

# Prosessiteollisuuden energia-analyysi

---

Prosessiteollisuuden energia-analyysi

Vaihe 1: Tehdaskatselmuksen toteutusohje

Motiva Oy

Copyright Motiva Oy, Helsinki 2004

Päivitetty Motiva Oy ja Energiavirasto, syyskuu 2015

# Esipuhe

---

Prosessiteollisuuden kaksivaiheisen energia-analyysin toteutusohjeessa annetaan työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) julkaiseman Energiakatselmuksitoiminnan yleisohjeiden lisäksi yksityiskohtaisempia ohjeita prosessiteollisuuden energia-analyysin suorittamisesta. Tässä ohjeessa esitetään ohjeita ja vaatimuksia prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheen 1 sisällöstä, tuotettavien dokumenttien asiasisällöstä ja raportoinnista. Samoin vaiheen 2 suorittamisesta on esitetty joitakin yleisperiaatteita.

## **Suurten yritysten pakolliset energiakatselmuks**

Jäljempänä esitettyjä katselmusmalleja voidaan käyttää mallipohjana tehtäessä suuryritysten pakollisten energiakatselmusten kohdekatselmuksia. On kuitenkin huomattava, että vaikka suuryrityksen pakollisen energiakatselmuksen kohdekatselmus tehtäisiin ns. Motiva mallilla, siihen ei ole saatavissa TEM:n energiakatselmustukea. Tarkempaa tietoa suuryritysten pakollisista energiakatselmuksista löytyy Energiaviraston internetsivuilta.

# Sisällysluettelo

---

Prosessiteollisuuden energia-analyysi	1
Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
<b>1 Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheistus ja organisointi</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Analyysin vaiheet</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Organisointi</b>	<b>6</b>
<b>2 Tehdaskatselmuksen sisältö (vaihe 1)</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Kokonaisnäkemys prosesseista ja tuotannosta</b>	<b>8</b>
2.1.1 Prosessien sanallinen kuvaus	8
2.1.2 Yksinkertaistettu prosessikaavio	8
<b>2.2 Energian käyttö ja jakauma sekä tuotantotiedot</b>	<b>9</b>
2.2.1 Energiankäyttötiedot	9
2.2.2 Tuotantotiedot	9
2.2.3 Energiataseet	9
<b>2.3 Energian ominaiskulutusluvut</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Energiakustannusten jakauma ja kustannusten muodostuminen</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Energian käytön tehokkuuden nykytila ja säästöpotentiaali</b>	<b>12</b>
2.5.1 Yleistä	13
2.5.2 Kiinteistöjen energian ja veden käyttö	13
2.5.3 Käyttöhyödykkeiden energian ja veden käyttö	13
2.5.4 Prosessien energian ja veden käyttö	14
<b>2.6 Säästöehdotukset</b>	<b>14</b>
<b>2.7 Ehdotukset täydentäville analyyseille</b>	<b>15</b>
<b>2.8 Muut ehdotukset</b>	<b>15</b>
<b>2.9 Raportointi tehdaskatselmuksen päätyttyä</b>	<b>15</b>
<b>3 Täydentävien analyysien sisältö (vaihe 2)</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Päätös analyysin suorittamisesta</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Projektisuunnitelmat</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Raportointi</b>	<b>18</b>
Liite 1 Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheet 1 ja 2	19
Liite 2 Esimerkki paineilmajärjestelmän analysoinnista vaiheessa 1	20
Liite 3 Esimerkki jäähdytysjärjestelmän analysoinnista vaiheessa 1	22

# 1 Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheistus ja organisointi

---

## 1.1 Analyysin vaiheet

---

Prosessiteollisuuden tuotantoyksiköt sisältävät yleensä monia tuotanto-osastoja ja rakennuksia. Prosessiteollisuus on varsin energiavaltaista ja sen energiakustannukset ovat merkittäviä. Kerralla tehtävästä yksityiskohtaisesta eri energiamuodot ja säästömahdollisuudet kattavasta energia-analyysistä muodostuisi vaikeasti hallittava projektikokonaisuus, jossa on mm. seuraavia ongelmia:

- todellisen ja tarpeellisen työmäärän arviointi ja aikataulutus ennen hankkeen käynnistymistä on miltei mahdotonta
- tarkoituksenmukainen työn suuntaaminen ja painottaminen oikeisiin asioihin selviää vasta työn aikana.

Muun muassa edellä mainituista syistä on päädytty siihen, että prosessiteollisuuden energia-analyysi jaetaan kahteen vaiheeseen:

- Vaihe 1 Tehdaskatselmukseen
- Vaihe 2 Täydentävät analyysit.

Vaiheistuksen periaate on esitetty liitteessä 1. Tehdaskatselmuksen (vaihe 1) tavoitteena on selvittää ja raportoida energian kokonaiskäyttö, energiataseet ja selkeät käyttötekniiset ja investointeja vaativat säästötoimenpiteet.

Laajat ja ongelmalliset energiaa käyttävät osa-alueet, joissa säästöpotentiaali on Tehdaskatselmuksessa arvioitu merkittäväksi, ehdotetaan tehtäväksi Täydentävinä analyyseinä (vaihe 2). Näissä luotettavan säästöehdotuksen tekeminen ja erilaisten mahdollisuuksien vertailu edellyttää pitkäkestoista ja yksityiskohtaista työtä, laajoja mittauksia ja usein myös prosessiin liittyvää erityisosaamista.

Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheistus edellyttää määrittelyä, mitkä tehtävät ja tulostukset tuotetaan Tehdaskatselmuksessa. Määrittely antaa myös perusteet suunnitella Tehdaskatselmuksen laajuus, resurssit, aikataulu ja budjetti. Jos Tehdaskatselmus alimitoitetaan resurssiltaan tai osa tehtävistä jää suorittamatta, tulokseksi ei saada riittävän syvällistä tietoa käyttöhyödykkeitä, prosesseja koskevista energiansäästöpotentiaaleista tai kannattavista Täydentävistä analyyseistä.

Tehdaskatselmuksessa selvitetään kohteen energian käytön kokonaisuus sekä hankitaan käsitys prosessien, käyttöhyödykkeiden ja kiinteistötekniikan energian käytön tehokkuudesta. Näistä laaditaan Tehdaskatselmuksessa säästöehdotukset TEM julkaiseman Energiakatselmuks-toiminnan yleisohjeiden mukaisesti ja määritellään tarvittavat taloudellisiksi arvioidut täydentävät analyysit.

Tässä ohjeessa on määritelty ne vähimmäistulostukset, jotka Prosessiteollisuuden energia-analyysin Tehdaskatselmusvaiheen on pystyttävä tuottamaan. Tehdaskatselmuksen lopputuloksista tulee käydä ilmi seuraavat asiakokonaisuudet, jotka raportoidaan TEM:n Energiakatselmuks-toiminnan yleisohjeiden<sup>2</sup> teollisuuden energiakatselmointia koskevia raportointiohjeita sovelta-en:

- 1 Kokonaisnäkemys prosesseista ja tuotannosta
- 2 Energian käyttö ja jakaumat sankey-diagrammimuodossa
- 3 Ominaiskulutukset
- 4 Energiakustannusten jakauma ja kustannusten muodostuminen
- 5 Energian käytön tehokkuuden nykytila ja säästöpotentiaali
- 6 Säästöehdotukset
- 7 Ehdotukset täydentäville analyyseille
- 8 Muut ehdotukset.

Tulostusten tarkkuus tai yksityiskohtaisuus voi vaihdella analyysikohtaisesti riippuen mm. käytettävissä olevista lähtötiedoista, tehtaan osallistumisesta Tehdaskatselmuksen toteutukseen tai tehtaan omasta energian käytön seurannasta ja sen tarkkuudesta.

## 1.2 Organisointi

---

Energia-analyyseinä tuotantoyksikön oman henkilökunnan osallistuminen on aina välttämätöntä. Energia-analyysin projektiryhmässä on pääsääntöisesti mukana myös ulkopuolisia asiantuntijoita ja lisäksi ryhmään voi kuulua henkilöitä yrityksen muista tuotantoyksiköistä. Ennen työn aloitusta on sovittava eri organisaatioiden selvät vastuualueet mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Esimerkiksi seuraavista asiakokonaisuuksista on sovittava vastuualueita määritettäessä:

- Katselmuksen vastuuhenkilöt, joille Motiva on myöntänyt vastuuhenkilöpätevyyden. Jokaisen energiakatselmuksen tukihakemuksessa tulee olla nimettynä kaksi Motivan hyväksymää katselmuksen vastuuhenkilöä, jotka vastaavat energiakatselmukselle asetettujen vaatimusten toteutumisesta.
- Prosessiteollisuuden vaiheen 1 analyyseinä esipuheen allekirjoittaa kaksi vastuuhenkilöä (L- tai S- tai P- vastuuhenkilöt), joista toiselle on esipuheessa merkittävä vastuualueeksi prosessit ja toiselle kiinteistö- ja käyttöhyödykkeet. Tukihakemuksen kohdelomakkeen ("*Katselmuskohteen tiedot*") *Lisätietoja*-kohtaan merkitään vastuuhenkilöiden vastuualueet vastaavasti.

Täydentävän analyysin projektisuunnitelmassa vastuut voidaan määritellä tarkemmin vastaamaan ko. analyysin tarpeita ja tehtäväsältöä. Projektisuunnitelma sisältää ainakin seuraavat tiedot ja asiakohdat:

- aikataulutus
- lähtötiedot
  - määrittely
  - hankkiminen
- prosessikuvaukset ja prosessikaaviot

- energiankäytön jakaumien laatiminen (sankey-diagrammit)
  - lähtötiedot ja laskenta
  - piirtäminen
- kenttämittausten suorittaminen
- kiinteiden mittausten seuranta
  - suunnitelma
  - toteuttaminen
- laitteiden ja laiteryhmiä energiatalouden arviointi
  - prosessi
  - käyttöhyödykejärjestelmät
  - LVIS-järjestelmät
- laskelmat ja säästöehdotukset
  - prosessi
  - käyttöhyödykejärjestelmät
  - LVIS-järjestelmät
- loppuraportin laatiminen
  - luonnos
  - kommentointi
  - viimeistely.

Osatehtäville pitää sopia kuka tai mikä organisaatio vastaa mistäkin tehtävästä ja keitä muita tehtävän suorittamiseen osallistuu.

Vastuualueiden määrittely on osa projektisuunnitelmaa. Vastuualueiden määrittelyn jälkeen on helpompi tehdä myös ajankäyttö- ja resurssisuunnittelu henkilö- ja organisaatiotasolla.

## 2 Tehdaskatselmuksen sisältö (vaihe 1)

---

Prosessiteollisuuden energia-analyysin raportin muotoilu (ulkoasu, kansisivun tiedot), esipuheen tiedot sekä raportin rakenne noudattavat Teollisuuden energia-analyysille asetettuja vaatimuksia. Muilta osin noudatetaan jäljempänä olevaa ohjeistusta.

### 2.1 Kokonaisnäkemys prosesseista ja tuotannosta

---

#### 2.1.1 Prosessien sanallinen kuvaus

Tuotannon pääprosesseista ja tuotantolinjoista laaditaan sanallinen kuvaus. Prosessit kuvataan raaka-aineen kulku- ja tuotteen valmistusjärjestyksessä.

#### 2.1.2 Yksinkertaistettu prosessikaavio

Pääprosesseista ja prosessilaitteista laaditaan yksinkertaistettu prosessikaavio, jonka avulla on mahdollista saada kokonaiskäsitely prosesseista ja niiden liitännöistä. Kaavio toimii lähtötietoineistona analyysiä varten sekä se kertoo tuotantoyksikön laitekannan katselmointihetkellä.

Kaavioon ei merkitä energiamääriä tai tuotantotietoja. Kaaviossa esitetään:

- pääprosessit/prosessilaitteet
- tuotanto-osastojen nimet ja rajat
- liitännät ja käyttöhyödykkeet, kuten:
  - energialiitännät:
    - sähkö
    - maakaasu
    - muut
  - käyttöhyödykkeet:
    - höyry/lauhde
    - paineilma
    - jäähdytysvesi
    - muut
- prosessipoistot
  - savukaasut
  - muut
- tuotteen kulku
  - tuotteen kulku prosessista toiseen
  - välivarastoinnit
    - kylmävarastot
    - kuumapuskurit
  - tuotteiden päänimikkeet ja ominaisuudet eri osaprosessien välillä



- prosessien lämmön talteenottolaitteet/pesurit
- hylky- ja kuonavirrat
- seos- ja lisäaineiden syöttö osaprosesseihin.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkki tämän ohjeen mukaisesta yksinkertaisesta prosessikaaviosta.

## 2.2 Energian käyttö ja jakauma sekä tuotantotiedot

---

### 2.2.1 **Energiankäyttötiedot**

Energian käytöstä selvitetään:

- kuukausittaiset energian kokonaiskäyttötiedot tarkasteluvuodelta energialajeittain (hankinta, myynti ja energian oma tuotanto eriteltyinä)
- prosessien kuukausittaiset käyttötiedot energialajeittain tarkasteluvuodelta
- vuotuiset energian käyttötiedot kolmelta edelliseltä vuodelta
- hankinnan ja käytön sähkökuormitusvaihtelut esim. vuorokausikuormituskäyrät maksimikuormitustilanteessa ja tyypillisinä tuotantotilanteina, tehon pysyvyysskäyrät.

### 2.2.2 **Tuotantotiedot**

Tuotantotiedoista selvitetään:

- kuukausittaiset tuotantotiedot prosessikohtaisesti tai tuotantolinjakohtaisesti
- kuukausittaiset raaka-aineiden käyttötiedot
- vuotuiset tuotantotiedot ja raaka-aineiden käyttötiedot kolmelta edelliseltä vuodelta.

### 2.2.3 **Energiataseet**

#### **Tehdastase**

Tehdastaseessa esitetään graafisesti ja numeerisesti (sankey-diagrammin muodossa) vuotuiset sekä primääri- että sekundäärienergiavirrat. Energiavirrat esitetään energialajeittain käyttäen havainnollisuuden vuoksi samoja energiamääräyksiköitä sekä lämmölle, sähkölle että polttoaineille (esim. MWh/a). Tietyissä tapauksissa, jos esim. prosessi on keskeytymätöntä ja jatkuvaa ja energiavirrat ovat miltei samoja ympäri vuoden, on järkevää laatia tase tehotaseena (esim. kW).

Tase laaditaan viimeiseltä vuodelta, josta tiedot ovat saatavilla. Mikäli tuotannossa on ollut pitkiä seisokkeja tai muutoin viimeisen vuoden toiminta ei ole vastannut tuotantoyksikön normaalia toimintaa, valitaan tarkasteluvuodeksi edellinen ns. "*normaali toimintavuosi*".

Tehdastaseen tarkoituksena on esittää havainnollisessa muodossa tehtaan vuotuinen energiankäyttö yhdellä kuvalla. Tästä on mahdollista nähdä helposti ja havainnollisesti mm.:

- missä energialajeissa on energian käytön painopisteet
- mitkä prosessit ovat energian käytön kannalta merkityksellisiä
- mitä mahdollisia hyödyntämättömiä sekundäärienergiavirtoja on
- mihin mahdollisia sekundäärienergiavirtoja voitaisiin palauttaa korvaamaan priimaenergiaa
- olemassa olevat lämmöntalteenottolaitteet ja niiden vaikutus energiavirtoihin.

Kuvassa esitetään vuotuisina arvoina (jos tehdään tehotase arvot ovat tyypillisestä käyttötilanteesta)

- kaikki primäärienergiälähteet ja polttoaineet
- pääprosessit ja energiankäyttökohteet eriteltynä
- sekundäärienergiavirrat
  - jäähdytysvedet
  - savukaasut
  - prosessipoistot
  - konvektio- ja säteilyhäviöt tuotantotiloihin.

Käytännössä sankey-diagrammin laatiminen primäärienergiavirtojen osalta on yleensä helppoa ja valmista tietoa löytyy melko helposti esim. tuotantoyksikön energiankäyttö- ja tuotantoraporteista. Ongelmallisempaa on löytää energian käytön jakautuminen eri prosesseihin ja sekundäärienergiavirtojen oikeat suuruusluokat. Näiden määrittäminen vaatii yleensä ensin osaprosessi-kohtaisten tai tuotantolinjakohtaisten energiataseiden laatimista.

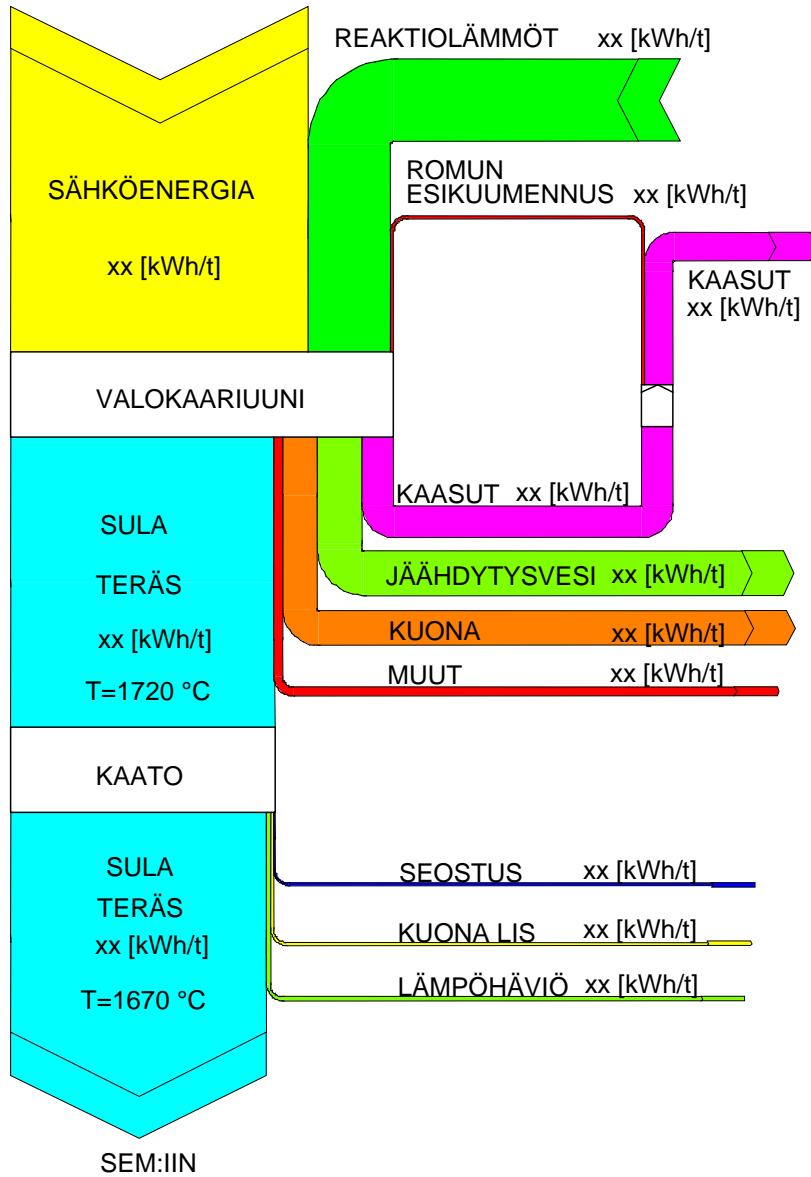
Esimerkki tehdastaseesta on esitetty liitteessä 1 kuvassa 2.

### **Tuotantolinjojen/osaprosessien/tuotantolaitteiden taseet**

Tuotantolinjoista, osaprosesseista tai tuotantolaitteista laaditaan taseet, jos ko. prosessi on huomattava energian käyttäjä. Näissä taseissa energiavirrat näytetään tarkemmin kuin tehdastaseen yhteydessä.

Taseessa esitetään graafisesti ja numeerisesti (sankey-diagrammin muodossa) vuotuiset sekä primääri- että sekundäärienergiavirrat. Energiavirrat esitetään energialajeittain käyttäen havainnollisuuden vuoksi samoja energiamääräyksiköitä sekä lämmölle, sähkölle että polttoaineille. Numeerisena yksikkönä käytetään energiamäärää/tuotanto (esim. kWh/t).

Taseiden laatimisessa on syytä käyttää apuna tuotantoyksikön prosessiasiantuntijoita. Tehdaskatselmuksessa taseiden laatimiseksi ei tehdä laajamittaisia mittauksia, vaan käytetään hyväksi pääasiassa tuotantoyksiköstä löytyvää olemassa olevaa tietoa. Tarvittaessa tietoja täsmennetään lisämittauksilla. Esimerkki osaprosessin taseesta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Esimerkki osaprosessin taseesta.

### 2.3 Energian ominaiskulutusluvut

---

Energian ominaiskulutuslukuja seuraamalla voidaan karkeasti seurata tuotantoyksikön vuosittaista energiatehokkuuden muutosta. On kuitenkin huomattava, että energian ominaiskulutusluvut eivät yksinään välttämättä selitä energian käytön tehokkuutta. Esimerkiksi merkittävä käyttöasteen kasvu pienentää yleensä ominaiskulutuksia, vaikka energiatehokkuudessa ei ole tapahtunut muutosta. Tästä syystä energian ominaiskulutusten vuotuisista muutoksista ei voi tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä tuntematta muutokseen johtaneita syitä (esim. käyttöaste yms.) tarkemmin. Energian ominaiskulutusluvut (EOK) lasketaan seuraavasti:

- energian ominaiskulutus lasketaan nettotuotantoa kohden
- ominaiskulutukset lasketaan energian kokonaiskäytölle sekä energialajeittain
- ominaiskulutusluvut esitetään myös graafisesti useammalta vuodelta
- pääprosesseille määritetään omat ominaiskulutusluvut sekä lämmön että sähkön osalta. Näitä lukuja voidaan käyttää pohjana, jos tuotantoyksikölle laaditaan energiatehokkuusindeksi sekä lämmölle että sähkölle.

Laskelman yksityiskohtaiset perusteet määritellään kohteissa erikseen välivarastoinnin ym. tekijöiden oikeaksi huomioonottamiseksi ja vertailtavuuden takaamiseksi.

Ominaiskulutusten vertailu muihin vastaaviin tuotantoyksiköihin tehdään, jos tehtaalla on siihen valmiudet. Muussa tapauksessa vertailua voidaan haluttaessa sisällyttää Täydentäviin analyyseihin.

### 2.4 Energiakustannusten jakauma ja kustannusten muodostuminen

---

Työssä selvitetään energian hankinnan rakenne ja kustannusten muodostuminen. Lisäksi selvitetään mahdollisen oman energiantuotannon kustannukset ja liittyminen prosessiin, myynti ulos ja saadut hyvitykset. Kustannusrakenteet tulee esittää myös raportissa, mutta esitystavasta päättää tuotantoyksikkö.

Tämän selvityksen jälkeen on tiedossa tehtaan hankkiman energian kokonais- ja yksikkökustannukset ja kustannusten synty kustannuskomponenteittain. Lisäksi todetaan energian hankinnan kustannusvaihtelu eri kulutusajankohtina ja energian hinnat, joilla säästöehdotusten kustannussäästö ja taloudellisuus lasketaan. Samalla todetaan energian hankintaan liittyvät säästömahdollisuudet.

### 2.5 Energian käytön tehokkuuden nykytila ja säästöpotentiaali

---

Tehdaskatselmuksessa selvitetään kaikkien energiankäytöltään merkittävien laitteiden ja järjestelmien osalta energian käytön tehokkuuden nykytila ja säästöpotentiaali.

Kaikissa säästöehdotuksissa otetaan huomioon ehdotuksen energiataloudellinen kokonaisvaikutus sekä ehdotuksen muut vaikutukset tuotantoon tai esimerkiksi huolto- ja käyttökustannuksiin. Toimenpiteen vaikutuksia arvioitaessa tulee energiansäästön ohella ottaa huomioon myös hiilidioksidipäästöjen väheneminen sekä muut mahdolliset hyödyt, jotka voivat edistää toimenpiteen toteutumista. Kustannus- ja ympäristöhyötyjen lisäksi säästötoimenpiteiden seurauksena saatavia hyötyjä voivat olla esimerkiksi tuotteen laadun paraneminen tai kunnossapi-

tokustannusten pienentyminen. Raportin yhteenvedotaulukoissa esitettävässä kustannussäästössä ja takaisinmaksuajassa huomioidaan kuitenkin vain muutos energia- ja vesikustannuksissa.

Työssä selvitetään prosessien, käyttöhyödykejärjestelmien ja kiinteistötekniikan energiatehokkuus.

#### 2.5.1 Yleistä

Tehdaskatselmuksessa tehdään ehdotukset mm. energian hankintaan, energian jakeluun tehdasalueella, oman energian tuotantoon yms. liittyvistä kustannussäästömahdollisuuksista:

- uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuudet
- optimaalinen energiamuoto / energian tuotanto / tehon säätö
- sopimukset, energiemarkkinat
- energian hinnoittelurakenteet
- energiamaksuja aiheuttaneiden komponenttien tarkastelu mm.
  - tilaustehomaksut
  - huipputehomaksut
  - loistehomaksut
  - kalliin ajankohdan kulutuksen siirtäminen.

#### 2.5.2 Kiinteistöjen energian ja veden käyttö

Tuotantoyksikkö voi koostua useista tuotantorakennuksista tai tuotantoa palvelevista teollisuustiloista. Lisäksi tehdasalueeseen voi kuulua monia palvelurakennuksia kuten esimerkiksi hallinto-, terveys-, ruokala- ja sosiaalirakennuksia.

Kiinteistöjen energian käyttöön kiinnitetään huomiota painoarvolla, joka määräytyy niiden energiakustannusten suuruudesta tai niissä mahdollisesti saavutettavasta säästöpotentiaalista.

Tuotantotilojen valaistuslaitteet ja ohjaukset tutkitaan prosessiselvityksen yhteydessä, jossa määritetään valaistustarpeet ja valaistuksen mahdollinen tarpeeton käyttö.

Sähköiset tilojen lämmitykset, putkistosaatot, lisäsähkölämmitykset ym. tutkitaan kiinteistöselvitysosassa.

#### 2.5.3 Käyttöhyödykkeiden energian ja veden käyttö

Käyttöhyödykejärjestelmistä yleisimpiä ovat tehtaan paineilmajärjestelmät ja erilaiset pumppaukset sekä höyry- ja lauhdejärjestelmät. Käyttöhyödykejärjestelmiksi määritellään yleensä ne tekniset järjestelmät, jotka palvelevat useita prosesseja, prosessin osia tai joita ei voi varsinaisesti yhdistää mihinkään erilliseen tuotantoon. Joskus valaistuskin liitetään käyttöhyödykejärjestelmiin, mutta tässä se esitetään käsiteltäväksi kiinteistöosuudessa tiloittain yhdessä prosessitoimintojen kanssa.

Käyttöhyödykejärjestelmien käsittely koostuu seuraavista osatehtävistä:

- energian käyttö ja järjestelmän käytön kustannusten selvitys
- toiminnan kuvaus
- järjestelmän tarve
- tarpeettoman kulutuksen rajoittaminen tai korvaaminen tehokkaammilla ratkaisuilla
- tekniikka, tehokkuus, toimintahyötysuhde
- ohjaus, säätö, käyttö
- säästöpotentiaali
- ehdotukset tehokkuuden parantamiseksi.

Useimmiten käyttöhyödykejärjestelmien energiatehokkuuden selvitys edellyttää erillismittausten tai -seurantojen järjestämistä kohteessa. Liitteissä 2 ja 3 esitetään lyhyesti erään analyysikohteen paineilmajärjestelmän ja jäähdytysvesipumppauksen käsittely analyysin Tehdaskatselmus-vaiheessa. Molemmissa tapauksissa voitiin hyödyntää kohteessa aikaisemmin tehtyjä ko. järjestelmiin liittyviä erillisselvityksiä.

Kohteessa toteutetut erillisselvitykset antavat yleensä hyvän pohjan analyysin teolle. Järjestelmät tulee raportoida edellä esitetystä laajuudesta riippumatta aiemmista selvityksistä.

#### 2.5.4 Prosessien energian ja veden käyttö

Prosessien energian ja veden käytöstä hankitaan tehtaalta saatavissa olevaa aineistoa. Monissa tapauksissa eri prosessien ja prosessiosien energian käytön tehokkuutta on jo aikaisemmin josakin vaiheessa tarkasteltu ja tehdashenkilökunnalla on selkeät käsitykset mahdollisista jatko-toimista tai tehtävien suuntaamisesta.

Tehdaskatselmus-vaiheessa selvitetään prosessien ja prosessin osien energiatehokkuuden nykytila ja laaditaan ehdotukset mm. tarvittavista Täydentävistä analyyseistä, joiden ensisijaisena tavoitteena on energiatehokkuuden parantaminen. Jos tehokkuuden nykytilan selvitys analyysin Tehdaskatselmus-vaiheessa edellyttäisi laajoja tai mittavia erillismittauksia tai selvityksiä, voidaan ne sisällyttää Täydentäviin analyyseihin, mikäli toimenpiteen energiansäästöpotentiaali arvioidaan riittävän suureksi ja investointi kannattavaksi.

## 2.6 Säästöehdotukset

---

Säästöehdotukset raportoidaan Tehdaskatselmus-raportissa TEM:n julkaiseman Energiakatselmustoiminnan yleisohjeiden mukaisesti. Investointien takaisinmaksuaika esitetään raportissa ja sen yhteenvertotaulukoissa ns. suorana takaisinmaksuaikana (investointikustannus [euro] / säästöpotentiaali [euro/a]). Toimenpide-ehdotuksen kannattavuus voidaan laskea myös käyttäen nykyarvomenetelmää (NPV) tai sisäisen koron menetelmää (IRR), mutta näiden menetelmien käytöstä ja yksityiskohdista on sovittava erikseen tilaajan kanssa.

Raporteissa edellytetään investointien suoran takaisinmaksuajan käyttöä, jotta eri yritysten raportoimat energiansäästöinvestointien tiedot olisivat keskenään yhteismitallisia.

## 2.7 Ehdotukset täydentäville analyyseille

---

Täydentävä analyysi on Tehdaskatselmuksessa esille tulleen merkittävän energiankäytön tehostamispotentiaalin tarkempi jatkoselvitys. Se voi olla myös osa tuotantoyksikön strategista suunnittelua ja mahdollinen käytännön toteutus (investointi) voi tapahtua vuosien kuluttua analyysin suoritusajankohdasta.

Ehdotuksen täydentäville analyyseille tulee sisältää seuraavat asiat:

- perustelu ja tausta täydentävän analyysin käynnistämiseksi
- karkea energian ja energiakustannusten säästöpotentiaali sekä investointitarve
- täydentävän analyysin sisältö pääkohdittain
- ehdotus analyysin suoritusajatauluksi.

## 2.8 Muut ehdotukset

---

Tehdaskatselmuksen aikana voi tulla esille myös muita kuin puhtaasti suoria energiansäästötoimenpiteitä. Muut ehdotukset liittyvät myös energiakustannusten säästöön, mutta riippuvat esim. tuotantoyksikön pitkän tähtäimen suunnitelmista, prosessimuutoksista yms. Käytännön toimenpiteet voivat olla ajankohtaisia vasta muutaman vuoden sisällä. Ehdotukset voivat liittyä mm.:

- tuotantorytmiin (esim. muutoksen vaikutus energian käyttöön)
- energian käytön mittaroinnin uusimiseen ja lisäämiseen muiden muutosten yhteydessä
- energian ostosopimuksien sisältöön.

## 2.9 Raportointi tehdaskatselmuksen päätyttyä

---

Tehdaskatselmuksen ja sen tulosten raportoinnissa noudatetaan TEM:n julkaiseman Energiakatselmustoiminnan yleisohjeita.

Tehdasalueet sisältävät yleensä sekä tuotantorakennuksia että muita ei-tuotannollisessa käytössä olevia kiinteistöjä. Mikäli ei-tuotannollisten rakennusten määrä on merkittävä, voidaan Tehdaskatselmuksen tulokset esittää kahdessa erillisessä raportissa:

- Energia-analyysi raportti: prosessit ja niihin liittyvät rakennukset ja käyttöhyödykejärjestelmät
- Kiinteistökatselemusraportti: muut kuin prosesseihin liittyvät rakennukset.

## Energia-analyysiraportti

Raportoinnissa noudatetaan TEM:n julkaiseman Energiakatselmustoiminnan yleisohjeita sekä Motivan teollisuuden energia-analyysin raportoinnista antamia ohjeita soveltuvin osin. Lisäksi raportin sisältöön tehdään seuraavia lisäyksiä:

- Kohdassa 1 esitetään kohteen energiatase (sankey-diagrammi), joka antaa kuvan tuotantoyksikön energian kokonaiskäytöstä.
- Kohdassa 1 esitetään myös tehtaan toiminnan yksinkertaistettu prosessikaavio.
- Laaditaan Taulukko 1 (yhteenveto energian kulutuksesta ja säästöpotentiaalista) ja Taulukko 2 (yhteenveto energiansäästötoimenpiteistä) sekä Tehdaskatselmuksen osalta sekä ehdotettujen täydentävien analyysien osalta eli molemmista tehdään kaksi erillistä taulukkoa.
- Yhteenvetotaulukoissa esitetään myös erillisen kiinteistökatselmusraportin tulokset, jos kiinteistöistä on tehty oma raporttinsa.
- Sanallinen kuvaus energian käytön tavoitetasosta, kun kaikki Tehdaskatselmuksessa ja ehdotetuissa Täydentävissä analyyseissä esitetyt kannattavat energian käytön tehostamistoimenpiteet on tehty.

Lisäksi tuotantoyksikön halutessa voidaan prosesseja käsittelevät asiat esittää raportissa ennen kiinteistö- ja käyttöhyödykejärjestelmiä, jolloin raportoinnissa painotetaan prosessien tärkeyttä.

## Kiinteistökatselmusraportti

Muista kuin prosesseihin liittyvistä rakennuksista (esim. ruokala, pääkonttori, sosiaalirakennus, terveysasema yms.) voidaan tehdä erillinen/erilliset kiinteistökatselmusraportit:

- tehdään yksi yhteinen katselmusraportti kaikista kiinteistöistä tai kustakin kiinteistöstä oma raporttinsa, jos kiinteistöt ovat laajuudeltaan ja/tai energiankäytöltään kokonaisuuteen nähden merkittäviä.
- raportointi noudattaa Motivan ohjetta Kiinteistön energiakatselmus.
- raportti voidaan koota erillisenä tai se voidaan liittää analyysiraportin liitteeksi.

Tuotantorakennusten kiinteistötekniikka raportoidaan kuitenkin aina analyysiraportin kiinteistökohdassa. Myös tuotantotilojen yhteydessä olevat erilliset muut kuin tuotantotilat (esim. toimistot, sosiaalilat yms.) käsitellään tässä raportissa.



## 3 Täydentävien analyysien sisältö (vaihe 2)

---

### 3.1 Päätös analyysin suorittamisesta

---

Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaihe 2 muodostuu erillisistä Täydentävistä analyyseistä, joiden perustelut ja alustavat suunnitelmat on esitetty Tehdaskatselmusraportin omassa jatkoehdotuskohdassaan (ks. kohta 2.7 ja liite 1).

Täydentävä analyysi on Tehdaskatselmuksessa esille tulleen merkittävän energiankäytön tehostamispotentiaalin tarkempi jatkoselvitys.

Tuotantoyksikkö päättää, miten Täydentävien analyysien käynnistämässä edetään mm. millä organisaatiolla ja millä aikataululla täydentävät analyysit tehdään. Täydentävät analyysit voidaan toteuttaa erillisinä hankkeina, jolloin ne käynnistetään erillisten projektisuunnitelmien pohjalta. Täydentävät analyysit ovat tapauskohtaisia ja niiden projektisuunnitelmat, toteutus ja raportointi määritellään kohteen tarpeiden mukaisiksi.

Jos Täydentäville analyyseille haetaan TEM:n tukea, on suositeltavaa, että tukea haetaan järkevinä ja hallittavina kokonaisuuksina. Saman vuoden aikana toteutettaviksi ajatellut Täydentävät analyysit kannattaa koota yhdeksi kokonaisuudeksi ja hakea näille tukea yhdellä hakemuksella. TEM:n tuki hankkeelle on haettava aina ennen hankkeen käynnistämistä.

Tehdaskatselmuksen raportissa esitettyjen ehdotusten Täydentäville analyyseille tulee pääsääntöisesti sisältää riittävät tiedot Täydentävän analyysin toteuttamispäätöksen tekemiselle. Joskus arvioita täydentävien analyysien toteutuskustannuksista, hyödyistä ym. on kuitenkin täsmennettävä ennen kuin päätöksiä analyysien toteuttamisesta voidaan tehdä. Joitakin täsmennyksiä voidaan tehdä samalla, kun hankkeista laaditaan projektisuunnitelmat.

### 3.2 Projektisuunnitelmat

---

Täydentävien analyysien projektisuunnitelmat sisältävät ainakin seuraavat kohdat:

- Hakija: hakijan tiedot siten, että liityntä vaiheen 1 raportointiin on selkeä ja yksiselitteinen, mm. diaarinumero
- Hankkeen kuvaus: tausta, tavoite, toteutustapa, toteutusorganisaatio ja työosuudet, aikataulu
- Kustannusarvio: yrityksen omat työt, vieraat työt ja palvelut, matka- ja muut kustannukset
- Rahoitussuunnitelma: haettava tuki, oma rahoitus, muu rahoitus
- Aiemmin saatu tuki: viimeisen kolmen kalenterivuoden aikana myönnetty tuki katselmushankkeisiin tämän analyysin kohteena olevalle toimipaikalle
- Analysoitavan kohteen energian käyttö ja kustannukset: polttoaineet, lämpö, sähkö, vesi
- Jatkoanalyysin tekijät ja kaksi nimettyä vastuuhenkilöä: yritykset, henkilöt

- Alustava arvio säästöpotentiaalista: polttoaineet, lämpö, sähkö, vesi, kustannukset
- Alustava arvio hankkeen vaikutuksista CO<sub>2</sub>-päästöihin (uusiutuvien hyödyntämishankkeessa esitetään arvio aina, muutoin jos vaikutus on tiedossa).
- Alustava arvio investointikustannuksista
- Alustava arvio hankkeen muista hyödyistä: käyttö- ja huoltokustannussäästöt, vaikutus tuotantoon jne.
- Merkitys tulevassa tuotantostrategiassa ja niveltymisen tehtaan kehitys- ja tuotanto-suunnitelmaan.

Täydentävää analyysiä voidaan tarvita esimerkiksi silloin, kun säästöpotentiaalın saavuttaminen edellyttää suuria investointeja, jolloin investoinnin kannattavuuden varmistaminen on erityisen tärkeää. Täydentävän analyysin vaiheet voivat olla esim.:

- eri toteutusvaihtoehtojen täsmentäminen
- toimittajien tarjoukset laitteista ja tehostamisvaihtoehdoista
- kannattavuuslaskelmat.

Suunnittelutyötä voi sisällyttää Täydentävään analyysiin vain siinä laajuudessa kuin se on varsinaisen toimenpide-ehdotuksen toteutuskelpoisuuden selvittämisen kannalta välttämätöntä.

Täsmennettyjen kannattavuuslaskelmien perusteella kohteessa voidaan päättää lopullisesta muutostoteutuksesta ja sen rahoitusvaihtoehdoista.

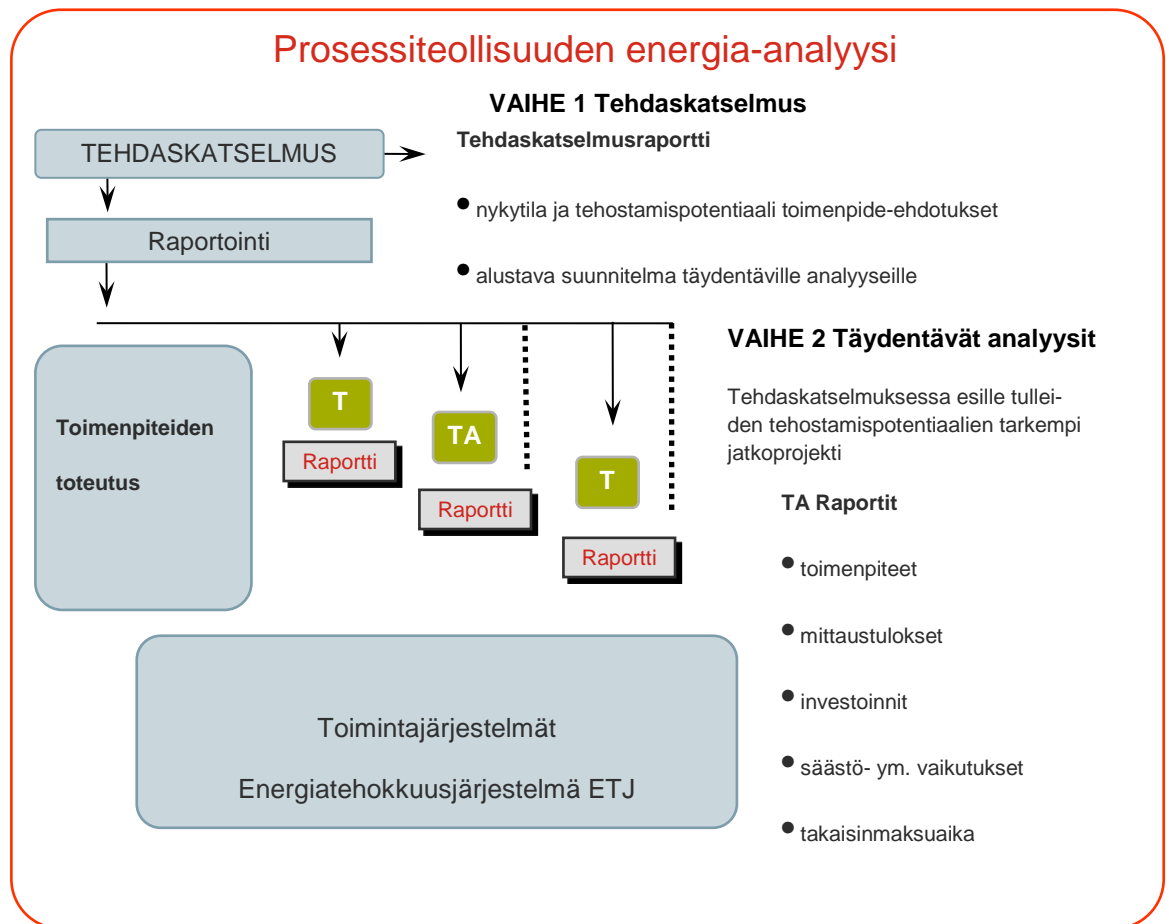
### 3.3 Raportointi

---

Kustakin Täydentävästä analyysistä tehdään oma erillinen raporttinsa. Raportointimuoto voi noudattaa Motivan teollisuussektorin energiakatselmusohjeistusta soveltuvin osin. Tärkeää on, että sieltä löytyvät ainakin seuraavat kohdat ja tiedot:

- Kansisivu noudattaa tiedoiltaan ja asemoinneiltaan Kiinteistön energiakatselmusohjetta
- Esipuheessa selkeä maininta täydentävän analyysin kohteesta ja tavoitteesta sekä liitynnästä vaiheeseen 1 (Tehdaskatselmus), rahoittajat, vastuuhenkilöt ja toteuttajat
- Täydentävän analyysin tausta ja tavoite
- Kuvaus täydentävän analyysin kohteesta
- Nykyiset analyysikohteen energiakustannukset
- Tehdyt selvitykset ja mittaukset
- Toteutustavat energian käytön tehostamiseksi
- Saavutettavat energia- ym. säästöt ja hyödyt sekä CO<sub>2</sub>-päästöjen vähenemä
- Toimenpide-ehdotukset, tarvittavat investoinnit, kannattavuus.

Liite 1 **Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheet 1 ja 2**



Kuva 2. Prosessiteollisuuden energia-analyysin vaiheet 1 ja 2.

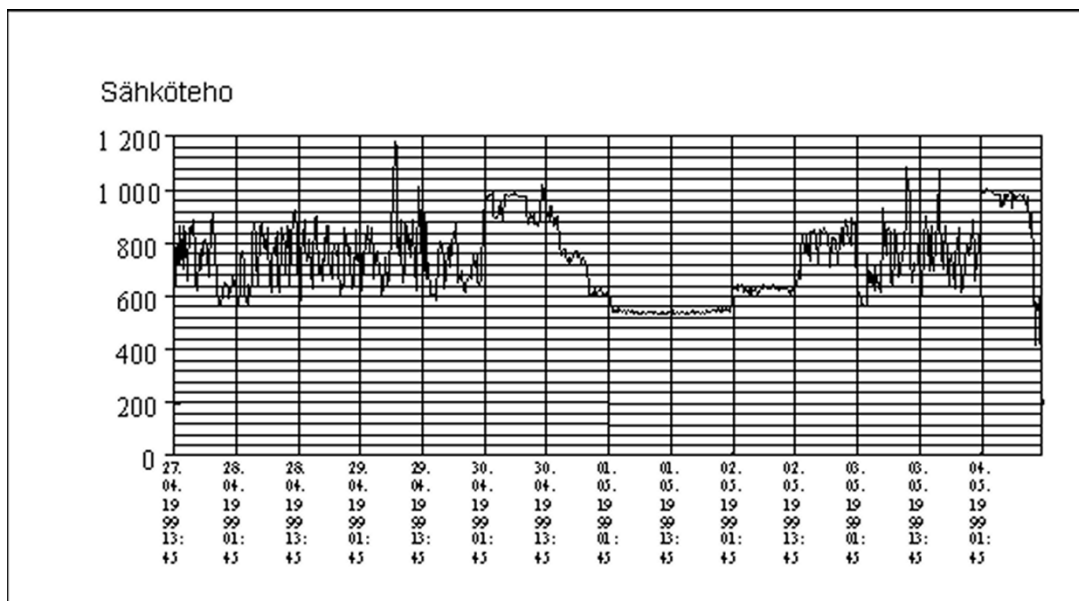
## Liite 2 Esimerkki paineilmajärjestelmän analysoinnista vaiheessa 1

Esimerkki paineilmajärjestelmän tarkastelusta energia-analyysin Tehdaskatselmus-vaiheessa.

### Paineilmajärjestelmän analysointi

Toteutetut tehtävät:

- kartoitettiin paineilman käyttökohteet, paineilman tarve ja tuotanto viikonlopun aikana haastattelemalla käyttökäyttökuntaa ja toteuttamalla tuotanto-osastoilla asiaa koskeva kysely
- toteutettiin paineilmajärjestelmän sähkön käytön kuormitusmittaus muutamilta arkipäiviltä ja yli viikonlopun
- tehtiin tekninen kartoitus, jossa voitiin hyödyntää muutamaa vuotta aikaisemmin tehtyä paineilma-analyysiä.



Kuva 3. Paineilmajärjestelmän sähkökuormituksen (15 min keskiteho) vaihtelu mittausajankohtana.

Tuloksena todettiin mm:

- sähkökuorma säilyi suurena myös viikonloppuisin, vaikka paineilman tarpeen olisi pitänyt olla selvästi pienempi
- muutamien käyttökohteiden vaatima painetaso oli selvästi pienempi kuin verkostopaine
- verkoston painetasovaatimus määräytyi pääosin yhden kojeen vaatimuksista

- paineilmaa käytettiin jäähdytykseen tapauksissa, joissa alustavasti arvioitiin pelkästään puhallinjäähdytyksen riittävän
- paineilman käyttökustannuksista yksistään sähkökustannukset olivat suuremmat kuin koko tehtaan valaistuksen sähkökustannukset.

Ehdotettiin:

- yksityiskohtainen tutkimus paineilman tarpeesta ja sen korvaamismahdollisuuksista käyttökohteissa
- paineilman käytön kustannusten laskenta energia-, ylläpito-, käyttö- ja pääomakustannukset huomioiden jaettuna tärkeimpiin käyttökohteisiin
- nykyisen laajan paineilmanverkoston tai tuotannon osittamismahdollisuuden selvittäminen tehtaan alueella
- tarvekartoituksen jälkeinen vuotojen määrän selvittäminen ja tukkiminen
- tarvittavien tehokkuutta selvittävien lisämittausten määrittäminen ja mittausten toteutus
- selvitys tarvekartoituksen jälkeisestä paineilmatuotannon tehokkuudesta ja soveltuvuudesta jäljelle jääneeseen kulutukseen.

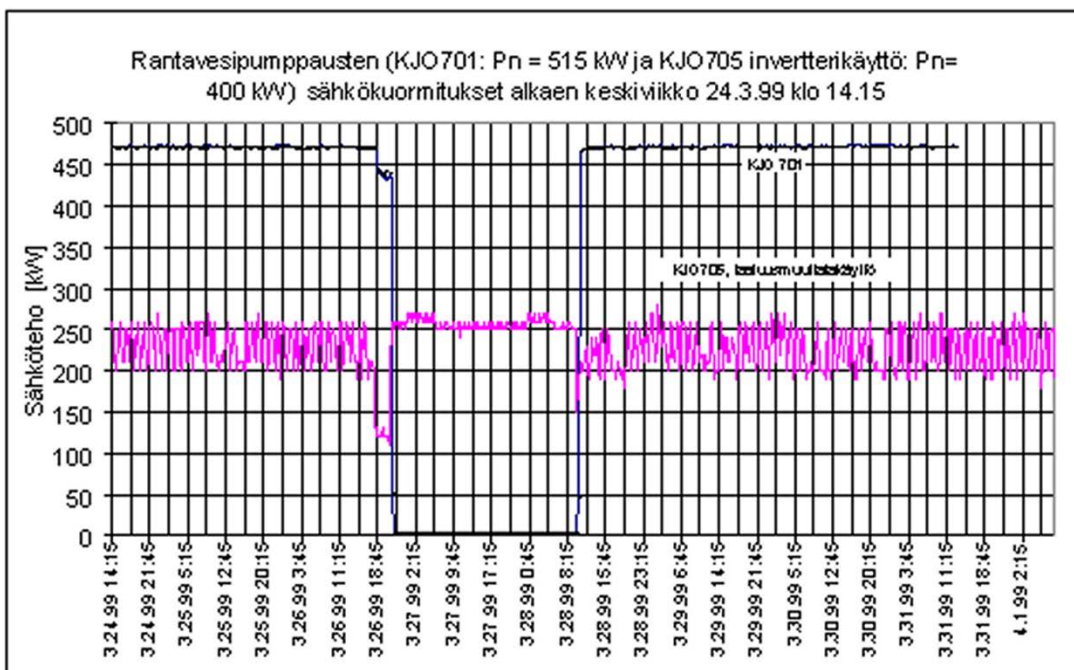
## Liite 3 Esimerkki jäähdytysjärjestelmän analysoinnista vaiheessa 1

Esimerkki jäähdytysvesipumppauksen tarkastelusta energia-analyysin Tehdaskatselmusvaiheessa.

### Jäähdytysvesijärjestelmän analysointi

Toteutetut tehtävät:

- selvitettiin jäähdytysveden käyttökohteet
- toteutettiin jäähdytysvesipumppauksen sähkötehomittaus erikseen pääpumpuille
- selvitettiin pumppauksen hyötysuhdetta, missä voitiin hyödyntää aikaisemmin toteutettua pumppuanalyysia
- arvioitiin taajuusmuuttajakäyttöisen pumpun käyttötarvetta ja energiatehokkuutta.



Kuva 4. Rantavesipumppujen sähkökuormituksen (15 min keskiteho) vaihtelu mittausajankohtana.

Tuloksena:

- todettiin pumppauksen ja sähkökuormituksen tasaisuus tuotantoaikoina
- todettiin taajuusmuuttajakäyttöisen pumpun sähkökuormituksen tasaisuus sekä tuotanto- että viikonloppuaikoina
- todettiin tarvittavan nostokorkeuden määräytyvän yhden tuotanto-osaston tarpeiden mukaan
- todettiin pumppauksen vaatimaton hyötysuhde.

Ehdotettiin yksityiskohtaista analyysiä, jossa:

- pumppaustarpeen ja vaadittavan nostokorkeuden selvitys verkoston eri osissa
- kustannus/hyötyanalyysi verkoston painetason laskemisesta ja yhden paineenkorotuspumpun asentamisesta sekä olemassa olevan pumpun toiminnan jatkaminen niin, että toimintapiste siirtyy hyvän hyötysuhteen alueelle
- selvitys taajuusmuuttajakäyttöisen pumpun korvaamismahdollisuudesta ja kannattavuudesta.