

AREJLLERS

PRIZZTECH OY

**KUPARITEOLLISUUSPUISTON  
HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN  
KAUKOLÄMMÖN TUOTANNOSSA  
ESISELVITYS**



**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



**SATAKUNTALIITTO**

PRIZZTECH OY

# KUPARITEOLLISUUSPUISTON HUKKALÄMPÖSELVITYS

## LOPPURAPORTTI

### Sisällys

1	JOHDANTO .....	3
2	NYKYTILANNE .....	3
2.1	Lämmön talteenotto .....	3
2.2	Lämmön syöttö kaukolämpöverkkoon .....	4
3	HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN .....	5
3.1	Lämpöpumpuvaihtoehdot .....	5
3.1.1	Korkeanlämpötilan lämpöpumput .....	6
3.1.2	Kemiallinen lämpöpumppu .....	7
3.1.3	Lämpöpumppu ja sähkökattila .....	7
3.2	Kylmäaineista .....	7
	R717 (ammoniakki) .....	8
	R134a .....	8
	R1234ze .....	8
4	LÄMPÖPUMPPULAITOS 1 .....	9
4.1	Mitoitus .....	9
4.1.1	Viemäriveresipiiri .....	9
4.1.2	Kaukolämpö .....	9
4.1.3	Automaatio .....	9
4.1.4	Sähköistys .....	9
4.1.5	Laitosrakennus ja rakennustyöt .....	9
4.2	Jäähdytyskäyttö kesällä .....	10
5	LÄMPÖPUMPPULAITOS 2 .....	10
5.1	Mitoitus .....	10
5.1.1	Viemäriveresipiiri .....	10
5.1.2	Kaukolämpö .....	11
5.1.3	Automaatio .....	11
5.1.4	Sähköistys .....	11

5.1.5	Laitosrakennus ja rakennustyöt .....	11
5.2	Jäähdytyskäyttö kesällä .....	11
6	KUSTANNUS- JA KANNATTAVUUSLASKENTA .....	12
6.1	Kustannuslaskenta .....	12
6.2	Kannattavuuslaskenta.....	12
	Kannattavuuslaskelma .....	13
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET .....	14

Versio / pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä	Huomautukset / Muutokset
0 / 30.8.2022	Suvi Veräjänkorva Laura Kastarinen Toni Kukkula Petri Saarinen Arto Rastas	Suvi Veräjänkorva	Suvi Veräjänkorva	Kommenteille
1 / 21.9.2022	Suvi Veräjänkorva Toni Kukkula	Jyri Kuiri	Suvi Veräjänkorva	Lopullinen

## 1 JOHDANTO

Priztech Oy valitsi Rejlers Finland Oy:n tekemään selvityksen Porin Kupariteollisuuspuiston ylijäämälämmön hyödyntämismahdollisuudesta kaukolämpöverkossa. Projekti on osa "Hukkalämmöstä hyötyenergiaa"-hanketta. Hanketta rahoittavat Satakuntaliitto EAKR-rahoituksella sekä Porin seudun kunnat. Hankkeessa oli tehty alustavaa kartoitusta Kupariteollisuuspuiston alueella syntyvistä ylijäämälämpövirroista ennen tämän selvityksen aloittamista.

Selvityksen tavoitteena oli lisätä ymmärrystä siitä, millaisilla menetelmillä ja kustannuksilla jäähdytysvesiviemäreistä voisi ottaa talteen hukkalämpöä ja hyödyntää kaukolämpöverkossa.

## 2 NYKYTILANNE

Kupariteollisuuspuiston alueella toimii useita kuparituotteiden jalostukseen keskittyneitä yrityksiä, joiden prosesseissa syntyy lämpöä. Useimpia prosesseja jäähdytetään siirtämällä niissä syntyvää ylijäämälämpöä jokivesikiertoon ja sen mukana ylijäämälämpö päättyy Kokemäenjokeen. Joissakin yksittäisissä kohteissa on toteutettu lämmön talteenottoa ja hyödyntämistä esim. teollisuushallin tuloilman lämmityksessä. Vuositasolla jokivettä kiertää jäähdytysvesijärjestelmässä n. 8 milj. kuutiota. Viiteen käytössä olevaan jäähdytysvesiviemäriin on asennettu syksyllä 2021 lämpötila- ja virtausmittaus.

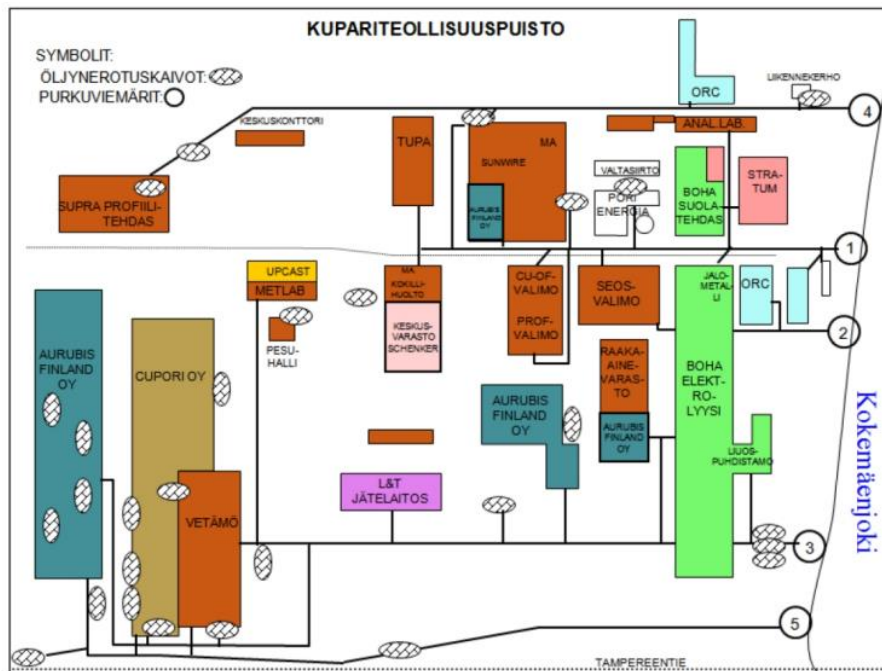
Pori Energia Oy on kiinnostunut ostamaan teollisuuden ylijäämälämpöjä kaukolämpöverkkoonsa. Kupariteollisuuspuiston alueella on jo kaukolämpöverkko ja alueen rakennukset lämpiävät kaukolämmöllä. Jäähdytysvesien ylijäämälämpöä voidaan hyödyntää kaukolämmön tuotannossa, jos lämmön talteenotto saadaan toteutettua teknisesti ja kustannustehokkaasti.

Tuleva jokiveden lämpötila nousee turhan lämpimäksi aiheuttaen ongelmia prosesseissa kesällä, jolloin jäähdytysvesikiertoon sisään otettavaa jokivettä olisi tarpeen jäähdyttää.

### 2.1 Lämmön talteenotto

Jokivesi pumpataan jäähdytysjärjestelmiin yhteisen pumppaamon kautta, jossa on mekaaninen puhdistus ennen syöttöä jäähdytysjärjestelmiin. Jokivesi on hiekka- ja humuspitoista. Alueen yrityksillä on myös erillisiä puhdistuslaitteita tai -järjestelmiä.

Prosesseista palaava, lämmennyt jokivesi palautetaan takaisin Kokemäenjokeen viiden viemärijärjestelmän kautta. Prosessivesien lisäksi viemäriin tulee myös pieniä määriä sade- ja hulevesiä (noin 3% kokonaismäärästä). Alla on esitetty yksinkertaistettu kaavio viemäreiden sijainneista.



Kuva 1. Yksinkertaistettu kaavio kupariteollisuusalueen viemärijärjestelmästä (Aluehallintovirasto. Ympäristölupapäätös Nro 228/2015/1 muutoksineen)

Selvityksessä hyödynnettiin jäädytysvesiviemäriin syksyllä 2021 asennettujen lämpötila- ja virtausmittausten tuntikeskiarvotettua dataa ajalta 19.1.2021-27.5.2022. Alla esitetty keskimääräiset virtaukset ja lämpötilatietoja:

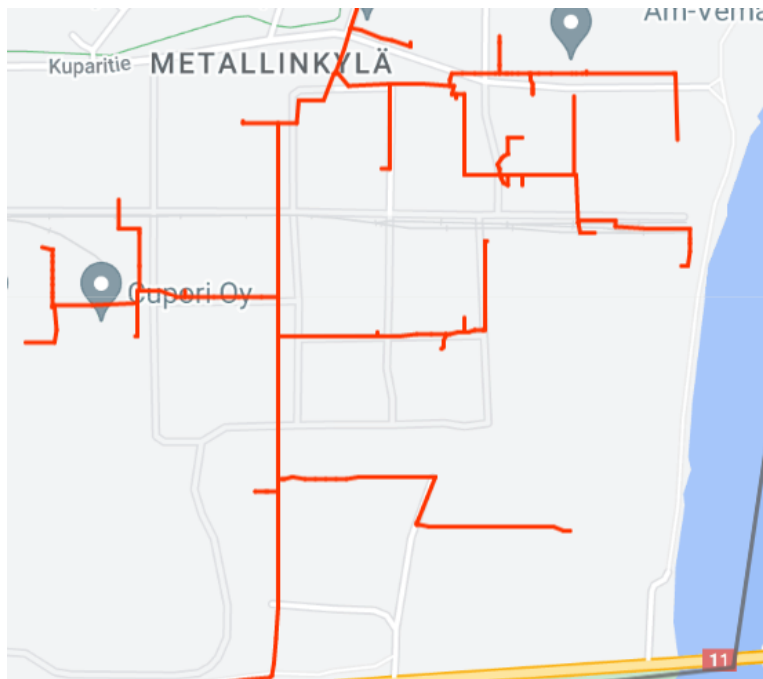
Viemäri	Keskim. Virtaus (m <sup>3</sup> /h)	Keskim. Lämpötila (°C)	Min T (°C)	Max T (°C)
1	130	20	7	31
2	21	12	4	31
3	582	10	0	22
4	47	10	4	26
5	113	8	2	20

Taulukko 1. Keskimääräiset virtaukset ja lämpötilat

Mittaustietojen perusteella viemärit 1 ja 3 valittiin tutkittaviksi kohteiksi.

## 2.2 Lämmön syöttö kaukolämpöverkkoon

Kuparipuiston alueella on kaukolämpöverkko rakennusten lämmitykseen sekä huippu- ja varakäytössä oleva lämpökeskus, joka tuottaa myös prosessihöyryä. Polttoaineena on kevytpolttoöljy. Alla olevassa kuvassa on esitetty alueen kaukolämpöverkko.



Kuva 2. Kuparipuiston kaukolämpöverkko (Pori Energia Oy)

Viemäri 1:ltä saatavan lämmön syöttöpisteeksi valittiin Kuparipuiston kaukolämpökeskus, jossa lämpöpumpun tuottama hukkalämpö voidaan tarvittaessa priimata talviaikaan, jolloin lämpöpumpun tuottama lämpötilataso ei riitä.

Viemäri 3:lta saatavan lämmön syöttöpisteeksi valittiin Kuparipuistoon tulevan kaukolämpöverkon runkolinja (tie 11 reunaan pitkin).

### 3 HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN

Usein prosessien tuottaman hukkalämpö itsessään on niin alhaisessa lämpötilassa, ettei sitä voida hyödyntää sellaisenaan. Energiatehokkuuden parantamiseen sekä hiilineutraaliuuden tavoittelemisessa hukkalämpöjen hyödyntäminen lämpöpumpun avulla on erinomainen vaihtoehto teollisissa kohteisissa.

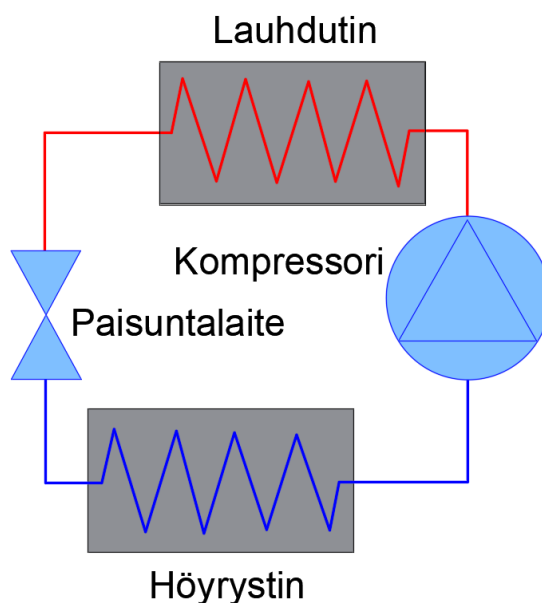
#### 3.1 Lämpöpumppuvaihtoehdot

Lämpöpumppuratkaisuja on erilaisia ja sopivimman vaihtoehdon valinnassa pitää huomioida eri näkökulmia, kuten sekä lämmön lähteen että lämpönielun aine, ominaisuudet, lämpötilat, virtaukset ja sijainnit, sekä sähkön saanti.

Kaukolämpökohteissa usein tulee esiin suurimman hukkalämmön tuotannon (kesällä) ja kaukolämmön tarpeen (talvella) eri aikaisuus. Kaukolämmöntuotannossa on myös huomioitava, että lämpöpumppujen mitoitus täyttämään kylmimmän ajan maksimi kapasiteetin ja lämpötilavaatimuksen voi aiheuttaa kalliin laitoksen, jolloin investoinnin takaisinmaksuaika käy liian pitkäksi.

### 3.1.1 Korkeanlämpötilan lämpöpumput

Lämmönsiirtoaineen kompressoointiin perustavassa lämpöpumpussa lämmönsiirtoaine (kylmäaine) höyrystyy matalassa paineessa ja lämpötilassa ottaen talteen hukkalämmön energian höyrystimellä. Kaasumainen kylmäaine komprimoidaan kompressorilla ja lauhdutetaan korkeassa paineessa (ja korkeammassa lämpötilassa) lauhtuttimessa, jolloin se luovuttaa lämpönsä lämpönieluun. Sen jälkeen nestemäisen kylmäaineen paine lasketaan paisuntaventtiilillä ja kierto jatkuu uudestaan. Yksinkertaistettu kaavio esitetty alla:



Kuva 3. Yksinkertaistettu esitys lämpöpumpun toiminnasta

Kun on tarve yli 100°C:n lämpötilan saavuttamiseksi, puhutaan korkean lämpötilan lämpöpumpuista. Jopa kuuden asteen lämmönlähteestä on mahdollista saavuttaa 120°C asteista vettä. Investointia mietittäessä tulee huomioida, että mitä isompi lämpötilan nosto, sen huonompi hyötysuhde (COP, Coefficient Of Performance) lämpöpumpulla on eli sähkön kulutus kasvaa.

Korkean lämpötilan lämpöpumput ovat ns. 2-vaiheisia ts. lämpötilan nostetaan kahdessa vaiheessa.

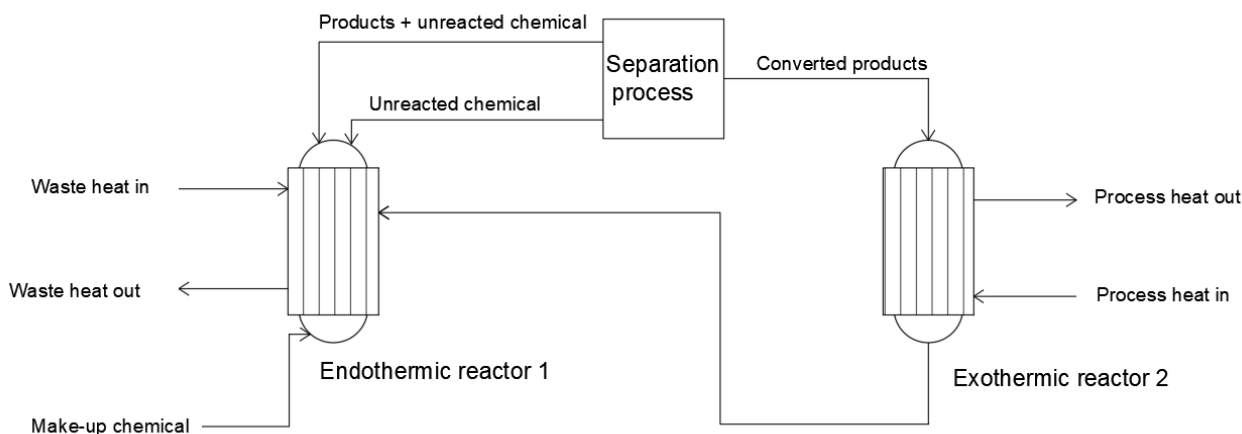
Eräiden lämpöpumppuvalmistajien ilmoittamia maksimi lämpötiloja\*:

- Oilon 120°C
- Finess 120°C
- Calefa 130°C
- Duynie 180°C (vaatii n. 95°C hukkalämmön lähteen, eli 3-vaiheinen nosto)

(\* lämmönlähteen lämpötila vaikuttaa mikä on käytännössä jokaisen kohteen suurin saavutettavissa oleva lämpötila.

### 3.1.2 Kemiallinen lämpöpumppu

Kemiallisessa lämpöpumpussa höyrystimen ja lauhduttimen tilalla on reaktorit ja siinä tapahtuu endoterminen ja eksoterminen reaktio. Kemiallisten lämpöpumppujen sähkön kulutus on huomattavasti pienempi kuin tavallisten lämpöpumppujen. Skemaattinen esitys alla:



Kuva 4. Yksinkertaistettu esitys kemiallisen lämpöpumpun toiminnasta

Teollisen mittakaavan valmistajia on tällä hetkellä vain yks, hollantilainen QPinch. Heidän tuotteillaan tarvitaan vähintään 80°C:en hukkalämpö. Tällöin voidaan saavuttaa 120°C:en lämpötila. Kemiallisella lämpöpumpulla pystytään tuottamaan myös höyryä.

### 3.1.3 Lämpöpumppu ja sähkökattila

Varsinkin kaukolämpökohteisiin suositellaan lämpöpumpun ja sähkökattilan yhdistelmää, jos ei ole muuta ratkaisua tuottamaan priimauksen vaatimaa energiaa. Lämpöpumppu tällöin mitoitetaan kyseisen kaukolämpöverkon keskimääräisen tarpeen mukaan 70-90°C ja sähkökattila tuottamaan lopun lämmityksen.

## 3.2 Kylmäaineista

Lämpöpumpussa kylmäainetta tarvitaan energiasiirtämiseen. Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen eri lämpötiloissa ja paineissa. Kylmäaineita on monia ja niiden käyttöä rajoittaa ympäristönäkökulmat, saatavuus ja tekniset rajoitukset, kuten maksimi lämmöntuottolämpötila. Ympäristön kuormittavuutta tarkastellaan ns. GWP (Global Warming Potential) sekä ODP (Ozone Depletion Potential) -arvoilla (ymparisto.fi).

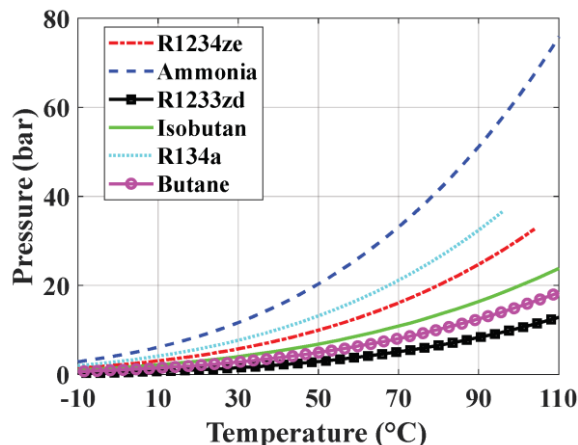
Kylmäaine	ODP (0..1)	GWP (0... >4000)
R-11	1.0	4000
R-134a	0	2400
R-1234ze	0	7
R-1233zd	0	4,5
R-600a Isobutaani	0	3
R-717 Ammoniakki - NH <sub>3</sub>	0	0
R-744 Hiilidioksidi - CO <sub>2</sub>		1 (vertailuluku)

Taulukko 2. Kylmäaineiden ODP ja GWP arvot



Korkean GWP-potentiaalin omaavien aineiden käyttöä on rajoitettu F-kaasuasetuksella mm. rajoittamalla aineiden tuotantoa sekä niiden käyttömäärää ja lisäystä kylmäainejärjestelmään.

Projektilla päädyttiin tekemään priimaus eli kaukolämmön lämmittäminen yli 80...85°C muuten kuin lämpöpumpulla. Yleisimmin isoissa teollisissa lämpöpumpuissa käytetyt ja 80...85°C lämpötila-alueelle soveltuvat kylmäaineet ovat ammoniakki, R134a ja R1234ze. Alla olevassa kuvaajassa on esitetty eri kylmäaineiden saturaatiokäyrät lämpötilan ja paineen funktiona (Energies 2020, 13(3), 562; <https://doi.org/10.3390/en13030562>).



Kuva 5. Kylmäaineiden ominaisuuksia

Projektilla sovittiin, ettei tarjouskyselyyn määritelty käytettävää kylmäainetta, vaan toimittajat saivat ehdottaa käytettävää ainetta. Tarkasteltavissa vaihtoehdoissa kylmäaineena on R134a.

### R717 (ammoniakki)

Ammoniakki on luonnollinen kylmäaine, jonka GWP on 0 ja turvallisuusluokka 2BL. Se on erittäin hyvä lämmönsiirtoaine, jota on paljon käytetty kylmäkoneikoissa erityisesti ruokateollisuudessa. Isoissa lämpöpumpuissa sitä on vähemmän käytetty; ammoniakki on vaarallinen aine, jolloin koneikko täytyy suunnitella ja operoida turvallisuus huomioiden. Lisäksi ammoniakilla pystytään nostamaan lämmön kohteen (esim. kaukolämpö) lämpötilaa maksimissaan noin 85°C:en.

### R134a

R134a on fluorihilivety-yhdiste (HFC), jonka GWP on 2400<sup>(\*)</sup> ja turvallisuusluokka 2A. Sillä ei ole tällä hetkellä käyttörajoituksia ja sitä voidaan asentaa uusiin teollisiin lämpöpumppeihin. Vuoden 2030 jälkeen, sillä tulee tuotanto- ja käyttörajoituksia. Korvaajaksi on tällä hetkellä tarjolla R1234ze tai R1233zd.

<sup>(\*)</sup>Huom. Kylmäaineet, joiden GWP on vähintään 2500, lasketaan erittäin voimakkaiksi F-kaasuiksi.

### R1234ze

R1234ze on vetyfluoriolefiini-yhdiste (HFO), jonka GWP on 7 ja turvallisuusluokka A2L. Se ja R1233zd ovat tällä hetkellä laajemmassa kaupallisessa käytössä olevat kylmäaineet korvaamaan R134a. R1234ze:n ja R134a:n COP on uusissa laitoksissa suurin piirtein samaa luokkaa. Jos R134a:lle suunniteltuun koneikkoon vaihdetaan R1234ze sellaisenaan, teho laskee 25-30% ja COP laskee noin 5-20%. Tehoa pystyy nostamaan jonkin verran kohtuullisen pienin muutoksin lämpöpumpun laitteisiin.

## 4 LÄMPÖPUMPPULAITOS 1

Viemäri 1:ltä saatavan lämmön syöttöpisteeksi valittiin Kuparipuiston kaukolämpökeskus, jossa lämpöpumpun tuottama lämpö voidaan tarvittaessa priimata silloin, kun lämpöpumpun tuottama lämpötilataso ei riitä. Alustava layout on esitetty liitteessä 1.

### 4.1 Mitoitus

Lähtötietojen tarkastelun jälkeen, lämpökeskuksen mitoituksessa käytetyt tiedot lämpöpumpuille:

- Lämpöpumppujen nimellinen kaukolämpöteho: 2,6 MW
- Kaukolämpövesi: +50°C (paluu) / +80...85°C (lähtevä)
- Kaukolämpöverkon suunnitteluarvot: 16 bar(g), +120°C
- Viemärivesi: 130 m<sup>3</sup>/h, 12°C (tuleva) / 1°C (lähtevä)
- Kylmäaine: R134a

#### 4.1.1 Viemärivesipiiri

Viemäriveden pumppaamiseksi pitää rakentaa pumppauskaivo, josta vesi pumpataan lämpöpumppulaitokselle. Pumppauskaivon koko määräytyy toteutusvaiheessa rakennesuunnittelun tarkentuessa ja valittujen kaivopumppujen mukaan. Kaivon sijoituksessa ja koossa tulee huomioida virtauksen vaihtelu sekä varmistaa mahdollisuus ylijuuksutukseen tai ohitukseen.

Rakenneteknisesti on varmistettava, että ajateltu toteutustapa onnistuu ja myös viemäriveden johtaminen muutostöiden aikana on otettava huomioon.

Koska viemärivesi sisältää humusta ja hiekkaa, tulee vesi suodattaa likaantumisen minimoimiseksi. Lisäksi tarvitaan lämmöntalteenottoon välipiiri, eli vettä ei syötetä suoraan lämpöpumpuille.

#### 4.1.2 Kaukolämpö

Lämpöpumppulaitokselle on rakennettava kokonaan uusi kaukolämpöliityntä Pori Energia lämpökeskukseen. Alustavasti uusi reitti kaukolämpöputkille on hahmoteltu tietä pitkin putkisillassa.

#### 4.1.3 Automaatio

Laitoksen automaatio tehdään siten, että laitos voi toimia täysin itsenäisesti oman paikallisohjaukseen ohjaamana. Laitoksen normaali käyttö tapahtuu laitoksen käyttäjän valvomosta, johon laitos liitetään väylän kautta ja järjestelmään lisätään tarvittava näyttökuva.

Laitos suunnitellaan jaksottaisen käytönvalvonnan käyttöön.

#### 4.1.4 Sähköistys

Laitos kytketään Pori Energia Oy:n sähköverkkoon tai mikäli alueella olemassa olevilta muuntajilta saadaan tarvittava liityntäteho n. 1200 kW. Muuten tulevan laitoksen viereen tarvitaan uusi muuntaja. Laitostoimittajasta riippuen niiden tuottaman jännitteen tulee olla joko 400 V tai 690 V.

#### 4.1.5 Laitosrakennus ja rakennustyöt

Lämpöpumppulaitos on suunniteltu olevan moduulirakenteinen, jolloin moduulien rakentaminen tehdään konepajalla, ja vain niiden yhdistämiset sekä liitynnät olemassa oleviin rakenteisiin tehdään paikan päällä perustuksien päälle. Laitosta on suunniteltu lähelle Kokemäenjokea. Tässä selvityksessä on oletettu, että alue vaatii paalutuksen ja että laitos rakennetaan paalulaatalle. Perustamistapa tarkentuu pohjatutkimusten jälkeen.

Laitostila tehdään puolilämpimänä tilana. Laitos varustetaan ilmanvaihtokoneella. Jos on erillisiä tiloja (esim. sähkötila), myös niiden ilmanvaihdosta on huolehdittava.

Puistomuuntamo perustetaan paalulaatalle.

Rakennusalueelta poistetaan kasvillisuus ja puretaan pois alueella mahdollisesti olevat rakenteet.

Purkujäte tulee käsitellä viranomaisvaatimusten mukaisesti.

## 4.2 Jäähdytyskäyttö kesällä

Lämpöpumppulaitoksen hyödyntämiseksi tulevan jokiveden (alueen prosessin jäähdytysveden) jäähdytyksessä laitoksen kesäaikainen käyttö mitoitettiin tuottamaan tuottamaan 70°C asteista kaukolämpövettä. Lämmönlähteenä on tuleva jokivesi, jolle myös pitää rakentaa oma pumppauskaivo. Jokivettä jäähdytetään 10°C.

## 5 LÄMPÖPUMPPULAITOS 2

Viemäri 3:lta saatavan lämmön syöttöpisteeksi valittiin Kuparipuistoon tulevan kaukolämpöverkon runkolinja (tie 11 reunaa pitkin). Priimausta varten tässä vaihtoehdossa on myös sähkökattila. Alustava layout on esitetty liitteessä 1.

### 5.1 Mitoitus

Lähtötietojen tarkastelun jälkeen, lämpökeskuksen mitoituksessa käytetyt tiedot lämpöpumpuille:

- Lämpöpumppujen nimellinen kaukolämpöteho: 3,7 MW
- Kaukolämpövesi: 50°C (paluu) / 80...85°C (lähtevä)
- Kaukolämpöverkon suunnitteluarvot: 16 bar, 120°C
- Viemärivesi: 580 m<sup>3</sup>/h, 6°C (tuleva) / 1°C (lähtevä)
- Kylmäaine: R134a

Lämpöpumppujen lisäksi tulevan sähkökattilan mitoituksessa käytetyt tiedot:

- Sähkökattilan nimellinen kaukolämpöteho: 2 MW
- Kaukolämpövesi: 50°C (paluu) / max. 120°C (lähtevä)
- Kaukolämpöverkon suunnitteluarvot: 16 bar, 120°C

#### 5.1.1 Viemärivesipiiri

Viemäriveden pumppaamiseksi pitää tehdä pumppauskaivo, josta vesi pumpataan lämpöpumppulaitokselle. Pumppauskaivon koko määräytyy toteutusvaiheessa rakennesuunnittelun tarkentuessa ja valittujen kaivopumppujen mukaan. Kaivon sijoituksessa ja koossa tulee huomioida virtauksen vaihtelu sekä varmistaa mahdollisuus ylijuuksutukseen tai ohitukseen.

Rakenneteknisesti on varmistettava, että ajateltu toteutustapa onnistuu ja myös viemäriveden johtaminen muutostöiden aikana on otettava huomioon.

Koska viemärivesi sisältää humusta ja hiekkaa, tulee vesi suodattaa likaantumisen minimoimiseksi. Lisäksi tarvitaan lämmöntalteenottoon välipiiri, eli vettä ei syötetä suoraan lämpöpumpuille.

### 5.1.2 Kaukolämpö

Kaukolämpö on jaettava lämpöpumppulaitokselle ja sähkökattilalle. Ulkolämpötilasta riippuen kaukolämpö kiertää pelkästään lämpöpumppulaitoksella. Tarvittaessa sähkökattilaa käytetään lisälämmitykseen ja tällöin kaukolämpövesi tulee säätää virtaamaan osittain sähkökattilalle.

Lämpöpumppulaitokselle ja sähkökattilalle on rakennettava kokonaan uusi kaukolämpöliityntä Pori Energian kaukolämpöverkkoon. Alustavasti viemäri 3:lta hahmoteltu uusi reitti kaukolämpöputkille yhtyy Kuparipuistoon tulevan kaukolämpöverkon runkolinjaan (tie 11 reunaa pitkin). Kts. Layout.

### 5.1.3 Automaatio

Laitoksen automaatio tehdään siten, että laitos voi toimia täysin itsenäisesti oman paikallisohjauslogiikan ohjaamana. Laitoksen normaali käyttö tapahtuu laitoksen käyttäjän valvomosta, johon laitos liitetään väylän kautta ja järjestelmään lisätään tarvittava näyttökuva.

Laitos suunnitellaan jaksottaisen käytönvalvonnan käyttöön.

### 5.1.4 Sähköistys

Laitos kytketään Pori Energia Oy:n sähköverkkoon tai mikäli alueella olemassa olevilta muuntajilta saadaan tarvittava liityntäteho n. 3700kW. Muuten tulevan laitoksen viereen tarvitaan uusi muuntaja. Laitostoimittajasta riippuen niiden tuottaman jännitteen tulee olla joko 400 V tai 690 V.

### 5.1.5 Laitosrakennus ja rakennustyöt

Lämpöpumppu- ja sähkökattilalaitos ovat suunniteltu olevan moduulirakenteisia, jolloin moduulien rakentaminen tehdään konepajalla, ja vain niiden yhdistämiset sekä liitynnät olemassa oleviin rakenteisiin tehdään paikan päällä perustuksien päälle. Laitokset on suunniteltu lähelle Kokemäenjokea. Tässä selvityksessä on oletettu, että alue vaatii paalutuksen ja että laitokset rakennetaan paalulaatalle. Perustamistapa tarkentuu pohjatutkimusten jälkeen.

Laitostila tehdään puolilämpimänä tilana. Laitos varustetaan ilmanvaihtokoneella. Jos on erillisiä tiloja (esim. sähkötila), myös niiden ilmanvaihdosta on huolehdittava.

Puistomuuntamot perustetaan paalulaatalle.

Rakennusalueelta poistetaan kasvillisuus ja puretaan pois alueella mahdollisesti olevat rakenteet.

Purkujäte tulee käsitellä viranomaisvaatimusten mukaisesti.

## 5.2 Jäähdytyskäyttö kesällä

Lämpöpumppulaitoksen hyödyntämiseksi tulevan jokiveden (prosessin jäähdytysveden) jäähdytyksessä laitoksen kesäaikainen käyttö mitoitettiin tuottamaan tuottamaan 70°C asteista kaukolämpövettä. Jokiveden pumppaus laitokselle vaatii omat pumppauskaivot. Jokivettä jäähdytetään 10°C.

## 6 KUSTANNUS- JA KANNATTAVUUSLASKENTA

### 6.1 Kustannuslaskenta

Kustannusarviot perustuvat edellä kuvattuihin malleihin.

Lämpöpumpuista sekä sähkökattiloista pyydettiin tarjoukset toimittajilta, jotka voivat toimittaa moduuliratkaisuja. Moduulilaitosratkaisuihin on optimoitu myös mm. putkistojen rakentaminen ja laitesijoittelu. Tarjouksissa toimittajat ovat esitelleet omat vakioratkaisunsa mm. laitteiden, venttiilien ja toimilaitteiden osalta. Jos näitä halutaan muuttaa, tulee varautua hinnan muutoksiin.

Lämpöpumppulaitostoimittajille annettiin mahdollisuus valita käytettävä kylmäaine.

Muut kustannukset perustuvat toteutettujen projektien perusteella saatuu kustannustietoon, joka on peilattu tämän päivän hintoihin.

*Laitosten kokonaiskustannusarviot:*

- Lämpöpumppulaitos 1: 4,2 M€
- Lämpöpumppulaitos 2: 6,3 M€

Kokonaiskustannuksissa on huomioitu laitteiden ja muiden materiaalien hintojen lisäksi rakentamisen ja asennusten urakat sekä suunnittelun kustannukset.

Kustannusvaraus on 25%.

Tarkemmat kustannusarviot ovat liitteessä 2.

Kustannusarviot perustuvat saatuihin budjettitarjouksiin, jotka ovat ns. päivän hintoja. Koska nykytilanne komponenttien ja materiaalien saatavuuden osalta on hyvin haasteellinen, on vaikea ennustaa miten hinnat kehittyvät tulevaisuudessa. Laitteiden ja urakoiden hinnat ovat nousseet huomattavasti viimeisen vuoden aikana.

### 6.2 Kannattavuuslaskenta

Kannattavuuslaskennat tehdään yleensä tilaavan yrityksen näkökulmasta. Tässä työssä laskenta on tehty karkealla tasolla antaen vain yleisiä suuntavia kannattavuuksia, joiden avulla voidaan arvioida kannattavuuteen vaikuttavia asioita. Lisäksi hyväksyttävä takaisinmaksuajan pituus vaihtelee eri yritysten välillä suuresti. Herkkyyystarkastelut eivät kuuluneet työn sisältöön.

Vuotuisiksi käyttötunneiksi (100%:n kapasiteetilla) on laskentaan arvioitu seuraavasti:

- Lämmityskaudella lämpöpumput 5800 h
- Sähkökattila 2000 h
- Jäähdytyskaudella lämpöpumput 1800 h

Laitosten hyötysuhteet:

- Laitos 1
  - Lämpöpumppulaitoksen lämmityskauden kokonais-COP:na on käytetty 3,3. Tähän on arvioitu omakäyttösähkö ja lämmityskauden lämmönlähteen lämpötilan vaihtelu.
  - Kesäaikaisen jäähdytyksen COP on 4,0.
- Laitos 2
  - Lämpöpumppulaitoksen lämmityskauden kokonais-COP:na on käytetty 2,9. Tähän on arvioitu omakäyttösähkö ja lämmityskauden lämmönlähteen lämpötilan vaihtelu.
  - Sähkökattilan kaukolämmön tuoton hyötysuhteena 98 %.
  - Kesäaikaisen jäähdytyksen COP on 4,0.

Laskelmissa on keskimääräisiä sähkön ja lämmön hintoja. Sähkön ja lämmön hinnat riippuvat tarkastellaanko niitä energiayhtiön (esimerkiksi Pori Energia Oy) vai teollisuusyrityksen näkökulmasta. Sähkön hinta on viimeisen vuoden aikana ollut hyvin vaihtelevaa. On kuitenkin syytä olettaa, että sähkön hinta tulee jollain aikavälillä tasaantumaan, kun ydinvoimalla ja uusiutuvalla voimalla tuotettua sähköä tulee lisää markkinoille. Koska nyt tutkitut lämpöpumppulaitokset tulisivat käyttöön aikaisintaan vuonna 2025, ei sähkön eikä lämmön hintoina tule käyttää tämän vuoden keskihintoja. Laskennassa käytetty energian keskihinnat ALV 0 % sisältäen siirto- ja muut maksut:

- Kaukolämpö<sub>talvi</sub> 57 €/MWh (arvioitu Porin Energian ja koko Suomen keskihintojen mukaan)
- Kaukolämpö<sub>kesä</sub> 0 €/MWh (arvioitu Porin Energian ja koko Suomen keskihintojen mukaan)
- Sähkö 55 €/MWh (arvioitu Nasdaq Nordic Power Exchange 10 vuoden systeemi-hinnan perusteella. Suomen aluehintaero on oletettu olevan 0)

Takaisinmaksuajoissa ei ole huomioitu mahdollisia tukia.

Laskelmia tehtiin 2 versiota: ensimmäisessä ei huomioitu kesäaikaisen jäähdytyksen vaikutusta kannattavuuteen, ja toisessa arvioitiin kesäaikaista käyttöä.

### Kannattavuuslaskelma

Laitosten kannattavuudet suoralla takaisinmaksuajalla arvioituna:

- *Lämpöpumppulaitos 1: 7,8 vuotta*
- *Lämpöpumppulaitos 2: 8,7 vuotta*

Tässä laskelmassa ei huomioitu kesäaikaisen jäähdytyksen sähkön tarvetta, mutta toisaalta ei tuotantopotentiaaliakaan.

Huomioiden lämmön lähde ja siirtokohde sekä käytetyt tunnit, kyseisten lämpöpumppulaitosten takaisinmaksuajat ovat normaalilla tasolla. Tyypillisesti tällaisissa teollisuuden kohteissa takaisinmaksuaika vaihtelee 6-9 vuoden välillä.

Jäähdytysveden lämpötila voi nousta niin korkeaksi, että Kuparipuiston teollisuusyritykset voivat joutua ajamaan alas tuotantoaan sen takia. Jos kesäaikaisen jäähdytyksen sähkönkulutus huomioidaan, jotta päästään 6 vuoden takaisinmaksuajaksi, kesäaikaisen tuotantopotentiaalinvaihtelu vaikutus tulisi olla 300-500 000 € vuodessa.

Selvityksessä esille nousseita lämpöpumppulaitosten kannattavuuteen vaikuttavia asioita:

- Lämmön lähteen lämpötila ja virtaus
- Lämmön kohteen tavoitelämpötila ja teho
- Laitoksen COP
- Laitoksen käyttötunnit
- Sähkön ja lämmön hinnat
- Sijainti ja sen mahdollisesti tuomat lisähaasteet
- Teollisuusprosessien jäähdytyksen tarve ja sen aiheuttamat kustannukset sekä tuotantopotentiaali

Jatkossa kannattavuuslaskelmat tulee tehdä investointia harkitsevan yrityksen energian hintojen perusteella sekä tietenkin tehdä herkkyystarkastelu erityisesti sähkön hinnan ja käyttötuntien vaihtelut huomioiden.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Selvityksessä tutkittiin lämmön talteenottoa Kuparipuiston teollisuusalueen viemäriesistä ja sen hyödyntämistä kaukolämmössä. Tutkittavat kohteet (viemäri 1 ja viemäri 3) valittiin virtaus- ja lämpötilaprofiilien perusteella.

Nyt tutkittujen lämpöpumppulaitosten kokoluokat ovat järkeviä ja puoltavat lämmön talteenottoa viemäreistä riippuen investoivan yrityksen takaisinmaksuaikatavoitteista.

Laitoksen kannattavuuteen vaikuttaa myös prosessien kesäaikaisen jäähdytyksen tuomat edut lisääntyneenä tuotantona, koska kesäaikaisen tulevan jäähdytysveden lisäjähdytys voidaan tehdä lämpöpumppulaitoksilla. Ne tulee tarkastella viemärikohtaisesti. Tällöin laitosten kannattavuuden oletetaan paranevan selkeästi.

Kokoomaviemäreiden virtojen hyödyntämisen haittapuolena on, että mukaan tulevat myös viileämmät jäähdytys- ja sadevesivirrat, jotka alentavat veden lämpötilaa ja siten kokonaisyötysuhdetta.

Jos lämmön talteenotto tapahtuisi vain tietyistä, valituista jäähdytettävistä kohteista, voitaisiin valita kuumimmat hukkalämmön kohteet. Yksittäiset lämpöpumput tulee yhdistää myös jäähdytysvesi-, kaukolämpö- sekä sähköverkkoon. Kokonaiskustannuksia laskettaessa se ei välttämättä ole sen kannattavampaa kuin isompien laitosten rakentaminen. Jos tällä tavoin saataisiin laitoksille (tai koneikolle) lisää käyttötunteja paremmalla hyötysuhteella, kokonaiskannattavuus voisi parantua. Lähekkäin sijaitsevat kohteet voidaan yhdistää saman lämpöpumpun yhteyteen. Tässä tapauksessa jäähdytysveden kesäaikainen lisäjähdytys pitää tarkastella uudestaan. Se voisi tulla nykyisen pumppaamon yhteyteen, jos siihen on mahdollista rakentaa lisää.

Suosittelomme alueen yrityksiä hakemaan jäähdytyskohteistaan lämpö- ja virtausprofiileiltaan potentiaalisimmat ja kokoluokiltaan riittävän suuret kohteet. Niistä saa vertailupohjaa tässä selvityksessä tutkituille vaihtoehdoille. Myös jäähdytyksen parantamisen vaikutukset lisääntyneenä tuotantopotentiaalina tulee huomioida.

### Liitteet:

- Liite 1: Alustavat sijoituspaikat
- Liite 2: Kustannuslaskelmat