

Atte Kangas

**KAUKOLÄMPÖVERKON LAAJENTAMINEN POLTTOAINELÄMMITTEISIIN
KOHTEISIIN KITTILÄN KAIVOKSEN RIKASTAMOLLA**

**KAUKOLÄMPÖVERKON LAAJENTAMINEN POLTTOAINELÄMMITTEISIIN
KOHTEISIIN KITTILÄN KAIVOKSEN RIKASTAMOLLA**

Atte Kangas
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikka

Tekijä: Atte Kangas

Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöverkon laajentaminen polttoainelämmitteisiin kohteisiin Kittilän kaivoksen rikastamolla

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Connecting fuel-heated objects to the district heating network of the Kittilä mine

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: esim. 30 + 1 liitettä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia polttoainelämmitteisten kohteiden liittämiseksi Kittilän kaivoksen kaukolämpöverkkoon. Kittilän kaivos on Agnico Eagle Finland Oy (AEF) operoima Euroopan suurin kultakaivos. Agnico Eagle Finland tavoite on lieventää kaivostoimintansa vaikutusta ympäristöön. Yhtenä konkreettisena esimerkkinä ympäristövastuusta on Kittilän kaivoksen kaukolämpöverkko, jolla lämmitetään melkein koko kaivosalue. Kaukolämpö tuotetaan prosessista saatavalla hukkalämmöllä ja on näin ollen päästötöntä.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus etsiä edullisinta ja helpointa tapaa liittää kaksi uutta kohdetta kaukolämpöön. Kohteet olivat Kittilän kaivoksen rikastamolla sijaitsevat CCD-syöttösäiliön prosessitila ja välisiilo 1. Kohteita lämmitetään talvisin öljykäyttöisellä lämpökontilla. Tärkeä osa työtä oli selvittää millainen lämmitysteho kohteissa tarvitaan. Välisiilon 1 lämmitys helpottaa puhtaanapitoa ja pitää malmin sulana. CCD-prosessitilassa lämmityksen edellyttää vesiputket, jotka jäätyvät talvisin ilman lämmitystä. Työssä kartoitettiin mistä kohdistä kaukolämpöverkkoa kohteet saataisiin kannattavasti liitettyä osaksi kaukolämpöä. Seuraavaksi piti suunnitella ja mitoittaa putket kohteisiin. Kaukolämpörakentamisessa reitin haastavuus ja pituus ovat isoja hintaan vaikuttavia tekijöitä. Työssä tuli myös tarkastella laitevalintoja ja niiden hintoja, jotta investoinnin kustannuksia pystyttiin arvioimaan.

Opinnäytetyön tuloksissa on verrattu kaukolämpöön liitettävien kohteiden vuotuisia polttoainekustannuksia investoinnin kustannuksiin. Kannattavuuslaskelmissa käytettiin vuoden 2021 polttoainekuluja ja polttoaineen hintoja. Huomioon otettiin myös polttoaineen hinnan nousu ja laskettiin erilaisten vaihtoehtojen takaisinmaksuaikoja. Kaukolämpöinvestoinnin takaisinmaksuaika vaihteli tuloksissa joitain kuukausia. Kaikilla hintaskenaarioilla takaisinmaksuaika pysyi alle vuodessa. Investointi vaikuttaa kannattavalta, koska alle vuoden takaisinmaksuaika on lyhyt. Kohteiden liittäminen kaukolämpöön tulee säästämään paljon rahaa polttoainekustannuksissa ja on ennen kaikkea askel vihreämpään kaivostoimintaan.

Asiasanat: kaukolämpö, Agnico Eagle Finland Oy, hukkalämpö, fossiiliset polttoaineet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Energy technology

Author: Atte Kangas

Title of thesis: Connecting fuel-heated objects to the district heating network of the Kittilä mine

Supervisor: Veli-Matti Mäkelä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 30+1 appendix

The purpose of this thesis was to explore the possibilities of connecting fuel-heated objects to the district heating network of the Kittilä mine. The Kittilä mine is the largest gold mine in Europe operated by Agnico Eagle Finland Oy (AEF). One of the main objects of Agnico Eagle Finland is to eliminate, minimize and mitigate the impact of its mining operations on the environment. To fulfill environmental responsibility Kittilä mine has its own district heating network, which heats almost the entire mining area. District heating is produced with waste heat from the process and is therefore emission-free.

In this thesis, the aim was to find the most cost efficient and the easiest way to connect two new buildings to the district heating system. The buildings are the process space of the CCD feed tank located at the Kittilä mine enrichment plant and the ore bin 1. During winter, the process space and the ore bin 1 are heated with an oil-powered heating container. Major questions related to new buildings were what kind of heating capacity sufficient and which parts of the buildings is the most urgent to heat. For ore bin 1, heating enables proper cleaning and keeps the ore molten. In the process space heating is necessary to keep water lines from freezing. The next step of the thesis was to map out where in the district heating system the new buildings could most easily be connected. This part also included planning, measuring and routing the pipeline to the new buildings. In district heating systems, the difficulty and length of the route are major factors influencing the total price. In order to estimate the total costs of the investment, equipment choices and their prices were also part of the planning.

The results of the thesis were compared to the annual fuel costs of the buildings to be connected to district heating system with the potential costs of the investment. The profitability calculations used fuel consumption and fuel prices of the year 2021, but also considered the increase in fuel prices and calculated hypothetical repayment periods. The repayment period of the district heating investment varied some months in the results but remained in less than a year regardless of the calculation method. The investment seems profitable because the repayment period can be considered short when compared to the estimated lifespan of the Kittilä mine. Connecting the buildings to district heating system will save a lot of money on fuel costs and is above all, a step towards greener, more environment friendly mining.

Keywords: District heating, Agnico Eagle Finland Oy, waste heat, fossil fuels

SISÄLLYS

ALKUSANAT	6
1 JOHDANTO	7
2 TOIMEKSIANTAJANA AGNICO EAGLE FINLAND OY	8
2.1 Kittilän kaivos	9
2.2 Rikastamo	9
3 LÄMMÖNTALTEENOTTO JA KAUKOLÄMPÖVERKKO	11
3.1 Yleiskuvaus lämmitysjärjestelmästä	11
3.2 Varalämmitysjärjestelmät	12
4 KAUKOLÄMPÖÖN LIITETTÄVÄT KOHTEET	13
4.1 CCD-syöttösäiliön prosessitila	13
4.2 Välivarasto 1	14
5 VÄLIVARASTO 1:N JA CCD-PROSESSITILAN LIITTÄMINEN KAUKOLÄMPÖÖN	17
5.1 Lämmönjakokeskus ja varaus	17
5.2 Putkien reitti ja puhallinyksiköt	19
5.3 CCD-syöttösäiliön prosessitilan liittäminen kaukolämpöön	19
6 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS	22
6.1 Välisiilon 1 polttoainekustannukset	22
6.2 CCD-syöttösäiliön prosessitilan polttoainekustannukset	23
6.3 Välisiilo 1 ja CCD-prosessitilan lämmityskustannukset	24
6.4 Investoinnin kustannukset	24
6.4.1 CCD-prosessitilan kustannukset	25
6.4.2 Välisiilo 1 kustannukset	26
6.5 Investointien yhteiskustannukset ja takaisinmaksuaika	26
7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	30

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää tuotantopäällikkö Anni Ahoa, huoltopäällikkö Kari Siirtolaa sekä koko Kittilän kaivoksen rikastamon henkilöstöä oppinäytetyöni aiheesta, ohjauksesta ja saamastani avusta. Haluaisin kiittää myös rikastamon kunnossapitoa ja työni ohjannutta yliopettajaa Veli-Matti Mäkelää.

Kittilässä 22.4.2022

Atte Kangas

1 JOHDANTO

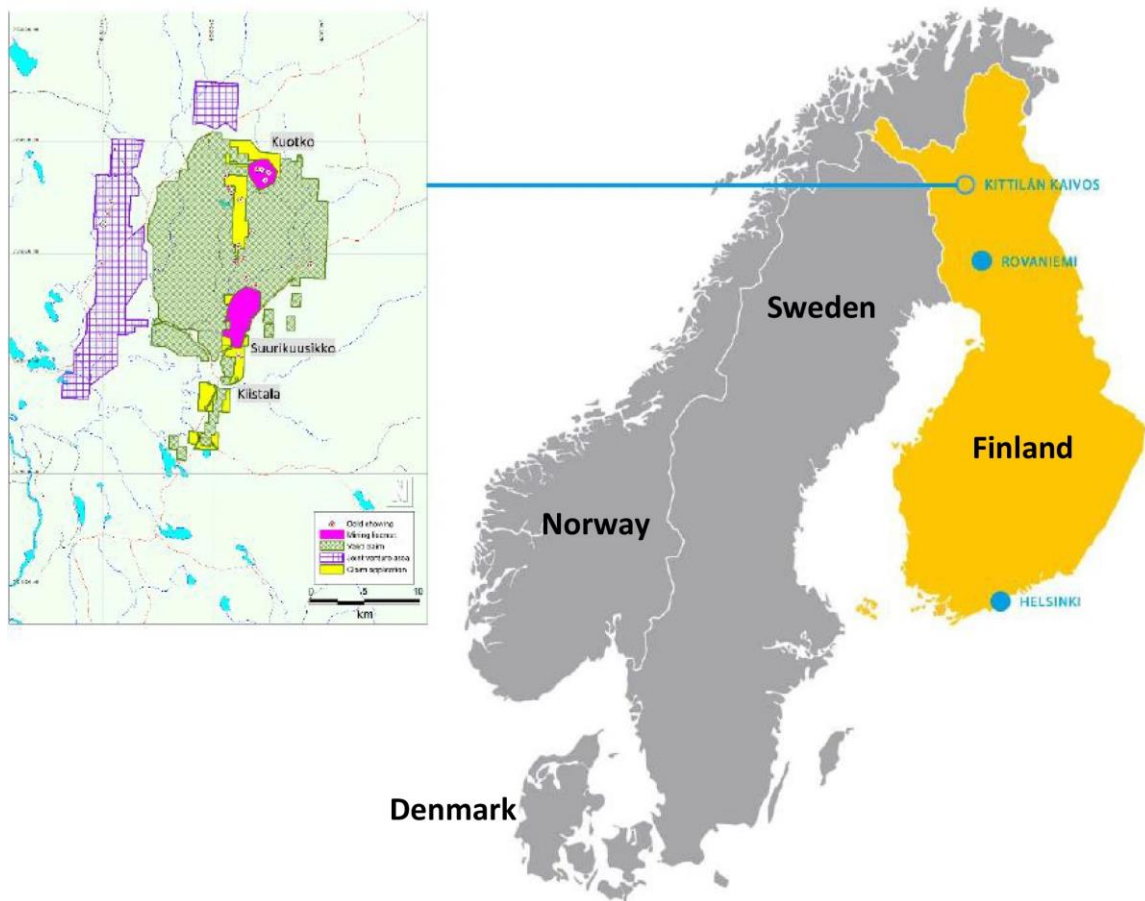
Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Agnico Eagle Finland Oy ja toimipaikkana Kittilän kaivos. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia polttoainelämmitteisten kohteiden liittämistä Kittilän kaivoksen kaukolämpöverkkoon. Polttoainelämmitteiset kohteet ovat Kittilän kaivoksen rikastamolla sijaitsevat CCD-syöttösäiliön prosessitila ja välivarasto 1. Tavoitteena on tutkia millaisella takaisinmaksuajalla kohteet saataisiin liitettyä kaivoksen omaan kaukolämpöverkkoon. Kittilän kaivoksen oma kaukolämpöverkko toimii täysin prosessista saatavalla hukkalämmöllä. Kittilän kaivos investoi vuonna 2017 kaasupesuriin ajatuksena puhtaampi kaivostoiminta. Prosessipesurin vesi puhdistaa saasteita prosessihöyrystä ja sitoo samalla itseensä lämpöenergiaa, mikä otetaan talteen rikastamolla sijaitsevalla lämmöntalteenottojärjestelmällä.

Opinnäytetyön alussa on tarkoitus kartoittaa erilaiset vaihtoehdot, miten kohteiden liittäminen kaukolämpöverkkoon olisi mahdollista. Kohteissa pitää tehdä mittauksia ja reittisuunnitelmia putkille, jotta tilankäytöstä tai muista konkreettisista asioista ei tule ongelmaa projektin toteutusvaiheessa. Aluksi selvitetään nykyisen lämmitystehon riittävyys, jotta osataan mitoittaa riittävä lämmitystarve. Tehontarve ratkaisee myös, mihin kohtaan kaukolämpöverkosta putki voidaan liittää, jotta lämmitysteho riittää. Kohta, mistä kaukolämpö uusiin kohteisiin otetaan, määräytyy useista tekijöistä, kuten tila, etäisyys kohteesta ja tehon riittävyys. Etäisyys kohteesta on tärkeä lähtöarvo, koska suuret putkistopituudet nostavat investoinnin hintaa.

Työn taustalla on Agnico Eagle Finland Oy:n halu vähentää fossiilisten polttoaineiden kulutusta kaivotoiminnassa. Agnicon arvoihin kuuluu vastuu, jonka osana on vastuu ympäristöstä. Yrityksen kestävän kehityksen periaatteisiin kuuluu tehdä toimenpiteitä, joilla vähennetään päästöjä ja saadaan minimoitua ekologinen jalanjälki. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on suurin yksittäinen ilmastonmuutosta aiheuttava hiilidioksidin lähde. Oman kaukolämpöverkon laajentaminen on hyvä tilaisuus vähentää kaivoksen päästöjä ja laskea vuotuisia polttoainekustannuksia. Kustannusarviota verrataan lopuksi polttoainelämmittimien vuosikustannuksiin ja tehdä arvio onko laajennus kannattava. Kohteiden etäisyys kaukolämpöverkosta ei ole suuri, minkä vuoksi työssä lienee mahdollista käyttää verkossa jo valmiina olevia varauksia, joita on jätetty laajennuksia varten.

2 TOIMEKSIANTAJANA AGNICO EAGLE FINLAND OY

Agnico Eagle Finland Oy (AEF) on Kanadalaisen Agnico Eagle Mines Limitedin sisaryhtiö. AEF omistaa kultakaivoksen Kittilässä ja harjoittaa malminetsintää Pohjoismaissa. Kittilän kaivos on Euroopan suurin kultakaivos ja se sijaitsee Kiistalassa, noin 35 km Kittilän keskustasta. Kaivoksen tuotto tällä hetkellä vuodessa on yli 7000 kg kultaa. Kittilän kaivoksella tehtiin vuonna 2021 uusi ennätys kullantuotannossa: 7330 kg. Agnico Eagle Finland oy työllistää Kittilässä hieman vajaa 1 000 ihmistä, joista noin puolet on Agnico Eaglen omia työntekijöitä. Kuvassa 1 on esitetty Kittilän kaivoksen sijainti kartalla.



KUVA 1 Kittilän kaivoksen sijainti

2.1 Kittilän kaivos

Kittilän kaivos oli Agnico Eaglen ensimmäinen kaivos Kanadan ulkopuolella, ja se aloitti toimintansa 2009. Toiminta alkoi avolouhinnalla, mutta maanalainen louhinta aloitettiin jo lokakuussa 2010. Avolouhinnasta siirryttiin kokonaan maanalaiseen louhintaan vuonna 2012. Nykyaikaisilla ja edelleen kehittyvillä menetelmillä Kittilästä louhitaan vuosittain noin 2 miljoonaa tonnia malmia. Lisää maanalaisia tunneleita syntyy vuosittain jopa 16 km.

2.2 Rikastamo

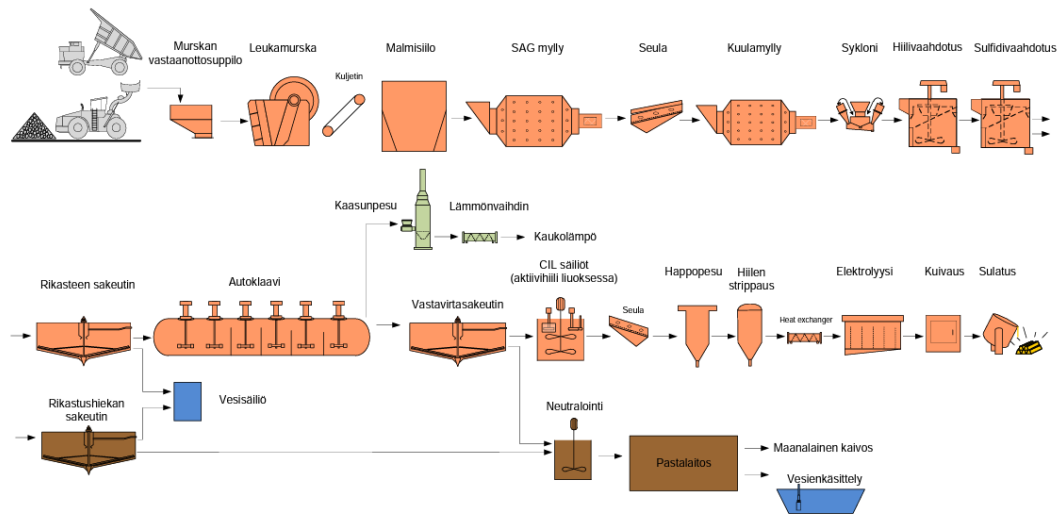
Rikastusprosessi Kittilän kaivoksella alkaa murskauksella. Maanalaisesta kaivoksesta kuljetettu malmi hienonnetaan leukamurskaimilla halutun kokoiseksi. Kuljetinjärjestelmä siirtää malmin jauhatuspiiriin. Jauhatuspiiri on kaksiosainen. Ensimmäisenä malmi tulee isompaan myllyyn eli SAG-myllyyn. Tarpeeksi pieneen raekokoon päässyt aines siirretään jauhatuksen toiseen osaan eli kuulamylyyn. Osa syötteestä palaa seuralta liian suuren raekoonsa vuoksi palakuljettimia pitkin takaisin SAG-myllyyn.

Seuraavana prosessissa tulee vaahdotuspiiri, johon kuuluu hiili- ja sulfidivaahdotus. Ensin hiilivaahdotuksessa vaahdotetaan grafiittia pois rikasteesta. Hiilivaahdotuksen jälkeen rikaste pumpataan sulfidivaahdotukseen, jossa lopputuotteeksi saadaan kultapitoista sulfidirikastetta. Prosessissa sivutuotteena tulee rikastehiekkaa. Rikastehiekkaa käytetään louhostäytöissä, joten se siirretään pastalaitoksille ja rikastehiekka-altaille. Pastalaitoksilla rikastehiekkaan lisätään sementtiä, joka sekoitetaan hiekkaan mikserissä. Valmis täyteaine pumpataan louhoksiin, joista kultapitoinen malmi on jo siirretty pois. (Pöyry Finland Oy 2015, 27–33.)

Sulfidirikaste pestään ja sakeutetaan ennen sen syöttämistä autoklaaviin painehapetukseen. Autoklaavissa kulta vapautetaan sulfidista hapettamalla. Happi tuotetaan kahdella happilaitoksella. Happilaitoksia ohjataan etänä Raahesta. Autoklaavin hapan liete pestään CCD-piirissä ennen sen syöttöä CIL-piiriin. (Pöyry Finland Oy 2015, 27–33.)

CIL-piirissä rikasteesta liuotetaan kulta syanidiliuotuksella ja absorboidaan aktiivihilleen. Hiilestä kulta erotetaan niin sanotussa strippauspiirissä. Lopuksi kulta otetaan talteen elektrolyysillä ja

valetaan harkoiksi. Kaaviossa 1 on esitetty rikastusprosessi yksinkertaistettuna. (Pöyry Finland Oy 2015, 27–33.)



KAAVIO 1 Rikastusprosessi Kittilän kaivoksella

3 LÄMMÖNTALTEENOTTO JA KAUKOLÄMPÖVERKKO

3.1 Yleiskuvaus lämmitysjärjestelmästä

Hukkalämmön talteenottojärjestelmä tuottaa tarvittavan määrän lämpöenergiaa valtaosan vuodesta. Nykyisellä kulutuksella suurin mitattu huipputeho on ollut n. 12 MW. Kittilän kaivoksen lämmöntalteenottojärjestelmä koostuu kolmesta 7,6 MW:n tehoisesta lämmönsiirtimestä. Tähän mennessä suurimman tehopiikin on pystynyt tuottamaan ilman, että kolmatta lämmönsiirintä on tarvinnut ottaa käyttöön. Kaukolämpöjärjestelmän kiertopumppuina toimivat PU140 ja PU240, jotka sijaitsevat KL-pumppuasemalla. Kuvassa 2 on kaukolämpöjärjestelmän kiertopumput.

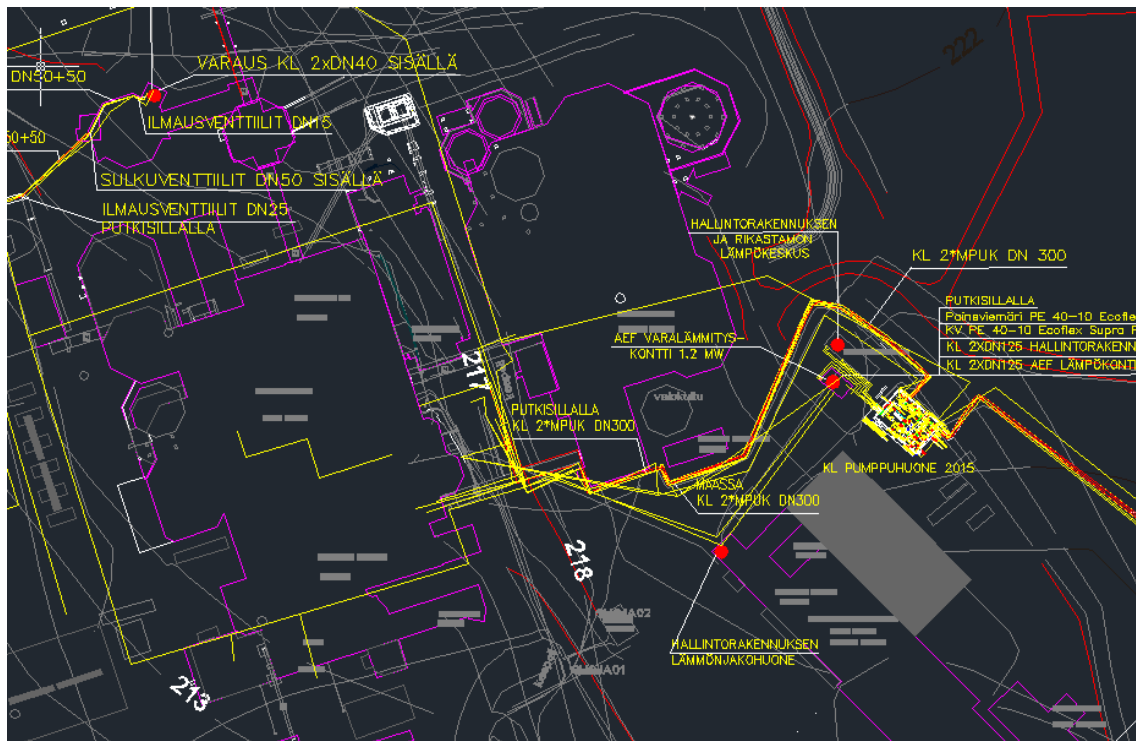


KUVA 2 Kaukolämpöjärjestelmän kiertopumput PU140 ja PU 240

3.2 Varalämmitysjärjestelmät

Tärkeille kohteille on varattu myös varalämmitysjärjestelmät. Hallintorakennuksen varalämpökeskus, joka on 2 MW:n suuruinen, voidaan erottaa kaukolämpöverkosta omaksi lämmityspiiriksi. Kaivoskonttorin varalämpönä toimii 600 kW:n suuruinen sähkökattila. V10 varastorakennuksen varalämmityksenä toimii 60 kW:n sähkökattila, joka on erotettu KL-piiristä lämmönsiirtimellä. Malmisiilolla on myös oma 225 kW:n sähkökattila.

Isompien lämpökatkojen varalla kaivoksella on myös Kittilä Aluelämpö Oy:n operoimat varalämmityskeskukset IVN1 ja IVN6. IVN1:den lämmön tuottaa 4,9 MW:n öljykattila, joka on erotettu KL-piiristä kahdella lämmönsiirtimellä. Toinen varalämpökeskus IVN6 koostuu kahdesta öljykattilasta, joiden lämpötehot ovat 4 MW ja 6 MW. Myös IVN6 on erotettu KL-verkosta kahdella lämmönsiirtimellä. Lisäksi kaivoksella on vielä varalämpökeskus IVN8, jossa on 2 MW:n ja 1 MW:n öljykattilat. Tätä keskusta ei kuitenkaan ole liitetty kaukolämpöön. Vedenkäsittelylaitoksen 0,6 MW:n sähkökattila on myös omana lämmityspiirinä. Kuvassa 3 on esitetty kaivoksen kaukolämpöverkko.



KUVA 3 Kaukolämpöverkko Kittilän kaivoksen rikastamolla

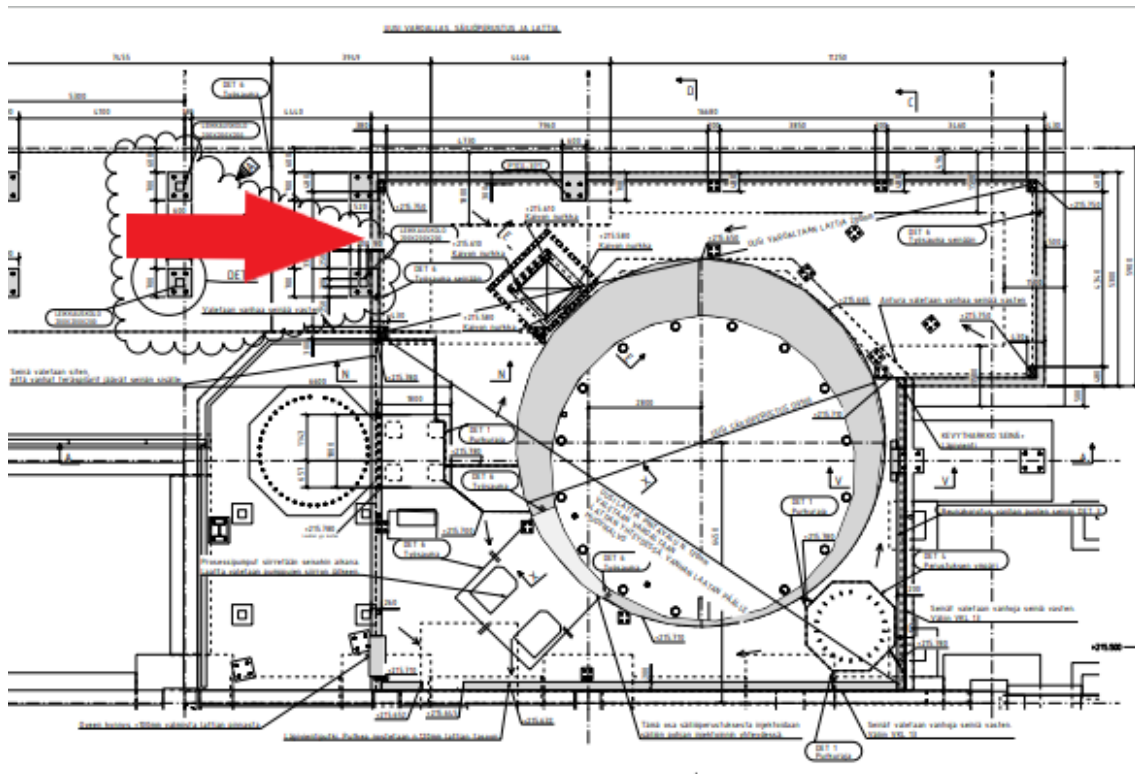
4 KAUKOLÄMPÖÖN LIITETTÄVÄT KOHTEET

Molemmissa kaukolämpöön liitettävissä kohteissa eli CCD-syöttösäiliön prosessitilassa ja välivarastossa 1 on omat huomioon otettavat asiat. Aina kun puhutaan prosessitiloista on otettava huomioon pöly- ja muut hiukkashaitat. Lämmityslaitetta valittaessa tulee ottaa huomioon, että prosessi-ilma ei ole yhtä puhdasta kuin esimerkiksi huoneilma ja laitteen tulee kestää likaantumista ja olla helposti puhdistettavissa. Huoltovapaus on aina etu laitteen valinnassa, mutta silti laitteiden sijoittamisessa prosessitilaan tulee huomioida huoltomahdollisuus. Kohteissa tulee myös tarkastella tilankäyttöä. Näihin kohteisiin ei rakennusvaiheessa ole suunniteltu erikseen tilaa lämmittimelle, ja näin ollen pitää varmistaa mihin tällainen on mahdollista sijoittaa.

4.1 CCD-syöttösäiliön prosessitila

CCD-syöttösäiliötila lämmitetään kylminä kuukausina 195 kW:n lämmittimellä. Tilan lämmöntarve on hankala mitoittaa tarkasti, koska se on huonosti eristetty. Lisäksi oman haasteensa tuo, että tila ei ole tiivis ja ovia on monella seinällä. Tilassa on pakko olla lämmitys, koska vesiputket eivät pysy sulana talvisin.

Mitoituksen perustana käytetään käytössä olevien lämmittimien tehoja ja ilmamääriä. Öljylämmitin on riittänyt pitämään kriittiset kohteet sulana. Ongelmia ovat tuoneet tilanteet, kun lämmitin on hajonnut ja sitä ei ole heti huomattu. Tämän hetkinen lämmitys tulee yhdestä kohtaa ja tämä on huomioitavaa. Lämpöä voisi tulevaisuudessa jakaa eri puolille tilaa, mikäli kriittiset kohteet niin vaativat. Tilan jakavan CCD-syöttösäiliön vuoksi myös lämmön tasaisempi jakaminen onnistuu paremmin, jos puhaltimia asetetaan eri puolille tilaa. Kuvassa 4 on CCD-syöttösäiliötilan pohjaratkaisu ja nuolella on osoitettu nykyisen lämmittimen paikka.



KUVA 4 CCD-syöttösäiliötilan pohjapiirros ja lämmittimen sijainti

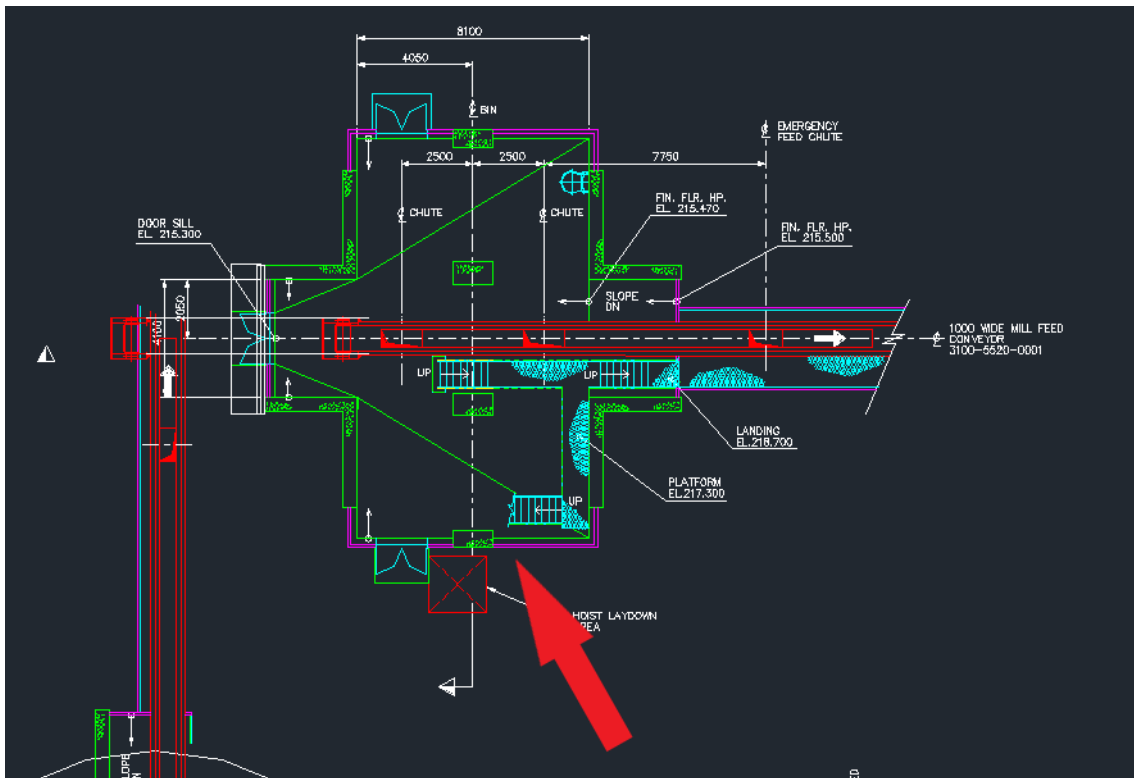
4.2 Välivarasto 1

Välivarasto 1 on kriittisiltä kohteiltaan erilainen verrattuna CCD-tilaan. Kohteen lämmitettävä tila on itse varaston alla sijaitseva tila, jossa kuljettimet kulkevat. Välivarasto ei ole tiivis tai hyvin eristetty. Kuljetintilan lämmitys toteutetaan nykyään 195 kW:n lämmittimellä. Ennen tilassa ei ollut lämmitystä, mikä aiheutti ongelmia talvisin. Lämmityksen lisääminen on helpottanut talvella toimintaa ja pitänyt paikat sulana. Tehollisesti 200 kW on siis riittänyt, mutta lämmittimen sijoitus ja lämmön kohdentaminen pitää tarkistaa. Kuvassa 5 on välisiiloa 1 lämmitävä lämpökontti.



KUVA 5 Välisiilon 1 lämmitys on hoidettu tähän asti polttoainekäyttöisellä lämpökontilla

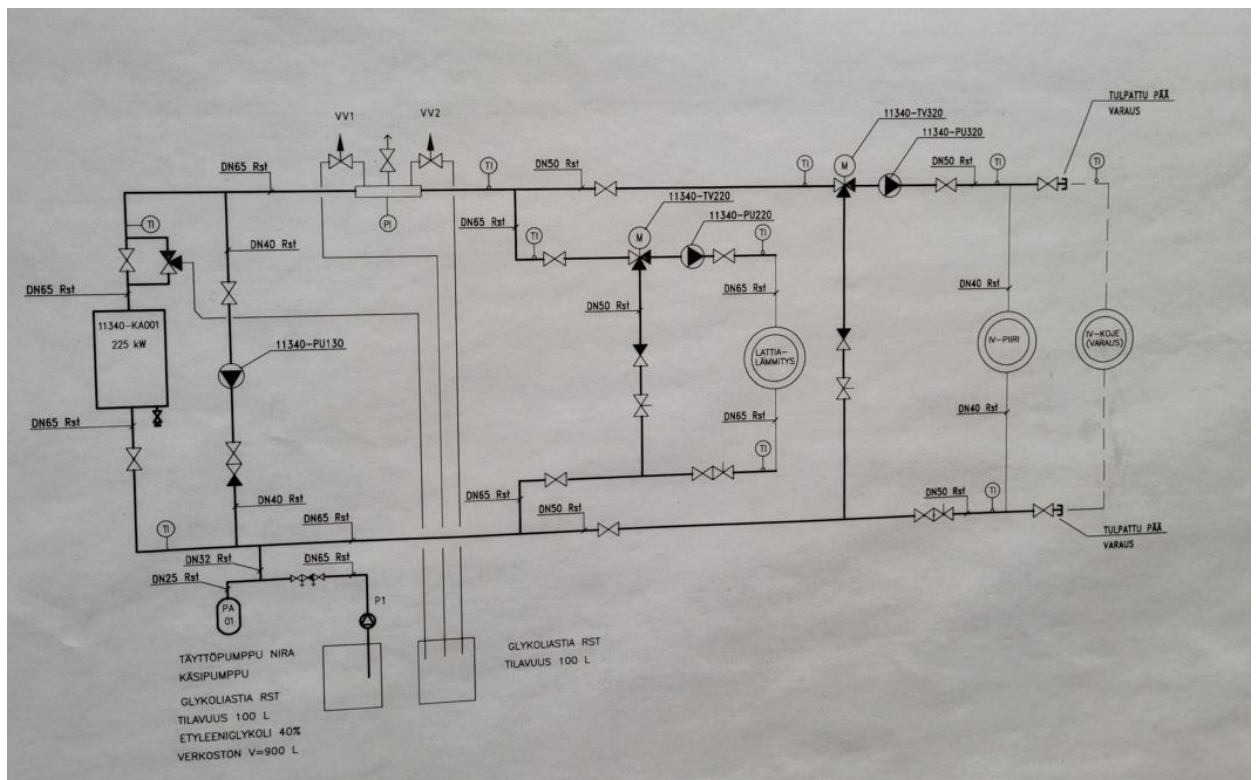
Huoneilman lämmitys on tässä kohteessa tärkeää kuljettimien toiminnan kannalta. Prosessitilassa on paljon kivipölyä ja kuljettimet ripettävät jonkin verran irtokiveä lattioille. Mikäli ilma hallissa menee pakkakselle se jäädyttää ripetyksen ja tilan puhtaanapito muuttuu mahdottomaksi. Malmin pitäminen sulana auttaa myös sen liikkumista, jolloin tukoksia ei niin helposti pääse syntymään. Kuvassa 6 punaisella nuolella on esitetty nykyisen lämmittimen paikka välisiilossa 1.



KUVA 6 Välivarasto 1 pohjapiirros ja nykyisen lämmittimen sijainti

5 VÄLIVARASTO 1:N JA CCD-PROSESSITILAN LIITTÄMINEN KAUKOLÄMPÖÖN

Välivaraston 1 liittäminen kaukolämpöön tehdään välivaraston 2 lämmönjakokeskuksen kautta. Kun välivarastoon 2 vedettiin kaukolämpö, jätettiin varaus myös välisiilon 1 lämmitystä varten, jos lämmitykselle tulee tarvetta. Polttoaine on kallistunut, ja kaukolämpöön liittäminen on tällä hetkellä taloudellisesti kannattavampaa kuin koskaan. Venäjän hyökkäminen Ukrainaan tulee sotkemaan markkinoita, ja polttoaineen hinnan muutoksia on todella vaikea ennustaa. Kuvassa 7 on esitetty välivarasto 2 lämmönjakuhuoneen PI-kaavio, jossa oikeassa laidassa näkyy siilolle 1 jätetty varaus.

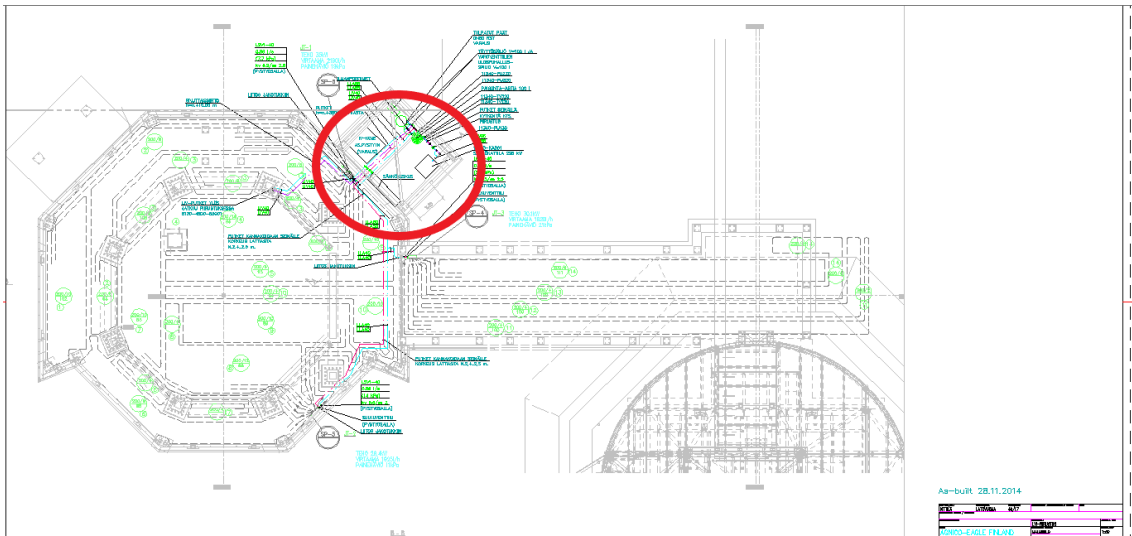


KUVA 7 Välivarasto 2 lämmönjakuhuoneen PI-kaavio

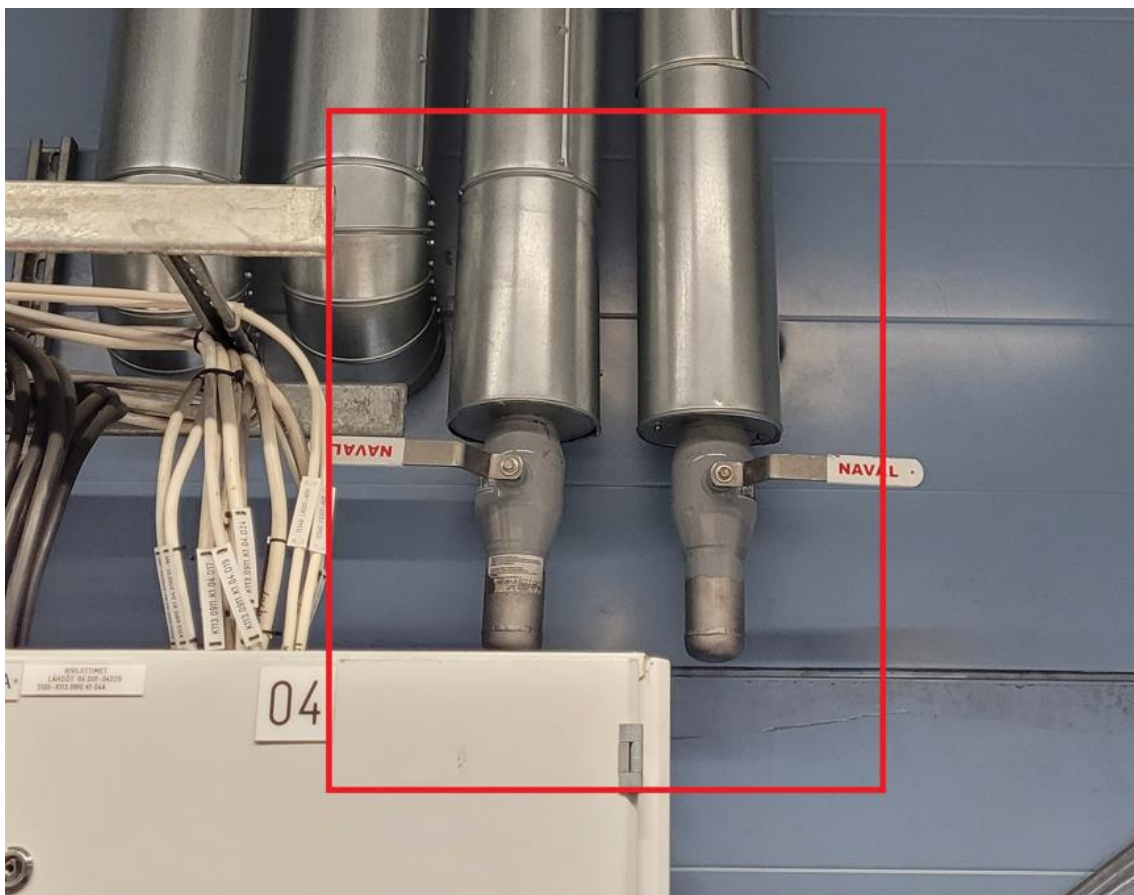
5.1 Lämmönjakokeskus ja varaus

Välisiilon 2 lämmönjakokeskuksessa on tulpattuna DN 40 -varaukset. Kaukolämpöön liittäminen vaatii siis putkiston jatkamisen välisiilolle 1. Varaus on laskettu siten, että sen teho riittää lämmittämään vanhan välisiilon. Lämmönjakokeskukselta pitää suunnitella putkiston reitti välisiilolle 1 paikkaan, johon iv-kone asennetaan. Puhaltimelle paras paikka on vanhan lämmittimen paikalla, sillä siitä lämpö saadaan tasaisesti jakautumaan koko tilaan. Koneen suojaamista pienellä

katoksella tai sääsuojalla tulee myös miettiä. Kuvassa 8 on esitetty lämmönjakokeskuksen paikka punaisella ympyrällä, ja kuvassa 9 on lämmönjakokeskuksessa sijaitsevat varaukset.



KUVA 8 Välivarasto 2 lämmönjakohuoneen PI-kaavio



KUVA 9 Lämmönjakokeskuksen DN 40 -varaukset

5.2 Putkien reitti ja puhallinyksiköt

Lämmönjakokeskuksesta kaukolämpöputkien rakentaminen tulee tehdä siten, että putket pystytään kannakoimaan tarpeeksi tiheästi. Tästä syystä putkisto tulee vetää samassa suunnassa kun sillojen välissä olevan kuljetinkatoksen tukirakenteet. Putkistolle tulee mitata lämmönjakohuoneesta suunnitellulle IV-kojeen paikalle vain noin 30 m. Kun myös paluulinja lasketaan mukaan, tulee DN 40 -kokoista kaukolämpöputkea tähän kohteeseen n. 60 m. Kuvassa 10 on esitetty NavisWorks-mallissa putkiston suunniteltu reitti.

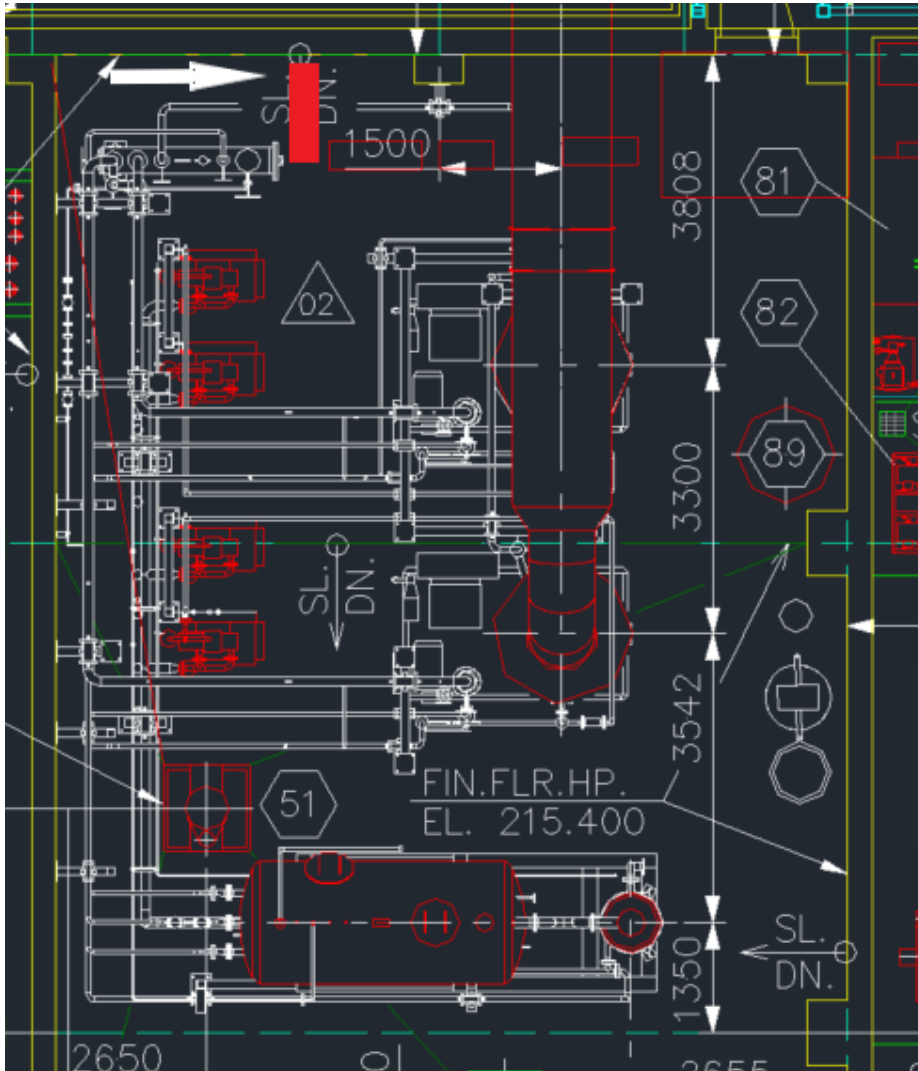


KUVA 10 Putkiston suunniteltu reitti lämmönjakokeskuksesta välisiilon 1 lämmittimelle

5.3 CCD-syöttösäiliön prosessitilan liittäminen kaukolämpöön

CCD-syöttösäiliötilan liittämiseen kaukolämpöön on useampi mahdollisuus. LTO-huoneesta lähtevä DN 300 -kaukolämpöputki kulkee läheltä kyseistä prosessitilaa. Myös rikastamolle tuleva DN -100 putki menee CCD-prosessitilan yli. Rikastamolle tuleva DN 100 -putki muutettiin kesällä 2021 muovisesta teräksiseen, jotta voidaan käyttää entistä korkeampia kaukolämmön lämpötiloja. Rikastamon DN 100 -putki kulkee CCD-prosessitilan vieressä sijaitsevaan höyryhuoneeseen.

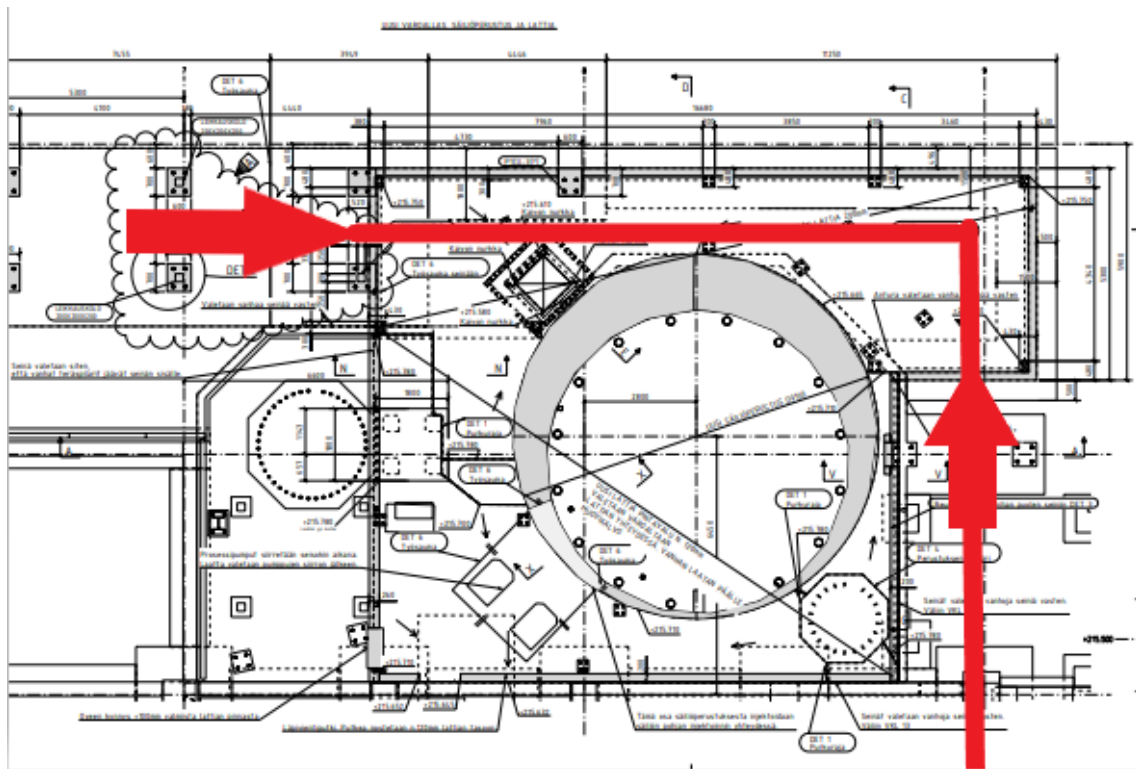
Höyryhuoneeseen voisi sijoittaa lämmönsiirtimen, josta voisi vetää putken vieressä olevaan CCD-prosessitilaan IV-koneelle. Siirtimelle suunniteltu paikka höyryhuoneessa on merkattu punaisella suorakulmiolla kuvassa 11.



KUVA 11 Siirtimelle suunniteltu paikka höyryhuoneessa

Höyryhuoneeseen sijoitettavan lämmönsiirtimen yhdistäminen kaukolämpöverkkoon onnistuu pienellä määrällä putkea. Putket voidaan kannakoida samaan tukirakenteeseen muiden putkien kanssa. Lämmönsiirrin tulisi jatkoksi kolmelle muulle rikastamon kaukolämpöön kuuluvalla siirtimelle, mutta liitettäisiin kaukolämpöön kuitenkin omana piirinä. Kohteen lämmityspiirin putket lähtisivät CCD-prosessitilaa kohti samaa reittiä kuin haara, josta lämpö otetaan. Ensimmäinen puhallinyksikkö tulisi hätäsuihkulinjan seinälle, ja toisen yksikön paikka olisi vanhan lämmityskontin paikalla. Molemmat puhallinyksiköt ovat tuloilmalla toimivia ja ottavat lämmön samasta linjasta.

Kuvassa 12 on esitetty punaisella viivalla kaukolämpöputki ja punaisilla nuolilla puhaltimet ja niiden puhallussuunta.



KUVA 12 Kaukolämpöputkien reitti ja puhallinyksiköt

6 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

Kaukolämpöön liitettävien kohteiden nykyiset lämmityskustannukset koostuvat polttoainekustannuksista ja tankkauspalvelusta. Yksittäisiä lisäkuluja voi tulla huolloista ja vuokrakuluista, kun joudutaan käyttämään vuokrakonetta omien ollessa huollossa. Viime vuoden polttoainekustannukset olivat n. 100 000 €, mutta tulevien vuosien kustannukset voivat nousta kymmeniä tuhansia euroja.

Tankkauspalvelun tarjoaja ilmoitti helmikuussa näin: "1.3.2022 alkaen hinta määräytyy Venäjän sotatoimista johtuvan hintojen mahdottoman ennakkoinnin takia seuraavasti: 2 viikon hintatason keskiarvo kerrottuna 10% katteella eli laskutus 2vk välein" Janne Raittimo ilmoitti sähköpostissaan. Tästä syystä oman kaukolämmön hyödyntäminen ja polttoainekulujen vähentäminen voi olla nyt kannattavampaa kuin koskaan ennen.

6.1 Välisiilon 1 polttoainekustannukset

Välisiilon lämmitykseen käytettiin polttoainetta 47 262 litraa joulukuusta 2020 marraskuuhun 2021. Vuoden mittaisen jakson aikana lämmityskonttia tankattiin 51 kertaa ja maksu tankkauksesta oli 65 € kerta. Pelkästään tankkauspalveluun meni 3315 € vuoden aikana. Välisiilon lämmitykseen käytetty polttoainemäärä maksoi viime vuoden polttoöljyn hinnalla 51 988 €. Polttoöljyn hinta oli keskimäärin 1,1 €/l lämmitysjakson ajan.

Neste arvioi 8.3.2022 polttoöljyn hinnaksi 1,321 €/l, jos polttoöljyä toimitettaisiin 1000 litraa kerralla. Keskimääräinen tankkaus oli 926 litraa välisiilon 1 lämmittimeen, joten Nesteen 1000 litran toimituksen arviota voidaan käyttää vertailussa. Jos hintataso pysyisi Nesteen arvion mukaisena, kallistuisivat vuosikustannukset välisiilon lämmityksen osalta hieman yli 10 000 €. Maaliskuun lopussa toimittajan myyntihinta Kittilän kaivokselle oli jo 1,529 €/l. Tällä hintatasolla vuosikustannukset nousisivat melkein 20 000 €. Taulukossa 1 on esitetty vuoden 2021 lämmityskustannukset todellisella 1,1 €:n litrahinnalla ja kahdella mahdollisella kalliimmalla hinnalla.

TAULUKKO 1. Välisiilon 1 polttoainekustannukset eri hinnoilla

VÄLISIILO			
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,1€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
47262,00	51988,2	3315	55303,2 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,2€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
47262,00	56714,4	3315	60029,4 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,321€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
47262,00	62433,102	3315	65748,1 €/a
			Hinta 1,321€/l toimittajan arvio hinnasta 8.3.2022

6.2 CCD-syöttösäiliönprosessitilan polttoainekustannukset

CCD-prosessitilan lämmitykseen käytettiin kuluneen lämmitysjakson aikana (joulukuu 2020-marraskuu 2021) 42 934 litraa polttoöljyä. Prosessitilan lämmitintä tankattiin jakson aikana 41 kertaa, joten hintaa tankkauksille tuli 2665 €. Prosessitilan lämmitykseen kului siis melkein yhtä paljon vuoden aikana kuin välisiilon lämmitykseen. CCD-prosessitilan lämmitykseen meni kuluvan lämmitysjakson aikana 47 227 € polttoöljyn hinnalla 1,1 €/l.

Myös CCD-prosessitilan lämmityskustannukset kohoavat tankkaupalvelun myötä noin 50 000 euroon. Tankkausten määrä voi kylmänä talvena muuttua paljonkin ja samalla myös tarvittava polttoaineen määrä. Lämmityskustannukset ovat siis merkittävät jo normaaleilla polttoöljyn hinnoilla. Kohonneella Nesteen arviolla kustannukset nousisivat vuositasolla miltei 10 000€. Maaliskuun lopun toimitushinnalla kustannukset kohoaisivat edellisvuoteen verrattuna noin 15 000€. Taulukossa 2 on esitetty toteutuneet polttoainekustannukset ja kaksi korkeampaa hintaskenaariota.

TAULUKKO 2 CCD-prosessitilan polttoainekustannukset eri polttoöljyn hinnoilla

CCD-SYÖTTÖSÄILIÖTILA			
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,1€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
42934,00	47227,4	2665	49892,4 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,2€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
42934,00	51520,8	2665	54185,8 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,321€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
42934,00	56715,814	2665	59380,8 €/a
			Hinta 1,321€/l toimittajan arvio hinnasta 8.3.2022

6.3 Välisiilo 1 ja CCD-prosessitilan lämmityskustannukset

Välisiilon 1 ja CCD-prosessitilan lämmitykseen käytettiin viime lämmityskauden aikana 90 196 l polttoöljyä. Polttoainekustannukset olivat vuodessa vajaa 100 000 €, ja tankkauspalveluihin kului noin 6000 €. Viimeisen vuoden aikana tankkaus- ja polttoainekustannukset olivat n. 105 000 €. Kustannukset ovat merkittävät, kun puhutaan kahdesta melko pienestä kohteesta. Näiden kahden kohteen liittäminen kaukolämpöön säästäisi siis suoraan ainakin 100 000 € lämmityskaudessa. Maaliskuun 2022 jälkimmäisen kahden viikon polttoöljyn hinnalla säästöä kaukolämmöllä tulisi jo yli 140 000 €. Taulukossa 3 on esitetty polttoainekustannukset eri polttoöljyn hinnoilla.

TAULUKKO 3 CCD-prosessitilan ja välisiilo 1:den polttoainekustannukset

VÄLISIILO JA CCD-SYÖTTÖSÄILIÖTILA YHTEENSÄ			
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,1€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
90196,00	99215,6 €/a	5980 €/a	105196 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,2€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
90196,00	108235,2 €/a	5980 €/a	114215 €/a
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,321€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
90196,00	119148,916 €/a	5980 €/a	125129 €/a
			Hinta 1,321€/l toimittajan arvio hinnasta 8.3.2022
Litraa/vuosi	Hinta Mpö 1,529€/l	Tankkaustyö 65e/kerta/laite	YHTEENSÄ
90196,00	137909,684 €/a	5980 €/a	143890 €/a
			Toimittajan hinta 1,529€/l 7.4.2022

6.4 Investoinnin kustannukset

Polttoainelämmitteisten kohteiden kaukolämpöön liittäminen hinta koostuu useista eri kustannuksista. CCD-prosessitilan kohdalla tulee kaukolämpöputkesta rakentaa putki

lämmönsiirtimelle. Höyryhuoneeseen sijoitettava lämmönsiirrin kuuluu myös kokonaiskustannuksiin. Siirtimeltä vedetään kaukolämpöjohdot CCD-prosessitilaan, johon sijoitetaan IV-koneet. Suurimman osan kustannuksista luovat kaukolämpöputket ja IV-koneet. Välsiilon 1 kustannukset koostuvat kaukolämpöputket ja IV-koneesta. Siilo on kohteena helpompi, koska varaukset ovat valmiina ja lämmönsiirrintä ei enää tarvita tähän väliin.

Energiateollisuus ry oli vuoteen 2019 asti koonnut, joka vuodelta tilastoja kaukolämpöjohtojen rakennuskustannuksista. Tilastot ovat maanalaisen kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen verottomista rakentamiskustannuksista, joissa eri putkikoot on eroteltu taulukossa. Taulukoissa on erotettu myös 2Mpuk- ja Mpuk-putkien rakentamiskustannukset. Tämän työn kohteissa käytetään 2Mpuk-putkia ja siksi kustannuslaskelmissa on käytetty näiden putkien hintoja. Kustannusarvioissa on käytetty kokonaiskustannuksia ja putkikokona molemmissa kohteissa DN 40 -putkea. Kokonaiskustannukset koostuvat Energiateollisuus ry:n tilastoissa materiaali-, maarakennus- ja putki- sekä liitostyökustannuksista. Kokonaiskustannuksista noin puolet koostuu maarakennustöistä, ja niitä ei tule ollenkaan tämän opinäytetyön kohteissa. Tilastoja voidaan pitää vertailuarvoina, sillä haastavassa teollisuusrakentamiskohteessa on korkeita paikkoja ja vaativia läpivientejä, jotka aiheuttavat oman lisähintansa rakentamiseen.

6.4.1 CCD-prosessitilan kustannukset

CCD-prosessitilan kustannusarviossa käytettiin DN 40 -kokoista 2Mpuk-putkea ja putken mittana oli 100 m. Energiateollisuus ry:n tilastoista nähdään DN 40 -putkikoolla tehtyjen projektien kokonaishinta putkimetriä kohti. Hinnosta on esitetty halvin, kallein ja keskiarvo jokaisella putkikoolla DN 20-DN 600. Vuosien 2019, 2018 ja 2016 halvimpien johtojen keskiarvoksi tuli 81 €/m. Näin putkien hinnaksi tulisi noin 8100 €. Muita investointikustannuksia ovat lämmönsiirrin, kaksi IV-konetta ja muut komponentit, joiden kokonaishinta on noin 10 000 €. Näin edullisesti työtä ei pystytä todennäköisesti toteuttamaan. Näin alhaisella hinnalla toteutus pitäisi olla todella helppoa ja nopeaa, mitä se ei kaivosalueella ole.

Lähemmäs todellista hintatasoa päästään todennäköisesti kaukolämpöjohtorakentamisen keskihintoilla samassa putkikoossa. Tarkasteluvuosien keskiarvoksi tuli 221 €/m. Näin CCD-prosessitilan putkistojen osuus investoinnista olisi 22 100 €. Komponenttien kanssa kokonaishinnaksi tulisi siis reilu 30 000 €. Viimeisenä tarkastelussa on korkeimpien hintojen

keskiarvo tarkasteluvuosilta. Kaikista kalliimpien projektien keskihinnaksi tuli 326 €/m. Näin suuren hintaeron keskiarvoon kaukolämpörakentamisessa aiheuttaa yleensä vaikeat maatyöt tai muu kohteen haastavuus. Korkein hintataso voi olla lähimpänä todellista hintaa, sillä yhden Kittilän kaivoksen kaukolämpöprojektin hinnaksi oli tullut 296 €/m. Tällä hinnalla CCD-prosessitilan johtohinta nousisi 32 600 €, mihin tulisi lisäksi 10 000 € laitteisiin ja komponentteihin. Kustannusten suuruuteen vaikuttaa paljon, millainen työmaa tai projekti on kyseessä. Pitkällä tähtäimellä alle 50 000 €:n investointi hukkalämpöön maksaa itsensä takaisin jo puolessa vuodessa.

6.4.2 Välisiilo 1 kustannukset

Välisiilo 1:n liittäminen kaukolämpöön on edullisempaa verrattuna CCD-prosessitilaan. Hintaan vaikuttaa se, että kaukolämpöputkea tulee kohteeseen vain n. 60 m. Välisiilon 2 lämmönjakokeskuksessa sijaitsevat varaukset ovat kuitenkin isoin etu. Varaukset ovat valmiiksi lämmönjakokeskuksen perässä ja tästä syystä venttiilit ja muut komponentit linjaan ovat valmiina. Välisiilon 1 kustannusarviossa on käytetty samaa DN 40 -kokoista 2Mpuk-putkea kuin CCD-prosessitilan arviossa. Hintojen esimerkkinä on käytetty myös samojen Energiateollisuus ry:n tarkasteluvuosien keskiarvohintoja.

Edullisimmalla metrihinnalla 81 € kaukolämpöjohtojen vetämiseen välisiiloon 1 kuluisi vain vajaa 5000 €. Tässä kohteessa IV-koneen hinnaksi on arvioitu 4000 €. Kokonaisinvestointi olisi edullisimmalla keskiarvohinnalla alle 10 000 €. Tästä syystä halvimmalla hinnalla ei tässä tapauksessa todennäköisesti pystytä toteuttamaan kaukolämpöön liittämistä. Energiateollisuus ry:n keskiarvohinnalla 221 €/m pelkästään putkiston hinnaksi saataisiin jo 14 500 €. IV-koneen hinta mukaan laskettuna investoinnin hinta olisi kuitenkin hiukan alle 20 000 €. Tämä on todennäköisesti lähempänä todellisia kustannuksia. Kallein hinta metrille oli ollut keskimäärin 326 €. Kalleimmalla hinta-arviolla putkien hinnaksi tuli 19 500 € eli IV-koneen kanssa hinta-arvio olisi 23 500 €.

6.5 Investointien yhteiskustannukset ja takaisinmaksuaika

Energiateollisuus ry:n tilastojen mukaan tehdyistä kustannusarvioista voidaan huomata, että kaukolämpörakentamisen hinta muuttuu riippuen projektista. Kittilän kaivoksen etäinen sijainti ja kaivosteollisuuden rakentaminen itsessään ovat hintaan vaikuttavia tekijöitä. Kustannusarvioita

käsiteltäessä pitää muistaa, että jokainen projekti on uniikki ja urakoitsijoiden tarjoukset antaa todelliset kustannukset.

Molempien kohteiden yhteiseksi rakentamiskustannuksiksi tulee n. 35500 € keskiarvohinnalla 221€/m. Laitevalinnoille ja komponenteille on karkeasti varattu 15 000 € ja tämä mukaan lukien keskiarvohinnoilla kokonaissummaksi saadaan 50413 €. Takaisinmaksussa noin 50 000 €:n investointi tarkoittaisi 6 kuukautta. Puolen vuoden takaisinmaksuaika on saatu vuoden 2020 polttoainekuluilla, jotka olivat n. 105 000 €. Jos investoinnit saataisiin toteutettua tähän hintaan tulisi ensimmäisen vuoden jälkeen säästöä jo saman verran mitä kaukolämpöprojekti maksaisi.

Kalleimmaksi hinnaksi tässä tarkastelussa tuli 326 €/m, mikä on jo merkittävästi keskiarvohintojen yläpuolella. CCD-prosessitilan ja välisiilo 1:den hinnaksi kaukolämpörakentamisen osalta tulee 52 200 €. Kaukolämpörakentamisen lisäksi myös tässä kustannusarviossa laitteille ja komponenteille on varattu 15 000 €. Kokonaiskustannuksiksi kaukolämpöinvestoinneilla saadaan kalleinta metrihintaa käyttäen n. 67 200 €. Takaisinmaksuajassa tämä tarkoittaa 8 kuukautta. Huhtikuun 2022 polttoainehinnoilla takaisinmaksuaika olisi alle puoli vuotta. Taulukossa 4 on esitetty takaisinmaksuajat myös korkeammilla polttoaineen hinnoilla.

TAULUKKO 4 Investointien takaisinmaksuaika eri polttoainehinnoilla

Kolmen vuoden keskiarvo					Polttoaine ja tankkaus		1,1€/l
€/m	CCD+välisiilo 1	Laitteet	Yhteensä	Takaisinmaksuaika	105195,6 €/a		
Kallein	326	52213	15000	67213	0,638937 vuotta	8 kk	
Keskiarvo	221	35413	15000	50413	0,479234 vuotta	6 kk	
Halvin	81	12960	15000	27960	0,265791 vuotta	3 kk	
Kolmen vuoden keskiarvo					Polttoaine ja tankkaus		1,2€/l
€/m	CCD-Prosessitila+	Laitteet	Yhteensä	Takaisinmaksuaika	114215,2 €/a		
Kallein	326	52213	15000	67213	0,58848 vuotta	7 kk	
Keskiarvo	221	35413	15000	50413	0,441389 vuotta	5 kk	
Halvin	81	12960	15000	27960	0,244801 vuotta	3 kk	
Kolmen vuoden keskiarvo					Polttoaine ja tankkaus		1,321€/l
€/m	CCD-Prosessitila+	Laitteet	Yhteensä	Takaisinmaksuaika	125128,9 €/a		
Kallein	326	52213	15000	67213	0,537153 vuotta	6 kk	
Keskiarvo	221	35413	15000	50413	0,402891 vuotta	5 kk	
Halvin	81	12960	15000	27960	0,22345 vuotta	3 kk	
Kolmen vuoden keskiarvo					Polttoaine ja tankkaus		1,529€/l
€/m	CCD-Prosessitila+	Laitteet	Yhteensä	Takaisinmaksuaika	143889,7 €/a		
Kallein	326	52213	15000	67213	0,467117 vuotta	6 kk	
Keskiarvo	221	35413	15000	50413	0,350361 vuotta	4 kk	
Halvin	81	12960	15000	27960	0,194316 vuotta	2 kk	

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli polttoainelämmitteisten kohteiden liittäminen kaukolämpöverkkoon Kittilän kaivoksen rikastamolla. Kaivostoiminnan muuttaminen ympäristöystävällisemmäksi liittämällä polttoainelämmitteiset kohteet kaukolämpöön on nykyaikaa. Fossiilisista polttoaineista luopuminen on ollut jo vuosia puheenaihe teollisuudessa ja muualla maailmassa. Kittilän kaivoksen oman hiilijalanjäljen pienentäminen on jo syy tämän opinnäytetyön toteuttamiselle. Venäjän hyökkäys Ukrainaan on nostanut omavaraisuuden arvoa maailmassa uudelle tasolle. Tämän hetkinen maailmantilanne ei tule ratkeamaan nopealla aikataululla ja sen vaikutus materiaalien ja polttoaineiden hintoihin voi olla pitkä. Korkeiden polttoainehintojen vuoksi kaukolämpöprojektin toteutus olisi juuri nyt kannattavaa myös rahallisesti.

Kaukolämpöön liitettävät kohteet eli CCD-prosessitila ja välisiilo 1 olivat kohteina hyvin erilaisia. Molemmissa kohteissa tavoitteena on kuitenkin kriittisten kohteiden sulana pitäminen kylminä kuukausina. Välisiilon 1 liittäminen onnistuu valmiina olevilla varauksilla, mikä helpottaa töitä ja säästää kustannuksia. CCD-prosessitilassa tulee väliin laittaa lämmönsiirrintä ja automatiikkaa, joka taas nostaa kokonaiskustannuksia. Molempien kohteiden liittäminen kaukolämpöön pystytään kuitenkin toteuttamaan melko pienellä työllä ja kustannuksilla.

Kaukolämpörakentamisen hinta koostuu monesta tekijästä. Opinnäytetyön hintoja laskettaessa tuli ottaa huomioon materiaalikustannukset, putki- ja hitaustyökustannukset sekä muut kaivosalueella hintaan vaikuttavat tekijät. Projektin hinta-arviota laski se, ettei maansiirtotöitä tarvita kummankaan kohteen liittämisesessä kaukolämpöön. Kalleimmillakin hintaskenaarioilla kohteiden liittämisen yhteishinnaksi komponentteineen tuli n. 70 000 €. Takaisinmaksuaika olisi n. 8 kk, jos polttoaine maksaisi 1,1 €/l, kuten viime lämmityskaudella. Nykyisillä polttoainehinnoilla takaisinmaksuaika laskisi n. 6 kuukauteen. Investoinnin hinta ja takaisinmaksuaika huomioiden kaukolämpöön liittäminen on erittäin kannattavaa. Kaukolämpöverkonlaajentaminen tulee säästämään vuosien mittaan paljon rahaa polttoainekuluissa, mutta ennen kaikkea pienentää hiilidioksidipäästöjä ja kaivoksen hiilijalanjälkeä huomattavasti.

LÄHTEET

Agnico Eagle Finland 2017 AEF esittelymateriaali. Sisäinen intranet.

Agnico Eagle Finland 2017. Prosessikaaviot. Sisäinen intranet.

Agnico Eagle Finland 2022 Rikastamo. Sisäinen intranet.

Agnico Eagle Finland 2019. Tietoa meistä. Hakupäivä: 1.3.2022.

<https://agnicoeagle.fi/fi/tietoa-meista/>

Danfoss 2022. Lämmönsiirtimet. Hakupäivä 8.3.2022.

<https://www.danfoss.com/fi-fi/products/dcs/heat-exchangers/>

Energiateollisuus ry 2020. Kaukolämpöjohtojen rakennuskustannukset. Hakupäivä: 6.4.2022.

https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolampojohtojen_rakentamiskustannukset.html#material-view

Neste Oy 2022. Lämmitysöljytilaus. Hakupäivä: 8.3.2022.

https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus?gclid=EAlalQobChMI2aWG5trb9gIVuRkGAB133QI6EAAAYASAAEgLV3_D_BwE

Springer Link. Location of Kittilä mine site. Hakupäivä: 14.3.2022.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42461-021-00506-8/figures/1>

LIITTEET

Kustannuslaskelmat ja polttoaineenkulutus-exel liite 1