



KYTE-analyysi - Kylmäkylmäjärjestelmien energia-analyysimalli  
31.1.2007  
Päivitetty 1.2.2010

Motiva Oy

Motiva Oy työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) toimeksi antamana kehittää työkaluja yritysten energiatehokkuuden parantamiseksi. Osana tätä työtä on aikaisemmin laadittu mm. analyysimalli paineilmajärjestelmien analysoimiseksi. Tässä työssä kehitettiin vastaava malli teollisuuden ja kaupan kylmäjärjestelmien analysoimiseksi.

TEM:n tukemissa energiakatselmuksissa tehdään kokonaisvaltainen selvitys rakennuksen ja tuotantoprosessin energian ja veden käytöstä sekä niiden kannattavista tehostamismahdollisuuksista.

Energiakatselmuksessa kylmäjärjestelmät tarkastellaan yhtenä energiankäytön osatekijänä, jolloin tarkastelujen syvyystaso ja painoarvo määräytyvät kokonaisenergiankäytön ja säästömahdollisuuksien muodostaman kokonaisuuden perusteella. Energiakatselmuksissa ei ole ohjeistettu yksityiskohtaisella tasolla yksittäisen järjestelmän, kuten kylmäjärjestelmän, katselmointia, mutta sellaiseen on todettu olevan tarvetta.

KYTE-analyysissä keskitytään kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen. KYTE-analyysin ohjeistusta voidaan hyödyntää myös kaikissa Motiva-energiakatselmuksissa soveltuvien osien kohteen kylmäjärjestelmien energiankäytön erityispiirteet huomioiden. KYTE-analyysi voidaan ja on myös kustannustehokasta toteuttaa kokonaisvaltaisen energiakatselmuksen yhteydessä siitä tilaajan kanssa erikseen sovittaessa.

Itse raportti jakaantuu kolmeen itsenäiseen osaan:

- **Osa 1** sisältää analyysin toteutusohjeen ja määrittelee analyysin päälinjat ja vaatimukset
- **Osa 2** on laajennettu mallisisällysluettelo. Mallisisällysluettelo esittää KYTE-analyysiraportin painopisteet ja sisällön mahdollisimman yleispätevästi. Raportti ei käsittele syvällisesti kylmäjärjestelmien eikä -laitteiden erityispiirteitä.
- **Osa 3** on esimerkkiraportti, jossa kuvataan KYTE-analyysin raportointi kuvitteellisessa kohteessa.

## Sisällysluettelo

---

<b>OSA 1</b>	<b>TOTEUTUSOHJE .....</b>	<b>5</b>
<b>OSA 2</b>	<b>LAAJENNETTU MALLISISÄLLYSLUETTELO .....</b>	<b>15</b>
<b>OSA 3</b>	<b>ESIMERKKIRAPORTTI .....</b>	<b>25</b>



## **Soveltamisala ja liitynät analyysitoimintaan**

---

Tämä ohje on tehty erilliselle kylmäjärjestelmän energia-analyysille (KYTE-analyysi). KYTE-analyysimalli on suunnattu käytettäväksi

- teollisuuslaitosten kylmäjärjestelmien energiankäytön tehostamisselvityksissä
- TEM:n tukeman prosessiteollisuuden energia-analyysin toisen vaiheen täydentävänä analyysinä helpottamaan toisen vaiheen analyysissä tarvittavan erillisen projektisuunnitelman tekemistä.

Kaupan KYTE-analyysimalli on esitetty teollisuuden KYTE-mallin rinnalla siten, että ainoastaan kaupan mallissa esiin tulevat kohdat on merkitty [K]-merkinnällä.

KYTE-analyysiä voidaan parhaiten soveltaa niissä teollisissa kylmäjärjestelmissä, joissa on useita kompressoreita ja joiden yhteinen sähköteho on vähintään 200 kW tai sähköenergiankulutus vähintään 500 MWh/a.

Kaupassa [K] KYTE-analyysiä voidaan parhaiten soveltaa niihin kylmäjärjestelmiin, joiden kompresso-  
reiden yhteinen sähköteho on vähintään 30 kW tai sähköenergiankulutus vähintään 150 MWh/a.

Pienemmissä kylmälaitoksissa mittauksiin painottuva KYTE-analyysi voi olla tarpeettoman järeä työka-  
lu.

## **Tavoitteet**

---

KYTE-analyysin tavoitteena on:

- edistää ja tehostaa kylmäjärjestelmien analysointia (säästömahdollisuuksien havaitsemista, säästötoimenpiteiden riittävän yksityiskohtaista määrittelyä ja säästöjen saavuttamista)
- tuottaa mittauksiin perustuvaa tietoa kylmäenergian kulutuksen pienentämiseksi, tarvittavan kylmäenergian tuottamiseksi tehokkaasti sekä syntyvän lauhtumislämmön hyödyntäminen tehostamiseksi ts. kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden ja – talouden parantaminen
- edistää energiataloudellista kunnossapitoa ja käytettävyyttä
- yhtenäistää analyysiin liittyvää raportointia
- helpottaa tilaajan käsitystä KYTE-analyysissä tehtävästä työstä ja sen sisällöstä.

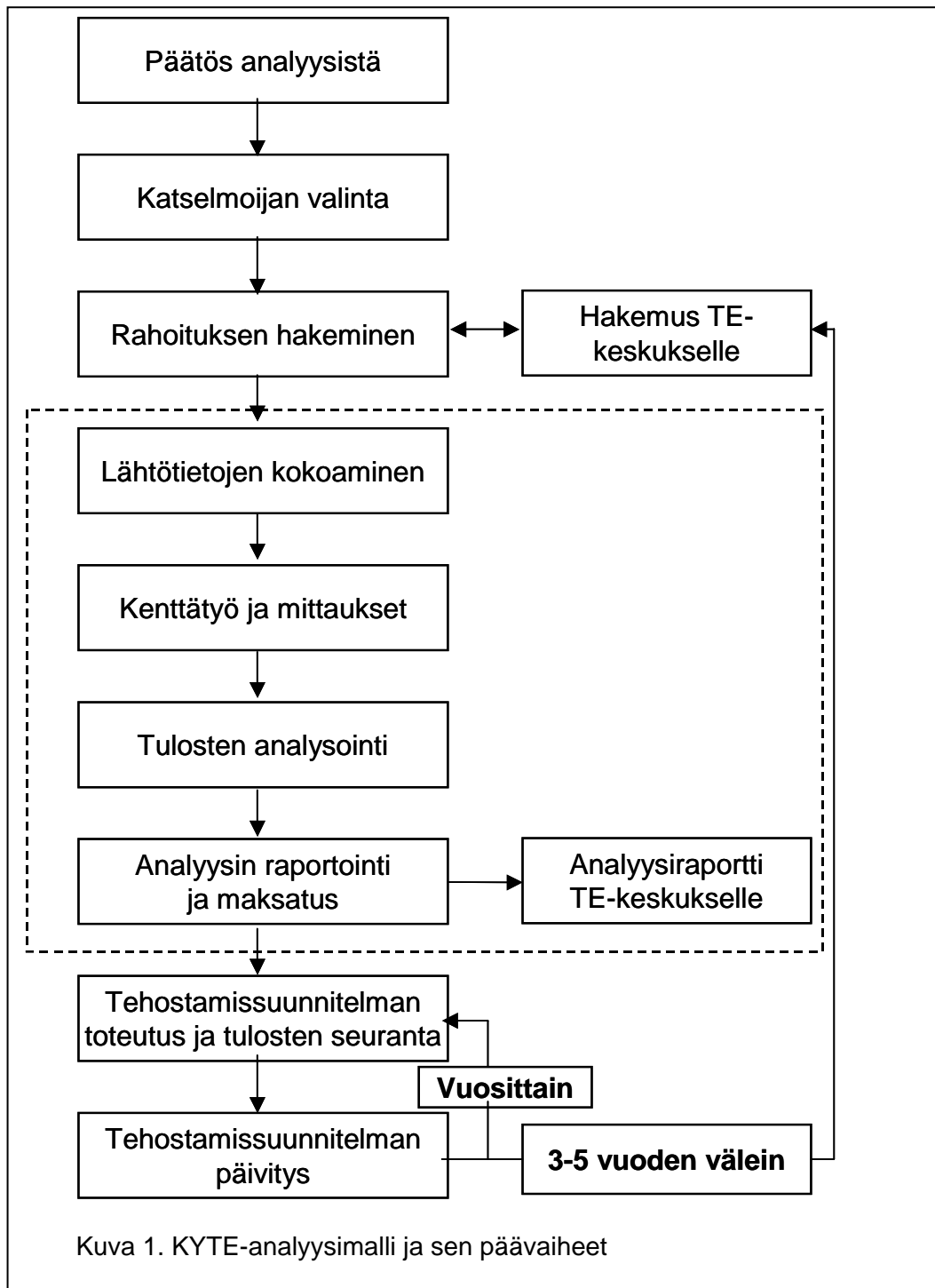
## **Tehtävien ja niiden laajuuden yleinen määrittely**

---

### **Osatehtävät**

KYTE-analyysissä käydään läpi kylmäjärjestelmien energiatehokkuuden nykytila, pääosa käytettävissä olevista resursseista käytetään tehostamismahdollisuuksien löytämiseen. Mallisisällysluettelossa ja -raportoinnissa painotetaan niitä järjestelmän osia ja komponentteja, joista kokemuksen perusteella on löydettävissä merkittävimmät säästöt. KYTE-analyysimalli ja sen päävaiheet on esitetty kuvassa 1.

KYTE-analyysissä lähdetään liikkeelle kylmäenergian käytöstä ja sen tuottamisesta. Kylmäenergian käyttöä pyritään ensisijaisesti vähentämään ja sen jälkeen parantamaan välttämättömän kylmäenergian tuotannon tehokkuutta.



Teollisen kylmälaitoksen KYTE-analyysin työjärjestys on seuraava:

- selvitetään, mihin kylmää tarvitaan ja voidaanko kylmän kulutusta pienentää
- selvitetään, minkä lämpötilaista kylmää tarvitaan ja voidaanko lämpötilatasoa nostaa
- selvitetään, tehdäänkö kylmä tarkoituksen mukaisesti
- selvitetään, miten kylmälaitoksen kokonaisenergiataloutta voidaan parantaa.

Erilaisista teollisista ympäristöistä ja vaatimuksista johtuen analyysin painopiste on aina suunnattava analyysikohteen mukaan.

Merkittävät energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat tarkistetaan ja raportoidaan johtopäätöksineen ja perusteluineen, vaikka säästöpotentiaalia ei kaikissa kohdin löydetäisikään. Käyttö- ja kunnossapitotoiminnasta raportoidaan asiat, jotka vaikuttavat välillisesti energiankulutukseen tai laitteiden toimintaan. Rapo-

toinnin laajuudessa voidaan joustaa kohteen mukaan ja käyttää kohdekohtaista painotusta kuitenkin siten, ettei raportin laatu ja kattavuus (mm. säästöpotentiaalin löytyminen) heikkene.

Analysoinnissa havaituille säästö- ja tehostamiskohteille lasketaan vuosisäästöt, tarvittavat investoinnit ja niiden perusteella suora takaisinmaksuaika. Varsinaisen energiansäästötoimenpiteen investointikustannuksien lisäksi tulee kokonaisinvestoinnin laskennassa ottaa huomioon myös suunnittelun, rakennus- teknisten töiden ja automaation kustannukset.

Löydettyjen tehostamistoimenpiteiden ja säästöpotentiaalin perusteella kylmäjärjestelmälle laaditaan toimenpidesuunnitelma.

Jo KYTE-analyysin aikana ja sen jälkeen tulee pyrkiä vaikuttamaan mahdollisuuksien mukaan siihen, että ehdotetut kannattavat säästötoimenpiteet toteutetaan mm. antamalla raportissa riittävän selkeät ohjeet toimenpiteiden toteutuksesta, avustamalla toteutuksessa tai pitämällä säännöllisesti yhteyttä toteutusvastuussa olevaan henkilöön. KYTE-analyysin kenttätyövaiheen aikana käyttäjää kannattaa ohjeistaa käyttö- teknisin toimenpide-ehdotuksin.

Koska kylmäjärjestelmien energiatehokkuuden selvittäminen edellyttää runsaasti kenttätyötä ja keskitymistä työhön vieraassa työympäristössä, on työturvallisuuteen kiinnitettävä aivan erityistä huomiota.

## **Yleisiä asioita kylmälaitoksen analyysissa**

KYTE-analyysin tekoympäristö poikkeaa normaalista Motiva-energiakatselmuksen työympäristöstä. Seuraavaan luetteloon on kerätty joitakin tärkeitä käytännön asioita analyysin tekemiseksi:

- kylmäputkien lämmön eristettä ei saa rikkoa ilman painavia syitä. Tällainen ei ole esim. yksittäisen lämpötilan mittaus. Lämmöneristeen ulkopinta toimii useasti myös höyrysulkuna. Sen korjaaminen luotettavasti esim. mittauksen jälkeen on varsin vaikeaa. Pahimmillaan rikkoontunut höyrysulku johdattaa putken ruostumiseen ja sen jälkeiseen kylmäainevuotoon
- analyysin tekijän ei tule itse vääntää yhtään kylmälaitoksen katkaisijaa tai venttiiliä analyysia tehdessään. Nämä toimenpiteet tekee käyttäjän edustaja koska:
  - riski vahinkoon on olemassa
  - säätimien asetusarvoja ym. selvitettyä on varottava vahingossa muuttamasta arvoja
- analyysiä tehtäessä on ehdottomasti noudatettava tuotantolaitoksen omia hygieniakäytäntöjä
- kylmäaineen ominaisuudet tulee ottaa/on otettava työssä huomioon.

## **KYTE-analyysiraportti**

KYTE-analyysiraportti koostuu seuraavista viidestä luvusta:

### **1. Yhteenveto kylmäjärjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä**

Kohteen lyhyt esittely ja yhteenveto analyysin keskeisistä tuloksista taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista

Taulukko 2. Yhteenveto ehdotetuista energiatehokkuustoimenpiteistä.

Toimenpiteet esitetään ehdotetussa toteuttamisjärjestyksessä.

Yhteenvedossa esitetään kohteen kylmäjärjestelmän sähköenergiankäyttö sekä sähkön, lämmön ja veden säästöpotentiaali. Lämmön säästöpotentiaalia laskettaessa on otettava huomioon, että saatavissa oleva lämpömäärä voi poiketa paljon hyödynnettävästä lämpömäärästä.

### **2. Kohteen perustiedot ja kylmäjärjestelmien nykytila**

Kohteen perustiedot sekä kylmäntuotannon ja – järjestelmän sekä käyttökohteiden lyhyt kuvaus.



### 3. Kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden analysointi

Kylmäjärjestelmien tärkeimpien osien ja nykyisen toiminnan energiatehokkuuden kuvaus sekä parannusehdotusten esittely investointeineen. Mittaukset ja niiden tulosten analysointi.

KYTE-analyysi alkaa kartoittamalla mahdollisuudet pienentää kylmäenergian käyttöä. Kaikki jäähdytyksessä työtilassa käytetty sähkö maksetaan kahteen kertaan: ensimmäisen kerran sitä käytettäessä ja toisen kerran vietäessä siitä tullutta lämpökuormaa kylmäkoneella pois. Toisessa vaiheessa selvitetään tarvittavat lämpötilat ja kolmannessa vaiheessa paneudutaan kylmän tuottamiseen energiataloudellisesti. Seuraavassa näistä vaiheista tarkemmin.

#### 1.vaihe, tarkistetaan kylmäntarpeen pienentämismahdollisuudet

Tyypillisesti tarkastettavia asioita ovat mm.:

- onko prosessin/tuotteen esijäähdytys mahdollista ennen koneellisen jäähdytyksen aloittamista esim. vapaajäähdytyksestä tai tuotteen ristikkäislämpövirtaa hyödyntämällä
- voidaanko prosessijäähdytysjärjestelmissä hyödyntää vapaajäähdytystä
- miten voidaan pienentää kylmätiloihin tulevaa kosteuskuormaa, keinot kylmätiloihin tulevan kosteuskuorman pienentämiseksi
- onko jäähdytettävä tila/tuote niin kuiva kuin on mahdollista
- miten jäähdytystä ohjataan tilan pesujen aikana
- onko tilassa avoimia nestesäiliöistä tms. joista vapautuu vettä tilaan
- oven toiminta, tiivisteet ja ilmavirran pienentämiseksi (esim. ilmaverho, muoviliuska) mahdollisuudet
- onko kylmä- ja pakkasvarasto hyvin eristetty ja sen rakenteiden läpivienti- ja liitoskohdat hyvässä kunnossa
- miten höyrystimien sulatuksen ohjaus on järjestetty
- onko jäähdytettyjen tilojen koko sopiva, voidaanko toimintoja siirtämällä pienentää tilaa
- tilassa käytettävien sähkölaitteiden, kuten koneiden ja valaistuksen tyyppi, ohjaus sekä sijainti hyllyihin nähden
- tilan ilmanvaihto (tuloilmasuihkujen häiriöt, jäähdytys ja poistoilman kylmän talteenotto)
- onko lähellä lämpimiä pintoja/tiloja
- tarkista kylmien putkien lämpöeristys

Kaupan mallissa [K] lisäksi tarkistetaan kylmäkalusteiden lämpökuorman pienentämismahdollisuudet:

- osuuko tuloilman puhallus kalusteeseen
- valaisimien tuotteiden lämpötilaa nostava vaikutus vältetään oikealla valaisintyyppillä ja valaisimen sijainnilla
- käytetäänkö kalusteilla yöverhoja liikkeen ollessa suljettu
- höyrystinpuhaltimien käyttö jaksoittain pluspuolen kalusteissa
- reunalämmityksien jaksotus. Sen tarve on suurempi kesällä, talvella voi riittää 50% pulssituskin
- tarpeen mukaisen sulatuksen toteutus.

#### 2.vaihe, tarvittavien lämpötilojen selvitys

Seuraavaksi KYTE-analyysissä tarkastetaan tarvittavat lämpötilatasot. Tavoitteena on selvittää mahdollisuudet matalimman höyrystymislämpötilan nostamiselle. Höyrystymislämpötilan nostolla saadaan kylmälaitoksen hyötysuhdetta parannettua huomattavasti. Kartoituksessa mm.:

- etsitään matalimman höyrystymislämpötilan vaatima kohde
- etsitään syy matalimmalle höyrystymislämpötilatasolle
- tarkistetaan, pääseekö ilma kiertämään hyvin tilassa
- tarkistetaan, ovatko höyrystimen lämmönsiirtopinnat puhtaat (jää tai lika)
- tarkistetaan, tuleeeko höyrystimelle kosteutta (höyrystimen pinnoille tiivistyvä vesi vie melkoisen osan höyrystimen kylmätehosta)
- tarkistetaan höyrystimien käyntiaikojen mittaaminen (esim. valvontajärjestelmästä)

- selvitetään, voiko prosessijäähdytysjärjestelmään lisätä vapaa- tai esijäähdytysjärjestelmää, joka toimii korkeammalla höyrystymislämpötilalla kuin varsinainen liuosjäähdytyskoneisto.

### **3.vaihe, selvitetään, tehdäänkö kylmä energiataloudellisesti**

Seuraavan vaiheen tavoitteena on varmistaa energiataloudellinen kylmän tuottaminen. Tässä vaiheessa alkavat myös mittaukset, kuten:

- kompressorien ottotehon seurantamittaus
- sähkömoottorien hyötysuhdeluokan tarkastus
- ilmanpoistimen toiminnan tarkistus
- lauhtumislämpötilan seurantamittaus
- höyrystymislämpötilojen pysyvyysmittaus
- mittaukset mahdollisesti putkistossa suuria paine-eroja aiheuttavissa kohdissa. (Näitä mittauksia tehdään mittaamalla joko paineita tai lämpötiloja eri kohdista putkistoa. Pystysuorassa paluu putkessa painehäviö voi kasvaa melko suureksi pumppukiertoisissa laitoksissa).
- prosessijäähdytysjärjestelmissä tarkistetaan mahdollisen tasaussäiliön toiminta eli sekoittuuko jäähdytty liuos säiliössä lämpimämpään liuokseen
- onko nestelasin mukaan kylmäaine kuivaa (värin muutos nestelasissa)
- kupliiko kylmäaine nestelasissa (vajaa täytös, liian suuri painehäviö suodattimessa tai lauhtumispaineen muutokset).

Valvontajärjestelmästä saatavista tiedoista tarkistetaan:

- kompressoreiden tehonsäätö
- lauhduttimien ja lauhdutuspaineen säätö
- imupaineen säätö
- mahdollisesti käytetty adaptiivinen imupaineen säätö. Tässä säätötavassa valvontajärjestelmä etsii korkeinta höyrystymislämpötilaa, jolla jäähdytettävän kohteen lämpötila pysyy oikeana
- sulatustoiminto, pysäytys lämpötilan tai ajan mukaan.

### **4. Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset**

Yhteenvedo ehdotettavista tehostamistoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista sekä esitys toteutusjärjestyksestä.

### **5. Energiatalkokkuuden seuranta ja ylläpito**

Toimenpiteet kylmäjärjestelmän energiatahokkuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi KYTE-analyysin jälkeen.

Mallisisällysluettelo kattaa teollisen kylmäjärjestelmän, joten kaikki raportin alakohdat eivät välttämättä sovi sellaisenaan jokaiseen analyysikohteeseen. Analyysiraportti toimii myös asioiden tarkastelun muistilistana, joten siinä esitetään myös ne alakohdat, joiden käsittely ei ole tarkasteltavan kohteen kylmäjärjestelmässä välttämätöntä. Näiden alakohtien alla voidaan kirjoittaa esimerkiksi "Järjestelmää ei ole tässä kohteessa".

## **Kylmäjärjestelmäanalyysin mittaukset**

---

### **Mittausten ja analyysien luotettavuus**

KYTE-analyysin mittauksia suunniteltaessa on muistettava, etteivät mittaukset ole itseisarvo, vaan mittauksen avulla pyritään selvittämään kylmälaitoksen energiataloudelliseen toimintaan liittyviä asioita.

Kylmälaitoksen oman valvontajärjestelmän mittauksia voidaan käyttää osassa mittauksia, mutta silloin on tarkistettava valvontajärjestelmän anturien kalibrointien paikkansapitävyys.

Analyysiraportissa esitetään arvio tehtyjen ja käytettyjen mittausten tarkkuudesta, luotettavuudesta sekä edustavuudesta. Analyysissä esitetään myös energiataloudellisen seurannan kannalta esiintyvät puutteet mittaroinnissa.

Mittausten, mittausjärjestelyjen ja niiden tulkinnan osalta on muistettava, että:

- ulkoiset olosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi mittaustulokseen (esim. pakkasvarastoon oven kautta ulkoa tuleva vuotoilma). Ulkoiset olosuhteet vaihtuvat vuodenaikojen mukaan.
- käyttötavat ja -tilanteet jne. voivat muuttua alati, joten liialliseen tarkkuuteen mittauksissa ei kannata pyrkiä
- ohjeita ja vaatimuksia on sovellettava ottamalla huomioon kyseisen kohteen erityisominaisuudet tavoitteena kohteen energiatalouden parantaminen
- mittauksia suunniteltaessa ja tehtäessä on otettava huomioon teollisen tuotannon syklisyys. Kylmäjärjestelmän kuormitus voi vaihdella voimakkaasti vuorokauden ja eri vuorokausien aikana.

### Mittausjakson pituus

Mittausjakson pituuden pitää olla riittävän pitkä, mielellään vähintään yksi kokonainen viikko. Riittävän pitkällä mittausjaksolla saadaan kattava kuva kylmälaitoksen toiminnasta. Viikonlopun yli menevillä mittauksilla nähdään tuotantolaitosten pohjakuormien osuudet. Mittausten aikana kerätään tuotantotiedot mahdollisimman tarkasti talteen, myös tiedot viikonloppu- ym. käytöstä.

Mittausväli on valittava siten, että mittaustuloksia voidaan arvioida luotettavasti. Liian pitkä mittausväli estää tulosten luotettavan tulkinnan. Kylmälaitoksen tarkoituksen mukaista toimintaa tutkitaan seuraavilla mittauksilla:

Mittaus	Mittaustapa	Mittausjakso/-kohde	Tarve
Kompressorien sähkötehomittaus	Seurantamittaus	jokainen kompressori erikseen yhtäaikaaisesti <sup>1)</sup>	Välttämätön
Jäähdytettyjen tilojen sisälämpötila	Kerta- ja seurantamittaus		Välttämätön
Käytetty höyrystymislämpötila	Kerta- ja seurantamittaus		Välttämätön
Lauhtumislämpötila	Kerta- ja seurantamittaus		Välttämätön
Ulkolämpötila	Seurantamittaus		Välttämätön

<sup>1)</sup> rinnankytketyt on/off-säätöiset kompressorit mitataan yhtenä kokonaisuutena

### Kompressorien sähkötehomittaus

Kompressorit käyttävät kylmälaitoksen sähköstä valtaosan. Siksi niiden toimintaan ja toimintaolosuhteiden selvittämiseen käytetään KYTE-analyysissä aikaa.

Kompressorien sähkömoottorien ottoteho mitataan jokaiselta kompressorilta yhtä aikaa. Kompressorin ottoteho mitataan 10 [1] minuutin keskitehona. Kunkin 10 [1] minuutin jakson ajalta mitataan lisäksi hetkellinen minimi- ja maksimiteho. Mitatuista sähkönottotehoista arvioidaan kompressorin kylmäteho kompressorikohtaisten tehokäyrien perusteella. Tehossa pitää ottaa huomioon hyötysuhteen muuttuminen osateho

käytössä. Kylmätehoa tällä tavalla arvioitaessa ei kompressorin kulumista eikä toisaalta sähkömoottorin omaa hyötysuhdetta oteta huomioon.

*Tämä menetelmä edellyttää katselmoijalla olevan käytössään kompressorin tehokäyrästäjä, jotka ovat saatavissa kompressoreiden luovutusasiakirjoista tai esitemateriaalista. Ruuvikompressoreissa on usein tehonsäätömenetelmänä luistisäätö, jonka säätöalue on 10 – 100 %. Laajasta tehonsäätöalueesta huolimatta kompressorin kylmäkerroin pienenee voimakkaasti osatehoilla. Hyötysuhteen pieneneminen riippuu kompressorin toimintapisteestä. Luistisäätöisillä ruuvikompressoreilla tulee pyrkiä yli 50 % osatehoon.*

Raporttiin kirjataan kompressorien mittaustuloksien analysoinnista yhteenveto:

- kompressorien käyntiajoista
- useamman kompressorin keskinäinen käyntijärjestys (käynnistykö oikea kone erityisesti yö ja viikonloppuaikoina)
- tehonsäätö (toimiiko oikea kompressoritehonsäätökoneena)

### **Jäähdytettyjen tilojen sisälämpötila**

Kylmä- ja pakkasvarastojen sisälämpötila ei kannata pitää yhtään kylmempänä kuin mitä todellinen tarve edellyttää. Lämpötila voi olla viranomais määräys, määritetty yhtiön laatu järjestelmässä, säilytettävän tuotteen vaatimuksen mukainen jne. Sisälämpötilan laskeminen todellista tarvetta alemmas kuluttaa enemmän energiaa ja kompressorikin työskentelee ankarammissa olosuhteissa kuin mitä olisi tarpeen.

*Esimerkiksi nostamalla pakkasvaraston sisälämpötilaa talviajaksi, saadaan säästö pienempinä lämpöhäviöinä sekä kylmäkoneiston parantuneella kylmäkertoimella (höyrystyslämpötila -35 °C -> -33 °C). Osassa pakkasvarastoja on kesäajan sisälämpötila laskettu normaalia alemmas, jotta tuotteen olisivat normaalia kylmempiä kuljetuksen alkaessa.*

Sisälämpötila mitataan seurantamittauksena. Tällä tavalla nähdään lämpötilan mahdolliset heilahtelut.

### **Käytetty höyrystyslämpötila**

Kylmälaitos toimii sitä energiataloudellisemmin, mitä korkeampi on matalin höyrystyslämpötila. Höyrystyslämpötilan mittauksilla etsitään matalimman höyrystyslämpötilan vaatima kohde. Koska matalin tarvittava höyrystyslämpötila määrää kompressorin imulämpötilan (=imupaineen), on tarvittava matalin höyrystyslämpötila avainasemassa laitoksen energiataloutta parannettaessa.

Tässä vaiheessa tehdään seuraavat toimenpiteet:

- mitataan jokaisen kompressorin imulämpötila kompressorin omalla painemittarilla
- mitataan höyrystimen pintalämpötila
- mitataan matalimman höyrystyslämpötilan vaativalta höyrystimeltä seuraavat lämpötilaerot:
  - höyrystyslämpötila käyttökohteessa
  - lämpötila pumppusäiliöstä
  - kompressorin imulämpötila
- tarkistetaan lämmönsiirtopintojen puhtaus
- mitataan höyrystimen puhaltimen käyntijaksoja.

Lämpötila mitataan putkesta putken pintaan lämpöeristetyksi (esim. solumuovinen lämmöneriste pala tiiviisti anturin päällä) kiinnitettyillä lämpötila-antureilla.

## Käytetty lauhtumislämpötila

Suuren osan vuodesta ulkolämpötila on mitoitusarvoja pienempi, jolloin tulitisiin toimeen matalammalla lauhtumislämpötilalla. KYTE-analyyseissä selvitetään mahdollisuudet lauhtumispaineen laskemiselle.

Lauhduttimen normaalin toiminnan takaamiseksi lämmönsiirtopintojen tulee olla puhtaat. Haihdutuslauhduttimen veden laatua on seurattava säännöllisesti, jottei lauhduttimen putkien ulkopuolelle kerääntynyt likaa ja kattilakiveä.

Tehtävät toimenpiteet:

- tarkistetaan lauhduttimen ohjaus ja asetuservo ja arvioidaan onko tarvetta muuttaa asetuservoa ulkolämpötilan mukaan
- mitataan lauhdutuslämpötila lauhduttimen valuntaputkesta
- tarkistetaan lämmönsiirtopintojen puhtaus
- tarkistetaan lauhduttimien sijainti ja ilmankierto, erityisesti oikosulkuvirtauksen varalta
- tarkistetaan puhaltimien pyörimissuunta (vaihdon yhteydessä on voinut navat mennä väärin päin)
- tarkistetaan voidaanko ilmalauhduttimen tehoa suurentaa vesisumutusta käyttämällä (lauhduttimen lamellivälillä oleva riittävän suuri).

## Lämpötilan ja paineen mittaukset

Yhdestä aineesta koostuvilla kylmäaineilla (esim. R134a, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>...) neste- ja kaasumaisen faasin sisällä painetta vastaa tietty lämpötila. Osalla seoskylmäaineista (esim. R404A, R407C) on lämpötilaliukuma, eli samaa painetta ei enää vastaa tietty lämpötila.

## Ilmanpoistimen toiminta

Kylmäkoneistoon kertyy lauhtumattomia kaasuja, kuten ilmaa, huoltojen yhteydessä sekä alipaineisissa laiteosissa vuotoina sisäänpäin. Esimerkiksi ammoniakikylmälaitos muuttuu alipaineiseksi höyrystymislämpötilan laskiessa alle -33 °C.

Lauhtumattomat kaasut kerääntyvät ennen pitkää lauhduttimelle, jossa ne vievät osan lauhduttimen pinta-alasta pienentäen lauhduttimen tehoa (vastaava pieneminen aiheuttaa myös lto:n tehon pienemisen). Pienentynyt lauhtumisteho nostaa lauhtumislämpötilaa ja sen vuoksi kompressorin ottotehoa.

Ilmanpoistimen toimintaa/tarvetta voidaan arvioida seuraavasti:

- mitataan varaajan nesteen peittämän osan pintalämpötila ja verrataan sitä varaajan paineeseen. Mitatun lämpötilan ja painemittarin lukemaa vastaavan lämpötilan ero ollessa yli 2 °C, tutkitaan ilmanpoistimen toiminta tarkemmin.

## Muut tarkistettavat kohteet

Edellisissä luvuissa esitettyjen toimenpiteiden lisäksi käydään läpi seuraavat asiat:

- sulatuksen toiminta ja ohjaustapa (muuttuuko sulatusaika vuodenaikojen tai käytön mukaan) tarkistus
- huoltosopimukset
  - öljykirjanpito

*Lisätyn öljyn ja laitoksesta poistetun öljymäärän on oltava tasapainossa. Poistamaton öljy huonontaa lämmönsiirtoa ja kylmäaineen kiertoa*

- käyttökäytännölliset toimet, ovien käyttö  
*Avonaisen oven kautta kylmä- ja pakkasvarastoon tulee suuri määrä ulkoilmaa ja sen sisältämää lämpöä ja kosteutta. Kosteus tiivistyy/jäätty höyrystimen pinnalle, jolloin kylmätehosta kohtuullinen osa ku-*

*luu pelkästään kosteuden poistamiseen varaston ilmasta. Kosteus tiivistyy/jäätyy myös rakenteiden pinnoille.*

- tilassa käytettävä sähkö
  - valaistus
  - koneet.

### **KYTE-analyysin muut tutkimusmenetelmät**

Kokonaiskuva analysoitavan kohteen energiatehokkuudesta muodostetaan mittausten lisäksi mm. haastatteleamalla käyttökäyttökuntaa kylmäjärjestelmän käyttötavoista ja niiden kehittämistä. Haastatteluihin kannattaa panostaa, koska useassa tapauksessa kylmälaitoksen käyttäjälle on kerääntynyt ”hiljaista tietoa” kylmälaitoksen epäkohdista tai käyttöteknisistä epäkohdista.

*Haastatteluissa normaalisti läpikäytäviä asioita ovat:*

- *käyttäjän kanta kylmätehon riittävyteen*
- *kesäaikaiset lauhtumislämpötilat*
- *poikkeavat höyrystyslämpötilat*
- *hankaliksi osoittautuneet jäähdytettävät kohteet*
- *millä perusteella on valittu käytetyt höyrystymis- ja lauhtumislämpötilat*

Kylmälaitoksen toimintaa voi perehtyä kirjallisuuden avulla esim:

- Pertti Hakala, Esko Kaappola ”Kylmälaitoksen suunnittelu”. Opetushallitus 2005.
- <http://www.3e.uct.ac.za>
- [http://www.resourcesmart.vic.gov.au/for\\_businesses/energy\\_efficiency\\_3452.html](http://www.resourcesmart.vic.gov.au/for_businesses/energy_efficiency_3452.html)



<b>1</b>	<b>YHTEENVETO KYLMÄJÄRJESTELMÄN ENERGIATALOUESTA JA EHDOTETUISTA SÄÄSTÖTOIMENPITEISTÄ .....</b>	<b>18</b>
1.1	Analyysikohde .....	18
1.2	Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali .....	18
<b>2</b>	<b>KOHTEEN PERUSTIEDOT JA KYLMÄJÄRJESTELMIEN NYKYTILA .....</b>	<b>19</b>
1.3	Kohteen perustiedot .....	19
1.4	Kylmäjärjestelmän energiankulutus .....	19
1.5	Kylmän tuotanto .....	19
1.6	Kylmän käyttökohteet .....	19
1.7	Kylmäjärjestelmien huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta .....	20
<b>3</b>	<b>KYLMÄJÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUDEN ANALYSOINTI .....</b>	<b>21</b>
1.8	Kylmäntarpeen pienentämismahdollisuudet .....	21
1.9	Tarvittavien lämpötilojen selvitys .....	21
1.10	Tehdäänkö kylmä energiataloudellisesti .....	21
<b>4</b>	<b>TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA VAIKUTUKSET .....</b>	<b>23</b>
1.11	Laskentaperusteet .....	23
1.12	Toimenpide-ehdotukset .....	23
1.13	Jatkoselvitykset ja -tutkimukset .....	23
<b>5</b>	<b>ENERGIATEHOKKUUDEN SEURANTA JA YLLÄPITO .....</b>	<b>24</b>
1.14	Tehostamissuunnitelma .....	24
1.15	Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi .....	24
1.16	Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus .....	24
1.17	Uudet mittaukset .....	24
1.18	Uusintakatselmukset .....	24



# ESIPUHE

---

Esipuheen sisältö:

- Kohde
- Viitekehys
- Toteutusaika
- Tekijät
- Asiakkaan edustajat

# 1 Yhteenveto kylmäjärjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

---

Kappaleessa esitellään lyhyesti analyysikohte sekä kootaan yhteen analyysin keskeiset tulokset.

## 1.1 Analyysikohte

---

Sanallinen analyysikohteen esittely, jossa kuvataan lyhyesti mm.

- kohteen nimi
- osoite
- toimialaluokka (TOL 2002)
- tuotantosuunta.

Keskeisimmät kylmäjärjestelmän käyttökohteen tarkasteltavassa kohteessa kuvataan hyvin yleisellä tasolla.

## 1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

---

Taulukossa 1 esitetään kohteen nykyinen kylmäenergian sähkönkulutus sekä sähkön, lämmön ja veden säästöpotentiaalit toimenpiteillä, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta sekä tarvittavat investoinnit. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön, sähkön ja veden osalta energiansäästöinä ja kokonaiskustannusten osalta kustannussäästöinä.

Taulukko1. Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista

Taulukko 2. Yhteenveto ehdotetuista energiatehokkuustoimenpiteistä.

## 2 Kohteen perustiedot ja kylmäjärjestelmien nykytila

---

Luvussa esitetään kohteen perustiedot lyhyesti. Luvussa esitetään myös kylmäjärjestelmän tuotanto-, energiankulutus- ja kustannustiedot sekä huolto- ja kunnossapitoasiat.

### 1.3 Kohteen perustiedot

---

Kohteen perustiedot lyhyesti, tarkasteluvuosi ja sen edustavuus vertailuvuodeksi tuotannon, käyttöaikojen, korjausten ym. kannalta.

Analyysin lähtötietojen tietolähteet, saadut raportit, aikaisemmin tehdyt tutkimukset ja tärkeimmät aiemmin tehdyt mittaukset.

- tuotantotiedot
- jäädytetyt työ- ja varastotilat pinta-aloina ja tilavuuksina. Jäädytettynä työtiloina pidetään alle +12 °C tiloja
- prosessijäädytysjärjestelmät.

### 1.4 Kylmäjärjestelmän energiankulutus

---

Yhteenvetona edellisen vuoden kylmäjärjestelmän kokonaistuotanto, energiankulutus ja -kustannus sekä kompressorien käyntitunnit siltä osin kuin tiedot ovat saatavissa.

Raportissa esitetään seuraavat mittausjärjestelmät, siltä osin kuin ne ovat käytössä:

- kylmäkonehuoneen sähköt erikseen (jopa järjestelmäkohtaisesti)
- höyrystimien, lauhduttimien yms. puhaltimien sähkön kulutus
- haihdutuslauhduksen käyttämä lisävesi
- kompressorien ja muiden mitattujen laitteiden käyttötunnit
- välillisen järjestelmän energia lämpötila- ja virtaustietojen perusteella.

### 1.5 Kylmän tuotanto

---

- kylmä tuotantojärjestelmän kuvaus
- pääkomponenttien mitoitus tiedot

Kylmäjärjestelmän varusteet esitellään luettelomaisesti

- järjestelmäkuvaus
- kompressorit
- lauhduttimet
- lämmönsiirtimet
- jne.

### 1.6 Kylmän käyttökohteet

---

- käyttökohteiden lyhyt kuvaus

## 1.7 **Kylmäjärjestelmien huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta**

---

Raportissa esitetään yhteenveto:

- oman henkilökunnan tehtävät kylmälaitoksen hoidossa
- sähköenergian seuranta- ja raportointimenetelmistä
- huolto- ja korjauskäytännöt
- varakompressorit eri järjestelmissä
- huoltosopimukseen sisältyvien töiden lyhyt listaus.

### 3 Kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden analysointi

---

Luvussa analysoidaan kylmäjärjestelmän tärkeimpien osien ja energiatehokkuuden nykyistä tilaa, käyttö- ja kunnossapitomenetelmiä sekä esitetään energiatehokkuuden parannustavat mahdollisine investointitarpeineen. Luvussa käsitellään myös laitekohtaiset kunnonhallintarutiinit, mikäli niillä on merkitystä laitteiston energiatalouteen.

Parannuskohteiden tekniset asiat mm. toimenpiteen kuvaus, investointi, muut vaikutukset, esim. käytettävyys ja taloudelliset seikat käsitellään luvussa 4.

#### 1.8 Kylmäntarpeen pienentämismahdollisuudet

---

KYTE-analyysi aloitetaan kartoittamalla mahdollisuudet pienentää kylmäenergian käyttöä. Erityisesti keskitytään lämpökuormien pienentämismahdollisuuksiin ja sähkön käyttöön. Siksi raportissa esitetään mm.:

- prosessin/tuotteen esijäähdytys mahdollisuudet ennen koneellisen jäähdytyksen aloittamista
- kylmätiloihin tulevan kosteus- ja lämpökuorman pienentämismahdollisuudet
- oven toiminta ja niiden parantamismahdollisuudet
- kylmä- ja pakkasvarastojen rakenteiden läpivienti- ja liitoskohtien kunto
- höyrystimien sulatuksen ohjaus
- jäähdytettyjen tilojen koko toimintoihin nähden
- tilassa käytävien sähkölaitteiden, kuten koneiden ja valaistuksen tyyppi, ohjaus sekä sijainti hyllyihin nähden
- tilan ilmanvaihto (tuloilmasuihkujen häiriöt, jäähdytys ja poistoilman kylmän talteenotto)
- kylmien putkien lämpöeristys.

#### 1.9 Tarvittavien lämpötilojen selvitys

---

KYTE-analyysiraportissa esitetään mm.:

- tarvittavat höyrystymis- ja lauhtumislämpötilatasot
- matalimman höyrystymislämpötilan vaatima kohde
- syy matalimmalle höyrystymislämpötilatasolle
- vapaa- tai esijäähdytysjärjestelmän hyödyntämismahdollisuudet prosessijäähdytyksessä.

#### 1.10 Tehdäänkö kylmä energiataloudellisesti

---

Tässä kohtaa esitetään tehtyjen mittausten tulokset sekä niistä tehdyt johtopäätökset, kuten:

- kompressorien ottotehon seurantamittaukset
- tilakohtaiset lämpötilamittaustulokset
- ulkolämpötila mittausjakson aikana
- ilmanpoistimen toiminnan tarkistus
- lauhtumislämpötilan seurantamittaus
- höyrystymislämpötilojen pysyvyysmittaus.

Valvontajärjestelmän käytössä olevista ominaisuuksista raportissa esitetään:

- kompressoreiden tehonsäätö
- lauhduttimien ja lauhdutuspaineen säätötapa

- imupaineen säätötapa
- sulatustoiminto, pysäytys lämpötilan tai ajan mukaan.

## 4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

---

Luvussa kerrotaan analyysin tulokset selkeinä tehostamissuunnitelmina, joista käy ilmi tarvittavat toimenpiteet, niiden arvioidut hankintakustannukset, energiasäästövaikutukset sekä yksinkertainen (suora) takaisinmaksuaika. Tavoitteena on esittää tehostamiskohteet, joissa ehdotusten takaisinmaksuaika on alle kymmenen vuotta. Myös muita toimenpide-ehdotuksia voidaan esitellä, jos tarkastelulle on energiansäästön ohella muita merkittäviä perusteita.

Eri toimenpiteiden ehdotetut parannukset kerrotaan tekstimuodossa ja keskeiset lukuarvot (energian säästö, kustannustensäästö, investoinnit ja takaisinmaksuaika) esitetään määrämuotoisesti toimenpiteen perässä.

Kaikki ehdotetut toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta, kootaan yhteenvetotaulukoon 2.

### 1.11 Laskentaperusteet

---

Lähtöarvoina esitellään käytetyt sähkön, lämmön veden ja kylmänenergian hinnat ilman arvonlisäveroa. Kylmäenergian yksikköhinta riippuu käytetyistä höyrystymislämpötilataseista ("pakkasenergia" on kalliimpaa kuin "kylmäenergia").

### 1.12 Toimenpide-ehdotukset

---

Esitetään toimenpiteiden lyhyet selkeät kuvaukset toteutusjärjestyksessä ottaen huomioon mm. hankkeiden keskinäiset riippuvuudet, samanaikaisen toteutuksen edut sekä kylmäjärjestelmän käytettävyyksvaatimukset, tarvittaessa kuvilla selvennettyinä. Muutokset ja lisäykset kylmäjärjestelmiin edellyttävät usein tyhjennyksiä, korjauseristyksiä, painekokeita tms., jotka rytmittävät tehtäviä muutoksia.

Esitetään laskelmien olettamukset, käytetyt lähtöarvot ja keskeiset tulokset, joissa esitetään nykyinen tilanne ja toimenpiteen jälkeinen "uus" tilanne.

### 1.13 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

---

Kappaleessa esitetään analyysin aikana havaitut asiat tai säästöpotentiaalit, jotka vaativat lisäselvityksen tekemistä tai joissa ehdotetaan muita jatkotoimenpiteitä.

Kappaleessa käsitellään toimenpiteet kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi KYTE-analyysin jälkeen.

Energiatehokkuustoiminnan tarkoituksena on vähintään pitää saavutettu tehokkuustaso.

#### 1.14 **Tehostamissuunnitelma**

---

KYTE-analyysin loppuraportin tärkeimmät tulokset ovat toimenpide-ehdotukset ja suositukset. Raportin luovutuksen ja tulosten esittelyjen jälkeen vastuu ehdotusten ja suositusten toteuttamisesta jää yritykselle, jolle analyysi on tehty. Yrityksen tulee arvioida toimenpiteiden tekninen sovellettavuus ja taloudellinen kannattavuus omilla kriteereillään. Toteuttamiskelpoisista ehdotuksista tehdään tarvittavat hankintasuunnitelmat ja määritetään vastuuhenkilöt.

#### 1.15 **Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi**

---

KYTE-analyysissä annetaan ohjeita ja esitetään hyviä käytäntöjä energiatehokkuuden seuraamiseksi ja ylläpitämiseksi. Kylmälaitteiden vuotuista sähkönkulutusta ja käyttötunteja tulee seurata ja raportoida säännöllisesti. Huoltokirjaa pidetään huolloista, korjauksista ja toimintahäiriöistä.

Eryteisesti käytettyjä höyrystymis- ja lauhtumislämpötiloja on syytä seurata. Lämpötilojen poiketessa tavoitearvoista on syyt poikkeamiin selvitettävä välittömästi.

#### 1.16 **Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus**

---

Henkilökunnalle kannattaa tiedottaa kylmälaitoksen energiankulutuksen merkittävydestä jo KYTE-analyysin suorittamisen aikana ja sen jälkeen normaaleissa käyttötilanteissa.

#### 1.17 **Uudet mittaukset**

---

Uusintamittaukset tehdään noin vuoden kuluttua, kun raportissa ehdotetut parannukset on toteutettu.

#### 1.18 **Uusintakatselmukset**

---

KYTE-analyysi uusitaan noin kolmen vuoden kuluttua edellisestä tai kun on tehty merkittäviä muutoksia kylmäjärjestelmiin.





Esimerkkiraportti on kuvitteellinen

---

**KYTE-TUOTE OY**

---

***KYTE-ANALYYSI RAPORTTI***  
**5.3.2007**

# SISÄLLYSLUETTELO

---

<b>1</b>	<b>YHTEENVETO KYLMÄJÄRJESTELMÄN ENERGIATALOUESTA JA EHDOTETUISTA SÄÄSTÖTOIMENPITEISTÄ .....</b>	<b>30</b>
1.1	Analyyssikohde .....	30
1.2	Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali .....	30
<b>2</b>	<b>KOHTEEN PERUSTIEDOT JA KYLMÄJÄRJESTELMIEN NYKYTILA .....</b>	<b>33</b>
2.1	Kohteen perustiedot .....	33
2.1.1	Laitoksen tuotantomäärät .....	33
2.2	Kylmäjärjestelmän energian kulutus .....	33
2.3	Kylmän tuotanto .....	35
2.4	Kylmän käyttökohteet .....	35
2.5	Kylmäjärjestelmien huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta .....	36
<b>3</b>	<b>KYLMÄJÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUDEN ANALYSOINTI .....</b>	<b>37</b>
3.1	Kylmäntarpeen pienentämismahdollisuudet .....	37
3.2	Tarvittavien lämpötilojen selvitys .....	37
3.3	Tehdäänkö kylmä energiataloudellisesti .....	38
3.3.1	Järjestelmä 1 .....	39
3.3.2	Järjestelmä 2 .....	41
3.3.3	Lauhtumispaineen seurantamittaus .....	43
3.3.4	Ohjaus- ja säätötavat .....	43
3.3.5	Höyrystimien sulatus .....	43
3.3.6	Lämmön talteenotto .....	44
3.3.7	Kylmän jakelu .....	44
<b>4</b>	<b>TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA VAIKUTUKSET .....</b>	<b>45</b>
4.1	Laskentaperusteet .....	45
4.2	Toimenpide-ehdotukset .....	45
4.2.1	Kylmävarastojen valaistusohjaus muutos .....	45
4.2.2	Kuljetinluukun hankinta .....	45
4.2.3	Varaston V4 jäähdytysmuutos .....	46
4.2.4	Lämmön talteenottosiirtimen hankinta .....	46
4.3	Jatkoselvitykset ja -tutkimukset .....	46
<b>5</b>	<b>ENERGIATEHOKKUUDEN SEURANTA JA YLLÄPITO .....</b>	<b>47</b>
5.1	Tehostamissuunnitelma .....	47

5.2	Energiätehokkuuden seuranta ja raportointi.....	47
5.3	Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus.....	47
5.4	Uudet mittaukset.....	47
5.5	Uusintakatselmukset .....	47

## ESIPUHE

---

KYTE-raportissa on esitetty Kylmätuote Oy:n tuotantolaitosten kylmäjärjestelmien nykytilanne sekä mahdollisuudet pienentää sen aiheuttamaa energian ja veden kulutusta. Säästötoimenpiteiden osalta on esitetty toteutuksen kokonaiskustannukset, saavutettavat säästöt ja saavutettavat takaisinmaksuajat.

Tilaajan edustajana tässä selvityksessä on toiminut N.N. Kohteen yhteyshenkilönä on toiminut N.N. Käytännön mittaukset ja katselmukset on tehty N.N. avustuksella.

# 1 Yhteenveto kylmäjärjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

---

## 1.1 Analyysikohte

---

Nimi:	KYTE-tuote Oy
Osoite:	Kylmätie 1 12345 Mallila
Rakennustyyppi:	69 Teollisuusrakennukset
Toimialaluokka (TOL 2002):	Elintarvikkeiden valmistus DA155

Kohde on KYTE-Tuote Oy:n tuotantolaitos, jossa tehdään elintarvikkeita. KYTE—analyysissä tutkittiin kahta erillistä kylmäjärjestelmää, jotka on sijoitettu kahteen erilliseen kylmäkonehuoneeseen. Tutkittujen kylmäjärjestelmien kompressorien yhteen laskettu moottoriteho on 750 kW. Kylmäenergiaa käytetään tuotantolinjojen prosessijäähdytyksiin sekä kylmävarastojen jäähdyttämiseen.

## 1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

---

Taulukossa 1 esitetään kohteen nykyinen kylmäenergian sähkönkulutus sekä sähkön, lämmön ja veden säästöpotentiaalit toimenpiteillä, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta sekä tarvittavat investoinnit. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön, sähkön ja veden osalta energiansäästöinä ja kokonaiskustannusten osalta kustannussäästöinä.

Kylmälaitteiden sähkön kulutus on ollut viimevuosina keskimäärin 31 % koko tehtaan sähkön kulutuksesta.

Taulukko1. Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista

<b>Nykyinen kulutus</b>	<b>Säästöpotentiaali</b>		<b>Kokonaisinvestointi</b>
<b>Lämpöenergia</b>			
4 096 MWh/a	241 MWh/a	5,5 %	
184 361 €/a	10 680 €/a	5,8 %	
	48 tCO <sub>2</sub> /a		50 000 €
<b>Sähköenergia</b>			
9 007 MWh/a	325 MWh/a	3,6 %	
401 015 €/a	14 515 €/a	3,6 %	
	242 tCO <sub>2</sub> /a		16 500 €
<b>Vedenkulutus</b>			
2 034 m <sup>3</sup> /a	0 m <sup>3</sup> /a	0 %	
3 397 €/a	0 €/a	0 %	0 €
<b>Kulutukset yhteensä</b>	<b>Säästöt yhteensä</b>		<b>Investoinnit yhteensä</b>
588 773 €/a	25 195 €/a	4,3 %	66 500 €

Taulukko 2. Yhteenveto ehdotetuista energiätehokkuustoimenpiteistä.

	Toimenpi- teen kuvaus	Sääs- tö yh- teensä	TMA	Inves- toinnit	CO <sub>2</sub> vä- hene- mä	Säästö								Rapor- tin kohta	Sovitut jatko- toimen- piteet
						Lämpö				Sähkö					
						energia MWh/a	CO <sub>2</sub> t/a	Kustannukset		energia MWh/a	CO <sub>2</sub> t/a	Kustannukset			
€/a	a	€	t/a	energia €	muut €	energia €	muut €								
1	Valaistuksen ohjausmuutos	10 750	1,4	15 000	169	0	0	0	0	241	169	10 750	0	4.2.1	P
2	Kuljetinluukun asennus	2 905	0,5	1 500	37	16	3	740	0	48	34	2 165	0	4.2.2	P
3	Varaston V4 lämpötilan ohjausmuutos	1 500	0,0	0	25	0	0	0	0	36	25	1 600	0	4.2.3	T
4	Tulistuslämmön talteenotto	10 100	4,9	50 000	45	225	45	10 100	0	0	0	0	0	4.2.4	H
5															
	<b>Yhteensä</b>	<b>25 255</b>	<b>1,7</b>	<b>66 500</b>	<b>276</b>	<b>241</b>	<b>48</b>	<b>10 840</b>	<b>0</b>	<b>325</b>	<b>228</b>	<b>14 515</b>	<b>0</b>		

Sovitut jatkotoimet: T = toteutettu, P = päätetty toteuttaa, H = harkitaan toteutettavaksi, E = ei toteuteta



## 2 Kohteen perustiedot ja kylmäjärjestelmien nykytila

### 2.1 Kohteen perustiedot

Rakennusvuosi:	1975, lukusia saneerauksia 2000- 2006
Rakennustilavuus:	17 900 m <sup>3</sup>
Pinta-ala:	25 500 m <sup>2</sup>

Pinta-alasta on:

- toimisto- ja sosiaalitilaa n. 11 %
- kylmää varastotilaa ( $t_s$  4 ... 8 °C) n. 48 %
- lämmintä varastotilaa n. 6 %
- korjaamo ja hyödyketilat n. 11 %
- tuotantotilaa n. 24 %

#### 2.1.1 Laitoksen tuotantomäärät

Vuosien 2004 - 2006 tuotantomäärät ovat kasvaneet tasaisesti. Oheiseen taulukkoon 3 on kerätty vuosien 2004 - 2006 tuotantomäärät.

Taulukko 3. Vuosituotanto vuosina 2004 – 2006.

NIMIKE	2004	2005	2006 *)
Tuotanto, linja 1 [t/a]	15 079	15 903	15 291
Tuotanto, linja 2 [t/a]	14 508	15 064	12 913
YHTEENSÄ [t/a]	29 587	30 967	28 204

\*) Vuoden 2006 tuotanto on tammikuu – lokakuu.

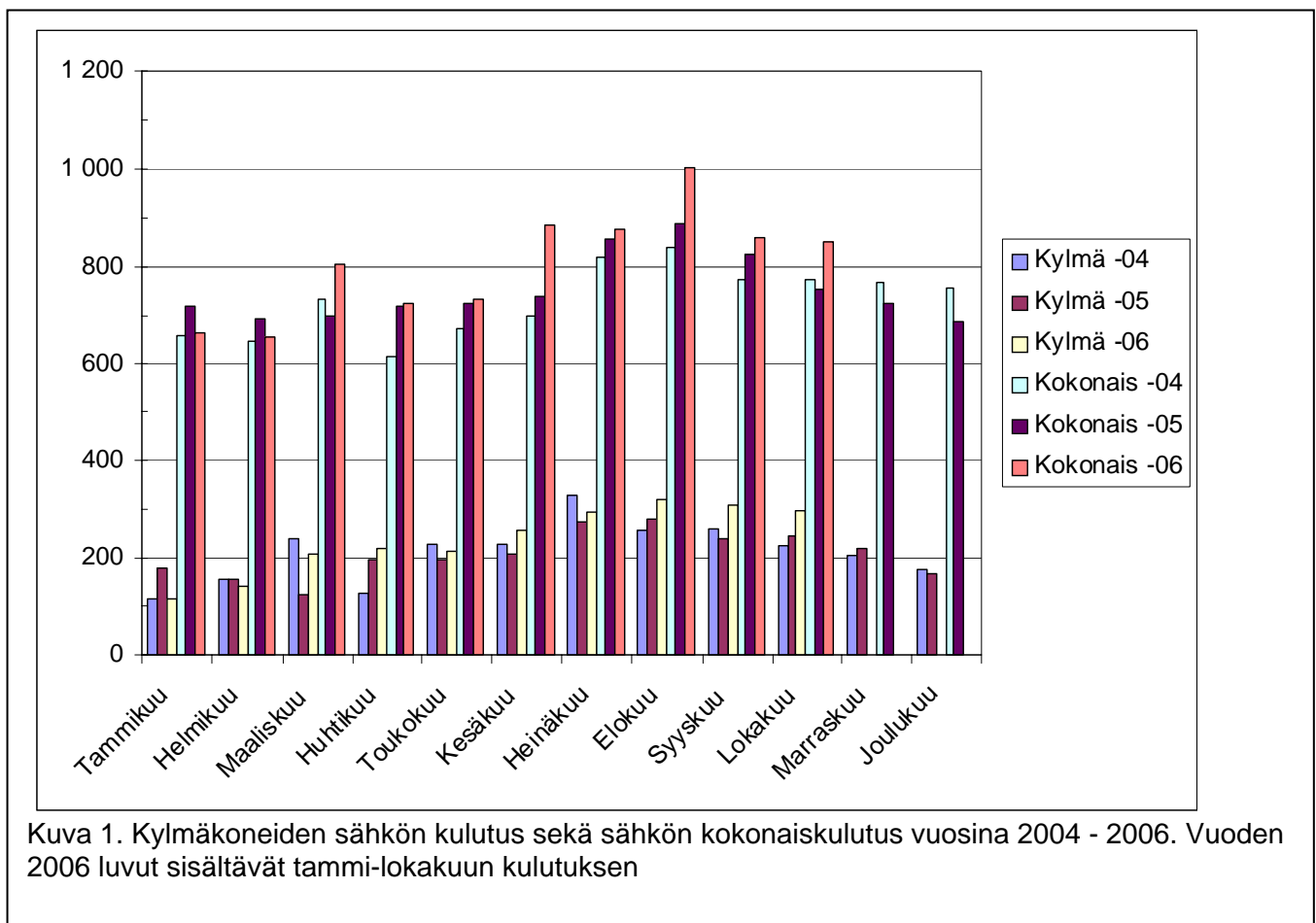
### 2.2 Kylmäjärjestelmän energian kulutus

Taulukossa 4 on esitetty mitatut sähkönkulutukset. Kylmäkoneiden sähkön kulutus ei sisällä höyrystinpuhaltimien sähköä. Kuvassa 1 on esitetty kokonaissähkönkulutus sekä kylmäkoneiden sähkön kulutus. Kylmälaitteiden sähkön kulutuksessa näkyy voimakas vuosivaihtelu, joka johtuu ulkoisista ulkolämpötilan vaihtelusta. Kylmäkoneiden sähkön kulutus on lähtenyt reippaaseen nousuun keväällä 2006. Osa kompressorien käyntituntimittareista ei toiminut.

Taulukko 4. Mitatut sähkön kulutukset vuosilta 2004 – 2006.

	2004		2005		2006	
	Kylmäkoneiden sähkö, MWh	Sähkön kokonaiskulutus, MWh	Kylmäkoneiden sähkö, MWh	Sähkön kokonaiskulutus, MWh	Kylmäkoneiden sähkö, MWh	Sähkön kokonaiskulutus, MWh
Tammikuu	118,0	656,9	179,3	718,6	117,3	661,7
Helmikuu	155,3	646,5	155,8	688,4	139,8	653,1
Maaliskuu	242,0	729,8	123,4	700,0	210,1	802,3
Huhtikuu	128,1	615,6	197,6	719,4	220,7	722,2
Toukokuu	228,8	669,2	195,9	721,3	213,5	731,6
Kesäkuu	229,6	696,9	209,6	739,4	255,6	884,8
Heinäkuu	327,9	818,1	273,3	853,3	294,2	875,7
Elokuu	254,9	837,3	280,3	886,1	322,0	1 004,1
Syyskuu	262,1	772,4	241,1	821,9	309,0	859,7
Lokakuu	224,7	771,1	243,2	750,8	297,1	849,0
Marraskuu	206,4	765,8	220,3	721,1		
Joulukuu	177,2	756,4	167,0	687,2		
	2 555,0	8 735,8	2 486,7	9 007,5	2 379,3	8 044,2

Haihdutuslauhdukselle menevää vettä ei mitata erikseen.



Kuva 1. Kylmäkoneiden sähkön kulutus sekä sähkön kokonaiskulutus vuosina 2004 - 2006. Vuoden 2006 luvut sisältävät tammi-lokakuun kulutuksen

## 2.3 Kylmän tuotanto

Tuotantolaitoksella on kaksi erillistä kylmäkonehuonetta. Kummassakin kylmäkonehuoneessa käytetään kylmäaineena ammoniakkaa. Liitteessä 1 on kylmäkoneistojen yksinkertaistettu järjestelmäkaavio.

Taulukko 5. Kylmäkoneistojen pääkomponentit. Haihdutuslauhduttimen teho on ilmoitettu tulevan ilman +20 °C märkälämpötilalla ja +35 °C lauhtumislämpötilalla.

<b>Järjestelmä 1</b>	
<b>Kompressorit</b>	Kylmäteho
JK1, valmistaja tyyppi	206 kW -8/+35 °C
JK2, valmistaja tyyppi	206 kW -8/+35 °C
<b>Lauhduttimet</b>	
Valmistaja, tyyppi	
Nesteenerotin	3 m <sup>3</sup>
<b>Järjestelmä 2</b>	
<b>Kompressorit</b>	Kylmäteho
JK3, valmistaja tyyppi	105 kW -5/+35°C
JK4, valmistaja tyyppi	105 kW -5/+35°C
JK5, valmistaja tyyppi	225 kW -5/+35°C
JK6, valmistaja tyyppi	225 kW -5/+35°C
JK7, valmistaja tyyppi	343 kW / -15 /+35°C
<b>Lauhduttimet</b>	
Valmistaja, tyyppi	584 kW +20/+35 °C
Valmistaja, tyyppi	584 kW +20/+35 °C
Valmistaja, tyyppi	584 kW +20/+35 °C
Valmistaja, tyyppi	1027 kW +20/+35 °C
<b>Nesteenerotin</b>	5 m <sup>3</sup>

## 2.4 Kylmän käyttökohteet

Kylmää käytetään tuotannon prosessilaitteissa, prosessijäähdytysjärjestelmässä sekä kylmävarastoissa. Kylmän käyttökohteet on esitetty taulukossa 6. Varastojen sekä prosessijäähdytys hoidetaan välillisellä kylmäkoneistolla.

Taulukko 6. Kylmän käyttökohteet. Järjestelmä 1 palvelee pelkästään tuotantolinja 3:stä. Järjestelmä 2 palvelee kaikkia muita kylmän käyttökohteita.

	Pinta-ala, m2	Tilavuus, m3
Varasto 1	550	3 300
Varasto 2	550	3 300
Varasto 3	1 560	9 700
Varasto 4	1 540	9 500
<b>Yhteensä</b>	<b>8 460</b>	<b>46 300</b>
Prosessijäähdytykset		
- tuotantolinja 1		
- tuotantolinja 2		
- tuotantolinja 3		

Prosessijäähdytysjärjestelmällä koostuu suljetusta kiertopiiristä, jolla jäähdytetään UHT -laitteita. Suljettua kiertopiiriä jäähdytetään avoimen vedenjäähdytystornin vesipiirillä.

## 2.5 **Kylmäjärjestelmien huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta**

---

Laitoksella on osittain oma käyttö- ja huolto-organisaatio ja osa käyttö- ja kunnossapidosta ostetaan ulkopuolisilta palveluyrityksiltä.

Laitoksen käyttö- ja huolto-henkilökunta seuraa energian- ja vedenkulutusta. Kulutuksen seuranta on toteutettu manuaalisena kirjanpitona.

### 3 Kylmäjärjestelmän energiatehokkuuden analysointi

---

#### 3.1 Kylmäntarpeen pienentämismahdollisuudet

---

Tuote lähtee tuotantolinjalta noin 80 °C lämpötilassa kohti koneellista jäähdytystä. Lämpötilan kannalta esijäähdytys olisi mahdollista ennen koneellisen jäähdytyksen aloittamista. Tuote vaatii nopean jäähdytyksen, ettei siihen tule laatuvirheitä eikä bakteerikasvustoa. Lisäksi tehtaan lay-out on hyvin tiivis, eikä sinne mahdu esijäähdytysyksikköä. Niinpä tuote menee jäähdytyspirraaliin noin 80 °C:na.

KYTE-käyntien aikana todettiin UHT-laitteiden prosessijäähdytysjärjestelmän toimivan epätyytyväisesti. Syyksi paljastui avoimen vesipiirin ennen pumppua olevan suodattimen tukkeentuminen. Tämä aiheutti vapaajäähdytyksen toimimattomuuden.

UHT-laitteen lämmönsiirtimien kytkentää muuttamalla nykyisestä viisi sarjassa kytkennästä 3+3 rinnan kytkentään (edellyttää yhden lämmönsiirtimen hankintaa), saadaan lämmönsiirtoa oleellisesti tehostettua. Muutoksen jälkeen vapaa jäähdytyksellä jäähdytetty avoimen piirin lämpötila riittää valtaosan aikaa kattamaan jäähdytystarpeen.

Kylmävarastossa on useita ovia. Niiden aukioloaikoihin voi vaikuttaa opastamalla henkilökuntaa sekä parantamalla niiden suojausta esim. ilmaverhoilla. Jälkipakkaustilasta on ovet kylmävarastoihin V1 ja V2. Oven ollessa auki, tulee jälkipakkaamoon viileätä ilmaa. Tämän aiheuttamaa vetoa on korjattu lisäämällä kiertoilmapuhallin jälkipakkaamoon. Kiertoilmapuhallin puhalttaa suoraan avoimesta ovesta kylmävarastoon.

Tuotantotilojen ja kylmävarastojen välisissä ovissa on osassa myös henkilökulkua varten pieni kulkuovi, joita ei kuitenkaan KYTE-analyysin aikana käytetty, vaan henkilöliikenne tapahtui suuren trukkioven kautta.

Kylmävaraston V3 ja purkutilan välillä on kuljetinaukko, jossa ei ole mitään suojauksia. Tästäkin kuljetinaukosta aiheutuu jatkuva lämpövirta kylmävirtaan.

Ovissa ei ole ilmaverhoja, osassa on tosin pikarullaovi pysäyttämässä ilmavirtausta. Kylmävaraston ulko-ovien suojauksen parantaminen vähentää jäähdytystarvetta ja parantaa tuotantotilojen painesuhteiden hallintaa.

Lastauslaitureilla ei ole varsinaisia tuulikaappeja.

Kylmävarastojen valoja hallitaan käsikytkimillä.

#### 3.2 Tarvittavien lämpötilojen selvitys

---

Sisälämpötilojen asetusarvot on kirjoitettu taulukkoon 7. Samoin siihen on arvioitu tarvittava höyrystymislämpötilataso. Varastot tulevat toimeen korkeammalla höyrystymislämpötilatasolla kuin tuotantolaitteet.

Taulukko 7. Tarvittavat sisälämpötilat ja arvio tarvittavasta höyrystyslämpötilasta. Välillisen jäähdytysjärjestelmän kohteissa on arvio tarvittavasta tulevasta liuoslämpötilasta.

	Sisälämpötila, °C	Arvio tarvittavasta höyrystyslämpötilasta °C
Varasto V1	6.5	0
Varasto V2	7.0	0
Varasto V3	5.5	-2
Varasto V4	6	0
Prosessijäähdytykset		
- tuotantolinja 1	1.0	-2.0
- tuotantolinja 2	12.0	-10
- tuotantolinja 3	-3.0	-7.0

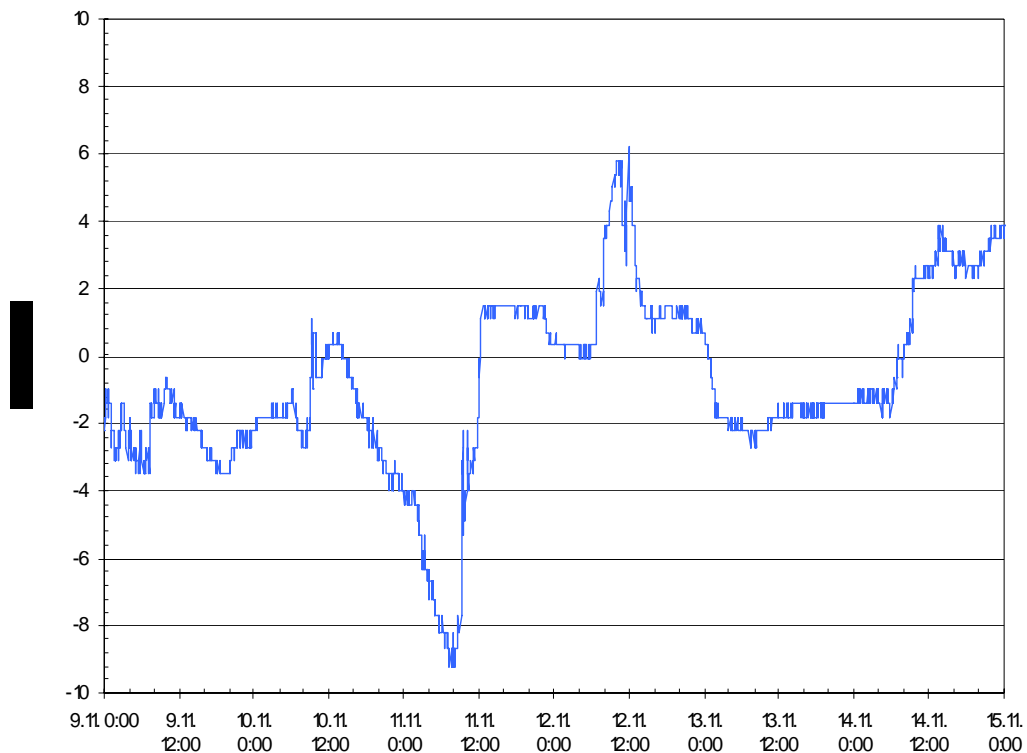
Välillisen jäähdytysjärjestelmän käytännössä määräävä kohde on tuotantolinja 1.

Järjestelmä 1 jäähdyttää pelkästään jäähdytystunnelia (=tuotantolinja 3), joten tunnelien höyrystimet ovat mitoittavia. Tunnelin jäähdytyskoneiston höyrystyslämpötila määräytyy tunnelin höyrystimen mitoituksen mukaan.

Järjestelmä 2 jäähdyttää jäähdytysspiraalia (=tuotantolinja 2) ja kylmävarastoja. Jäähdytysspiraalin höyrystimet on mitoitettu -14 °C:lle. Jos höyrystyslämpötilaa nostetaan tästä, joudutaan läpimenevää tuotteen määrää pienentämään. Varastoille riittäisi selkeästi korkeampi höyrystyslämpötila. Koska järjestelmässä 2 käytetään 5 m<sup>3</sup> nesteenerotinta sekä varastoille että spiraaleille, on tyydyttävä tähän höyrystyslämpötilaan. Tulevaisuudessa kannattaa harkita varastoissa ammoniakkihöyrystimien korvaamista välillisellä jäähdytyksellä.

### 3.3 Tehdäänkö kylmä energiataloudellisesti

Mittausjakson aikana 9.- 15.11.06 aikana mitattiin pumppusäiliöiden lämpötilaa, huonelämpötiloja, lauhtumislämpötilaa sekä kompressorien moottorien ottotehoja.



Kuva 2. Ulkoilman lämpötila mittausjakson aikana.

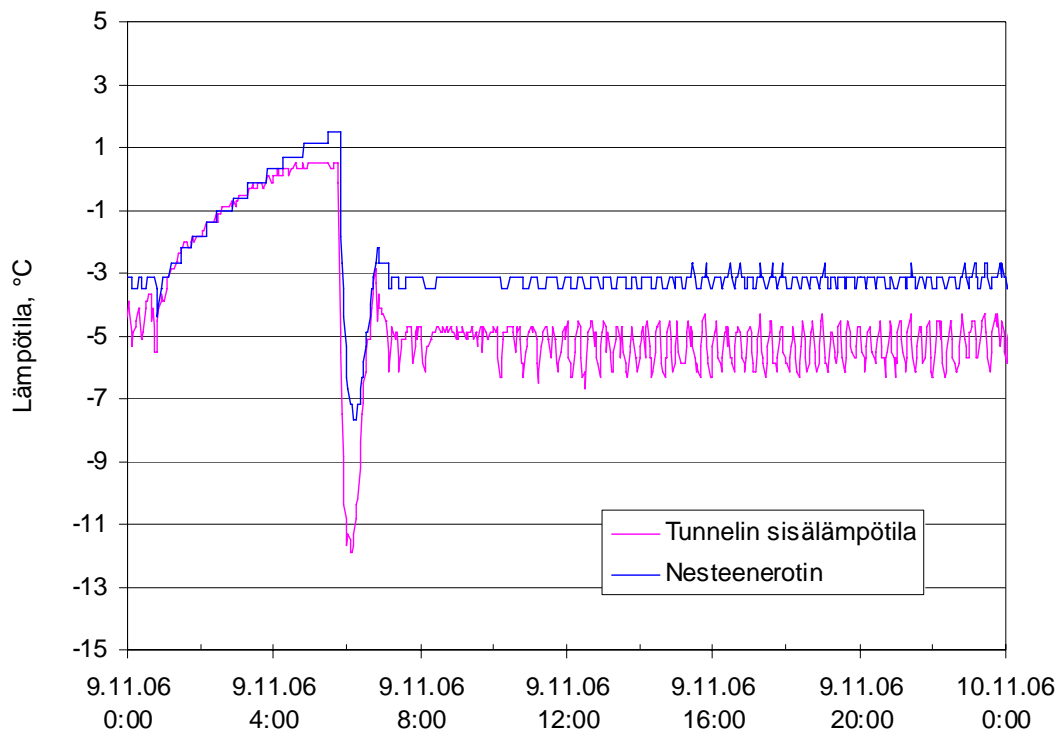
Mittausjakson aikana ulkolämpötila oli tyypillistä myöhäissyksyn ilmaa, lämpötila vaihteli  $-9 \dots +6.5 \text{ } ^\circ\text{C}$  välillä keskiarvon ollessa  $0.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Ulkolämpötila mittausjakson aikana on esitetty kuvassa 2.

Lauhtumislämpötilan sekä pumppusäiliöiden lämpötilamittaukset on tehty lämpöeristetyksi putkiston päältä. Järjestelmässä 1 ei ole erillistä varaajaa, vaan lauhttimen valuntaputkessa on pieni uimurisäiliö, josta kylmäaine syötetään pumppusäiliöön.

KYTE-analyysin aikana tuotantomäärä linjalla 1 oli 338 111 kg ja linjalla 2 402 720 kg. Tuotanto oli 8. – 15.11. normaalissa 2 vuorotyössä. Viikonloppuna 11. – 12.11. ei ollut tuotantoa.

### 3.3.1 Järjestelmä 1

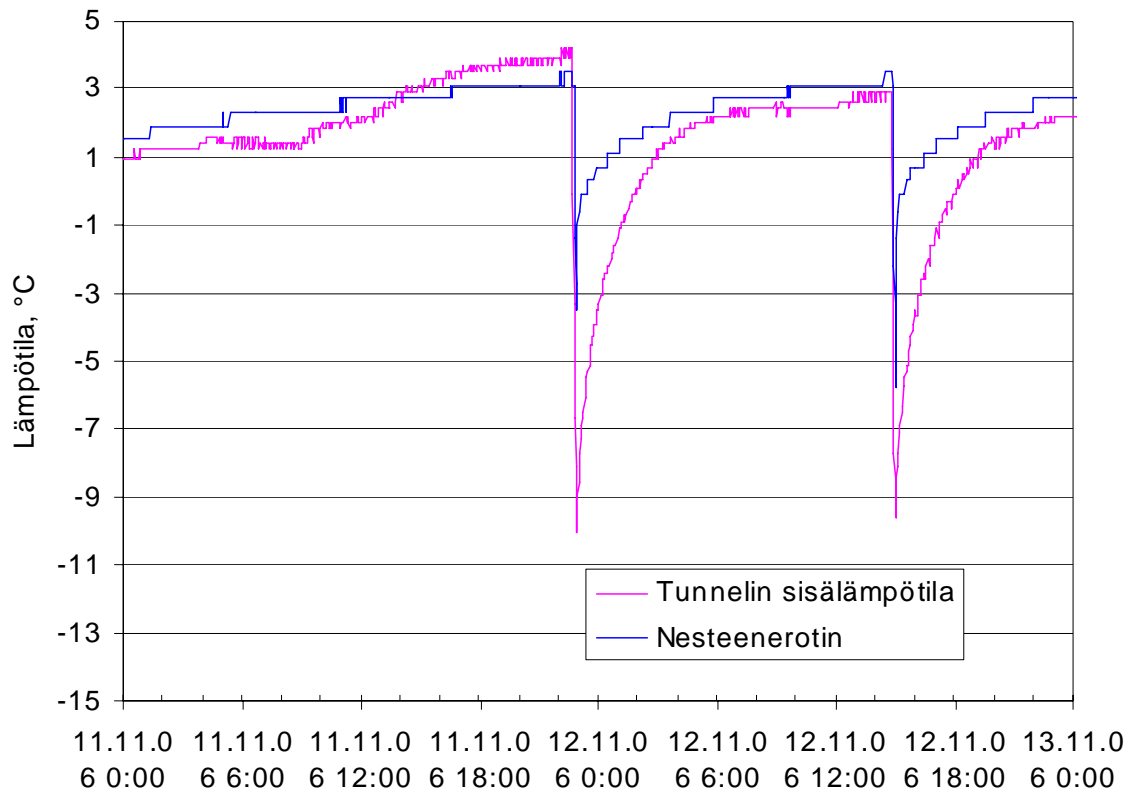
Tunnelin (=tuotantolinja 3) sisälämpötila pysyy tuotantoaikana varsin tarkasti  $-3.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ :ssa. Tuotantoajan ulkopuolella lämpötilan annetaan nousta varastolämpötilaan n.+4  $^\circ\text{C}$ . Lämpötilan käyttäytyminen nestenerottimessa ja jäähdystytunnelin sisällä on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Järjestelmän 1 nesteenerottimen ja tunnelin sisäpuolen lämpötilat arkipäivänä.

Nesteenerottimessa ammoniakkin lämpötilan annetaan nousta seisontajakson aikana. Kompressorit käyvät muuten hienosti, mutta käynnistys tapahtuu siten, että kumpikin kompressori käy hetken 100% teholla, sen jälkeen pumppusäilön paineen asetusarvo saavutetaan ja kumpikin kompressori pysähtyy. Tämän jälkeen toisen kompressorin 50% teho riittää. Yöaikana kompressori ei käy lainkaan. Viikonloppuna kompressorit käynnistyvät lyhyeksi hetkeksi, tosin kumpikin yhtä aikaa kuva 4.





Kuva 4. Järjestelmän 1 nesteenerottimen ja tunnelin sisäpuolen lämpötilat viikonloppuna.

Käynnistysvaiheessa yksikin kompressorin riittäisi, viikonloppuna kahden kompressorin yhtäaikainen käynnistyminen on turhaa.

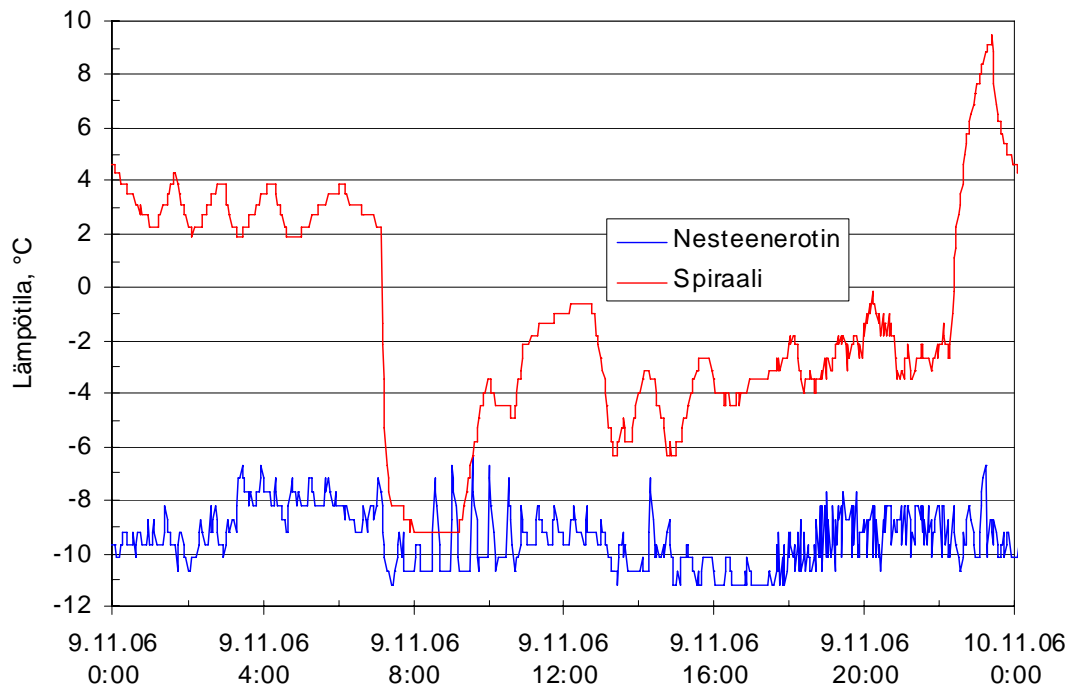
Järjestelmän 1 ilmalauhduttimen tehoa suurennetaan kesähelteillä käyttämällä vesisumutusta.

Lauhduttimen valuntaputken lämpötilamittausten ja kompressorien painemittausten mukaan välissä on melko iso ristiriita. Kompressorit käyvät noin +25 ... +28 °C lauhtumislämpötilalla ja valuntaputken lämpötila on +12 ... +17 °C.

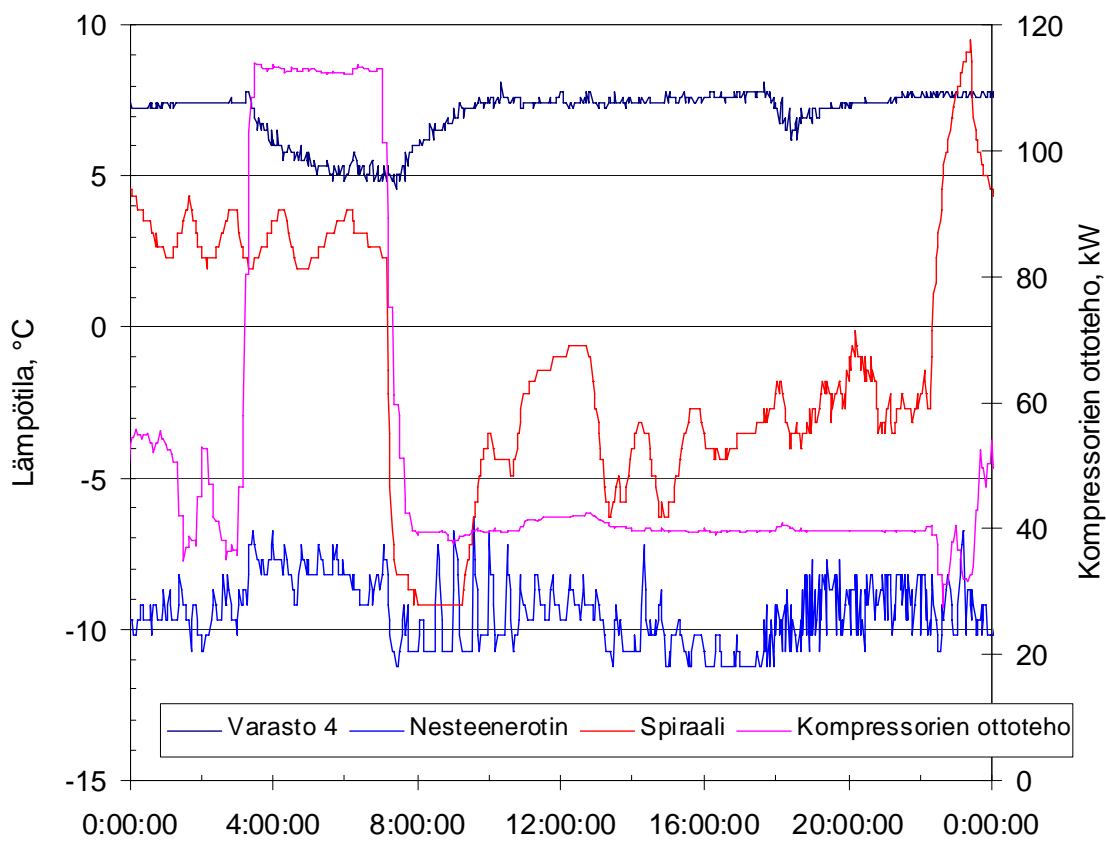
### 3.3.2 Järjestelmä 2

Spiraalin sisälämpötila vaihtelee melkoisesti tuotannon aikana. Tuotannon alkaessa sisälämpötila on noin -9 °C. Mutta sen jälkeen lämpötila hiipuu ylöspäin. Lämpötila käyttäytyy samalla tavalla eri tuotantopäivinä. Tuotannon (=jäähdytyskäytön) jälkeen kytkimellä valitaan varastointi -asento, jolloin sisälämpötilan asetusarvo nousee noin +4 °C:een.

Nesteenerottimen lämpötila vaihtelee melkoisesti, kuva 5.



Kuva 5. Järjestelmän 2 nesteenerottimen ja spiraalin sisäpuolen lämpötilat arkena.



Kuva 6. Varaston V4 jäädytysaika.

Varastoa V4 jäädytetään pääosin yöaikana. Vartija kytkee jäädytys päälle käsin kylmäkonehuoneesta. Varaston V4 jäädytyksen aikana nesteenerottimen lämpötila nousee. Kuvassa 6 näkyy myös kompressorien ottotehon nousu varaston jäädytyksen aikana. Varaston jäädytys vie varsin paljon kylmätehoa. Viikon mittausjakson aikana ei ollut sellaista hetkeä, jolloin kaikki kompressorit olisivat olleet pysähtyneinä! Kompressorien käynti ei vastaa laskettua kylmäntarvetta.

Järjestelmässä 2 on neljä haihdutuslauhdutinta. Teoreettisesti tarkasteltuna lauhdutintehoa on vähintäänkin riittävästi. Käytännössä lauhduttimen pintojen likaantuminen vähentää kuitenkin merkittävästi käytössä olevaa lauhtumistehoa. Haihdutuslauhduttimet vaikuttavat olevan epätasapainossa, jolloin vain osa lämmönsiirtopinnasta on käytössä. Lauhduttimien toiminta pitää tarkistaa lämpimänä vuodenaikana mitaamalla lauhdutinkohtaisesti putkien lämpötilat. Spiraalikoneistoa varten on hankittu vuonna -98 ruuvikompressori ja sille oma haihdutuslauhdutin. Sen valuntaputki on kytketty yhteiseen varaajan valuntaputkeen. Valuntaputkien kautta ei varaajan ja haihdutuslauhduttimien välinen paineentasaus toimi parhaalla mahdollisella tavalla, vaan kesällä paine nousee ilmauksesta huolimatta liian korkeaksi.

### Ilmanpoistin

Ilmanpoistinta ei ole missään järjestelmässä, koska kaikki järjestelmät toimivat normaalisti ylipaineen puolella. Ilmaus tehdään käsin keväisin sekä tarvittaessa paineiden noustua korkealle.

Taulukko 8. Järjestelmä 1 paine on luettu kompressorin painemittarista, koska uimurisäiliössä ei ole painemittausta. Mittausjärjestely aiheuttaa menetelmävirheen, mutta silti paineen ja lämpötilan ero on liian suuri. Järjestelmä 2:n mittaus ja painemittarin lukema on luettu varaajalta.

	Mitattu lämpötila, °C	Lämpötilaa vastaava paine, bar	Painemittari, bar
Järjestelmä 1	15	6.3	9.9
Järjestelmä 2	24	8.7	9.0

### 3.3.3 Lauhtumispaineen seurantamittaus

Järjestelmän 1 lauhtumislämpötila mitattuna valuntaputkesta uimurille pysyy noin 15 °C lämpötilassa vaihdellen kompressorin käynnin mukaisesti. Kuitenkin kompressorin oma painemittari näyttää oleellisesti korkeampaa painetta.

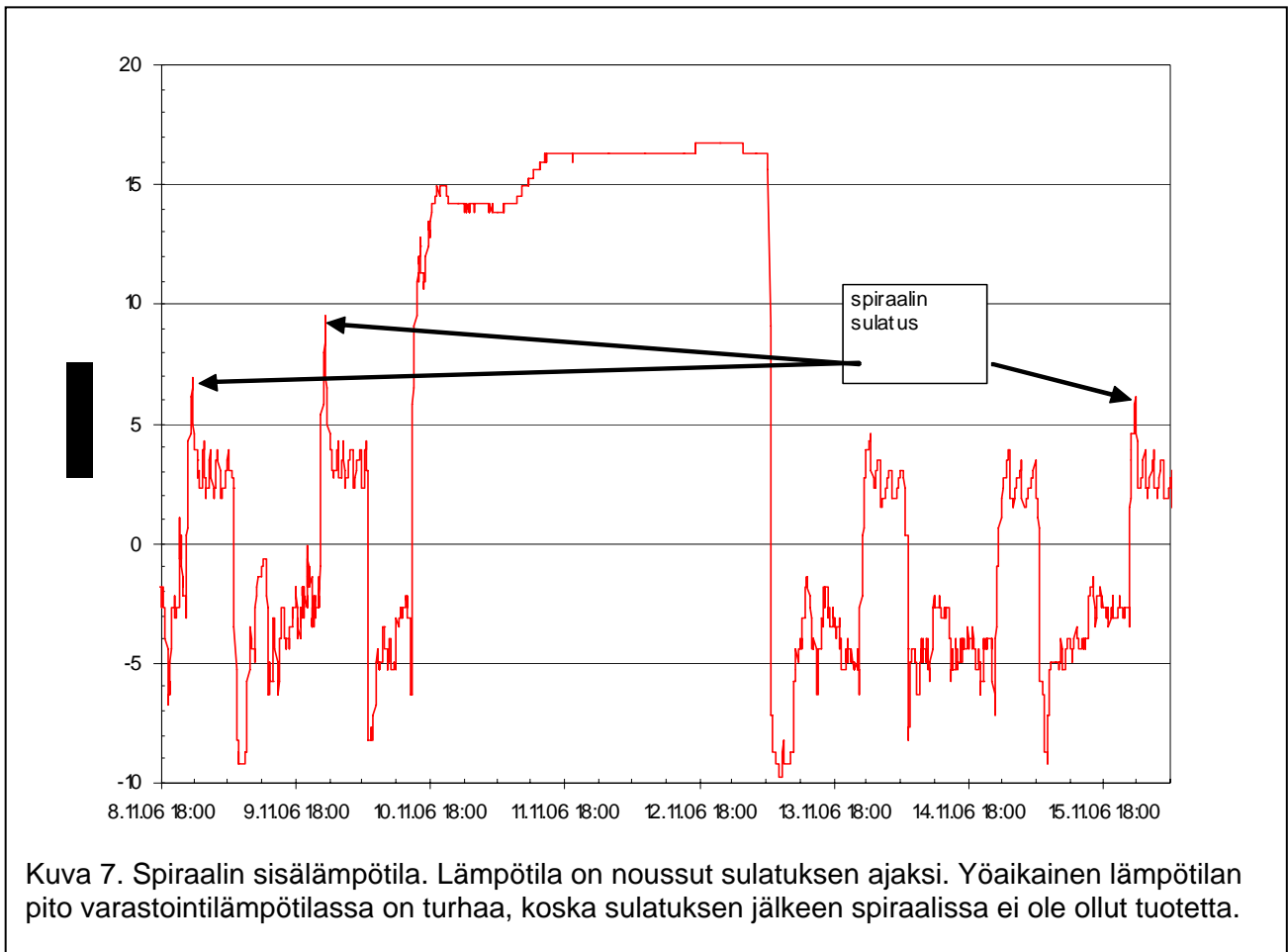
Järjestelmä 2 lauhtumislämpötila pysyy noin 25 °C:een tuntumassa, kun isommat mäntäkompressorit ovat käynnissä. Pelkästään pienten mäntäkompressorien käydessä painetaso on alhaisempi ja vaihteluväli suurempi puhaltimien ja pumpun on/off säädöstä johtuen.

### 3.3.4 Ohjaus- ja säätötavat

Järjestelmä 1 säätää kompressorien tehoa pumppusäiliön paineen perusteella. Mäntäkompressoreissa tehoa säädetään keventämällä osa sylintereistä. Kompressorien tehonsäätöportaavat ovat 0-67-100%. Höyrystymislämpötilalle on kaksi asetusarvoa; tuotantoaika ja varastoaika. Lämpötilamittausten (kuva 4) perusteella tämä säätö toimii varsin hyvin. Lauhtumispainetta säädetään ohjaamalla lauhduttimen puhaltimia päälle tarpeen mukaan.

### 3.3.5 Höyrystimien sulatus

Höyrystimien sulatus tapahtuu seisontajaksojen aikana ilman ulkopuolista lämpöä. Spiraalin sulatus tapahtuu käyttäjän käsin tekemänä. Spiraalin sulatuksia on esitetty kuvassa 17. Siinä kannattaa huomata sulatuksen jälkeen spiraalin jääminen varastokäytölle. Sulatusta varten spiraali tyhjennetään, jolloin sulatuksen jälkeinen varastokäyttö on turha.



Käyttäjälle kannattaa korostaa varastokäytön ja sulatuksen välistä eroa. Varastokäytöllä spiraalin lämpötila nousee, mutta höyrystimen sisällä kiertää pakkasen puolella oleva ammoniakki.

Varastojen höyrystimet olivat KYTE-analyysin aikana pääosin sulat.

### 3.3.6 Lämmön talteenotto

Lämmön talteenottoa ei ole toteutettu. Spiraalilauhduttimen putkistoon on lämmön talteenottoa varten laitettu varausventtiilit. Lämpöä tarvitaan lähinnä käyttöveteen. Tosin siinä käyttö ja lämmön saanti poikkeavat toisistaan. Käyttövettä tarvitaan eniten öisin pesujen yhteydessä. Lämpöä on taas saatavissa eniten tuotantoaikoina.

### 3.3.7 Kylmän jakelu

Putkiston on asiallisen kokoinen. Konehuoneen sijainti huomattavasti spiraalijäähdytintä ja tuotteen jäähdytystunnelia korkeammalla voi aiheuttaa pystysuorien putkien täyttymistä nesteellä, erityisesti osakuormituksella.

Ulkona olevien välillisen järjestelmän putkien eristeiden jatkoskohdan saumat ovat vähän rispaantuneet. Nesteenerottimen eristys joutuu kovalle koetukselle ja sen päälle onkin kerääntynyt jäätä. Ulkona olevat mustat eristettyjen putkien muovipinnat lisäävät osaltaan putkista tapahtuvaa lämpöhäviötä.

## 4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

### 4.1 Laskentaperusteet

Lähtöarvoina esitellään käytetyt sähkön, lämmön veden ja kylmänenergian hinnat ilman arvonlisäveroa on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Laskennassa käytetyt hinnat ja kokonaiskylmäkertoimet

Lämpö, €/MWh	45.01
Sähkö, €/MWh	44.52
Järjestelmän 2 kokonaiskylmäkerroin	3.12
Järjestelmän 2 kokonaiskylmäkerroin	2.87

### 4.2 Toimenpide-ehdotukset

#### 4.2.1 Kylmävarastojen valaistusohjaus muutos

Nykyisin kylmävarastojen valot sammutetaan käsin. Kylmävarastojen valaistusta muutetaan siten, että tuotantoajan ulkopuolella valot sammuvat rakennusautomaation ohjaamina ja syttyvät liikeanturin ohjaamina tarvittaessa määräajaksi.

Valaistus on päällä normaalisti 16 h/työpäivä. Työpäiviä 5/viikko. Varaston valoista sammutetaan 80%, kulkuvalot jäävät. Säästölaskussa on oletettu nyt sammuttamisen olevan 50%

	Säästö, MWh	Säästö, EUR
Kylmäkoneiden sähkö	51.4	2 290
Valaistussähkö	190.0	8 460

Investointi varastojen valaistuksen ryhmittymismuutos ja valojen syyttäminen varastoihin käyttöajan ulkopuolella lohkoittain. Valaisimina ei uusita, vaan käytetään nykyisiä valaisimia. Investointi 15 000 €. Takaisinmaksuaika 1.4 vuotta.

#### 4.2.2 Kuljetinluukun hankinta

Raastetilan ja kylmävaraston V4 välissä on kuljetinluukku, jota pitkin juustoharkot menevät kuorimoon. Luukussa ei ole mitään suojausta. Lämpötilaero kylmävaraston ja purkutilan välillä on 15 °C.

Asentamalla muoviluiskat aukkaan vähennetään ilmavirrasta noin 80%.

	Säästö, MWh	Säästö, EUR
Lämpö	48.2	2 165
Kylmäkoneen sähkö	16.6	740

Investointi 1 500 €. Takaisinmaksuaika noin 0.5 vuotta.

#### 4.2.3 Varaston V4 jäähdytysmuutos

Varastoa V4 jäähdytetään yöaikana. Jäähdytystä jatketaan huomattavan pitkään vielä sen jälkeen kun asetusarvo on saavutettu. Kuvassa 6 näkyy pitkän jäähdytyksen vaikutus.

Lopetetaan jäähdytys +6 °C lämpötilassa.

	Säästö, MWh	Säästö, EUR
Kylmäkoneen sähkö	36	1 600

Asetusarvo/käyttötapamuutos, ei investointia.

#### 4.2.4 Lämmön talteenottosiirtimen hankinta

Lisätään järjestelmä 2:n tulistuslämmön talteenottojärjestelmä. Talteen otetulla lämmöllä esilämmitetään lämpimän käyttöveden nykyistä varaajasäiliötä.

Talteen otettavassa määrässä on huomioitu hyödynnettävä lämpömäärä.

	Säästö, MWh	Säästö, EUR
Lämpö	225	10 100

#### 4.3 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

---

Kappaleessa esitetään analyysin aikana havaitut asiat tai säästöpotentiaalit, jotka vaativat lisäselvityksen tekemistä tai joissa ehdotetaan muita jatkotoimenpiteitä.

- Prosessijäähdytysjärjestelmän toiminnan seuraaminen ja ensiöpuolen virtauksen varmistaminen, viikoittain
- Haihdutuslauhduttimien mahdollinen epätasapaino tarkistetaan lämpimänä vuoden aikana
- Miksi järjestelmä 2:n kompressorit käyvät niin paljon?
- Lämmön talteenoton lisääminen

## 5 Energiatohokkuuden seuranta ja ylläpito

---

Kylmävaraston ovien käyttöä pitää teroittaa henkilökunnalle. Ovien käytöllä voidaan vaikuttaa energian käytön lisäksi tilojen painesuhteisiin ja lämpöoloihin.

### 5.1 Tehostamissuunnitelma

---

KYTE-analyysin loppuraportin tärkeimmät tulokset ovat toimenpide-ehdotukset ja suositukset. Raportin luovutuksen ja tulosten esittelyjen jälkeen vastuu ehdotusten ja suositusten toteuttamisesta jää yritykselle, jolle analyysi on tehty. Yrityksen tulee arvioida toimenpiteiden tekninen sovellettavuus ja taloudellinen kannattavuus omilla kriteereillään. Toteuttamiskelpoisista ehdotuksista tehdään tarvittavat hankintasuunnitelmat ja määritetään vastuuhenkilöt.

### 5.2 Energiatohokkuuden seuranta ja raportointi

---

KYTE-analyysissa annetaan ohjeita ja esitetään hyviä käytäntöjä energiatohokkuuden seuraamiseksi ja ylläpitämiseksi. Kylmälaitteiden vuotuista sähkönkulutusta ja käyttötunteja tulee seurata ja raportoida säännöllisesti. Huoltokirjaa pidetään huolloista, korjauksista ja toimintahäiriöistä.

Erityisesti käytettyjä höyrystymis- ja lauhtumislämpötiloja on syytä seurata. Lämpötilojen poiketessa tavoitearvoista on syyt poikkeamiin selvitettävä välittömästi.

### 5.3 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus

---

Henkilökunnalle kannattaa tiedottaa kylmälaitoksen energiankulutuksen merkittävydestä jo KYTE-analyysin suorittamisen aikana ja sen jälkeen normaaleissa käyttötilanteissa.

### 5.4 Uudet mittaukset

---

Uusintamittaukset tehdään noin vuoden kuluttua, kun raportissa ehdotetut parannukset on toteutettu.

### 5.5 Uusintakatselmukset

---

KYTE-analyysi uusitaan noin kolmen vuoden kuluttua edellisestä tai kun on tehty merkittäviä muutoksia kylmäjärjestelmiin.