi vaihtoehto rakennusaikana kuin maalämpö?
- Työmaa-aikaisen maalämpöjärjestelmän hyvät ja huonot puolet?
- Mihin asti Geolon tehot riittävät yhdellä kontilla?
- Miten porakaivojen ympäristön jäähtymisongelma vältetään?

- Mikä lämmönjakotavoista on järkevin työmaa-aikaiseen lämmitykseen ja perustelut?
- Mitä lämmönjakotapaa voidaan rakentamisvaiheessa käyttää? Ylimääräiset kustannukset?
- Mitä toimenpiteitä VILP-keskus vaatii toimiakseen?
- Jouduttiinko käyttämään muita lämmityskalustoja tukena (mm. öljy)?
- VILP-keskuksen kustannukset per kuukausi (sähkö, vuokra, huollot)?
- Mihin brm^3 asti tehot riittävät?
- Mitä lämmityskalustoa työmaakäyttöön itse suosittelisit?
- Muita huomioita?

Haastattelukysymykset rakennuskonevuokraamoille otsikolla: Lämmityskalusto ja kustannukset.

Kysymykset:

- öljylämmityskalusto:
 - o hyvät puolet?
 - o huonot puolet?
 - o toimintavarmuus? Tarvitaanko huoltomiestä usein?
 - o kustannukset/kuukausi (öljynkulutus, vuokratulot)?
- nestekaasulämmityskalusto:
 - o hyvät puolet?
 - o huonot puolet?
 - o toimintavarmuus? Tarvitaanko huoltomiestä usein?
 - o kustannukset/kuukausi (nestekaasunkulutus, vuokratulot)?
- joku muu, mikä? Onko esim. vesikiertoinen lämmitin mahdollinen maalämmöllä käytettäväksi?
 - o hyvät puolet?
 - o huonot puolet?
 - o toimintavarmuus? Tarvitaanko huoltomiestä usein?
 - o kustannukset/kuukausi (kulutus, vuokratulot)?
- maalämpöpumppukontti, onko valikoimassa?
 - o vaatimukset
 - miten sähköt viedään kohteelle?

- onko vesikiertoinen puhallin mahdollinen maalämmöllä käytettäväksi?
 - hyvät puolet?
 - huonot puolet?
 - toimintavarmuus? Tarvitaanko huoltomiestä usein?
 - kustannukset/kuukausi (kulutus, vuokratulot)?
- Muita huomioita?