

Voimalaitoksen energia-analyysi

Voimalaitoksen energia-analyysi

**Tekijät: Pertti Koski, Tuomas Timonen, Kimmo Kohtamäki
ja Markku Suominen, Electrowatt-Ekono Oy**

ISBN 952-5304-15-9

ISSN 1456-4483

Copyright Motiva Oy, Helsinki, 2002

Julkaisusarjan ulkoasu ja taitto: Meridian X ja Kirsi-Maaria Forssell, Motiva Oy.

Esipuhe

Energia-alan Keskusliitto ry Finergy sekä kauppaja- ja teollisuusministeriö (KTM) ovat allekirjoittaneet marraskuussa 1997 sopimuksen energiatehokkuuden edistämiseksi voimalaitosalalla. Sopimuksen tavoitteena on saada vähintään puolet voimalaitoskapasiteetista katselmoiduksi tai analysoiduksi vuoden 2003 loppuun mennessä. Voimalaitosala, KTM ja Motiva Oy näkivät tarpeelliseksi laatia ohjeet voimalaitoksen energia-analyysille. Näillä ohjeilla tuetaan katselmoijia, yhtenäistetään katselmustoimintaa ja varmistetaan energiatehokkuuden analysoinnin riittävä yksityiskohtaisuus.

Tämä raportti jakautuu 3 osaan:

- Osa 1 on voimalaitoksen energia-analyysin toteutusohje, joka määrittelee energia-analyysin päälinjat ja vaatimukset. Lisäksi energia-analyysiä ohjeistavat kauppa ja teollisuusministeriön julkaisut ”Energiakatselmustoiminnan yleisperiaatteet” ja ”Energiakatselmuksen toteuttamisen ja raportoinnin yleisohjeet”.
- Osa 2 on laajennettu mallisisällysluettelo, jossa määritellään toteutusohjetta yksityiskohtaisemmin energia-analyysin raportointiin liittyvät asiat ja vaatimukset. Mallisisällysluettelo esittää energia-analyysiraportin painopisteet ja sisällön mahdollisimman yleispätevästi, raportti ei käsittele syvällisesti eri voimalaitostyyppien erityispiirteitä.
- Osa 3 on esimerkkiraportti, jossa kuvataan energia-analyysin raportointi kuvitteellisessa kohteessa.

KTM:n tukemaa energia-analyysitoimintaa on tehty Suomessa lähes koko 1990-luvun. Osana voimalaitosalan energiansäästösopimusta on voimalaitoksissa tehty useita KTM:n tukemia energia-analyysijä vuosina 1998 - 2000. Aiemmistä analyyseistä saadut kokemukset vaikuttivat tähän kehitystyöhön suuresti.

Kehitysprojektin on käynnistänyt ja rahoittanut Motiva Oy projektipäällikkönä Janne Hietaniemi. Esimerkkiraportin laadinnassa sekä tämän raportin julkaisukustannuksissa on osarahoittajana ollut Finergy ry.

Hanketta ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat Pekka Ahtila, Janne Hietaniemi ja Heikki Väisänen Motiva Oy:stä, Teija Lahti-Nuutila ja Pentti Puhakka kauppa- ja teollisuusministeriöstä, Jukka Leskelä Energia-alan Keskusliitto ry Finergystä, Matti Nuutila Suomen Kaukolämpö Sky ry:stä, Jouko Rämö Pohjolan Voima Oy:stä ja Gustav Wallén Fortum Power and Heat Oy:stä. Kehitysprojektin alkuvaiheen linjauksiin osallistuivat lisäksi Pentti Arhippainen Pohjolan Voima Oy:stä, Risto Seppälä PVO-Engineering Oy:stä ja Juha Rautanen Motiva Oy:stä.

Voimalaitoksen energia-analyysin toteutusohjeen ja mallisisällysluettelon luonnos samoin kuin esimerkkiraportti on tehty Electrowatt-Ekono Oy:ssä projektipäällikkönä Pertti Koski ja vastuullisena tekijänä Tuomas Timonen. Projektiryhmään on kuulunut lisäksi Electrowatt-Ekono Oy:stä Kimmo Kohtamäki ja Markku Suominen sekä asiantuntijoina Kari Bovellan, Kari Lammi, Pekka Pietikäinen ja Jyrki Utela.

Sisällysluettelo

Osa 1	Toteutusohje	7
Osa 2	Mallisisällysluettelo	11
Osa 3	Malliraportti	31

Osa 1 Toteutusohje

Soveltamisala

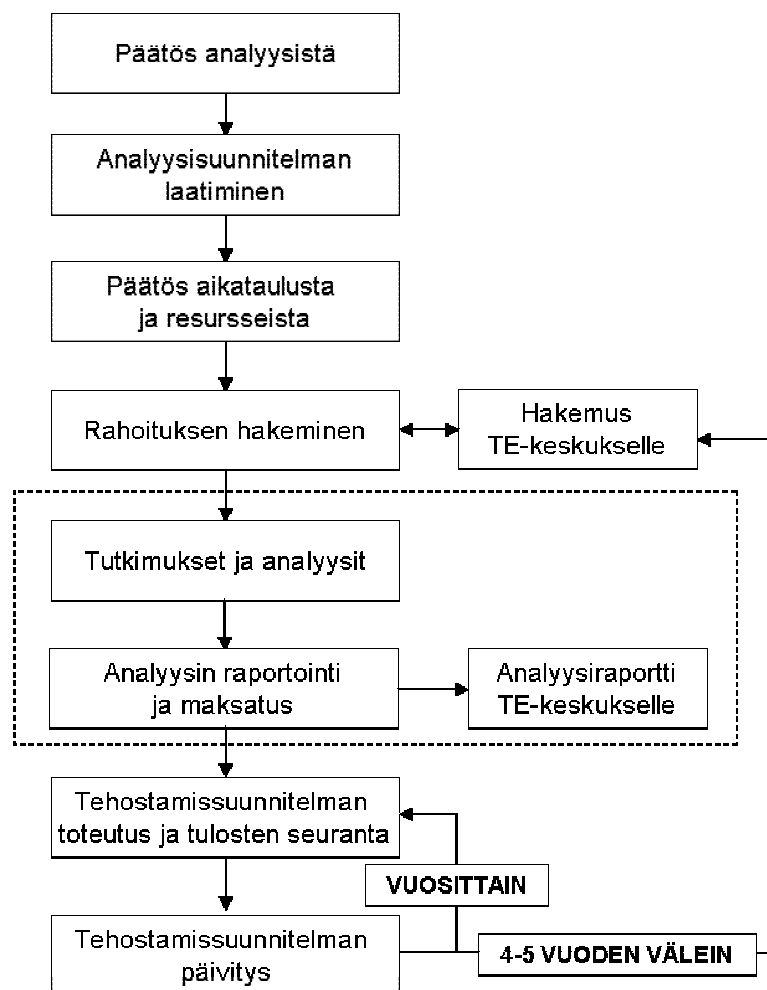
Voimalaitoksen energia-analyysimalli on tarkoitettu polttoainetta käyttäville yhdyskuntien ja teollisuuden sähköä tuottaville voimalaitoksille. Malli ei koske ydinvoimaloita eikä vesi- ja tuulivoimaloita.

Voimalaitosalan vapaaehtoisessa energiansäästösojimuksessa edellytetään energia-analyysin toteuttamista. Energia-analyysimallia sovelletaan KTM:n tukemiin voimalaitosten energia-analyysihin.

Voimalaitoksen energia-analyysimallin määrittelyllä edistetään voimalaitosten analysointia sekä yhtenäistetään ja helpotetaan analyysiin liittyvää raportointia.

Energia-analyysitoiminta käynnistämistä seurantaan

Voimalaitoksen energia-analyysin käynnistämisen ja toteutuksen päävaiheet:



Tehtävien ja niiden laajuuden yleinen määrittely

Energia-analyysin tavoite on voimalaitoksen kokonaisenergiatehokkuuden ja -talouden parantaminen. Voimalaitoksen energiatehokkuuden ja -talouden parantaminen on saman energiamäärän tuottamista pienemmällä polttoainemäärällä tai käytettäessä samaa polttoainemäärää suuremman energiamäärän tuottamista. Kokonaisenergiatehokkuutta tutkittaessa huomioidaan laitoskohtaiset ajotavat, polttoainevaihtoehdot, lauhdelaitoksilla ominaislämmönkulutuksen sekä kaukolämpö- ja vastapainelaitoksilla rakennusasteen muutos.

Analyysissä käydään läpi voimalaitoksen energiatehokkuuden nykytila sisältäen voimalaitoksen pää- ja apujärjestelmät, kuitenkin kohdistuen käytettävissä olevat resurssit kohteen merkittävyyden ja arvioitujen tehostamispotentiaalien mukaan. Voimalaitoksen käytönvalvonnan kannalta tärkeimpien mittausten analysointi on osa energia-analyysiä.

Energia-analyysin mallisisällysluettelossa listataan kattavasti voimalaitoksen järjestelmät. Mallisisällysluettelossa painotetaan niitä järjestelmiä ja kohteita, joista kokemuksen perusteella on löydettävissä merkittävimmät säästöt.

Energia-analyysissä työskentelytapana on tehdä aluksi voimalaitoksen kokonaistarkastelu, jonka jälkeen analyysityötä kohdistetaan yksittäisiin järjestelmiin. Analyysin toteutusta ja painopistealueita on suunnattava analyysikohteen mukaan, koska järjestelmien energiataloudellinen merkitys vaihtelee eri voimalaitoksilla.

Analysoitaville kohteille määritetään tehostamistoimenpiteillä saavutettavat vuosisäästöt, mahdollisesti tarvittavat investoinnit sekä lasketaan näiden perusteella suorat takaisinmaksuajat. Tehostamispotentiaalien ja -ehtotusten perusteella laaditaan voimalaitokselle energiatehokkuuden seurantasuunnitelma. Suunnitelmalla luodaan perusta ja toimintamallit voimalaitoksen energiatehokkuuden jatkuvalle parantamiselle.

Toteutusohje ja raportointivaatimukset on laadittu niin, että kaikki analyysin aikana tehtävät selvitykset ja mittaukset palvelevat tehokkaasti energiatehokkuuden parantamista voimalaitoksella. Analyysikohteessa oleelliset energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat tarkistetaan ja raportoidaan johtopäätöksineen ja perusteluineen, vaikka tehostamispotentiaalia ei analyysin mukaan kaikista asioista todettaisikaan.

Energia-analyysissä selvitetään ja raportoidaan voimalaitoksen polttoainevaihtoehdot siinä laajuudessa, että vaihtoehtoiset kokonaiskustannus- tai muut merkittävät vaikutukset kokonaisenergiatehokkuuteen tulevat huomioiduiksi.

Analyysiraportti koostuu kuudesta pääkappaleesta:

1. Yhteenveto

Analyysikohteen lyhyt esittely sekä yhteenveto analyysin keskeisistä tuloksista taulukoissa 1 ja 2:

- Taulukko 1 Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista
- Taulukko 2 Yhteenveto ehdotetuista energiatehokkuustoimenpiteistä.

2. Kohteen perustiedot

Energian kulutus- ja toimituskohteiden sekä analyysin kohteena olevan voimalaitoksen ja sen ajotapojen esittely.

3. Energiantuotannon ja -käytön nykytila

Voimalaitoksen taserajojen yli siirtyvien aine- ja energiavirtojen sekä polttoainneiden kuvaus. Voimalaitoksen kokonaisenergiataseen sekä laitoksen omakäyttöenergioiden esittely.

4. Voimalaitoksen energiatehokkuuden analysointi

Laitoksen tärkeimpien järjestelmien ja laitteiden kuvaus sekä niiden energiatehokkuuden analysointi ja energiatehokkuuden tehostamispotentiaalien esittelyt mahdollisine investointitarpeineen. Kappaleessa käsitellään lisäksi järjestelmä- ja laitekohtaiset kunnonhallintarutiinit.

5. Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

Yhteenvedo ehdotettavista tehostamistoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista sekä esitys toteutusjärjestyksestä, siten että muodostuu kuva kokonaisenergiatehokkuuden kehittymisestä.

6. Energiatehokkuuden seuranta

Toimenpiteet voimalaitoksen energiatehokkuuden ylläpidoksi ja seurannaksi varsinaisen energia-analyysin toteuttamisen jälkeen. Määritellään voimalaitokselle toimintarutiinit, parametrit ja suoritusarvot, joita laitoksella tulisi energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi seurata.

Mallisisällysluettelo kattaa erilaiset voimalaitostyypit, joten kaikki raportin alakohtat eivät välttämättä sovi sellaisenaan jokaiseen analyysikohteeseen. Pääperiaatteena jokaista alakohtaa käsitellään niin, että merkittävien järjestelmien ja laitteiden energiatehokkuudet säästöpotentiaaleineen tulevat analysoiduksi. Analyysissä ja raportista jätetään pois ne alakohtat, joiden käsittely ei ole voimalaitostyyppistä johtuen järkevää.

Energia-analyysin mittaukset

Energia-analyysissä mittauksilla selvitetään teholtaan merkittävien laitteiden todellinen hyötysuhde sekä kunto ja käyttöarvot suhteessa mitoitusarvoihin. Tulosten ja niistä tehtävien analyysien pohjana on oltava luotettavat ja ajan tasalla olevat mittaukset, jotka voivat perustua:

- kalibroituihin käyttömittauksiin
- aiemmin tehtyihin mittauksiin (takuu- ja kunnonvalvonta)
- analyysissä toteutettaviin hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittauksiin.

Analyysissä arvioidaan ja raportoidaan käytettyjen mittausten tarkkuus ja luotettavuus.

Pääperiaatteena on, että hyötysuhteita ei määritetä pelkästään energiahallintajärjestelmän tietojen perusteella. Tehtävien mittausten perusteella tarkistetaan hyötysuhteen lisäksi voimalaitoksen kiinteiden mittausten edustavuus ja energiahallintajärjestelmän tietojen luotettavuus sekä arvioidaan voimalaitoksen tärkeimpien käytönvalvontamittausten nykytilaa, kalibroitavuutta ja mittausten riittävyttä. Mittausten perusteella voidaan myös ehdottaa päälaitteiden ajotapojen muuttamista tai kunnossapitotoimenpiteitä.

Hyötysuhdemittaukset ovat osa voimalaitoksen energiatehokkuuden seuranta. Analyysin yhteydessä toteutettuja hyötysuhdemäärittämiä käytetään vertailuarvoina tulevaisuuden energiatehokkuuden ja kunnonvalvonnan seurannassa.

Osa 2 Laajennettu mallisisällysluettelo

Sisältö

1 Yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	15
1.1 Analyysikohde	15
1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali	15
2 Kohteen perustiedot	17
2.1 Energian kulutus- ja toimituskohteet	17
2.2 Voimalaitos	17
3 Energiantuotannon ja -käytön nykytila	18
3.1 Lähtötiedot	18
3.2 Energianhallintajärjestelmä	18
3.3 Energian toimituskohteiden energiankäyttö	18
3.4 Voimalaitoksen energiataseet	19
3.4.1 Energiatase	19
3.4.2 Polttoaineet	19
3.4.3 Omakäytöt	19
4 Voimalaitoksen energiaterhokkuuden analysointi	21
4.1 Kattilat	21
4.2 Kaasuturbiinit	22
4.3 Höyryturbiinit	23
4.4 Höyryjärjestelmä	23
4.5 Syöttövesijärjestelmä	24
4.6 Kaukolämpöjärjestelmä	24
4.7 Vedenkäsittelyjärjestelmät	24
4.8 Jäähdytysvesijärjestelmä	25
4.9 Savukaasujen puhdistusjärjestelmät	25
4.10 Polttoainejärjestelmät	25
4.11 Sähköjärjestelmät	26
4.12 Automaatiojärjestelmä	26
4.13 Voimalaitoksen palvelujärjestelmät	26
4.13.1 Paineilmajärjestelmä	26
4.13.2 Muut palvelujärjestelmät	26
4.14 Kiinteistötekniikka	27
4.14.1 LVI-järjestelmät	27
4.14.2 Sähköjärjestelmät	27
4.14.3 Muut talotekniset järjestelmät	27

5 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset	28
5.1 Laskentaperusteet	28
5.2 Toimenpide-ehdotukset	28
5.3 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset	29
6 Energiatehokkuuden seuranta	30

Liitteet

Kuvat

1 Yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Kappaleessa esitellään lyhyesti analyysikohte sekä kootaan yhteen analyysin keskeiset tulokset.

1.1 Analyysikohte

Sanallinen analyysikohteen esittely, jossa kuvataan lyhyesti mm. tuotantoa ja siihen liittyviä keskeisiä tietoja.

1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

Sanallinen kuvaus analyysikohteen tuotantotasosta, säästämahdollisuuksista ja ehdotetuista toimenpiteistä. Alaotsikkoina voidaan käyttää perusjakoa polttoaine/lämpö/sähkö tai muuta analyysikohteen energiankäyttöä selkeästi havainnollistavaa jaottelua. Tässä kohdassa on esitettävä yhteenvetotaulukot kokonaishyötysuhteesta ennen analyysia ja sen jälkeen sekä ehdotettavista toimenpiteistä.

Taulukoissa 1 ja 2 esitetään yhteenvedot ehdotetuista tehostamistoimista ja niiden vaikutuksista. Taulukoissa on mukana tehostamispotentiaalit, joiden takaisinmaksuajan on arvioitu olevan alle kymmenen vuotta.

Taulukko 1 Yhteenveto energiankulutuksesta ja säästöpotentiaalista

		Tarkastelu- vuosi 200X	Tehostamis- suunnitelman jälkeen
Polttoaineiden käyttö	GWh/a		
Lämmöntoimitus	GWh/a		
Sähkönkehitys	GWh/a		
Kokonaishyötysuhde (brutto)	%		
Omakäyttö sähkö	GWh/a		
Kokonaishyötysuhde (netto)	%		
Veden käyttö	m ³ /a		
Säästöt (alv 0%)	€	***	
Investoinnit (alv 0%)	€	***	

Taulukko 2 Yhteenveto ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä.

no	TOIMENPITEEN KUVAUS	SÄÄSTÖ YHTEENSÄ €/a	TAKAISIN- MAKSU- AIKA a	INVES- TOINTI €	POLTTOAINEET		SÄHKÖ		MUUT SÄÄSTÖT €/a	VEDEN SÄÄSTÖ		RAPOR- TIN KOHTA
					energia MWh/a	kustannukset €/a	energia MWh/a	kustannukset €/a		määrä m ³ /a	kustan- nukset €/a	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
YHTEENSÄ		0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Kappaleessa kuvataan energian kulutus- ja toimituskohteet sekä esitellään analyysin kohteena oleva voimalaitos.

2.1 **Energian kulutus- ja toimituskohteet**

Lyhyt kuvaus mihin ja miten voimalaitos tuottaa ja toimittaa energiaa. Kappaleen tarkoituksena on antaa yleiskuva energian kulutus- ja toimituskohteista. Kappaleessa kuvataan myös mahdolliset muut voimalaitoksen ulkopuolelle toimitettavat hyödykkeet, kuten paineilma ja prosessivesi sekä niiden määrä ja laatu.

Energian toimituskohteita voivat olla esimerkiksi sähköllä kantaverkko tai lämmöllä läheiset tehtaot tai kaukolämpöverkot. Toimituskohteista raportoitavia asioita ovat esimerkiksi:

- yleistiedot (omistus, sijainti)
- tuotantomäärät (esim. tonnia paperia)
- liittymät voimalaitokseen

2.2 **Voimalaitos**

Lyhyt kuvaus voimalaitoksesta ja voimalaitoskokonaisuutta koskevat muut yleiset asiat sekä yksinkertaistettu prosessikaavio.

Kappaleessa käsitellään yleisellä tasolla esimerkiksi seuraavia asioita:

- päälaitteet (tyypit, tehot, käyttöönottovuodet, käytetyt nimitykset)
- polttoainetiedot
- voimalaitoksen prosessiliittymät (lämpötilat, painetasot, mitoitustehot)
- laitoksen ajotavat ja ohjeistus poikkeavia tilanteita varten
- henkilöstö, käyttö, huolto, kunnossapito.

Yksityiskohtaiset päälaitetiedot käsitellään kappaleen 4 alakohdissa.

3 **Energiantuotannon ja -käytön nykytila**

Kappaleessa annetaan kokonaiskuva voimalaitoksen taserajojen yli siirtyvistä aine- ja energiavirroista sekä esitetään voimalaitoksen kokonaisenergiatase sekä laitoksen omakäyttöenergiat. Lisäksi käsitellään voimalaitoksen polttoaineet.

Kappale perustuu voimalaitokselta saataviin tietoihin ja analyysissä tehtyihin energiamittauksiin. Kappale toimii lähtökohtana analyysille.

3.1 **Lähtötiedot**

Kappaleessa kuvataan analyysissä käytettyjä lähtötietoja.

Käsiteltäviä asioita ovat esimerkiksi:

- analyysin tarkasteluvuosi ja sen erityispiirteet (esim. ajotapa, polttoaineiden hinta, tuotantotaso, säätilanne jne.)
- energiahallintajärjestelmästä tai muusta raportointijärjestelmästä saatavissa olevat tiedot
- saatavissa olevat dokumentit
- tehdyt energiamittaukset ja selvitykset

3.2 **Energiahallintajärjestelmä**

Kappaleessa analysoidaan energiatietojen keräily-, käsittely- ja analysointitavat sekä raportointijärjestelmät. Tavoitteena on saada käsitys voimalaitoksen energiahallinnan

- käytettävyydestä
- tulosten luotettavuudesta
- kehittämistarpeista.

Kappaleessa tai liitteissä voidaan esittää joitakin tärkeimpiä esimerkkitulosteita ja niistä tehtyjä havaintoja, esimerkiksi:

- seurantaraportteja, tunnuslukuja ja niiden hyödyntämistä toiminnanohjauksessa
- laitoksen energiatehokkuuden ja käytönvalvonnan tärkeimpiä mittauksia
- epäluotettavia mittausarvoja tai laskelmia
- energiahallintajärjestelmän (EHJ) käyttämiä laskentaperiaatteita.

3.3 **Energian toimituskohteiden energiankäyttö**

Kappaleessa käsitellään energian toimituskohteiden energiankäyttö ja voimalaitoksen toimittamille tuotteille asetetut sopimusehdot.

Kappaleessa kuvataan tehtaan/kuluttajien lämpö- ja sähkökuormat vähintään kolmelta vuodelta sekä tarkastellaan vuosien välisiä eroja voimalaitoksen kannalta. Höyryntoimituksen yhteydessä analysoidaan käyttökohteiden lauhteenpalautukset (tehdastasolla).

Kappaleessa käydään läpi energiankuluttajien asettamat raja-arvot voimalaitoksen eri tuotteille (esimerkiksi prosessihöyryjen lämpötilojen ja painetasojen vaihtelurajat).

Mahdollisuuksien mukaan määritellään toimituskohteille yksinkertaiset energian ominaiskulutuksen (EOK) tunnusluvut.

3.4 Voimalaitoksen energiataseet

3.4.1 Energiatase

Kappaleessa esitetään yhteenveto voimalaitoksen energiamääristä vuositasolla.

Alustavan energiataseen laatiminen on analyysityön kohdistamisen kannalta hyvin tärkeää. Alustavaa energiatasetta päivitetään työn aikana kerättyjen tietojen perusteella ja taseen lopullista versiota pidetään yhtenä analyysityön tärkeistä lopputuloksista.

Voimalaitoksen tasetiedot esitetään vähintään kolmelta vuodelta (esimerkiksi taulukkomuodossa) ja eri vuosien välisiä eroja tarkastellaan. Valitulta tarkasteluvuodelta esitetään voimalaitoksen energiavirrat sankey-diagrammina, jossa esitetään:

- polttoaineiden hankinta
- sähkön- ja lämmöntoimitus
- muut toimitukset
- tärkeimmät omakäytöt
- häviöt.

Määritetään mihin tietoihin laadittu energiatase perustuu (käytetyt raportit ja tärkeimmät mittaukset).

3.4.2 Polttoaineet

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen polttoaineen hankinta ja käytettyjen polttoaineiden perusominaisuudet (esimerkiksi kosteus ja lämpöarvo). Kappaleessa kuvataan myös polttoaineiden tyypilliset käyttötavat (esim. käynnistyspolttoaineet, tukipolttoaineet, käytetyt polttoainesekoitukset).

3.4.3 Omakäytöt

Kappaleessa kuvataan yhteenvetona voimalaitoksen suurimmat omakäytöt ja voimalaitoksen omakäyttöenergiat vuositasolla sekä omakäytön kustannusmerkitys (menetetyt myyntituotot tms.). Omakäytöt analysoidaan yksityiskohtaisemmin kappaleen 4 eri alakohdissa.

Voimalaitoksen omakäyttölaitteisiin luetaan sisältyväksi laitteistot, jotka on määritetty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä (nro 1261) voimalaitoksen omakäyttölaitteiksi. Omakäyttöjen jakaumat esitetään kokonaisuutena voi-

malaitoksen sankey-diagrammissa (lämpö, sähkö) ja erikseen kulutusjakaumana esimerkiksi sankey-, piirakka- tai taulukkomuodossa.

4 Voimalaitoksen energiatehokkuuden analysointi

Kappaleissa analysoidaan laitoksen tärkeimpien järjestelmien energiatehokkuuden tila sekä energiatehokkuuden parannuspotentiaalit mahdollisine investointitarpeineen. Tavoitteena on esittää tehostamispotentiaalit, joissa arvioitu ehdotuksen takaisinmaksuaika on alle kymmenen vuotta. Myös muita toimenpideehdotuksia voidaan esitellä, jos tarkastelulle on energiansäästön ohella muita merkittäviä perusteita.

Kappaleessa käsitellään myös laitekohtaiset kunnonhallintarutiinit, mikäli niillä on vaikutusta laitteiston energiatalouteen.

Energiatehokkuuden parannuskohteista käsitellään:

- toimenpideehdotuksen kuvaus
- tarvittavat investoinnit ja säästövaikutukset
- ehdotuksen muut vaikutukset (käytettävyys, kunnossapito, CO₂-päästöt tms.)

Analyysin yhteydessä tehtävät mittaukset on syytä dokumentoida riittävän yksityiskohtaisesti. Mittausdokumentaatioissa on esitettävä miten ja millä laitteilla, missä ajotilanteessa ja minä ajankohtana mitattiin, sekä tulokset ja niiden tulkin- ta johtopäätöksineen.

4.1 Kattilat

Kappaleissa analysoidaan voimalaitoksen kattiloiden energiatehokkuus apujärjestelmineen sekä raportoidaan todetut tehostamispotentiaalit. Kappale sisältää kaikki voimalaitoksen kattilat sisältäen myös soodakattilat, apukattilat ja kombi- kattilat.

Kappaleessa käsitellään kattilakohtaisesti perustiedot, kuten käyttöönotto- vuosi, höyrynarvot ja polttoaineet. Kuvataan kattilan nykyinen kuntotilanne. Analysoidaan kattilan ajoperiaatteet, toteutuneet käyttötunnit ja epäkäytettävyydet vähintään kolmen vuoden ajalta.

Kattiloiden osalta käsitellään mahdolliset muutokset polttoaineissa, poltto- ainesekoituksissa ja polttoaineiden laadussa (esimerkiksi kosteus) sekä määrite- tään muutosten vaikutukset energiatehokkuuteen. Polttoainemuutoksia arvioita- essa huomioidaan myös muut merkittävät vaikutukset esim. CO₂-päästöt.

Kappaleeseen sisältyy myös seuraavien laitteiden ja järjestelmien energia- tehokkuuden analysointi:

- palamisilma- ja savukaasupuhaltimet
- ekonomaiserit ja LUVO:t
- KP-esilämmittimet.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Kattiloiden analysointiin sisällytetään sellaiset analyysin aikana tai lähiaikoina tehdyt mittaukset, joiden avulla voidaan määrittää kattilan hyötysuhde luotettavasti. Kattilakohtaisesti arvioidaan, onko analyysin yhteydessä tarpeellista mitata eniten käyvät suuret puhaltimet ja pumput.

Mittausten tavoitteena on voimalaitoksen oman valvontajärjestelmän tarkkuuden parantaminen. Mittauksilla tarkistetaan kattiloiden käytönvalvontamittausten toiminta ja edustavuus sekä voimalaitoksella käytetty hyötysuhteen laskentatapa.

Kattiloiden hyötysuhdemittauksiin sovelletaan esimerkiksi standardia DIN-1942. Mittausten laajuus valitaan sellaiseksi, että kattiloiden osahäviöt saadaan määritettyä. Aina määritetään CO- ja O₂ - pitoisuudet sekä savukaasun lämpötila. Mittaukset tehdään nimellisasteissa ja sellaisilla kattilakuormilla, että mittauksien tulokset saadaan kattiloiden normaalilta käyttöalueelta.

Raportissa kuvataan toteutetut mittaukset ja saadut tulokset. Mittausten ja muiden selvitettyjen tietojen perusteella laaditaan kattilakohtaiset taseet, joissa on eritelty merkittävimmät kattilaan liittyvät häviöt ja omakäytöt. Mittaustulosten perusteella arvioidaan hyötysuhteen hyvyttä ja päästöjen määrää suhteessa ko. kattilatyypillä ja polttoaineella saavutettavissa oleviin arvoihin tai mitattuihin uusravintoihin. Vertailua tehdään myös nykyisin uudella tekniikalla saavutettaviin hyötysuhteisiin.

Analyysin yhteydessä ei yleensä ole tarpeellista tehdä kombikattiloille hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittauksia. Voimalaitoksen apukattiloille ei yleensä tehdä hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittauksia lyhyen vuosittaisen käyttöajan vuoksi.

4.2 Kaasuturbiinit

Kappaleen tavoitteena on analysoida voimalaitoksen kaasuturbiinien energiatehokkuus apujärjestelmineen sekä raportoida todetut tehostamispotentiaalit.

Kappaleessa käsitellään kaasuturbiinikohtaisesti kunkin perustiedot, kuten käyttöönottovuosi, kompressorin, turbiinin ja generaattorin suoritusarvot sekä polttoaineet. Kuvataan kaasuturbiinin nykyinen kuntotilanne.

Kaasuturbiinin ajoperiaatteet, toteutuneet käyttötunnit ja epäkäytettävyydet analysoidaan vähintään kolmen vuoden ajalta.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Mittauksia tehdään siinä laajuudessa, että kaasuturbiinien hyötysuhteet saadaan selvitettyksi. Pääsääntöisesti kaasuturbiinien hyötysuhteet määritetään erillismittauksin toteuttaen mittaukset luotettavilla mittareilla. Toteutetuilla mittauksilla voidaan hyötysuhteen ja kuntotilanteen määrittämisen ohella tarkistaa voimalaitoksen kiinteiden mittausten toiminta ja mittaustulosten edustavuus.

Analyysin yhteydessä kaasuturbiinin käytönvalvontamittareiden luotettavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta kaasuturbiinin ajopisteet olisivat varmasti valmistajan antamien lämpötilarajojen sisällä.

Kappaleessa kuvataan toteutetut mittaukset ja saadut tulokset. Mittauksiin voidaan soveltaa esimerkiksi julkaisussa Toleranzen bei der indirekten Bestimmung von Massenstrom and Turbinen-Eintrittstemperatur in offenen Gasturbinen, Wärme Band 88, Heft 6, kuvattua käytäntöä. Mittausten ja muiden selvi-

tettyjen tietojen perusteella laaditaan kaasuturbiinikohtaiset taseet, joissa on eritelty merkittävimmät kaasuturbiiniin liittyvät häviöt ja omakäytöt.

4.3 Höryturbiinit

Kappaleen tavoitteena on analysoida voimalaitoksen höryturbiinit ja generaattorit apujärjestelmineen sekä raportoida todetut tehostamispotentiaalit.

Kappaleessa käsitellään turbiinikohtaisesti kunkin perustiedot, kuten käyttöönottovuodet, väliotot ja -tulistikset sekä näiden höyrynarvot. Kappaleessa käsitellään myös generaattoriin liittyvät järjestelmät ja höryturbiinin apujärjestelmät. Kuvataan järjestelmien nykyinen kuntotilanne energiatalouden kannalta.

Analysoidaan höryturbiinin ajoperiaatteet, toteutuneet käyttötunnit ja epäkäytettävyydet vähintään kolmen vuoden ajalta.

Kappaleeseen sisältyy myös seuraavien järjestelmien ja laitteiden analysointi:

- lauhdutin
- MP-esilämmittimet
- generaattori
- höryturbiinin apujärjestelmät.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Turbiinien mittaukset suunnitellaan ja toteutetaan niin, että tulokseksi saadaan luotettavaa tietoa turbiinin todellisista käyttötilanteiden hyötysuhteista. Höryturbiinien hyötysuhteiden määrittämiseen suositellaan erillismittauksia luotettavilla mittareilla, joilla voidaan hyötysuhteen ja kuntotilanteen määrittämisen ohella tarkistaa voimalaitoksen kiinteiden mittausten toiminta ja mittaustulosten edustavuus.

Mittaukset toteutetaan normien ja standardien ohjeistuksia soveltaen siten, että huomioidaan energia-analyysin hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittausten suppeampi luonne verrattuna takuukokeisiin:

- VGB – Empfehlung Anleitung zum Überwachen von Dampfturbinen durch Messen des inneren Wirkungsgrades
- ASME – Simplified Procedures for Routine Performance Tests of Steam Turbines
- Turbomachinery International Publications: Turbine Steam Path Performance, William P. Sanders.
- DIN 1943 - Thermal Acceptance Tests of Steam Turbines

Raportissa kuvataan lyhyesti toteutetut mittaukset ja saadut mittaustulokset. Mittausten ja muiden selvitettyjen tietojen perusteella laaditaan turbiinikohtaiset taseet, joissa on eritelty merkittävimmät turbiiniin liittyvät häviöt ja omakäytöt.

4.4 Höryjärjestelmä

Tavoitteena on analysoida voimalaitoksen höryjärjestelmän energiatehokkuus sekä raportoida todetut ja ehdotetut tehostamispotentiaalit.

Esimerkiksi teollisuusvoimalaitoksessa esitellään laitoksen höyryverkon rakenne (kattiloiden kytkennät eri painetasoille, eri painetasojen höyrytuket, höyryrakut, reduktiot ja lauhduttimet). Kappaleessa kuvataan lisäksi höyryjärjestelmän käyttöperiaatteet.

- perustiedot laitteista (tehoista, kytkennöistä)
- esitetään tarvittaessa mittaustietoja höyrytukeista, reduktioista, reduktiomääristä, apulauhduksien käytöstä
- analysoidaan höyryjärjestelmän ajotapoja.

4.5 **Syöttövesijärjestelmä**

Kappaleen tavoitteena on analysoida voimalaitoksen syöttövesijärjestelmän energiatehokkuus sekä raportoida todetut ja ehdotetut tehostamispotentiaalit.

Syöttövesijärjestelmä on merkittävä energiankuluttaja sekä sähkön että lämmön osalta, joten järjestelmä on yleensä analysoitava yksityiskohtaisesti. Analysointi edellyttää normaalisti erillismittauksia esimerkiksi syöttövesipumppujen ja esilämmittimien lämpötilatasojen osalta. Erityistä huomiota kiinnitetään syöttövesipumppujen ajotapoihin, säätöperiaatteisiin ja paine-eroon sekä syöttövesijärjestelmän esilämmittimien toimintaan. Muita kappaleessa käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi:

- syöttövesisäiliöt (lämpötilatasot, esilämmitykset ja säiliön lämmitys)
- syöttöveden ja lisäveden esilämmitykset ja lämpötilatasot
- laitteiden mitoitus ja käyttötavat.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Kuvaus toteutetuista mittauksista ja saaduista mittaustuloksista.

4.6 **Kaukolämpöjärjestelmä**

Kappaleen tavoitteena on analysoida voimalaitoksen kaukolämpöjärjestelmän energiatehokkuus ja raportoida todetut tehostamiskohteet. Lisäksi kappaleessa esitellään voimalaitoksen omat kaukolämmön kulutuskohteet ja kulutusjakauma.

Analysoidaan kaukolämmön tuotannon periaatteet, käytetyt lämmönlähteet ja tuotannon optimointi. Tarkastellaan myös kaukolämpöpumppujen mitoitus, säätö- ja ajoperiaatteet. Tutkittavia asioita ovat esimerkiksi:

- kaukolämmön meno- ja paluulämpötilat
- laitteiden mitoitus ja käyttötavat
- tarvittavan lisäveden määrä (vuodot).

4.7 **Vedenkäsittelyjärjestelmät**

Analysoidaan voimalaitoksen vedenkäsittelyjärjestelmät, järjestelmien perustiedot ja raportoidaan todetut tehostamiskohteet.

Voimalaitoksen järjestelmistä ja analyysin tehtävärajauksesta riippuen kappale sisältää voimalaitoksen vedenkäsittelylaitteet koostuen raakaveden ja lisäveden valmistuksesta, lauhteen puhdistuksesta ja jäteveden käsittelystä. Muita käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi:

- valmistukseen liittyvät jäähdytykset ja lämmitykset
- hukkalämmön hyväksikäyttö.

4.8 **Jäähdytysvesijärjestelmä**

Tavoitteena on analysoida voimalaitosprosessissa käytetyt jäähdytysvesijärjestelmät sekä raportoida todetut tehostamispotentiaalit.

Analysoidaan voimalaitoksen jäähdytysvesijärjestelmät. Tarkastellaan kunkin järjestelmän päälaitteet, merkittävimmät jäähdytyskohteet ja järjestelmässä käytetyt jäähdytysvedet (vesimäärät ja lämpiämät). Myös suurimpien pumppujen mitoitus-, säätö- ja ajoperiaatteet analysoidaan.

Muita käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi:

- jäähdytysvesien ja -lämpöjen hyötykäyttö.

4.9 **Savukaasujen puhdistusjärjestelmät**

Kappaleessa analysoidaan savukaasujen puhdistukseen liittyvät järjestelmät ja raportoidaan todetut tehostamispotentiaalit.

Savukaasun käsittelyjärjestelmien energiankäytön ja energiatehokkuuden merkitys voimalaitoksen omakäyttöenergialle voi vaihdella merkittävästi voimalaitoskohtaisesti, mikä on huomioitava työpanoksessa. Voimalaitoksen järjestelmistä riippuen käsittely sisältää esimerkiksi sähkösuodattimet, kuitusuotimet, rikinpoistolaitoksen, typenpoiston, ammoniakkiruiskutukset tms.

Käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi:

- painehäviöiden ja puhdistusrytmien optimointi
- pölyn siirtolaitteistojen toiminta.

4.10 **Polttoainejärjestelmät**

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen käyttämät polttoaineiden vastaanotto-, käsittely- ja siirtojärjestelmät sekä raportoidaan niiden energiankäytön merkitys ja tehokkuus.

Käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi:

- polttoaineen siirtojärjestelmien käyttö- ja ohjaustavat
- öljysäiliöiden lämmitykset

4.11 **Sähköjärjestelmät**

Kappaleessa analysoidaan niitä sähkön tuotannon ja jakelun teknisiä järjestelmiä, joilla on vaikutusta laitoksen käytön energiatehokkuuteen. Tässä kohdassa kuvataan lyhyesti myös sähköverkon rakenne, mm.:

- jakelukaaviot
- muuntajat
- kytkinasemat
- jännitetasot.

4.12 **Automaatiojärjestelmä**

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen automaatiojärjestelmien ikää, teknistä tasoa ja kykyä hoitaa laitoksen käyttöön liittyviä perustehtäviä tuotannon taloudellisuuden, luotettavan käynnin ja käyttöturvallisuuden kannalta.

Arvioidaan eri järjestelmäsukupolvien kykyä tuottaa ja tallentaa verifioitua mittaustietoa erityyppisten ylätasojen laskentajärjestelmien käyttöön.

4.13 **Voimalaitoksen palvelujärjestelmät**

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen palvelujärjestelmät ja muut apujärjestelmät sekä raportoidaan niiden energiankäytön merkitys ja energiatehokkuus.

4.13.1 **Paineilmajärjestelmä**

Kappaleessa kuvataan olemassa oleva paineilmajärjestelmä ja paineilman käyttökohteet sekä analysoidaan paineilmajärjestelmän toiminnan energiatehokkuus mm:

- tuotantoyksiköt sekä esi- ja jälkikäsitteilylaitteet mitoituksineen
- tarvittavat/käytettävät painetasot
- verkostovuotojen tarkastelu
- lauhdelämmön hyödyntäminen
- ohjaus-, säätö- ja ajotavat
- ominaisteho

4.13.2 **Muut palvelujärjestelmät**

Muiden palvelujärjestelmien energiatehokkuutta tarkastellaan niiden energiakustannusmerkityksen mukaisella laajuudella. Analysoitavia järjestelmiä voivat olla mm:

- kuumaöljyjärjestelmät
- varavoimakoneet
- muut prosessivesijärjestelmät
- muut jäähdytysvesijärjestelmät.

4.14 Kiinteistötekniikka

Kappaleessa analysoidaan ja raportoidaan voimalaitoksen kiinteistötekniikkaan liittyvät merkittävät tai selkeät energian tehostamispotentiaalia sisältävät energia-tekniset asiat. Tarkastelu edellytetään tehtäväksi, mutta laajuus ja yksityiskohtaisuus määräytyy kohdekohtaisesti.

4.14.1 LVI-järjestelmät

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen LVI-järjestelmät ja raportoidaan niiden energiankäytön merkitys ja energiatehokkuus.

Erityistä huomiota kiinnitetään voimalaitosprosessiin kiinteästi liittyvien tilojen, kuten kattilahuoneen ja turbiinisalin LVI-järjestelmien tarkasteluihin.

Muita analysoitavia kohteita ovat:

- korjaamot, automaatiotilat, toimistotilat ym.
- rakennusautomaatiojärjestelmä
- kylmätekniset järjestelmät
- rakennukset ja rakenteet.

4.14.2 Sähköjärjestelmät

Kappaleessa analysoidaan voimalaitoksen kiinteistötekniset sähköjärjestelmät ja raportoidaan niiden energiatehokkuus.

Analysoitavia kohteita ovat esimerkiksi:

- sisä- ja ulkovalaistus
- sähkölämmitykset tai -sulatukset.

4.14.3 Muut talotekniset järjestelmät

-

Tässä kohdassa tuodaan toteutetun analyysin yhteenvetona selkeästi esiin tehostamissuunnitelman ja sen osien kokonaisvaikutukset siten, että muodostuu selkeä kuva kokonaisenergiatehokkuuden muutoksista. Kappaleessa esitetään:

- miten säästöpotentiaalit on laskettu ja miten mahdolliset muutokset laskentaperusteissa vaikuttavat säästön taloudellisuuteen
- missä järjestyksessä analyysissä ehdotetaan toimenpiteisiin ryhdyttävän ja mitkä ovat yksittäisten toimenpiteiden säästöpotentiaalit ko. järjestyksessä toteutettuina.
- mikä on ehdotusten kokonaisvaikutus.

Toimenpide-ehdotusten pitää antaa riittävästi tietoa, jotta voimalaitoksella pystytään arvioimaan ehdotusten toteuttamisen tai jatkoselvittelyn kannattavuutta.

5.1 Laskentaperusteet

Kappaleessa esitetään yleiset perusteet säästön laskemiseksi ja säästetyn energian hinnat eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Hinnoista mahdollisesti tehdyt poikkeamat esitetään ja perustellaan toimenpide-ehdotusten yhteydessä.

Laskentaperusteissa määritellään esimerkiksi investointeihin liittyvät yleiset asiat, kuten ovatko käytetyt laitehinnat budjettihintoja tai ilmoitettu toimitettuna/asennettuina/verottomina. Säästetyn energian hintojen määrittely voi tarpeesta riippuen sisältää esimerkiksi käytettyjen polttoaineiden, tuore-, väliotto- ja vastapainehöyryjen ja/tai/sekä omakäyttö- tai myyntisähkön hinnat.

5.2 Toimenpide-ehdotukset

Esitetään yhteenveto ehdotettavista säästökohteista sekä toimenpiteistä energiankäytön tehostamiseksi ehdotetussa toteuttamisjärjestyksessä. Toimenpiteille lasketaan suorat takaisinmaksuajat.

Tehostamispotentiaalien tekniset yksityiskohdat on pääosin kuvattu kappaleen 4 alakohdissa. Tässä kappaleessa huomioidaan tehostamispotentiaalien päällekkäisyydet ja määritellään toimenpiteiden lopullinen toteutusjärjestys ja kokonaisvaikutus.

Toimenpide-ehdotukset ryhmitellään seuraavien otsikoiden alle:

- Voimalaitosprosessi
- Palvelujärjestelmät
- Kiinteistöt
- Muut ehdotukset

Kappaleessa esitetään muut analyysissä havaitut asiat, jotka eivät suoranaisesti edistä energiatehokkuutta (esimerkiksi ympäristöasiat).

5.3 **Jatkoselvitykset ja -tutkimukset**

Kappaleessa esitetään analyysissä havaitut asiat tai säästöpotentiaalit, jotka vaativat lisäselvitysten tekemistä tai joissa ehdotetaan muita jatkotoimia.

Kappaleessa käsitellään toimenpiteet voimalaitoksen energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi varsinaisen energia-analyysin toteuttamisen jälkeen. Kappaleessa määritellään voimalaitokselle toimintarutiinit, parametrit ja suoritusarvot, joita laitoksella tulisi energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi seurata.

Energiatehokkuustoiminnan tarkoituksena on vähintäänkin ylläpitää saavutettu tehokkuustaso mutta ennen kaikkea luoda organisaatiolle toimintamalli, jolla energiatehokkuutta voidaan jatkuvasti parantaa.

Henkilöstön koulutus

- ajoperiaatteisiin liittyvät muutokset ja ehdotukset
- parametrit energiatehokkuuden seuraamiseksi
- kohteet, joissa kunnonvalvontaa tehostamalla voidaan saavuttaa säästöjä

Tehostamissuunnitelma

- toimenpide-ehdotusten toteutusaikataulu ja tulosten seuranta
- energiatehokkuuden säännöllinen raportointimenettely

Voimalaitoksen tehostamissuunnitelmaa päivitetään osana operatiivista toimintaa ja vuosisuunnittelua, jolloin voimalaitoksen energiatehokkuuden kehittäminen tulee osaksi voimalaitoksen säännöllisiä rutiineja ja tehostamissuunnitelma säilyy aina ajan tasalla.

Tulevaisuudessa tehtävät seurantamittaukset ja mittareiden kalibroinnit

- analyysissä havaittujen mittauspöikkeämien ja -puutteiden korjaamiseksi ehdotettavat toimenpiteet
- tärkeimpien mittausten kunnossapito ja seuranta
- ehdotettavat kunnonvalvonta- ja energiatehokkuuden seurantamittaukset

Osa 3 Esimerkkiraportti

Esimerkkiraportti on tarkoitettu voimalaitoksen energia-analyysimallin ohjeistuksen tueksi ja esittelee analyysin raportoinnin laajuutta ja esitystapaa.

Esimerkkiraportti on laadittu kuvitteelliselle kohteelle. Raportoidun voimalaitoksen prosessikytkennät ja -suureet sekä laitetiedot eivät kaikilta osin ole järkeviä tai vastaa todellisuutta. Osa tekstistä, kaavioista ja kuvista on peräisin jo toteutettujen analyysihankkeiden raportoinneista ja kaikki esimerkkiraportin kappaleet eivät ole sisällöltään samasta kohteesta.

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN
TUKEMA ENERGIAKATSELMUSHANKE

Dnro: 123456/123/01

Päätöksen päivämäärä: 1.1.2001

VOIMALAITOKSEN ENERGIA-ANALYYSIRAPORTTI

Esimerkkiyritys Oyj
Mallilan tehtaat
Oppitie 1
12345 Mallila

Katselmuksen ajankohta: 1.6 - 15.12.2001
Raportin päiväys: 30.12.2001
Tilaaajan yhteyshenkilö: Ville Voima
p. (01) 234 5678

Katselmuksen suorittaja:
Voimalaitossuunnittelu Oy
Simo Sähkö
p. (12) 345 678

Sisältö

Esipuhe	37
1 Yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	39
1.1 Analyysikohte	39
1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali	39
2 Kohteen perustiedot	44
2.1 Energian kulutus- ja toimituskohteet	44
2.2 Voimalaitos	44
3 Energiantuotannon ja -käytön nykytila	46
3.1 Lähtötiedot	46
3.2 Energianhallintajärjestelmä	46
3.3 Energian toimituskohteiden energiankäyttö	47
3.4 Voimalaitoksen energiataseet	48
3.4.1 Energiatase	48
3.4.2 Polttoaineet	50
3.4.3 Omakäytöt	51
4 Voimalaitoksen energiatehokkuuden analysointi	53
4.1 Kattilat 21	
4.1.1 Kaasukattila K1	53
4.1.2 Kiinteän polttoaineen kattila KK4	54
4.1.3 Apukattila K3	56
4.2 Höyryturbiinit	57
4.2.1 Vastapaine-lauhdeturbiini T1	57
4.2.2 Vastapaineturbiini T2	61
4.3 Höyryjärjestelmä	61
4.4 Syöttövesijärjestelmä	62
4.5 Kaukolämpöjärjestelmä	63
4.6 Vedenkäsittelyjärjestelmät	63
4.7 Jäähdytysvesijärjestelmä	64
4.8 Savukaasujen puhdistusjärjestelmät	64
4.9 Polttoainejärjestelmät	64
4.10 Sähköjärjestelmät	65
4.11 Automaatiojärjestelmä	65
4.12 Voimalaitoksen palvelujärjestelmät	66
4.12.1 Paineilmajärjestelmä	66
4.12.2 Muut palvelujärjestelmät	67
4.12.3 Varavoimakoneet	67
4.13 Kiinteistötekniikka	67
4.13.1 LVI-järjestelmät	67
4.13.2 Sähköjärjestelmät	68
4.13.3 Muut talotekniset järjestelmät	68
5 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset	69
5.1 Laskentaperusteet	69

5.2	Toimenpide-ehdotukset	70
5.2.1	Kattila KK4 - LUVOn ilmapuodot	70
5.2.2	Kattila KK4 - syöttövesipumppujen paine-eron pienentäminen	71
5.2.3	Kattila KK4 - syöttöveden esilämmityksen tehostaminen	71
5.2.4	Turbiinin T1 siivistön pesu	71
5.2.5	Apukattilan kattilahuoneen IV-muutos	72
5.2.6	Toimistotilojen ilmanvaihtomuutos	72
5.2.7	Valaistuksen energiankäytön tehostaminen	72
5.2.8	Konekorjaamon ajoluiskan lämmityksen lopettaminen	72
5.3	Muut ehdotukset	73
5.3.1	Prosessihöyryn mittausvirhe	73
5.4	Jatkoselvitykset ja -tutkimukset	73
5.4.1	Polttoainekentän logistiikan parantaminen	73
6	Energiatehokkuuden seuranta	74

Liitteet

- 1 Lämpökuormat tarkasteluvuonna 2001
- 2 Voimalaitoksen polttoaineenkäyttö, lämmön ja sähköntuotanto vuonna 2001
- 3 Kattilan K1 mittausraportti
- 4 Kattilan K1 yksinkertaistettu energiatase
- 5 Kattilan KK4 mittausraportit ja hyötysuhdelaskelmat
- 6 Kattilan KK4 yksinkertaistettu energiatase
- 7 Turbiinin T1 höyrymittaukset
- 8 Turbiinin T1 yksinkertaistettu energiatase
- 9 Turbiinin T1 mittausraportti
- 10 Laitoksen sähköpääkaavio, suurimpien sähkölaitteiden tekniset tiedot
- 11 Paineilmalaitteistojen kytkentäkaavio
- 12 Laitoksen IV-koneiden laitetiedot ja käyntiajat
- 13 Valaistuksen tehostamiskohteet ja -laskelmat

Kuvat

- 1 Voimalaitoksen yksinkertaistettu pääkaavio
- 2 Voimalaitoksen energiataseen sankey-kaavio

Esipuhe

Tässä energia-analyyisiraportissa esitetään Esimerkkiyritys Oyj:n Mallilan tehtaiden voimalaitoksen energiateknisten järjestelmien nykytilanne sekä mahdollisuudet tehostaa voimalaitoksen energiantuotantoa ja -käyttöä. Ehdotettujen toimenpiteiden osalta esitetään periaatteellinen toteutustapa, toteutuksen kokonaiskustannukset, energiankäytön tehostumisella saavutettavat säästöt ja investointien takaisinmaksuajat.

Energia-analyyisin ovat rahoittaneet kauppa- ja teollisuusministeriö (45 %) ja Esimerkkiyritys Oyj (55 %).

Energia-analyyisin yhteyshenkilönä Esimerkkiyritys Oyj:n Mallilan tehtaalta on ollut käyttöinsinööri Ville Voima. Voimalaitoksen henkilökunnasta työhön ovat osallistuneet myös mm: XXX XXX, XXX XXX.

Voimalaitossuunnittelu Oy:ssä hankkeesta ovat vastanneet Lasse Lämpö (lämpötekniikka) ja Simo Sähkö (sähkötekniikka). Kattiloiden ja turbiinien erillismittaukset on suorittanut Mittaus Oy.

Voimalaitossuunnittelu Oy

Simo Sähkö

Lasse Lämpö

Energia-analyyisin vastuuhenkilö,
sähkötekniikan osan vastuuhenkilö

Lämpötekniikan osan vastuuhenkilö

Yhteystiedot:

Voimalaitossuunnittelu Oy

PL 123

FIN-12345 Mallila

Finland

Puh. +358 12 345 678

Fax +358 12 345 678

E-mail: voimalaitossuunnittelu@voima.fi

1 Yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

1.1 Analyysikohde

Energia-analyysin kohteena on ollut Esimerkkiyritys Oyj:n Mallilan tehtaan voimalaitos. Voimalaitos tuottaa kaukolämpöä ja prosessihöyryä Mallilan tehtaalle sekä kaukolämpöä teollisuusalueella sijaitsevalle Vaneri Oy:lle.

Mallilan tehdas tuottaa pehmopapereita kahdella paperikoneella. Mallilan tehtaan vuosituotanto oli vuonna 2001 noin 80 000 tonnia. Vaneri Oy tuottaa vaneria vuodessa noin 20 000 m³.

Voimalaitoksessa käytetään polttoaineena maakaasua ja tehtaalla syntyviä puujätteitä. Laitoksella on yksi maakaasukäyttöinen kattila, kiinteän polttoaineen kattila sekä raskasöljykäyttöinen apukattila. Voimalaitoksen kahdesta höyryturbiinista toinen on vastapainelauhdeturbiini ja toinen vastapaineturbiini.

1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

Kokonaisenergiankäyttö

Vuonna 2001 voimalaitoksen polttoaineiden kulutus oli yhteensä 3000 GWh. Vuositasolla laitoksen polttokustannukset olivat polttoaineiden hankinnan keskihinnalla (15 €/MWh) laskettuna noin 45 miljoonaa euroa.

Voimalaitos toimitti asiakkaille lämpöä vuonna 2001 yhteensä 1400 GWh. Kaukolämmön toimitus oli vuonna 2001 noin 700 GWh, josta yli puolet myytiin kaukolämpönä Mallilan tehtaan käyttöön (400 GWh) ja loput Vaneri Oy:lle (300 GWh). Prosessihöyry toimitettiin kokonaisuudessaan Mallilan tehtaalle (700 GWh).

Voimalaitos tuotti sähköä vuonna 2001 yhteensä 1000 GWh, josta laitoksen omakäyttö oli noin 60 GWh. Laitoksen arvioiman keskihinnan (30 €/MWh) perusteella sähkönmyynti vastasi 28,2 miljoonan euron vuosituloa.

Vuonna 2001 voimalaitos käytti käsiteltyä vettä yhteensä 50 000 m³ ja tuotti jätevettä yhteensä 2000 m³. Voimalaitoksen vedenkäytön kustannukset olivat vuonna 2001 yhteensä 20 000 euroa.

Säästöpotentiaali polttoainekustannuksissa

Lämpöenergiaan liittyvien toimenpide-ehdotusten säästöpotentiaaliksi arvioitiin polttoaine-energiaksi laskettuna yhteensä 5,3 GWh (79 400 €). Koko potentiaalilin saavuttamiseksi tarvittavat investoinnit ovat arviolta yhteensä 150 300 euroa. Tämä investointi sisältää myös LUVOn vuotojen korjaamisen investoinnit, millä saavutetaan säästöjä myös sähkökustannuksissa.

Merkittävimmät säästökohteet olivat:

- LUVOn vuotojen korjaaminen (myös sähkö)
- syöttöveden esilämmityksen tehostaminen.

Turbiinin siivistön pesulla laskettiin saavutettavan arvoltaan 258 000 euron vuotuinen sähkön tuotannon lisäys. Tämän ehdotuksen laskettiin lisäävän polttoainekustannuksia 157 500 eurolla. Näin vuotuiset polttoainekustannukset lisääntyisivät kaikkien toimenpide-ehdotusten jälkeen n. 78 000 eurolla.

Säästöpotentiaali sähkökustannuksissa

Sähköenergiaan liittyvien toimenpide-ehdotusten säästöpotentiaalin arvioitiin olevan yhteensä 3,7 GWh (110 940 €). Koko potentiaalin saavuttamiseksi tarvittavat investoinnit ovat arviolta yhteensä n. 87 000 euroa (ilman LUVOn vuotojen korjaamiseen tarvittavia investointeja, jotka otettu huomioon lämpöinvestointina).

Suuri osa ehdotetuilla toimenpiteillä saavutettavasta säästöpotentiaalista muodostuu höyrykattiloiden syöttövesipumppujen käytön optimoinnista.

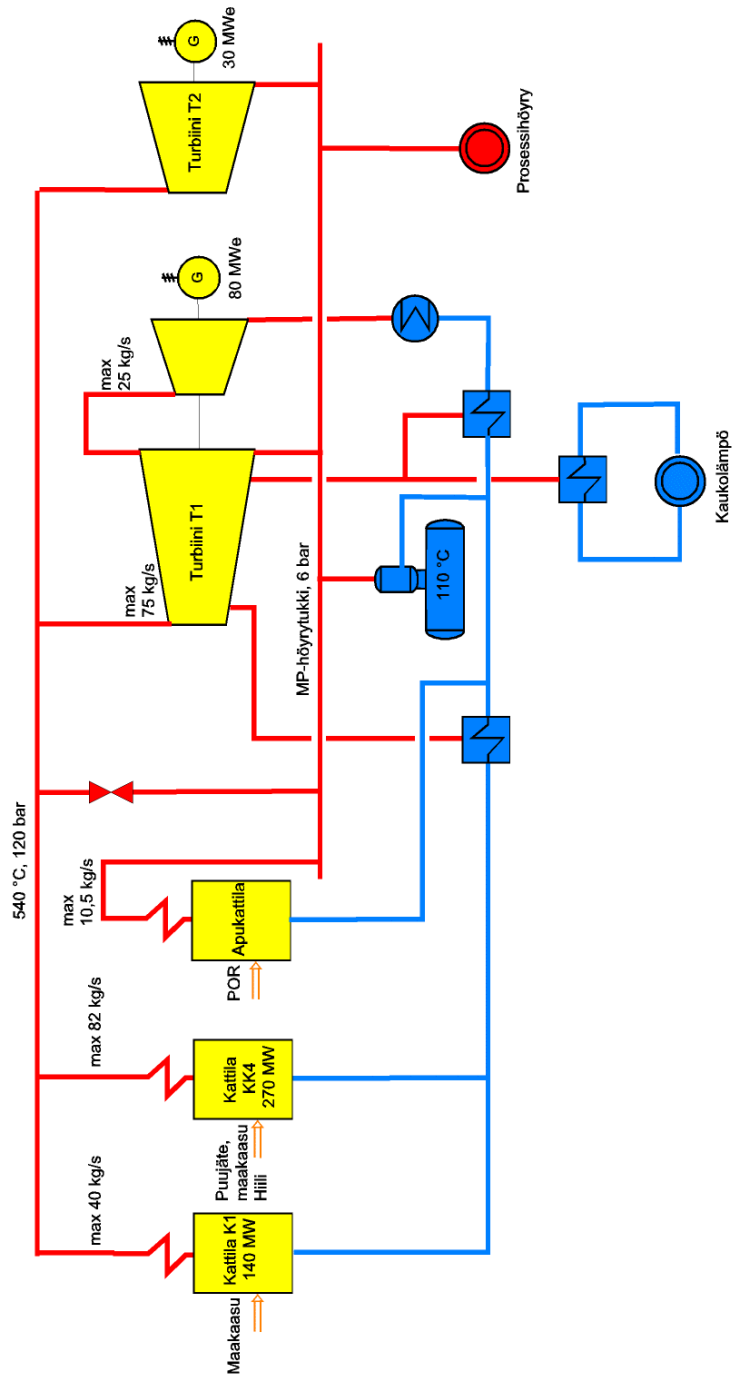
Merkittävimmät säästökohteet olivat:

- syöttövesipumppujen paine-eron pienentäminen
- LUVOn vuotojen korjaaminen (myös lämpö)

Lisäksi turbiinin siivistön pesulla pystytään lisäämään höyryturbiinin sähköntuotantoa nykyisellä vastapainekuormalla. Sähkön lisätuotannoksi laskettiin 8600 MWh arvoltaan 258 000 euroa vuodessa. Polttoaineenkäytön laskettiin lisääntyvän tämän toimenpide-ehdotuksen johdosta 10500 MWh. Ehdotuksen takaisinmaksuajaksi laskettiin 0,8 vuotta.

Säästöpotentiaali vesikustannuksissa

Vedenkäytön toimenpide-ehdotusten tehostamispotentiaalin arvioitiin olevan yhteensä 9 000 m³. Säästön saavuttamiseksi tarvittu investointi oli hyvin suuri ja hankkeen takaisinmaksuaika muodostui tehtyjen arvioiden perusteella pitkäksi (>10 a).



Kuva 1

Voimalaitoksen yksinkertaistettu prosessikaavio.

Taulukko 1 **Yhteenveto energiankulutuksesta ja säästöpotentiaalista.**

		Tarkasteluvuosi 2001	Tehostamis- suunnitelman jälkeen
Polttoaineiden käyttö	GWh/a	3000	3005
Lämmöntoimitus	GWh/a	1500	1500
Sähkönkehitys	GWh/a	1000	1008,6
Kokonaishyötysuhde (brutto)	%	83,3	83,5
Omakäyttösähkö	GWh/a	60	56,3
Kokonaishyötysuhde (netto)	%	81,3	81,6
Veden käyttö	m ³ /a	50 000	50 000
Säästöt yhteensä (alv 0%)	€/a		290 808
Investoinnit (alv 0%)	€		237 300

Taulukko 2

Yhteenveto ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä.

nro	TOIMENPITEEN Kuvaus	SÄÄSTÖ YHTEENSÄ €/a	TAKAISIN- MAKSU- AIKA a	INVE- STOINTI €	POLTTOAINEET		SÄHKÖ		MUUT SÄÄSTÖT €/a	VEDEN SÄÄSTÖ		RAPOR- TIN KOHTA
					energia	MWh/a	energia	kustannukset €/a		määrä m³/a	kustan- nuks €/a	
1	Syöttövesipumpun paine-eron pienentäminen	7 500	0,0	0	0	0	250	7 500	0	0	0	5.2.2
2	Apukattilahuoneen ilmanvaihto	3 150	0,0	0	210	3 150	0	0	0	0	0	5.2.5
3	Luiskasulatuksen lopettaminen	2 400	0,0	0	0	0	80	2 400	0	0	0	5.2.8
4	Öljyn varastointilämpötilan alentaminen	375	0,0	0	25	375	0	0	0	0	0	5.2.9
5	Toimistotilojen IV-koneiden käyntiaikamuutos	1 440	0,2	300	80	1 200	8	240	0	0	0	5.2.6
6	LUVOn ilmavuodon korjaaminen	140 643	0,4	50 000	2 976	44 643	3 200	96 000	0	0	0	5.2.1
7	Turbiinin siivistön pesu	100 500	0,8	80 000	-10 500	-157 500	0	0	258 000	0	0	5.2.4
8	Valaistuksen energiankäytön tehostaminen	4 800	1,5	7 000	0	0	160	4 800	0	0	0	5.2.7
9	Syöttöveden esilämmityksen tehostaminen	30 000	3,3	100 000	2 000	30 000	0	0	0	0	0	5.2.3
	YHTEENSÄ	290 808	0,8	237 300	-5209	-78 132	3698	110 940	258 000	0	0	0

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

2.1 **Energian kulutus- ja toimituskohteet**

Voimalaitos tuottaa kaukolämpöä ja prosessihöyryä Mallilan tehtaalle sekä kaukolämpöä teollisuusalueella sijaitsevalle Vaneri Oy:lle. Voimalaitoksen toimitama sähköenergia käytetään kokonaisuudessaan Mallilan tehtaalla.

Mallilan tehdas tuottaa pehmopapereita kahdella paperikoneella. Mallilan tehtaan vuosituotanto oli vuonna 2001 noin 80 000 tonnia. Mallilan tehdas kulutti vuonna 2001 kaukolämpöä 400 GWh ja prosessihöyryä 700 GWh.

Prosessihöyry toimitetaan tehtaalle painetasossa 6 bar(g) ja lämpötilassa 160 °C. Tehtaan lauhtenpalautus oli vuonna 2001 keskimäärin 85 %.

Voimalaitoksen toimittaman kaukolämmön menolämpötilaa säädetään ohjekäyrän mukaan, joka huomioi vallitsevan säätilanteen.

Vuonna 2001 sähköntuotanto oli 1000 GWh, josta myytiin voimalaitoksen ulkopuolelle 940 GWh.

Vaneri Oy

Vaneri Oy kuuluu Vaneriketju-konserniin ja sijaitsee Mallilan teollisuusalueella. Vaneri Oy tuottaa vaneria vuodessa noin 20 000 m³. Voimalaitoksen Vaneri Oy:lle toimittama kaukolämpöenergia oli vuonna 2001 yhteensä 300 GWh.

2.2 **Voimalaitos**

Voimalaitos tuottaa sähköä, prosessihöyryä ja kaukolämpöä. Voimalaitoksen pääpolttoaineina on maakaasu sekä Mallilan tehtaalta saatava puujäte. Vaihtoehtoisina polttoaineina höyrykattiloilla voidaan käyttää hiiltä, muista lähteestä saatavia biopolttoaineita tai raskasta polttoöljyä. Voimalaitoksen yksinkertaistettu pääkaavio on esitetty kuvassa 1.

Kaasukattilalla K1 voidaan käyttää polttoaineena maakaasua. Kattila on otettu käyttöön vuonna 1977 ja sen polttoaineteho on 140 MW. Kattilan maksimihöyrytys on 40 kg/s. Tuotetun höyryn lämpötila on 540 °C ja painetaso 120 bar.

Höyrykattila KK4 on vuonna 1994 käyttöönotettu leijukattila, jossa voidaan käyttää polttoaineena maakaasua ja erilaisia puuperäisiä polttoaineita. Kattilan polttoaineteho on 270 MW ja maksimihöyrytys on 82 kg/s. Tuotetun höyryn lämpötila on 540 °C ja painetaso 120 bar.

Voimalaitoksella on lisäksi apukattila (K3), jossa on mahdollista käyttää polttoaineena sekä raskasta että kevyttä polttoöljyä. Apukattilan tuottaman höyryn arvot ovat: 6 bar(g), 170 °C ja maksimihöyrytys 10,5 kg/s.

Voimalaitoksen vastapaine-lauhdeturbiini T1 on otettu käyttöön 1990 ja sen höyryn läpäisy on noin 75 kg/s. Lauhdeperän kapasiteetti on noin 25 kg/s. Turbiinissa on välitot syöttöveden esilämmittimille. Höyryturbiinin sähköteho on maksimihöyrymäärällä noin 80 MWe.

Voimalaitoksen vastapaineturbiini T2 on otettu käyttöön 1960 ja sen höyryn läpäisy on noin 40 kg/s. Turbiinin vastapainehöyry ohjataan matala-

painehöyrytukkiin. Höyryturbiinin sähköteho maksimihöyrymäärällä on noin 30 MWe.

Yksityiskohtaiset päälaitetiedot käsitellään kappaleen 4 alakohdissa.

Voimalaitoksen normaalissa ajotilanteessa:

- höyrykattila KK4 tuottaa pääosan tarvittavasta höyrystä
- tuorehöyry ohjataan väliotto-lauhdeturbiiniin T1
- vastapaineturbiini T2 seisoo, mutta on tarvittaessa käytettävissä
- kaukolämpö tuotetaan höyryturbiini T1:n väliottohöyryllä.

Voimalaitoksella ei ole erityistä ohjeistusta poikkeavia tilanteita varten, vaan laitosta ajetaan poikkeustilanteissa käyttöhenkilökunnan kulloinkin parhaaksi katsomalla tavalla.

Voimalaitoksella on henkilöstöä yhteensä 70 henkeä. Voimalaitoksen normaalit käyttö-, huolto- ja kunnossapitotyöt suoritetaan pääosin tehtaan oman henkilökunnan toimesta. Laitoksen muuntajista sekä hissi- ja nosturilaitteista on erilliset huoltosopimukset ulkopuolisten yritysten kanssa.

3.1 Lähtötiedot

Energia-analyysin tarkasteluvuotena käytettiin vuotta 2001. Vuosi oli voimalaitoksen tuotannon kannalta hyvin tyypillinen ja siten edustava. Syksyllä 25. - 30.9.2001 oli normaalivuodesta poikkeava prosessihöyryn toimituskatko, joka johtui Mallilan tehtaalla toteutettavista prosessimuutoksista.

Käytetyt tuotanto- ja kulutustiedot perustuvat pääosin voimalaitoksen energianhallintajärjestelmästä kerättyihin tuntitason aikasarjoihin. Vuositason tietoja saatiin lisäksi voimalaitoksen omasta raportointijärjestelmästä. Kaasukattilan K1 hyötysuhdetiedot perustuvat alkuvuonna 2001 toteutettujen mittausten raportointiin.

Erillisiä päälaitemittauksia tehtiin toisella höyryturbiinilla T1 sekä kattilalla KK4. Lisäksi laitoksella toteutettiin sähkötehomittauksia esimerkiksi kattiloiden palamisilma- ja savukaasupuhaltimille sekä syöttövesi- ja lauhdepumpuille.

3.2 Energianhallintajärjestelmä

Voimalaitoksella on käytössä kattava energianhallintajärjestelmä (EHJ), joka kerää mittaustietoja prosessista. Mittaustiedot kerätään kohteesta riippuen vähintään tuntitasolla ja eräissä kohteissa sekuntitasolla. Historiatiedot on saatavissa järjestelmästä sekuntitasolla kolmen kuukauden ajan mittauksesta ja tuntitasolla koko tiedonkeruuhistorian ajalta.

Voimalaitoksella on käytössä raportointijärjestelmä, jossa seurataan kuukausitasolla käytettyjä polttoaineita, tuotettua tuorehöyrymäärää, turbiinien tulo-, väliotto- ja vastapainehöyrymääriä sekä tuotettuja hyödykemääriä (sähkö, prosessihöyry, kaukolämpö). Raportointi perustuu tehtaan energianhallintajärjestelmästä poimittuihin summatietoihin.

Tarkasteluvuoden keväällä 15. - 18.3.2001 ja 21. - 23.3.2001 energianhallintajärjestelmän tiedonkeruussa on ollut katkoksia. Nämä katkoksien aikaiset, puuttuvat tiedot korjattiin lähipäivien datojen perusteella. Energia-analyysissä käytettiin korjattuja tietoja. Voimalaitoksen omassa kuukausiraportoinnissa mittauskatoksia ei ole korjattu.

Merkittävä osa EHJ:n analyyseissa havaituista epätarkkuuksista liittyi prosessihöyryn ja veden virtausmittauksiin sekä mittausdatan keruujärjestelmän katkoksiin. Varsinaisia laskentavirheitä havaittiin vain muutama. Ongelmien vaikutus esimerkiksi järjestelmän laskemaan voimalaitoksen kokonaishyötysuhteeseen (netto) on kuitenkin huomattava. Tarkasteluvuonna 2001 se oli EHJ:n mukaan 79,1 %, kun taas todellinen oli noin 81,3 %.

Seuraavassa on esitetty luettelonomaisesti EHJ:ssä todettuja ongelmia ja niiden korjaamista.

- Dokumentaation mukaan prosessihöyryn energiamittauksen lähtevänä lämpötilana on käytetty väärää lämpötilaa, automaatiojärjestelmässä virhe on korjattu.
- Useat kaukolämpöveden virtausmittaukset näyttävät merkittävästi liian vähän.
- Muutamien voimalaitoksen omakäyttökulutuksista näyttävät EHJ:ssä nollassa, vaikka todellisuudessa kulutusta on ollut.
- Kuukausiraporttien esitystavassa on epäselvyyksiä.

Muita havaittuja ongelmia:

- Mittausdatan keruussa on ollut paljon katkoksia. Puuttuva data ja siitä johdettavat negatiiviset arvot vääristävät pahasti sekä EHJ:n energiatasetta että tunnuslukuja. Epäkelvot hetkellisarvot aiheuttavat myös erilaisia laskentavirheitä.
- Höyryturbiinin T2 sähkökehityksessä on ollut merkittävä virhe. Syynä ovat olleet ongelmat tiedonsiirrossa pulssimittauksesta.
- Kattilan KK4 epäluotettavaksi osoittautunut hyötysuhteen laskenta olisi tarpeen muuttaa suorasta epäsuoraksi tarkkuuden parantamiseksi. Samalla saataisiin tarkempi tieto käytetyn kiinteän polttoaineen määrästä.

3.3 Energian toimituskohteiden energiankäyttö

Mallilan tehtaalla höyryn-, kaukolämmön- ja sähkönkulutukset on esitetty energioina ja vaihtelukuvina liitteessä 1.1. Vaneri Oy:n kaukolämmönkulutus on esitetty vaihtelukuvana liitteessä 1.2.

Mallilan tehtaalla lämpö- ja sähkökuormien sekä Vaneri Oy:n kaukolämpökuorman kehittyminen vuosina 1999 - 2001 on esitetty taulukossa 3. Luvut ovat EHJ:sta saatuja arvoja. Tarkasteluvuodesta 2001 on esitetty lisäksi korjattuun dataan perustuvat arvot.

Mallilan tehdas						
Vuosi	Prosessihöyry		Kaukolämpö		Sähkö	
	Energia GWh/a	Muutos %	Energia GWh/a	Muutos %	Energia GWh/a	Muutos %
1999	650	-	395	-	987	-
2000	670	3,1	390	-1,3	994	0,7
2001*	700	7,7	400	2,6	1000	1,3
2001	660	1,5	395	0	986	0

Vaneri Oy		
Vuosi	Kaukolämpö	
	Energia GWh/a	Muutos %
1999	300	-
2000	295	-1,7
2001*	300	0,0
2001	294	-2,0

* luvut perustuvat korjattuihin tietoihin.

Tarkasteluvuoden tietojen perusteella toimituskohteille laskettiin yksinkertaiset ominaiskulutusluvut:

Mallilan tehdas		
Prosessihöyry	Kaukolämpö	Sähkö
MWh/tn	MWh/tn	MWh/tn
8,8	5,0	12,5

Vaneri Oy	
Kaukolämpö	
MWh/tuotanto-m ³	
15	

Vuosien 1999 - 2001 välillä ei ole suuria eroja ja sekä kaukolämmön että prosessihöyryn toimitusmäärät ovat säilyneet suhteellisen samanlaisina.

Mallilan tehtaan lauhteenpalautus oli vuonna 2001 keskimäärin 85 %. Tehtaalla vuonna 1998 suoritettujen parannustoimenpiteiden jälkeen lauhteenpalautus nousi vuositasolla keskimäärin viisi prosenttiyksikköä nykyiselle tasolle.

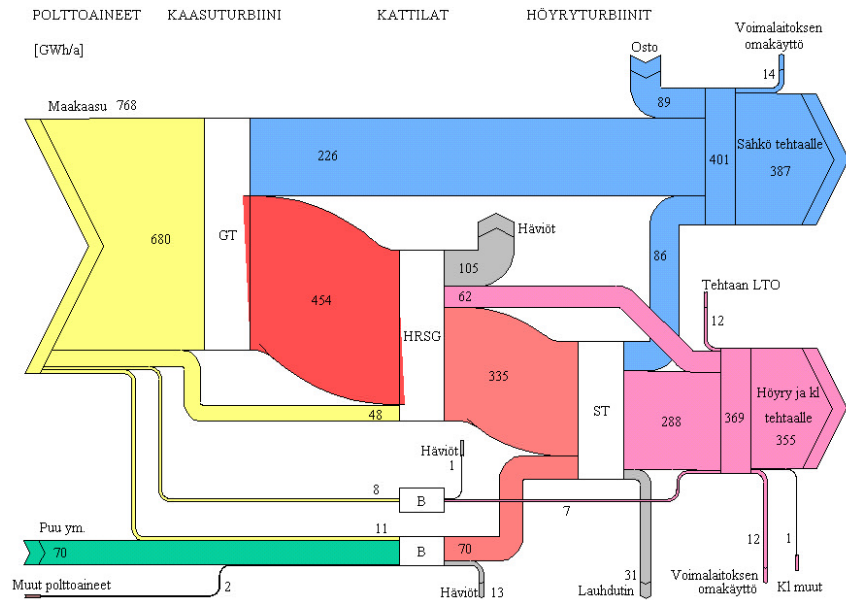
3.4 Voimalaitoksen energiataseet

3.4.1 Energiatase

Voimalaitoksen tarkasteluvuoden polttoaineiden käyttö sekä lämmön- ja sähköntuotanto on esitetty sekä energioina että vaihtelukuvina liitteessä 2. Liitteen tiedot perustuvat korjattuihin mittaustietoihin.

Voimalaitoksen energiatase laadittiin voimalaitoksen kuukausiraporteista ja energianhallintajärjestelmästä saatujen tietojen sekä laitoksella toteutettujen mittausten perusteella. Energianhallintajärjestelmässä todettuja virheellisiä tietoja korjattiin mittausten perusteella, jotta ne vastaisivat todellista tilannetta.

Voimalaitoksen energiatase on havainnollistettu kuvan 2 sankey-kaaviolla. Kaaviossa esitetyt luvut perustuvat parhaisiin käytettävissä oleviin tietoihin, jotka sisältävät myös energia-analyysin aikana selvitettyt tiedot.



Kuva 2 **Sankey-kaavio voimalaitoksen energiataseesta 2001 (GWh/a).**

Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto energia-analyysissä laaditusta voimalaitoksen energiataseesta sekä tietojen perusteella laskettu kokonaishyötysuhde. Saa-
vutettua nettohyötysuhdetta 81,3 % voidaan pitää kyseessä olevalle voimalaitok-
selle kohtuullisen hyvänä. Huom! Tässä esimerkkiraportissa kuva 2 ja taulukko
4 eivät ole samasta kohteesta.

**Voimalaitoksen energiatase ja kokonaishyötysuhde
2001 (GWh/a).**

Polttoaine	2001*	2001	2000	1999
Maakaasu	1080	1100	1075	1120
Puuperäiset polttoaineet	1800	1820	1800	1770
Hiili	50	50	30	20
POR	70	72	74	63
Yhteensä	3000	3042	2979	2973
Lämpö				
Höyry tehtaalle	700	660	670	650
Höyry voimalaitokselle	50	48	52	49
Kaukolämpö Mallilan tehtaalle	400	395	390	395
Kaukolämpö Vaneri Oy:lle	300	294	295	300
Kaukolämpö Voimalaitokselle	50	49	54	52
Yhteensä	1500	1446	1461	1446
Sähköntuotanto				
Höyryturbiini T1	985	1003	960	939
Höyryturbiini T2	15	17	26	31
Yhteensä	1000	1020	986	970
Hyötysuhde				
Kokonaishyötysuhde (brutto)	83,3%	81,1%	82,1%	81,3%
Omakäyttösähkö	60	59	56	54
Kokonaishyötysuhde (netto)	81,3%	79,1%	80,3%	79,4%

* luvut perustuvat energia-analyysin tietoihin.

Taulukossa esitetyt tuotantotiedot perustuvat vuoden 2001* osalta energia-analyysin aikana tehtyihin selvityksiin ja mittauksiin. Vuosien 2001, 2000 ja 1999 tiedot perustuvat voimalaitoksen kuukausiraportteihin ja ovat siten vertailtavissa.

Vuonna 2001 prosessihöyryn tuotannossa oli viiden päivän katkos, muuten tuotantokausi on ollut voimalaitokselle hyvin tyypillinen. Vuonna 1999 voimalaitoksen kattilalla KK4 oli pitkäkestoinen huoltorevisio, mikä lisäsi vuositasolla kattilan K1:n käyttöä ja maakaasun kulutusta.

3.4.2 Polttoaineet

Voimalaitoksen pääpolttoaineina ovat Mallilan tehtaalla syntyvät puuperäiset jätteet ja maakaasu. Lisäksi kattilan KK4 varapolttoaineena on hiili, jota normaalityössä ei kuitenkaan käytetä. Voimalaitoksen apukattilalla käytetään raskasta polttoöljyä.

Maakaasu lämpöarvo on 36 GJ/1000 m³ ja se toimitetaan voimalaitokselle 5 bar(g) paineessa. Vuonna 2001 voimalaitoksen käyttämät puupolttoaineet ja niiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Puuperäisten polttoaineiden käyttö voimalaitoksella vuonna 2001.

	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg	kosteus-% (keskim.)	Polttoainemäärä GWh	Osuus puupolttoaineista %
Kuori	19	60	1200	66
Hake	20	55	600	33
Yhteensä	-	-	1800	100

3.4.3 Omakäytöt

Tarkasteluvuoden omakäyttöenergiat ja niiden jakautuminen on esitetty voimalaitoksen sankey-diagrammissa.

Voimalaitoksen omakäyttösähkön kulutus vuosina 1999 - 2001 on esitetty taulukossa 4. Omakäyttösähkön kulutus on ollut viime vuosina suhteellisen samanlaista. Poikkeuksena oli vuosi 1999, jolloin jäähdytysvesiputkiston vuoto kasvatti pumppaustarvetta ja siten omakäyttösähkön kulutusta.

Voimalaitoksen suurimmat omakäyttösähkön kuluttajat on esitetty taulukossa 6. Omakäytöt ja käyttöjen energiatehokkuudet analysoidaan yksityiskohtaisemmin päälaitekohtaisesti kappaleessa 4.

Taulukko 6 Voimalaitoksen sähkön omakäytöt vuonna 2001.

	Teho kW	Energiankulutus MWh/a	%-osuus omakäyttökulutuksesta
K1- Syöttövesipumput	2x600	7000	12
K1- Palamisilmapuhaltimet	2x700	4000	7
K1- Savukaasupuhaltimet	2x700	5000	8
KK4- Syöttövesipumput	2x1500	12000	20
KK4- Palamisilmapuhaltimet	2x800	7000	12
KK4- Savukaasupuhaltimet	2x900	9000	15
KK4 -Leijupuhaltimet	2x700	8000	13
Muut		8000	13
Yhteensä		60000	100

Sähkön hinnalla 30 €/MWh omakäyttösähkön vuosikustannus on yhteensä 1,8 miljoonaa euroa.

Omakäyttölämmön kulutusta ei mitata erikseen. Voimalaitoksen omakäyttölämmön kulutuksen arvioitiin vuonna 2001 olleen yhteensä 100 GWh. Lämmön omakäyttö jakaantuu kaukolämmön (50 GWh) ja matalapainehöyryn käyttöön (50 GWh).

Useissa lämmön omakäyttökohteissa ei ole jatkuvatoimista mittausta, mikä hankaloitti omakäyttöenergioiden jakauman selvittämistä. Osaa kulutuskohteista arvioitiin voimalaitoksille tyypillisten ominaiskulutustietojen perusteella.

Taulukko 7 **Voimalaitoksen kaukolämmön omakäyttö vuonna 2001.**

	Energiankulutus MWh/a	%-osuus omakäyttö- kulutuksesta
LVI-laitteet*	15 000	30
Jätevesialtaan lämmitys	25 000	50
Muut*	10 000	20
yhteensä	50 000	100

*arvioitu kulutus

Taulukko 8 **Voimalaitoksen matalapainehöyryn omakäyttö vuonna 2001.**

	Energiankulutus MWh/a	%-osuus omakäyttö- kulutuksesta
Hakesiilon lämmitys	25 000	50
Öljysäiliöiden lämmitys	8 000	16
muut*	17 000	34
yhteensä	50 000	100

*arvioitu kulutus

Laitoksen omakäyttölämpöjen lisäksi analyysissä arvioitiin voimalaitoksen sisäisten kiertojen kuluttamia energiamääriä vuositasolla. Suurimmat energiankäyttäjät on koottu taulukkoon 9.

Taulukko 9 **Voimalaitoksen sisäisten kiertojen lämmönkäyttö vuonna 2001.**

	Energiankulutus MWh/a
Kaukolämpö	
- lauhteen esilämmitys*	20000
- lisäveden esilämmitys	5000
Matalapainehöyry	
- lauhteiden ja lisäveden kaasunpoisto*	26 000
- syvesäillön lämmitys*	42 000
- lisäveden esilämmitys*	5 000

4 Voimalaitoksen energiatehokkuuden analysointi

Tässä kohdassa analysoidaan laitoksen tärkeimpien järjestelmien energiatehokkuuden tilaa sekä parannuspotentiaaleja mahdollisine investointitarpeineen.

4.1 Kattilat

4.1.1 Kaasukattila K1

Kaasukattilalla K1 voidaan käyttää polttoaineena maakaasua. Kattila on otettu käyttöön vuonna 1977 ja sen polttoaineteho on 140 MW. Kattilan maksimihöyrystys on 40 kg/s. Tuotetun höyryn lämpötila on 540 °C ja painetaso 120 bar.

Tarkasteluvuonna 2001 kaasukattilalla on ajettu 4540 tuntia. Kattilaa käytetään tarvittaessa kattilan KK4 rinnalla sekä pääasiallisena höyryntuottajana kattilan KK4 seisokeissa. Kattilaa on vuonna 2000 käytetty 4310 tuntia ja 4680 tuntia vuonna 1999. Suunniteltujen revisioiden lisäksi kaasukattilalla ei ole ollut epäkäytettävyysjaksoja.

Vuoden 2001 alussa kaasukattilan polttimet on vaihdettu uusiin ja kattilalla toteutettiin laajat hyötysuhde- ja päästömittaukset. Mittausten perusteella varmistettiin käyttömittausten toiminta ja edustavuus. Havaitut poikkeamat on korjattu keväällä 2001. Analyysissä hyödynnettiin sekä erillismittausten että käyttömittausten tuloksia.

Kattilan hyötysuhde on mittausten perusteella 90 %. Savukaasun loppulämpötila on erillismittausten perusteella tarkasteltuna 140 - 145 °C ja savukaasun O₂-pitoisuus 3 - 4 % (mittausraportit liitteessä 3). Mittausjaksot edustavat hyvin kattilan tyypillistä ajotilannetta ja kattilan energiatehokkuutta voidaan pitää hyvänä.

Kattilan palamisilmapuhaltimet (2x700 kW) ja savukaasupuhaltimet (2x900 kW) ovat suorakäyttöisiä keskipakopuhaltimia. Puhaltimia säädetään kuristuspellien avulla. Sekä palamisilma- että savukaasupuhaltimien ottotehot mitattiin analyysin aikana kahdessa eri kuormapisteessä ja puhallinkäyrästöjen perusteella todettiin puhaltimien toimivan yleisimmissä kuormapisteissä hyvällä hyötysuhdealueella. Mikäli kaasukattilan osakuorma-ajo lisääntyy, puhaltimien varustamista invertterikäyttöillä on syytä harkita.

Kattilan yksinkertaistettu energiatase on esitetty sankey-diagrammina liitteessä 4.

Kattilan eristyksessä ei havaittu puutteita ja mitattu keskimääräinen pintalämpötila oli alle 30 °C.

Kunnonhallinta

Kattila on mukana laitoksen normaalissa paineastialainsäädännön mukaisessa seurannassa. Kattilan kaasupolttimet ja polttoainejärjestelmä on huollettu vuosittain. Kattilan mittaukset on kalibroitu vuosittain automaatio-osaston ohjeiden mukaisesti, mutta niiden virhettä ei ole arvioitu. Kattilajärjestelmän pumpput ja puhaltimet huolletaan niille laaditun huolto-ohjelman mukaisesti.

4.1.2 Kiinteän polttoaineen kattila KK4

Höyrykattila KK4 on vuonna 1994 käyttöön otettu leijukattila, jossa voidaan käyttää polttoaineena erilaisia puuperäisiä polttoaineita ja maakaasua. Varapolttoaineena kattilassa voidaan käyttää myös hiiltä. Kattilan polttoaineteho on 270 MW ja maksimihöyrytys on 82 kg/s. Tuotetun höyryn lämpötila on 540 °C ja painetaso 120 bar.

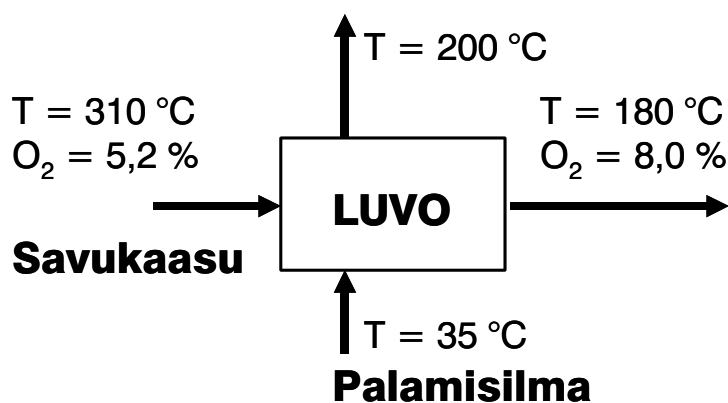
Tarkasteluvuonna kiinteän polttoaineen kattilalla KK4 on ajettu 8059 h.

Kattilan hyötysuhde toteutettujen mittausten perusteella on 82 %. Kiinteän polttoaineen kattilan hyötysuhteen pitäisi tällä kattilatyypillä olla noin 86 %. Syynä matalaan hyötysuhteeseen on ollut savukaasun korkea loppulämpötila ja suuri ilmakerroin. Savukaasun lämpötila oli mittausten perusteella 175 - 185 °C ja O₂-pitoisuus luokkaa 8 % (mittausraportti kokonaisuudessaan liitteessä 5). Saa- vutettavissa olevat arvot tämän tyyppiselle kattilalle ovat 140 - 145 °C ja 3 - 4 %.

Kattilan palamisilmapuhaltimet (2x800 kW) ja savukaasupuhaltimet ovat siipikulmasäättöisiä aksiaalipuhaltimia (2x900 kW). Puhaltimien siivistöt ja siipikulmasäädön toiminta on tarkistettu vuonna 1999. Samassa yhteydessä siipien kunto tarkastettiin NDT-menetelmällä. Puhaltimien käyttö- ja säätötavat ovat energiankäytön kannalta tehokkaat ja puhaltimet toimivat hyvällä hyötysuhdealueella.

Kattilan KK4 palamisilman esilämmitin (luvo) on pyörivä, tyypiltään re- generatiivinen lämmönsiirrin, jossa lämmön siirtäjinä toimivat lämpöä varaavat, keraamisesta aineesta valmistetut levykennostot. Palamisilma ja savukaasu koskettavat vuoron perää samaa, lämpöä siirtävää materiaalia, jolloin lämpö siirtyy savukaasusta kattilan palamisilmaan. Luvon mittauksissa havaittiin savukaasujen happipitoisuuden nousevan suhteellisen paljon (2,8 %), mikä tarkoittaa ilmapuotoa ilmapuolelta savukaasuihin.

Korkean loppulämpötilan ja happipitoisuuden syynä ovat ainakin osaksi luvon ohituspeltien vuodot ja osaksi luvon tiivisteiden vuotaminen.



Kuva 3

Ilman esilämmittimeltä mitatut lämpötilat ja happi- pitoisuudet.

Vuotoilman määräksi ohituskanavassa arvioitiin 25 kg/s ja luvossa savukaasu- puolen ja palamisilmapuolen välillä noin 30 kg/s. Ilmavuodot lisäävät sekä savukaasu- että palamisilmapuhaltimien tehontarvetta ja kasvattavat prosessin

lämpöhäviötä pienentämällä savukaasuista talteenotettavaa lämpötehoa. Ilma-
vuodon myötä palamisilman määrää on kasvatettava, jotta kattilaan saataisiin
riittävästi happea. Vastaavasti savukaasupuhaltimien tehontarve kasvaa, jotta
puhaltimilla saataisiin aikaiseksi riittävä alipaine.

Tehostamispotentiaaliksi arvioitiin lämpöenergian häviöt ja kasvanut säh-
könkulutus savukaasupuhaltimilla. Palamisilmapuhaltimilla tarvittava lisäteho
muuttuu suurelta osin palamisilman lämpöenergiaksi, mitä voidaan pitää hyöty-
nä palamisprosessille. Palamisilmapuhaltimien sähköenergian säästöpotentiaali
arvioitiin pieneksi. Vuotojen korjaamiseksi arvioitiin tarvittava laitteiston tiivis-
teiden uusimista esimerkiksi seuraavan revisioseisokin yhteydessä.

Säästöpotentiaaliksi ja tarvittavaksi korjausinvestoinniksi arvioitiin:

Säästöpotentiaali

- polttoaine-energia 2900 MWh
- sähköenergia
 - savukaasupuhaltimet 3000 MWh
 - palamisilmapuhaltimet 200 MWh
- Investointi 50 000 €

Korkea savukaasun loppulämpötila aiheuttaa noin 900 kW:n lämpöhäviön. Sa-
vukaasujen lämpötilaa kannattaa seurata ilman esilämmittimen korjauksen jäl-
keen. Nykyisen alustavan arvion mukaan loppulämpötilan alentaminen lisää-
mällä lämpöpintoja ei näytä kannattavalta, mutta mahdollisten peruskorjaus-
investointien yhteydessä lämpöpintojen lisäämistä on syytä harkita.

Kattilan ajotapa näyttää vuoden 2001 käyttötietojen perusteella kustannus-
tehokkaalta ja kalleimpia ostopolttoaineita ei ole käytetty tarpeettomasti lauh-
desähkön tuotantoon.

Kattilan yksinkertaistettu energiatase on esitetty sankey-diagrammin muo-
dossa raportin liitteenä 6.

Kattilan KK4 syöttöveden esilämmitystä on käsitelty syöttövesijärjestelmän
yhteydessä kohdassa 4.4.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Mittaus Oy suoritti Mallilan tehtaan kiinteän polttoaineen kattilan KK4 kunnon-
valvontamittaukset 22.11.2001. Mittausten tarkoitus oli selvittää kattilan hyö-
tysuhde ja varmistaa kattilan käyttömittausten edustavuus. Mittaus Oy:n mittaus-
raportti on kokonaisuudessaan liitteenä 5.1 ja tässä esitetään tiivistelmä mittaus-
ten tuloksista.

Mittausaikataulu:

Kattila	teho %	mittausaika
KK4	100	22.11.2001 klo 10.30 – 12.30
	80	22.11.2001 klo 16.10 – 17.25

Savukaasun lämpötila mitattiin kattilan jälkeen verkkomittauksena kuivista sa-
vukaasuista Mittaus Oy:n analysaattorilla, jonka mittausmenetelmiä ovat para-
magneettinen (O₂) ja infrapuna-kaasukorrelaatio (CO).

Savukaasun ja palamisilman lämpötilat mitattiin J/K-tyyppin termoelementillä ja käsilämpömittarilla. Kattiloiden pintalämpötilat mitattiin HD9016 käsilämpömittarilla ja K-tyyppin pintalämpötilan termoelementillä.

Polttoaineista ja tuhkasta otettiin näytteet. Polttoaineista määritettiin lämpöarvo, kosteus ja siitä tehtiin alkuaineanalyysi. Lisäksi otettiin tuhkanäytteet kattilan jälkeen isokineettisesti sekä sähkösuodattimelta. Tuhkasta määritettiin palamattomat (UBC).

Mittausajan polttoaineenkulutus laskettiin taselaskentaohjelmalla ja kattilahiötysuhdelaskelmat tehtiin standardiin DIN 1942 perustuvalla taselaskentaohjelmalla. Hiötysuhdelaskemien perusteella laskettiin kattilan vuosihyötysuhde.

Mittaustulokset ja höyrykattilan kuormatila on esitetty lyhennettynä alla olevassa taulukossa. Yksityiskohtaiset kattila- ja vuosihyötysuhdelaskelmat ovat liitteessä 5.2. Taulukon vuosihyötysuhde on laskettu kattilan käyntitietojen pohjalta.

Mittaustulokset ja kattilan kuormatila kokeiden aikana:

		80 %	100 %
Ulostuleva teho	MW	215	270
O ₂ (kuiva) mitattu	%	8,5	8,0
CO (kuiva)	ppm	< 10	< 10
Savukaasun lämpötila	°C	176	185
Kattilahiötysuhde h	%	80	82
Vuosihyötysuhde h	%	82	

Lisäksi tehtiin vertailumittaukset laitoksen kiinteisiin O₂- ja CO-analysaattoreihin, savukaasun lämpötilamittaukseen sekä syve- ja höyrymittauksiin.

Kattilan käyttömittaus savukaasujen happipitoisuudesta näytti kummallakin mittausjaksolla liian alhaista arvoa. Liitteen 5.3 kuvassa on esitetty käyttömittauksien antama arvo ja erillismittauksista saadut mittausarvot samalla aikajaksolla. Erillismittauksen ja käyttömittauksen välinen ero vaihteli mittausjaksolla 1,4 - 2,5 prosenttiyksikköä. Mittauseron syyksi epäillään kiinteän mittauksen nykyistä asennusta kanavassa. Kattilan KK4 savukaasun happimittausta ei nykyisellään pidetä riittävän edustavana.

Kattilan eristyksessä ei havaittu selkeitä puutteita ja keskimääräinen pintalämpötila oli alle 40 °C.

Kunnonhallinta

Kattila on mukana laitoksen normaalissa paineastialainsäädännön mukaisessa seurannassa. Kattilan kaasupolttimet ja polttoainejärjestelmä on huollettu vuosittain. Kattilan mittaukset on samoin kalibroitu vuosittain automaatio-osaston ohjeiden mukaisesti, mutta niiden virhettä ei ole arvioitu. Kattilajärjestelmän pumput ja puhaltimet huolletaan niille laaditun huolto-ohjelman mukaisesti.

4.1.3 Apukattila K3

Matalapaineinen apukattila K3 on käytettävissä vara- ja huippukattilana. Tarkasteluvuonna kattilaa on käytetty 315 tuntia. Apukattilaa on käytetty vain kaasutai KPA-kattilan seisokeissa. Kattilan käyttö vastaa optimaalista ajotapaa.

Kattilaa pidetään lämpimänä, jotta sen käyttöönottoaika olisi häiriötilanteissa mahdollisimman lyhyt. Kattilan varsinainen savukaasukanava on lämmityksen aikana suljettuna ja tuuletus tapahtuu pienellä ohituksella.

Apukattilan savukaasujen loppulämpötila on 160 °C ja happipitoisuus 3 - 4 %. Savukaasun lämpötila pidetään korkeana polttoaineena käytetyn öljyn vuoksi. Kattilan ajotapa vastaa kattilalle suunniteltua käyttöä ja se toimii energiatehokkaasti.

Apukattilan energiavirroista ei laadittu erillistä energiatasetta.

4.2 Höryturbiinit

4.2.1 Vastapaine-lauhdeturbiini T1

Voimalaitoksen vastapaine-lauhdeturbiini T1 on otettu käyttöön 1990 ja sen höyryn läpäisy on noin 75 kg/s. Lauhdeperän kapasiteetti on noin 25 kg/s. Turbiinissa on väliotot syöttöveden esilämmittimille (60/8 bar). Höryturbiinin sähköteho on maksimaalisella höyrymäärällä noin 90 MWe.

Tarkasteluvuonna lauhdeperällä varustetulla höryturbiinilla T1 on ajettu 8109 h. Turbiinin T1 seisokeissa on ajettu vanhalla höryturbiinilla T2 (340 h/a).

Voimalaitoksella pidetyn käytettävyystilaston perusteella höryturbiini on ollut alhaalla yhteensä 651 h/a. Niiden jakautuminen eri syihin on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 10 Höryturbiinin T1 seisokkitunnit 2001.

Syy	Tunnit h/a	Seisokkitunneista %
Suunniteltu seisokki	400	61
Häiriö	251	39
Seisokissa yhteensä	651	100

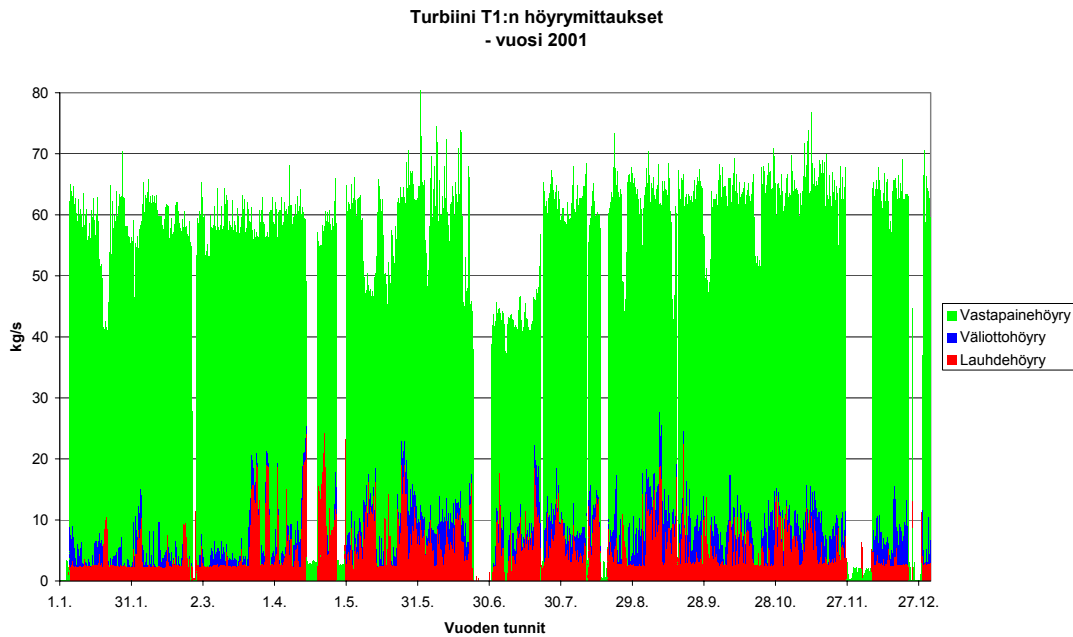
Häiriöksi tilastoituja tapahtumia turbiinille sattui lukumääräisesti paljon, yhteensä 7 kpl. Pitkäaikaisin yksittäinen häiriö oli yhteensä 80 h ja johtui höryturbiinin apulaitteisiin liittyvästä vuodosta. Osa häiriötunneista johtui höyryntuotantoon liittyvistä ongelmista.

Höryturbiinin luotettavuus ja käytettävyys olivat tarkasteluvuonna alhaiset, käytettävyystilastosta laskettuna 97,1 % ja 92,6 %. Höryturbiinin luotettavuuden tavoitetaso tulisi olla 99 - 100 %.

Aikaisempien vuosien vastaavat luvut olivat:

- 2000 luotettavuus 98 %, käytettävyys 94 %
- 1999 luotettavuus 97 %, käytettävyys 92 %.

Turbiinin vastapaineosa ajaa yleensä lähes täyttä kuormaa (liite 7), jolloin turbiinin rakennussuhde on parhaimmillaan. Lauhdeperän kulutussuhde on korkea nykyisessä osakuormakäytössä kuristusten vuoksi, mutta maksimaalinen lauhdeajo ei ole kannattavaa nykyisessä kustannustilanteessa. Nykyisin turbiinin lauhdeperä osallistuu höyryverkon säätöön.



Kuva 4 **Höyryturbiinin T1 höyryvirtaukset 2001.**

Höyryturbiinin tiivistehöyryjärjestelmän vuotohöyrylauhduttimen lämmön voisi mahdollisesti käyttää johonkin esilämmityskohteeseen. Analyysin aikana sopivaa käyttökohdetta ei kuitenkaan löydetty (0,4 MW, 80 °C).

Höyryturbiinin yksinkertaistettu energiatase on esitetty sankey-diagrammin muodossa raportin liitteenä 8.

Turbiinien hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Mittaus Oy suoritti Mallilan tehtaan T1-turbiinin kunnonvalvontamittaukset 18–23.11.2001. Mittausten tarkoitus oli selvittää turbiinin hyötysuhteen muuttuminen edellisiin vuonna 1999 toteutettuihin mittauksiin verrattuna. Mittaus Oy:n mittausraportti on kokonaisuudessaan liitteenä 9 ja tässä esitetään tiivistelmä mittausten tuloksista.

Mittaukset suoritettiin samoista mittapisteistä käyttäen Mittaus Oy:n mittauskalustoa. Mittareiden näytöt kalibroitiin heti mittausten päätyttyä. Tehonkehityksen selvittämiseksi ja höyryn määrämittauksen varmistamiseksi mitattiin generaattorin teho laitoksen kWh-mittarista.

Saadut tulokset

Turbiinin paisunnan hyötysuhde on luotettavimmin määritettävissä suljetulla väliotolla, jolloin myös turbiinin eri paisuntavälien läpäisyvakiot voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella. Seuraavassa on lueteltu mitatut paisuntahyötysuhteet koko turbiinille ja pelkälle siivistölle:

Mittaukset		1999	2001	Ero
eta, 1-vastapaine	%	85,1	81,5	-3,6 %-yks
eta, ennen siivistöä -vastapaine	%	87,3	84,0	-3,3 %-yks

Koko turbiinin paisuntahyötysuhde riippuu mitatun tilanteen säätöventtiileiden kuristuksesta. Nyt mitatussa tilanteessa säätöventtiilit kuristivat enemmän, jolloin

kokonaishyötysuhde on selvästi huonompi kuin pelkän siivistön. Kuristussäädön vuoksi on helppo laskea pelkän turbiinisiivistön paisuntahyötysuhde, jonka todettiin huonontuneen 3,3 %-yksikköä.

Turbiinin eri paisuntavälien läpäisyvakiot määritettiin mittaamalla turbiinille tulevaa höyryvirtaa. Seuraavassa on lueteltu mitatut läpäisyvakiot:

Mittaus		1999	2001	Ero
K, 1 -ennen siivistöä	dm ²	5,022	4,610	-6,2 %
K, rr -ylik.sola	dm ²	3,510	3,473	+0,8 %
K, ylik.sola -vo1	dm ²	7,075	6,836	+3,2 %
K, vo1 -vo2	dm ²	11,655	11,292	+3,3 %
K, vo2 -ulostulo	dm ²	13,245	12,316	+6,9 %

Turbiinin säätöventtiilit kuristivat nyt suoritettussa kokeessa noin 6,2 % edellistä mittausta enemmän, josta johtuen turbiinin kokonaispaisunnan hyötysuhde jäi selvästi huonommaksi kuin edellisessä mittauksessa.

Säätökammiosta ylikuormitussolaan mitattu läpäisyvakio oli noin 0,8 % pienempi kuin vuonna 1999. Mittaustarkkuus huomioiden muutosta voi pitää merkitseväenä.

Ylikuormitussolasta väliottoon 1 mitattu läpäisyvakio oli mittauksen mukaan 3,2 % pienempi kuin 1999. Todettu muutos johtuu siivistön suolaantumista, joka jo tällä kohtaa on suhteellisen selvästi nähtävissä.

Sama koskee välin väliotto 1 - väliotto 2 läpäisyvakiota, joka mittauksen mukaan on pienentynyt noin 3,3 %.

Loppusiivistön (väliotto 2 - ulostulo) läpäisyvakio on mittausten perusteella pienentynyt noin 6,9 %. Suolan kertyminen siivistöön on siten voimakkain turbiinin viimeisellä paisuntajaksolla. Suolan kertyminen siipien pinnalle huonontaa jo merkittävästi tehonkehitystä, arviolta yli 3 % paisunnan hyötysuhteen perusteella arvioituna. Kokonaisläpäisyssä suolan vaikutus on mittausten mukaan noin 2 %.

Suoritettujen kokeiden perusteella voitiin todeta luotettavimmaksi menetelmäksi mitata höyryturbiinia kierroslukusäädöllä, jolloin höyrykuorman vaihtelut eivät vaikuta koko voimallaan mittaustuloksiin.

Sähköteho

Energiataseen perusteella ei voi epäillä mitatun tulohöyrymäärän näyttävän väärin. Vuonna 1999 energiatase täsmäsi 0,3 - 0,9 % tarkkuudella ja nyt mitatuissa pisteissä tase-ero oli noin 0,2 - 0,5 %. Mittauksia voidaan pitää luotettavina. Seuraavassa on esitetty eri aikoina mitatut sähkötehot:

Mittaus		1999		2001	
		koe 1	koe 2	koe 1	koe 2
m, tulohöyry	kg/s	151,00	169,38	178,32	170,40
dhs, 1-ulos	kJ/kg	654,18	647,15	622,15	629,99
Pis	kW	98723	109787	112376	107487
Pg, mitattu	kW	75116	87053	87500	82551
Pg, vertailupisteen Pis:llä	kW			89844	84572
Ero	kW			-2343	-2021
Ero	%			-2,6	-2,4

Turbiinin tehonkehitys jää noin 2,6 % huonommaksi pisteessä vuoden 1999 ko-
keessa 1. Tämä on selvästi pienempi alitus kuin mitä siivistön paisuntahyötysuh-
teen huononeminen edellyttäisi. Ero johtuu suurelta osin vuoden 2001 1. ko-
keen pienemmästä venttiilikuristiksesta kuin mitä vuonna 1999 mitattiin. Lisäksi
tulokseen ilmeisesti vaikuttaa määrämittarin lievästi pienempi näyttö, mitä tukee
myös turbiinin laskennallinen energiatase.

Yhteenveto

Suoritetuista mittauksista havaitaan seuraavaa:

- Turbiinin paisunnan hyötysuhde on huonontunut noin 3,0 %-yksikköä vuo-
den 1999 tasosta. Tämän suuruinen muutos hyötysuhteessa vastaa noin
3,5 % muutosta sähkötehossa.
- Mittausten perusteella turbiinin siivistön kokonaisläpäisy on pienentynyt
noin 2 %. Lisäksi todettiin turbiinin viimeisen paisuntavälin läpäisyvakion
pienentyneen noin 7 % ja tätä edeltävät kaksi paisuntaväliä ovat myös sel-
västi läpäisyn suhteen pienentyneet 3,1 - 3,5 %. Muutosten syynä on suolan
kertyminen siipien pinnalle.
- Sähkötehon todettiin huonontuneen isentrooppisen tehon mukaan laskettu-
na noin 2,6 %, joka on selkeästi pienempi kuin mitä paisunnan hyötysuhde
osoitti. Suurelta osin ero johtuu nyt mitatun pisteen vähäisemmästä kuris-
tuksesta ja määrämittauksen todetusta aiempaa pienemmästä näytöstä, jota
mitattu turbiinin energiatase tukee.

Mittaustulosten perusteella suosittelemme turbiinin siivistön pesua sekä kunnon-
valvontaohjelman käynnistämistä.

Kunnonhallinta

Turbiinille on käyttötuntien mukaan aikataulutettu toinen täysrevisio vuonna
2002. Jos kunnonvalvontamittauksien perusteella ehdotettu turbiinin siivistön
pesu toimii hyvin, revision aikataulua pystytään siirtämään eteenpäin.

Höyryturbiinille ehdotetaan revision siirtämiseksi tehtäväksi endoskooppi-
tarkastukset sekä otettavaksi käyttöön vuosittainen kunnonvalvonnan mittausoh-
jelma. Pesun yhteydessä turbiinille tehdään kontrollimittaukset, jotta pesun avul-
la saavutetut tulokset varmistetaan.

Myös generaattorilla on syytä käynnistää erilliset sähkötekniset mittaukset
revision siirron varmistamiseksi ja revisioon valmistautumiseksi.

Höyryturbiinille on syytä tehdä täydelliset hyötysuhdemittaukset ennen ja
jälkeen turbiinirevision, jotta revision tulokset pystytään varmistamaan.

Analyysin yhteydessä huomattiin, ettei turbiinilla ole toteutettu öljyana-
lyyseyä. Analyysin perusteella ehdotetaan, että turbiinilla otetaan käyttöön vuo-
sittainen öljyanalyysohjelma ja että turbiinille hankitaan öljynsuodatusjärjestel-
mä veden ja epäpuhtauksien poistamiseksi.

Kahdessa tarkasteluvuonna tapahtuneessa turbiiniritissä hätäöljypumput
eivät käynnistyneet automaattisesti. Käynnistymättömyyden syytä on etsitty au-
tomaatiojärjestelmästä. Energia-analyysissä em. ongelma paikallistettiin: akuston
kunto tarkastettiin ja akustossa havaittiin olevan vajaa lataus. Ehdotetaan, että
akusto uusitaan ja akuston lataus sekä toiminta tarkistetaan vuosittain erillisen
kunnossapito-ohjelman mukaisesti.

Generaattorin herätinkoneenpuoleinen laakeri on ilmeisesti pitkään vuo-
tanut öljyä staattorin alapuoliseen altaaseen. Ehdotetaan, että generaattorin laa-

kereille ja tiivisteille tehdään tarkastus ja huolto. Ko. kohteille otetaan käyttöön silmämääräinen tarkkailu erillisen ohjelman mukaisesti.

4.2.2 Vastapaineturbiini T2

Voimalaitoksen vastapaineturbiini T2 on otettu käyttöön 1960 ja sen höyryn läpäisy on noin 40 kg/s. Turbiinin vastapainehöyry ohjataan matalapainehöyrytukkiin. Höyryturbiinin sähköteho maksimaalisella höyrymäärällä on noin 20 MWe. Turbiinille on vaihdettu roottori vuonna 1980 ja turbiinin loppupään siivistöä on muokattu vuonna 1988.

Tarkasteluvuonna vastapaineturbiinilla T2 on ajettu 740 tuntia. Käyttö koostuu pääosin höyryturbiinin T1 seisokkitilanteista, jolloin tarvittava prosessihöyry on tuotettu joko turbiinilla T2 tai reduktiolla tuorehöyrystä. Turbiinia pidetään käyttökunnossa T1 turbiinin varakoneena.

Käytettävyytilaston perusteella höyryturbiini on ollut vuonna 2001 käytävissä 8760 tuntia. Höyryturbiinin luotettavuus ja käytettävyys olivat lyhyestä vuosittaisesta käyttöajasta ja ongelmattomasta tuotantokaudesta johtuen korkeat 100 % ja 100 %.

Aikaisempien vuosien vastaavat luvut olivat:

- 2000 luotettavuus 97 %, käytettävyys 94 %
- 1999 luotettavuus 100 %, käytettävyys 100 %.

Höyryturbiinin hyötysuhde määritettiin tarkistettujen käytönvalvontamittausten perusteella. Täyden kuorman ajossa höyryturbiinin hyötysuhde on 79 %.

Turbiinin apujärjestelmiin liittyvät parannusehdotukset eivät tehtyjen selvitysten perusteella olleet kannattavia johtuen pääosin turbiinin lyhyestä vuosittaisesta käyttöajasta.

Turbiinille ei ole suunniteltu revisioita, vaan se käytetään turvallisen käyttökänsä loppuun apukoneena.

Hyötysuhde- ja kunnonvalvontamittaukset

Turbiinilla ei toteutettu erillismittauksia lyhyen vuosittaisen käyttöajan ja turbiinin energiantuotannon vähäisen merkityksen vuoksi.

4.3 Höyryjärjestelmä

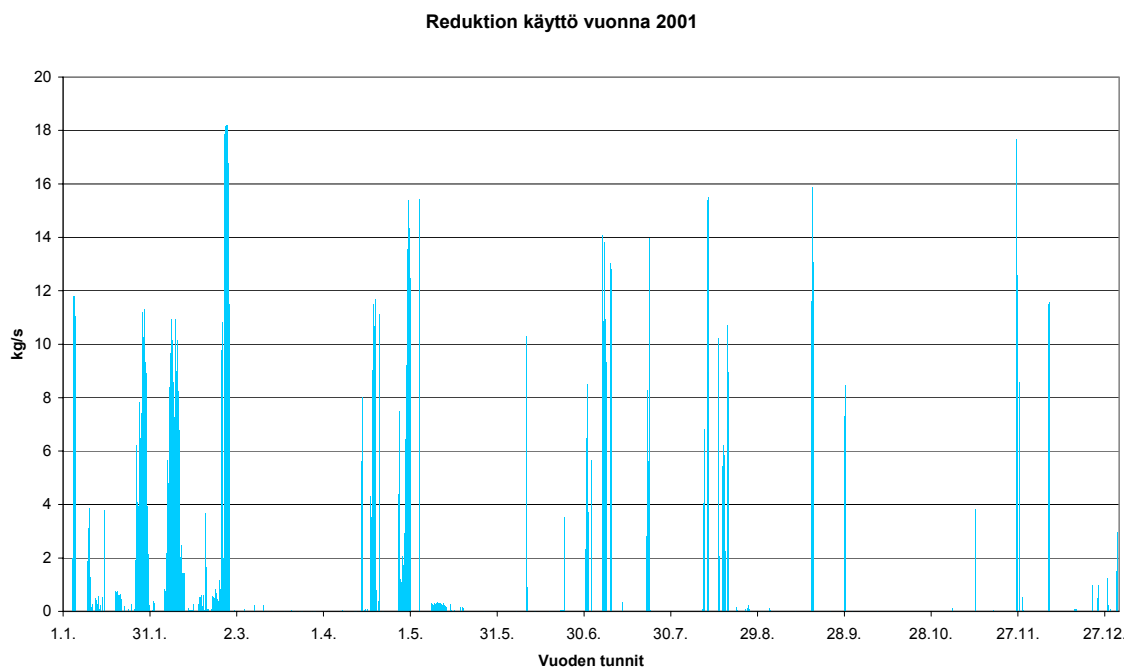
Voimalaitoksen höyryjärjestelmän periaatekuva on esitetty raportin kuvassa 1. Voimalaitoksen höyryverkko on energiateknisesti toimiva ja hyväkuntoinen. Laitoskierroksella todettiin, että kanaaliin ohjattavia lauhdeita on vähän ja varsinaisia vuotoja ei havaittu.

Höyrykattiloilla tuotettu tuorehöyry ohjataan joko turbiineille tai reduktiolla matalapainehöyrytukkiin. Pääosa tuotetusta höyrystä ohjataan turbiinille T1 ja turbiini T2 on käytössä varakoneena. Kumpikin turbiini voi tuottaa höyryä matalapainehöyrytukkiin ja lisäksi T1 turbiinilla on käytössä lauhdeperä. Turbiinin korkean painetasen väliottohöyryjä käytetään syöttövesijärjestelmän KP-esilämmittimille.

Mallilan tehtaan käyttämä prosessihöyry otetaan matalapainetukista. Matalapainetukin painetasoa säädetään turbiinin T1 lauhdeosan avulla. Voimalaitok-

sella tuotettu kaukolämpö valmistetaan matalapainehöyrystä kahden kaukolämmönvaihtimen avulla.

Vuonna 2001 höyryjärjestelmässä on käytetty suhteellisen paljon reduktiota prosessihöyryn valmistuksessa. Syynä reduktion käyttöön on ollut höyryturbiini T1:n epäkäytettävyyssjaksot ja/tai höyrynkulutuksen tilapäiset kulutushuiput. Vuoden 2001 tilanne on esitetty kuvassa 4.3. Tuorehöyryn maksimaalinen reduktiomäärä on 20 kg/s.



Kuva 5 **Tuorehöyryreduktion käyttö tarkasteluvuonna 2001.**

Suoran tuorehöyryreduktion sijasta voimalaitoksen matalapainehöyryn lisätarve tulisi pyrkiä tuottamaan turbiinien väliotto- tai vastapainehöyryllä. Varsinkin pidempikestoisissa tilanteissa matalapainehöyryn lisätarvetta voidaan kattaa käynnistämällä vastapaineturbiini T2.

Voimalaitokselta tehtäville toimitetun prosessihöyrymäärän mittauksessa (FIQ-1234) havaittiin virhe, joka johtui mittauspisteen sijoituksesta ja mittausten puutteellisista kunnossapitorutiineista. Mittausvirheestä aiheutui arvioilta 5 % poikkeama todellisesta höyrymäärästä, mikä aiheutti virheen hyötysuhdelaskelmaan ja laskutukseen.

4.4 **Syöttövesijärjestelmä**

Kattiloilla K1, KK4 ja K3 on yhteinen syöttövesisäiliö (110 °C), jonka lämmitykseen ja kaasunpoistoon käytetään matalapainetukista saatavaa höyryä.

K1- ja KK4-kattiloiden syöttövesipumput ovat voimalaitoksen suurimmat omakäytösähköön kuluttajat. Kattilan K1 syöttövesipumppujen käyttöjen mitoitusteho on 2x600 kW ja kattilalla KK4 2x1500 kW. K1 kattilan syöttövesipumput toimivat tehtyjen selvitysten perusteella kattilan tyypillisessä ajotilanteessa hyvällä hyötysuhdealueella.

KK4-kattilan syöttövesipumput (2x100 % kattilan maksimihöyryntuotannolle) ovat kierroslukussäätöisiä kuten K1-kattilan syöttövesipumputkin.

Kattilalla KK4 kierroslukusäädöllä säätöventtiilien yli pidettävä paine-ero on nykyisellään tarpeettoman korkea (yli 9 bar). Pumppujen omakäyttöä voidaan vähentää pienentämällä paine-eroa normaalikäyttötilanteessa esim. noin 6 bar:iin. Suurilla kuormilla tulee paine-eron asetusarvoa tarvittaessa kasvattaa, mikäli venttiilien säätövara ei riitä. Asetusarvon pienentämisellä normaalitilanteen syöttövesivirtauksella (75 kg/s) saavutettava sähkön säästö on luokkaa 32 kW eli 250 MWh/a.

Syöttövesijärjestelmän esilämmittimien toiminta oli kattilan K1 osalta energiatehokasta. KK4-kattilan osalta huomattiin syöttöveden lämpötilan olevan suhteellisen alhainen. Kattilan syöttöveden esilämmitys ennen kattilaa tulisi maksimoida, mikäli haluttaisiin nostaa laitoksen rakennusastetta ja parantaa hyötysuhdetta. Yksi keino tämän toteuttamiseksi olisi lisätä KK4-kattilalle uusi esilämmitin. Syöttöveden esilämmityksellä (145>182 °C) normaalitilanteen virtauksella (80 kg/s) saavutettava sähkön lisäkehitys arvioitiin olevan luokkaa 1,2 MW eli 9 600 MWh/a. Vastapaineajossa polttoaineenkulutus kasvaa vastavasti, mutta lauhdeajossa lisäenergiaa ei tarvita, jolloin laitoksen hyötysuhde paranee. Ennen hankkeen toteuttamista on kuitenkin varmistettava, ettei lämpimämpi syöttövesi nosta kattilan savukaasun loppulämpötilaa. Asia vaatii vielä lisäselvityksiä.

Apukattilan K3 syöttövesipumput ovat suorakäyttöisiä. Pumppujen muuttaminen kierroslukusäätöisiksi ei ole kannattavaa kattilan alhaisen painetason (6 bar[g]) ja vähäisten käyttötuntien takia.

4.5 **Kaukolämpöjärjestelmä**

Voimalaitoksen toimittama kaukolämpö valmistetaan höyryturbiinin väliottohöyryllä. Kaukolämmönvaihtimien mitoitukset ja käyttöperiaatteet ovat kunnossa. Kaukolämmön menolämpötilan säätö toimii erityisen ohjekäyrän perusteella, joka huomioi vallitsevan säätötilanteen.

Aiemmin tehdyssä saneeraussuunnitelmassa on selvitetty kaukolämpöpumppujen tai niiden käyttölaitteiden uusimisvaihtoehtoja. Selvityksen mukaan pelkästään hieman nykyistä paremman hyötysuhteen ansiosta saatavan energiainsäästön perusteella uusien pumppujen hankinta ei ole kannattavaa.

Kaukolämpöpumppujen nykyiseen säästöjärjestelmään sen sijaan sisältyy kunnossapidollisia ongelmia. Nykyisten liukurengaspumppujen säätötapa ei tuhlaa energiaa, mutta varaosien saanti tuottaa vaikeuksia. Varaosien hinnat muodostuvat vaikean saatavuuden vuoksi suhteellisen korkeiksi. Pumppujen käytöt on tästä syystä tarkoitus uusida vuoden 2002 aikana. Uudet sähkömoottorit tulevat olemaan invertterisäätöisiä.

4.6 **Vedenkäsittelyjärjestelmät**

Voimalaitoksen vedenkäsittely uusitaan kokonaisuudessaan vuoden 2002 aikana. Nykyisen järjestelmän energiatehokkuutta ja energiankäyttöä ei käsitelty yksityiskohtaisesti tulevista muutoksista johtuen.

Voimalaitoksen päälauhdepumput ovat vakiokierrosnopeudella toimivia (2x100 kW). Pumppujen vuosittainen käyttöaika on 5000 - 5500 h/a. Rinnakkais-

ten pumppujen käyttövuorot vaihdetaan joka toinen viikko. Lauhdepumppujen invertterikäyttöjen kannattavuutta pohdittiin analyysin yhteydessä, mutta hankkeen takaisinmaksuajan todettiin muodostuvat pitkäksi.

4.7 **Jäähdytysvesijärjestelmä**

Voimalaitoksen jäähdytysvetenä käytetään Mallilan tehtaan Vesijärvestä ottamaa raakavettä (300 kg/s). Järviveden lämpötila vaihtelee talven 2 °C lämpötilasta kesän 20 °C lämpötilaan. Vesi lämpenee käytössä muutamia asteita (4 - 8 °C). Jäähdytysveden pumppaukseen käytetyt pumput ovat Mallilan tehtaan omistuksessa ja sijaitsevat tehtaalla. Syntyviä pumppauskustannuksia ei nykyisin veloita voimalaitokselta, vaan sähkönkäyttö hyvitetään toimitetun prosessihöyryn hinnassa.

Voimalaitoksen jäähdytyskohteista suurin on höyryturbiinin T1 lauhdeperän lauhdutin. Muita jäähdytyskohteita ovat mm. generaattorien voiteluöljyjäähdyttimet sekä jäähdytysilman jäähdyttimet.

Analysoitujen jäähdytysjärjestelmien energiatalous on hyvä ja järjestelmien käyttöperiaatteet vastasivat laitoksen tarvetta.

4.8 **Savukaasujen puhdistusjärjestelmät**

Voimalaitoksella on käytössä levymallinen yksivaiheinen sähkösuodatin, joka on valmistunut vuonna 1990. Suodattimen erotusasteeksi on ilmoitettu 98,4 %. Kertynyt tuhka poistetaan vasararavistimilla ja siirretään eteenpäin paineilmalla. Siirtolaitteiston toiminnassa ei todettu tehostamispotentiaalia.

Sähkösuodattimessa on käytössä vanhat säätäjät, jotka olisi mahdollista korvata energiatehokkaammilla. Energiansäästö ei analyysihetkellä riittänyt perustelevaan muutosinvestointia, mutta jatkuva kehitys säätötekniikassa parantane uusien järjestelmien kilpailukykyä. Hankkeen kannattavuuteen kannattane palata lähivuosina.

4.9 **Polttoainejärjestelmät**

Tehtaan puunkäsittelyssä syntyvä kuori ja muu puujäte poltetaan voimalaitoksen kiinteän polttoaineen kattilassa. Voimalaitoksella on analyysihetkellä käynnissä selvitys tehtaalla syntyvien lietteiden polttamiseksi kattilassa KK4.

Polttoaineiden käytön tarkoituksenmukaisuutta ja tehokasta käyttöä on käsitelty kappaleen päälaitteiden yhteydessä. Käytettyjen polttoaineiden määrät on esitetty kohdassa 3.4.

Voimalaitoksen eri polttoaineiden käyttöjärjestys on optimoitu niiden ostohinnan mukaisesti ja energia-analyyseissä polttoaineiden käyttötapa todettiin kustannustehokkaaksi.

Polttoainekentälle varastoidaan voimalaitoksen pääpolttoaineita, kuten kuorta ja haketta, suuria määriä. Polttoaineet varastoidaan kentälle omille alueilleen. Polttoaine siirretään kuljettimille kauhakuormaajilla, joita käytetään kolmessa vuorossa. Osa tehdasalueen ulkopuolelta saapuvista polttoaineista olisi mahdollista purkaa rekka-autoista suoraan kuljettimille ja välivarastoida tehdas-

alueella oleviin siloihin. Muutoksen avulla kauhakuormaajien käyttöä voidaan vähentää esimerkiksi viikonloppuisin.

Puujätteen hihnakuljettimen käyttölaitteiden muuttamista invertterikäyttöiseksi harkitaan, koska invertterikäyttöjen avulla pystyttäisiin hallitsemaan häiriötilanteet paremmin. Nykyisin käytössä olevat kaksinopeusmoottorit joudutaan häiriötilanteessa pysäyttämään, kun invertterikäyttöillä suurin osa häiriötilanteista pystyttäisiin hoitamaan syöttimien nopeutta pienentämällä. Energiankäyttöön muutoksella ei ole vaikutusta.

Varapoltoaineena käytetyn polttoöljyn varastointilämpötila on valmistajan suosituksen mukaan 50 °C. Nykyisin lämpötilan asetusarvo on 65 °C, mikä lisää lämpöhäviöitä. Korkea asetusarvo johtuu aiemmin käytössä olleesta polttoainelaadusta, joka vaatii korkeamman säilytyslämpötilan. Lämpötilan alentamisella saavutettavan energiansäästön arvioitiin olevan noin 35 MWh/a ja muutos on toteutettavissa pelkästään muuttamalla lämpötilan asetusarvoa. Toimenpide tehtiin energia-analyysin aikana.

4.10 Sähköjärjestelmät

Voimalaitoksen sähkönverkon rakenne ja liittyminen valtakunnan verkkoon ja tuotantolaitoksen sähkönhankintaan on esitetty kaaviona liitteessä 10, jossa myös on esitetty tärkeimpien sähkötekniisten laitteiden tekniset tiedot.

Suurjännitekojeistoilla on vuodesta 1995 alkaen ollut huoltosopimus, jonka mukaisesti muuntajille on tehty tarvittavat kunnossapitotoimet ja lämpökuvaukset. Tulosten perustella muuntajien kunto voidaan arvioida hyväksi. Muuntajien kuormitusasteet todettiin tarkoituksenmukaiseksi eikä mahdollisuuksia energiatehokkuuden parantamiseksi todettu. Sähkönjakelujärjestelmien osalta ei havaittu energiansäästöpotentiaalia.

4.11 Automaatiojärjestelmä

Laitoksen automaatiojärjestelmänä on Damic XD, asennettu v. 1992. Damic-järjestelmällä hoidetaan laitoksen valvonta- ja ohjaustoiminnot keskitetysti voimalaitoksen valvomosta. KK4-kattilaprojektin yhteydessä vanhan puolen automaatioinnot siirrettiin uuteen automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmästä on väyläliityntä prosessitietojärjestelmään ja energianhallintajärjestelmään.

Instrumentointi on pääsääntöisesti alkuperäistä, järjestelmähankinnan yhteydessä uusittiin vanhan puolen pneumaattista instrumentointia osittain sähköiseksi. Osa vanhoista pneumaattisista lähettimistä varustettiin P/I-muuntimilla ja kaapeloitiin järjestelmään. P/I-muuntimien varustettuja lähettimiä on mm. virtausmittauksissa, joissa se merkitsee ennestäänkin heikon tarkkuuden heikkenemistä. Tällä on oleellinen vaikutus taselaskentaan, säätöihin vaikutus on vähäisempi. Suosittelemme lähetinten vaihtamista sähköisiin ja monessa tapauksessa myös impulssiputkien uusintaa niiden kunnan vuoksi sopivassa seisokissa.

Huomio 1. Vanhan puolen kattilan paineensäätö on käsiajolla, ja KK4 yksin tasaa höyrykuorman vaihtelut. Operaattorit tosin tukevat käsiohjauksella polttoa, erilaisin tuloksin. Suurten höyrykuormien muutoksien aikana kattila joutuu heikkomman hyötysuhteen alueelle ja suurelle rasitukselle. Säätökonseptissa ei ole

rinnan-kytkentämahdollisuutta paineensäädöille, joten sitä suositellaan lisättäväksi automaatiojärjestelmään, jotta vanhan puolen kattila osallistuisi ainakin osittain paineen säätöön kp-verkossa.

Huomio 2. Vanhan puolen kattilan höyryn lämpötilasäätö huojuu, ja sen asetusrvo täytyy pitää alempana kuin KK4. Tästä seuraa, että turbiinille menevä lämpötila on ajoittain alempi kuin nimellislämpötila ja vastaavasti turbiiniteho laskee. Suosittelemme lämpötilan säätöventtiilien uusimista tai kunnostusta sekä säätökonseptin muuttamista.

Huomio 3. KK4 kattilan sekundääri-ilman säätö on käsiajolla, koska ilman säätöpellin toiminta on epälineaarinen ja vivustoissa on klappia. Säätöä ole saatu viritettyä niin että toiminta olisi stabiili ja riittävän nopea eri kuormilla. Tilanteesta johtuen sekundääri-ilmaa on koko ajan liikaa, ja savukaasujen happipitoisuus korkea, eli savukaasuhäviöt lisääntyneet. Suositellaan ilman säätöpellin uusintaa tai korjaamista säätö-ominaisuuksien saavuttamiseksi. Lisäksi on syytä selvittää säätökonseptin muuttamista esim. säätöpellin linearisoimiseksi.

4.12 Voimalaitoksen palvelujärjestelmät

4.12.1 Paineilmajärjestelmä

Voimalaitoksen paineilmajärjestelmän tuotantolaitteisto koostuu kolmesta kompressorista, joiden tekniset tiedot ovat:

- 50 kW ruuvikompressori, 6 Nm³/min, käyttöpaine 7 bar
- 90 kW mäntäkompressori, 16 Nm³/min, käyttöpaine 9 bar
- 36 kW mäntäkompressori , 6 Nm³/min, käyttöpaine 9 bar

Paineilmajärjestelmän 50 kW:n ruuvikompressori toimii tuotannon pääkoneena. 90 kW:n mäntäkompressori toimii tuotannon apukoneena, joka käynnistyy kulutuksen lisääntyessä ja pitää verkon painetason riittävän korkealla. 36 kW:n mäntäkompressori on varakone, jota käytetään vain muiden koneiden käyttöhäiriötilanteissa. Paineilmalaitteistojen kytkentäkaavio on raportin liitteenä 11.

Voimalaitoksella käytetään paineilmaan työilmana työkaluissa ja laitteiston työsyntereissä. Sitä käytetään mm. instrumentti-ilmana esimerkiksi pinnan korkeuden mittaamiseen. Vesilaitoksella paineilmaa käytetään mm. elvytysmassojen sekoituksessa.

Laitoksella on toteutettu noin puoli vuotta sitten erillinen paineilmajärjestelmän energiatehokkuutta koskeva selvitys. Siinä on todettu, että säästöä voisi saavuttaa investoimalla taajuusmuuttajakäyttöiseen tuotantoyksikköön. Se ei kuitenkaan osoittautunut kannattavaksi. Sen sijaan selvityksessä on todettu mahdollisuus painetason laskemiseksi ja ehdotettu hanke painevaihteluiden rajoittamiseksi on päätetty toteuttaa.

4.12.2 Muut palvelujärjestelmät

-

4.12.3 Varavoimakoneet

Voimalaitoksella on varavoimakoneina kaksi dieseliä (Wärtsilä Vasa 4R64), joiden sähköteho on 2x3,3 MW. Koneiden polttoaineena voidaan käyttää maakaasua ja kevyttä polttoöljyä.

Vuosien 1999 - 2001 aikana dieselmoneita on tarvittu varakäytössä yhden kerran. Varavoimakoneiden energiatehokkuutta ei analysoitu, koska koneiden merkitys on vuositason energiamäärissä vähäinen.

4.13 Kiinteistötekniikka

4.13.1 LVI-järjestelmät

Voimalaitoksen rakennusten LVI-laitteet saavat lämpönsä laitoksen kaukolämpöverkosta. Tuloilmakoneille, kiinteistöjen lämmityksen kiertovedelle, käyttövedelle ja prosessitilojen lämmitykseen on kullekin omat lämmönsiirtimensä. Siirtimet sijaitsevat voimalaitoksen lämmönjakokeskuksessa.

Voimalaitoksen kiinteistöjen LVI-järjestelmien energiankulutukseksi arvioitiin 15 GWh/a. Pääosa IV-laitteistoista toimi hyvällä hyötysuhteella ja suurimmissa koneissa oli toimiva lämmöntalteenottojärjestelmä. Voimalaitoksen IV-koneiden tekniset tiedot ja käyntiajat on esitetty liitteessä 12.

Voimalaitoksen vanhassa osassa oli muutamia höyrylämmittimiä, mutta niiden käyttö on rajoittunut huippupakkasiin, eikä lämmittimiä ole käytetty lainkaan tarkasteluvuonna 2001. Höyrynkäytön korvaamista kaukolämmöllä ei tarkastelun perusteella pidetty kannattavana hankkeena.

Apukattilan huonetilan IV-muutos

Apukattilan ja muiden huonetilassa olevien prosessilaitteiden (paineilmakompressorit, kaukolämmönsiirtimet) lämpöhäviöiden lisäksi apukattilahuoneeseen tuodaan tuloilmakoneella lisälämmitysteho 200 kW. Kattilahuoneen sisäinen lämpökuorma riittää kattamaan kokonaisuudessaan tilan tarvitseman lämmitysenergiamäärän, joten tuloilmakoneen lämmityspiiri voidaan poistaa käytöstä. Säästetyn lämpöenergiamäärän arvioitiin olevan vuositasolla 700 MWh.

Toimistotilojen ilmanvaihtomuutos

Toimistotiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet TK 1 ja PK 1 ovat käynnissä aina, vaikka tiloja käytetään pääasiassa toimistoaikana. Ilmanvaihto olisi mahdollista muuttaa ohjautuvaksi pääasiallisen käytön mukaan ja lisätarvetta varten tiloihin voidaan asentaa lisäaikapainike. Toimenpiteellä ilmanvaihdon energiankulutus voidaan minimoida. Arvioitu säästö polttoaineeksi muutettuna on 80 MWh/a ja sähkönsäästö 8 MWh/a. Tarvittava investointi koostuu ohjauksellon ja lisäaikapainikkeen hankkimisesta ja asennuksesta.

4.13.2 Sähköjärjestelmät

Kiinteistösähköjärjestelmien osuus sähkön omakäytöstä on 10 %. Suurimmat sähkön kuluttajat ovat valaistus ja sähkölämmitys.

Valaistus on toteutettu pienissä ja matalissa tiloissa loistelamppuvalaistuksena ja korkeissa yleensä monimetallilampuin. Kummankin lampputyypin energiatehokkuus on hyvä. Turbiinihallin valaistusohtaukseen on asennettu päivänvalo-ohjaus, joten käyttö on energiatehokasta.

Sen sijaan useissa pienemmissä tiloissa valot palavat tarpeettomasti aikoina, jolloin tilat ovat tyhjillään. Liitteessä 13 on esitetty tarkemmin tilat, joiden valaistusohtaukseen ehdotetaan läsnäolotunnistinta tai ns. aikakytkintä sekä näiden muutostöiden kannattavuusarviot. Yhteiseksi säästöpotentiaaliksi laskettiin 160 MWh/a ja muutosehdotusten keskimääräiseksi takaisinmaksuajaksi 2,5 vuotta (vaihtelu tiloittain 0,5 - 3,6 vuotta).

Ulkovalaistus on toteutettu pääosin suurpainenatriumlampuin, valaistustoteutusta pidettiin tarkoituksenmukaisena ja käyttö on hämäräkytkinohjauksen ansiosta taloudellista.

Konekorjaamon ajoluiskan lämmityksen lopettaminen

Konekorjaamon edessä sijaitsevassa luiskassa käytetty sulatusteho on 27 kW. Sulatuslämmön tarpeen arvioitiin muuttuneen käytön painopisteen siirtymisen myötä ja arvioitiin, että sulatusteho voidaan kokonaisuudessaan ottaa pois käytöstä. Muutos pienentää talviaikaista omakäytösähkön kulutusta yhteensä noin 80 MWh.

Muuta energiankäytön kannalta merkittävää sähkölämmitystä ei ole kohteessa käytössä.

4.13.3 Muut talotekniset järjestelmät

Voimalaitoksella ei ole muita energiatehokkuuden kannalta merkittäviä taloteknisiä järjestelmiä.

5.1 **Laskentaperusteet**

Tehostamistoimenpiteiden tuomat energiataloudelliset säästöt on laskettu niiden vaikutuksesta voimalaitoksen energiataseeseen eri tilanteissa. Seuraavasta taulukosta nähdään, että säästetyn matalapainehöyryn hinta vaihtelee voimakkaasti ajotilanteen ja vuodenajan (sähkön ja polttoaineen hinta) mukaan.

Taulukko 11 **Säästetyn matalapainehöyryn hinta eri tilanteissa.**

	€/MWh
Vastapaineajo talvella	15
Vastapaineajo kesällä	14
Lauhdeajo talvella	5
Lauhdeajo kesällä	4

Säästöjen laskennassa käytetyt energiahinnat on esitetty taulukossa 12. Marginaalipolttoaineena on oletettu olevan lisäkaasuna hankittava maakaasu, jonka hintana on Gasumin arvio vuodelle 2002. Sähköhinnat on ilmoitettu ilman kantaverkkomaksuja, sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua.

Taulukko 12 **Säästölaskennassa käytetyt hinnat.**

	€/MWh
Maakaasu	
Lisäkaasu kesä 6 kk	17
Lisäkaasu talvi 6 kk	19
Puujäte	
Lämmöntuotannossa	10
POR	
Lämmöntuotannossa	19
Sähkö	
Kesä kantaverkossa 6 kk	27
Talvi kantaverkossa 6 kk	33

Säästöjen laskennassa käytetyt voimalaitoksen kulutus- ja hyötysuhteet sekä eri ajotilanteiden pituudet perustuvat tarkasteluvuoden tilanteeseen ja ne on esitetty taulukossa 5.3. Höyryturbiinissa T1 on oletettu olevan kaikissa tilanteissa riittävästi kapasiteettia säästötoimista aiheutuviin muutoksiin. Lauhdeperän kulutusuhde on laskettu muutokselle normaaliin ajotilanteeseen nähden.

Taulukko 13 **Säästölaskennassa käytetyt tunnusluvut ja ajotilanteiden pituudet.**

Laitoksen tunnusluvut	
Kattilan hyötysuhde	82 %
T1 matalapainehöyryn rakennussuhde	0,30
T1 lauhdeperän kulutussuhde höyryssä	6,5 MW _{th} /MW _e
Laitoksen ajotilanteiden pituudet	
Ylimääräistä kaukolämpöä	7,5 kk/a
Lauhdeajo (kesäpuolisko)	7,5 kk/a
Vastapaineajo (talvikausi)	4 kk/a
Seisokki	0,5 kk/a

Investoinneissa ilmoitetut investoinnit sisältävät laitteistot asennettuina.

5.2 Toimenpide-ehdotukset

Kappaleessa on esitetty toteutetun energia-analyysin perusteella ehdotettavat toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle kymmenen vuotta. Toimenpide-ehdotusten esittelyjärjestys on samalla ehdotettu toteutusjärjestys, joka perustuu keskusteluihin laitoksen edustajien kanssa.

Tehostamispotentiaalien tekniset yksityiskohdat on pääosin kuvattu kappaleen 4 alakohdissa. Tehostamispotentiaalien mahdolliset päällekkäisyydet on huomioitu tehdyissä säästölaskelmissa.

Polttoaine-energiaa säästävien toimenpide-ehdotusten yhteenlaskettu säästöpotentiaali on yhteensä 79 000 euroa. Sähköenergian osalta säästöpotentiaali on yhteensä 108 000 euroa. Lisäksi turbiinin siivistön pesu lisää samalla vastapainekuormalla tuotettua sähkönmäärää ja polttoaineenkulutusta, mikä lisää laitoksen rahallista tuottoa.

5.2.1 Kattila KK4 - LUVOn ilmavuodot

Tehostamispotentiaaliksi arvioitiin lämpöenergian häviöt ja kasvanut sähkönkulutus savukaasupuhaltimilla. Palamisilmapuhaltimilla tarvittava lisäteho muuttuu suurelta osin palamisilman lämpöenergiaksi, mitä voidaan pitää hyötynä palamisprosessille. Palamisilmapuhaltimien sähköenergian säästöpotentiaali arvioitiin pieneksi. Vuotojen korjaamiseksi arvioitiin tarvittavan laitteistojen tiivisteiden uusimista esimerkiksi seuraavan revisioeisokin yhteydessä.

Säästöpotentiaaliksi ja tarvittavaksi korjausinvestoinniksi arvioitiin:

Säästöpotentiaali

- polttoaine 2900 MWh/a eli 44 643 €/a
- sähköenergia
 - savukaasupuhaltimet 3000 MWh/a eli 90 000 €/a
 - palamisilmapuhaltimet 200 MWh/a eli 6 000 €/a

Yhteensä 96 000 €/a

Investointi 50 000 €

Takaisinmaksuaika 0,4 a

5.2.2 Kattila KK4 - syöttövesipumppujen paine-eron pienentäminen

Kattilalla KK4 kierroslukusäädöllä säätöventtiilien yli pidettävä paine-ero on nykyisellään tarpeettoman korkea (yli 9 bar). Pumppujen omakäyttöä voidaan vähentää pienentämällä paine-eroa normaalikäyttötilanteessa arvoon 6 bar. Suurilla kuormilla tulee paine-eron asetusarvoa tarvittaessa kasvattaa, mikäli venttiilien säätövara ei riitä. Asetusarvon pienentämisellä normaalitilanteen syöttövesivirtauksella (75 kg/s) saavutettava sähkön säästö on luokkaa 32 kW eli 250 MWh/a.

Säästöpotentiaali

- sähköenergia 250 MWh eli 7 500 €
- Investointi 0 €

5.2.3 Kattila KK4 - syöttöveden esilämmityksen tehostaminen

KK4-kattilan osalta huomattiin syöttöveden lämpötilan olevan suhteellisen alhainen. Syöttöveden esilämmityksellä saavutettava sähkön lisäkehitys arvioitiin olevan luokkaa 1,2 MW, joka vastaa suoraan kattilan nykyisillä käyttötunneilla laskien vuositasolla energiamäärää 9 700 MWh/a.

Voimalaitoksen ajotapa vaikuttaa saavutettavaan säästöpotentiaaliin ja nykyisellä ajotavalla säästön arvioitiin olevan polttoaineeksi laskettuna yhteensä 2000 MWh. Asia vaatii vielä tarkentavia lisäselvityksiä, koska syöttöveden esilämmittäminen saattaa nostaa savukaasun loppulämpötilaa.

Säästö

- polttoaine 2000 MWh/a eli 30 000 €/a
- Investointi 100 000 €
Takaisinmaksuaika 3,3 a

5.2.4 Turbiinin T1 siivistön pesu

Turbiinin siivistön pesulla saavutettava säästöpotentiaali on riippuvainen turbiinin ajotavoista. Siivistön pesulla saavutettava hyöty näkyy vastapaineajossa suurempana sähköntuotantona ja kasvaneena polttoaineenkulutuksena. Lauhdetuotannossa hyötysuhteen parantuminen näkyisi lisääntyneen sähköntuotantona. Kokonaisuutena siivistön pesun kustannusvaikutus on positiivinen.

Siivistön pesun kokonaisvaikutus arvioitiin karkeasti, koska saavutettava säästö riippuu pesun tuloksista. Käyttäen perustana laitoksen nykyistä ajotapaa arvioitu sähkön lisätuotanto on vuositasolla noin 8,6 GWh. Turbiinin lauhdetuotannon on oletettu olevan vastaavan nykyistä käyttöä. Polttoaineenkulutuksen arvioitiin kasvavan vastaavasti noin 9,8 GWh.

Kustannuksia siivistön pesusta syntyy pesulaitteiston rakentamisen ja höyryturbiinin tuotantomenetysten muodossa.

Säästö

- polttoaine -10500 MWh/a eli -158 000 €/a
 - lisäsähkö 8600 MWh eli 258 000 €/a
- Yhteensä 100 000 €/a
Investointi 80 000 €
Takaisinmaksuaika 0,8 a

5.2.5 Apukattilan kattilahuoneen IV-muutos

Kattilatilan sisäinen lämpökuorma riittää kattamaan kokonaisuudessaan tilan tarvitseman lämmitysenergiämäärän, joten tuloilmakoneella käytetty lämmityspiiri voidaan poistaa käytöstä. Säästetyn lämpöenergiämäärän arvioitiin olevan vuositasolla 400 MWh. Polttoaine-energiaksi muutettuna säästetty energiamäärä arvioitiin olevan noin 210 MWh.

Säästö

• polttoaine	210 MWh/a eli 3150 €/a
Investointi	0 €
Takaisinmaksuaika	0 a

5.2.6 Toimistotilojen ilmanvaihtomuutos

Toimistotiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet TK 1 ja PK 1 ovat käynnissä aina, vaikka tiloja käytetään pääasiassa toimistoaikana. Ilmanvaihto olisi mahdollista muuttaa ohjautuvaksi pääasiallisen käytön mukaan ja lisätarvetta varten tiloihin voidaan asentaa lisäaikapainike. Toimenpiteellä ilmanvaihdon energiankulutus voidaan minimoida. Arvioitu lämmönsäästö muutettiin polttoaine-energiaksi ja vuosisäästökseksi saatiin tässä tapauksessa 80 MWh.

Liitteessä 12 on esitetty säästön laskennassa käytetyt arvioidut uudet koneiden käyntiajat.

Säästö

• polttoaine	80 MWh/a eli 1200 €/a
• sähkö	8 MWh/a eli 240 €/a
Yhteensä	1 440 €
Investointi	300 €
Takaisinmaksuaika	0,2 a

Investointi koostuu pääosin ohjauskellon ja lisäaikapainikkeen hankkimisesta ja asennuksesta.

5.2.7 Valaistuksen energiankäytön tehostaminen

Yhteiseksi säästöpotentiaaliksi laskettiin 160 MWh/a ja muutosehdotusten keskimääräiseksi takaisinmaksuajaksi 2,5 vuotta (vaihtelu tiloittain 0,5 - 3,6 vuotta).

Säästö

• sähkö	160 MWh/a eli 4 800 €a
Investointi	7 000 €
Takaisinmaksuaika	1,5 a

5.2.8 Konekorjaamon ajoluiskan lämmityksen lopettaminen

Konekorjaamon edessä sijaitsevassa luiskan sulatusteho voidaan kokonaisuudessaan ottaa pois käytöstä. Muutos pienentää talviaikaista omakäyttösähkön kuluusta noin 80 MWh.

Säästö	
• sähkö	80 MWh/a eli 2 400 €/a
Investointi	0 €
Takaisinmaksuaika	0 a

5.2.9 Polttoöljyn varastointilämpötilan alentaminen

Lämpötilan alentamisella saavutettavan energiansäästön arvioitiin olevan polttoaineeksi muutettuna noin 25 MWh/a ja muutos on toteutettavissa pelkästään muuttamalla lämpötilan asetusarvoa. Toimenpide tehtiin energia-analyysin aikana.

Säästö	
• polttoaine	25 MWh/a eli 375 €/a
Investointi	0 €
Takaisinmaksuaika	0 a

5.3 Muut ehdotukset

5.3.1 Prosessihöyryn mittausvirhe

Voimalaitokselta tehtaalle toimitetun prosessihöyrymäärän mittauksessa (FIQ-1234) havaittiin virhe, joka johtui mittauspisteen sijoituksesta ja mittauksien puutteellisista kunnossapitorutiineista. Mittausvirheestä aiheutui arvioilta 5 %:n poikkeama todellisesta höyrymäärästä, mikä aiheutti virheen hyötysuhdelaskelmaan ja laskutukseen.

5.4 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

5.4.1 Polttoainekentän logistiikan parantaminen

Osa tehdasalueen ulkopuolelta saapuvista polttoaineista olisi nykyisen läjityksen sijaan mahdollista purkaa rekka-autoista suoraan kuljettimille ja siten välivarastoitavaksi tehdasalueella oleviin siloihin. Muutos voisi mahdollistaa kauha-kuormaajien käytön vähentämisen esimerkiksi viikonloppuisin. Asia vaatii lisäselvittelyä ja mahdollisesti muutoksia kuljettimilla.

Henkilöstön koulutus

Analyysissä todettiin, että käyttöhenkilöstön (vuoromestarit, operaattorit) koulutusta on hyvä lisätä voimalaitoksen energiatehokkuuden merkityksen korostamiseksi.

Ehdotetaan käynnistettäväksi erillinen energiansäästöprojekti, johon osallistuu koko voimalaitoksen henkilöstö. Projektin sisältö koostuu energiatehokkuuden koulutuspäivistä, jotka sisältävät sitouttavia ryhmätöitä. Voimalaitoksella otetaan käyttöön kuukausittaiset seurantalaverit ensimmäisen analyysin jälkeisen vuoden ajaksi. Vuoden 2002 lopussa järjestetään energiansäästöprojektin arviointikokous, jossa päätetään mahdollisista jatkotoimista. Projektin vastuuhenkilönä toimii voimalaitospäällikkö.

Poikkeuksellisia ajotilanteita varten laaditaan yhtenäiset toimintaohjeet.

Tehostamissuunnitelma

Voimalaitoksella on syytä ensi tilassa korjata KPA-kattilassa KK4 havaittu virheellinen happimittaus. Mittauksen kunnostamisen jälkeen on tarkistettava mittausarvon muutoksen vaikutukset nykyisiin ajotapoihin, jotta laitoksen uudet ajopisteet eivät heikentäisi kattilan hyötysuhdetta. Hankkeen vastuuhenkilöksi määriteltiin laitoksen ylikonemestari.

Energianhallintajärjestelmässä analyysin aikana havaitut puutteet korjataan ja epäselväksi havaittua kuukausiraporttia selvennetään. Energiatehokkuuden raportointia lisätään ja raportteja muokataan energiasäästöprojektin tarkoituksia vastaaviksi. Hankkeen vastuuhenkilöksi määriteltiin laitoksen energiatalousinsinööri.

Kunnonvalvonnan kannalta ongelmallisiksi kohteiksi havaittiin höyrykattilan KK4:n ilman esilämmitin ja höyryturbiinin T1 apujärjestelmät. Kohteiden kunnonvalvontaa tehostetaan laatimalla kohteille erilliset kunnonvalvontaohjelmat.

Energia-analyysissä ehdotetuille toimenpiteille laaditaan toteutusaikataulu ja tehostamiskohteiden tulosten seuraamiseksi energiatehokkuusasiat tullaan ottamaan käsittelyyn tuotannon ja kunnossapidon yhteiseen viikkopalaveriin, voimalaitoksen kuukausittaiseen johtoryhmään ja henkilöstöpalavereihin. Voimalaitoksen tehostamissuunnitelmaa päivitetään osana operatiivista toimintaa ja vuosisuunnittelua.

Energiatehokkuuden raportointimenettelystä tehdään säännöllinen toimenpide ja energiatehokkuuden kehityksestä raportoidaan neljännesvuosittain Voimalaitos Oy:n hallituksen kokouksessa.

Seurantamittaukset ja mittareiden kalibroinnit

Höyryturbiinin T2 sähkönkehityksen mittauksessa havaittu virhe korjataan tammikuun aikana. Kattilan KK2 happimittauksen asemointi korjataan ja mittari kalibroidaan mahdollisimman pian. Höyryverkon päämittaukset ja ongelmakoh- teiden osalta myös kaukolämmön mittaukset tarkastetaan ja kalibroidaan alku- vuoden aikana. Mittareiden kunnossapitorutiinit tarkistetaan ja tarpeen mukaan niitä tehostetaan. Hankkeen vastuuhenkilöksi määritettiin automaatio-osaston päällikkö.

Höyryturbiinille ehdotetaan revision siirtämiseksi tehtäväksi endoskooppi- tarkastukset sekä otettavaksi käyttöön vuosittainen kunnonvalvonnan mittausoh- jelma. Pesun yhteydessä turbiinille tehdään kontrollimittaukset, jotta pesun avul- la saavutetut tulokset varmistetaan. Myös generaattorilla on syytä käynnistää erilliset sähkötekni- set mittaukset suunnitellun revision siirron varmistamiseksi ja/tai revisioon valmistautumiseksi.

Höyryturbiinille on syytä tehdä täydelliset hyötysuhdemittaukset ennen ja jäl- keen turbiinirevision, jotta revision tulokset pystytään varmistamaan.

Kuvailulehti

Julkaisija	Motiva Oy
Julkaisuaika	02 / 2002
Tekijä	Perti Koski, Tuomas Timonen, Kimmo Kohtamäki ja Markku Suominen, Electrowatt-Ekono Oy
Julkaisun nimi	Voimalaitoksen energia-analyysi
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	-
Tiivistelmä	<p>Energia-alan Keskusliitto ry Finergyn sekä kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) vuonna 1997 solmiman energiansäästösovimuksen tavoitteena on saada vähintään puolet voimalaitoskapasiteetista katselmoiduksi tai analysoiduksi vuoden 2003 loppuun mennessä. Voimalaitosala, KTM ja Motiva Oy ovat nyt laadittaneet ohjeet voimalaitoksen energia-analyysille. Ohjeilla tuetaan katselmoijia, yhtenäistetään energiakatselmustoimintaa ja varmistetaan energiatehokkuuden analysoinnin riittävä yksityiskohtaisuus.</p> <p>Raportti jakautuu 3 osaan, jotka ovat voimalaitoksen energia-analyysin toteutusohje, laajennettu mallisisällysluettelo ja kuvitteelliseen kohteeseen perustuva esimerkkiraportti.</p>
Asiasanat	voimalaitokset, energia-analyysi, energiatehokkuus
Julkaisusarjan nimi	Motivan julkaisuja 1 / 2002
Julkaisun teema	Voimalaitosten energiatehokkuus
Projektihankkeen nimi	Voimalaitoksen energia-analyysimallin kehittäminen
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Motiva Oy ja Energia-alan keskusliitto ry Finergy.
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Motiva Oy, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energia-alan keskusliitto ry Finergy, Suomen Kaukolämpö Sky ry, Pohjolan Voima Oy, Fortum Power and Heat Oy, PVO-Engineering Oy ja Electowatt-Ekono Oy.
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-15-9
Sivuja	83
Kieli	Suomi
Painosmäärä	300
Julkaisun jakaja	Motiva Oy
Painopaikka ja -aika	Otamedia Oy, Espoo, 02 - 2002
Muut tiedot	Yhteyshenkilö Motivassa Janne Hietaniemi. Raportti julkaistaan myös pdf-formaatissa Motivan www-sivuilla: www.motiva.fi.

Presentationsblad

Utgivare	Motiva Oy
Datum	02 - 2002
Författare	Pertti Koski, Tuomas Timonen, Kimmo Kohtamäki och Markku Suominen, Electrowatt-Ekono Oy.
Publikationens titel	Energianalys för kraftanläggningar
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	-
Sammandrag	<p>Målsättningen med energisparavtalet, som Handels- och industriministeriet har ingått med Energibranschens Centralförbund rf i år 1997, är att minst hälften av all kraftverkskapacitet ska kartläggas eller analyseras före utgången av år 2003. Kraftverksbranschen, handels- och industriministeriet och Motiva Oy har utvecklat normer för kraftverks energianalys. Med dessa normer stöds energikartläggarna, förenhetligas energikartläggningsverksamheten och säkras tillräcklig detaljgranskning i energieffektivitetsanalyseringen.</p> <p>Rapporten delas i tre avsnitt: instruktioner för utförandet av kraftverksenergianalys, expanderade exempel innehållsförteckning och en exempelrapport baserad på ett fiktivt objekt.</p>
Nyckelord	kraftanläggningar, energianalys, energieffektivitet
Publikationsserie	Motivas Publikationer 01/ 2002
Publikationens tema	Energieffektivitet av kraftanläggningar
Projektets namn	Utveckling av energianalys för kraftanläggningar
Finansiär/ uppdragsgivare	Motiva Oy och Energibranschens Centralförbund rf
Organisationer i projektgruppen	Motiva Oy, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energibranschens Centralförbund rf, Finska Fjärrvärmeföreningen (SKY), Pohjolan Voima Oy, Fortum Power and Heat Oy, PVO-Engineering Oy och Electrowatt-Ekono Oy.
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-15-9
Sidantal	83
Språk	Finska
Upplagens storlek	300
Förläggare	Motiva Oy
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Otamedia Oy, Esbo, 02 - 2002
Övriga uppgifter	Kontaktperson vid Motiva Janne Hietaniemi. Rapporten publiceras i pdf-format i Motivas www-service: www.motiva.fi.

Documentation page

Publisher	Motiva Oy
Publishing date	02-2002
Author	Pertti Koski, Tuomas Timonen, Kimmo Kohtamäki and Markku Suominen, Electrowatt-Ekono Oy.
Title of publication	Energyanalysis for power plants
Parts of publication/ other project publications	–
Abstract	<p>The goal of the energy conservation agreement, which the Ministry of Trade and Industry in Finland and Finnish Energy Industries Federation Finergy concluded in 1997, is to have at least half of the power plant capacity audited by the end of 2003. The energy industry, Ministry of Trade and Industry and Motiva Oy have had instructions made for an energyanalysis of a power plant. These instructions will support the energy auditors, unify energy auditing and ensure the adequate detail of energy efficiency analyses.</p> <p>This report consists of three parts: instructions for the implementation of a power plant energyanalysis, expanded index and an example report based on a fictional site.</p>
Keywords	power plants, energyanalysis, energy efficiency
Publication series	Motiva's Publications 1 / 2002
Theme of publication	Energyanalysis for power plants
Name of Project	Development of an energyanalysis for power plants
Financier/ commissioner	Motiva Oy and Finnish Energy Industries Federation Finergy.
Project organisation	Motiva Oy, Ministry of Trade and Industry, Finnish Energy Industries Federation Finergy, Finnish District Heating Association, Pohjolan Voima Oy, Fortum Power and Heat Oy, PVO-Engineering Oy and Electrowatt-Ekono Oy.
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-15-9
No. of pages	83
Language	Finnish
Circulation	300
Distributor	Motiva Oy
Printing place and year	Otamedia Oy, Espoo, 02-2002
Other information	Contact at Motiva Janne Hietaniemi. The report will also be published in pdf-format in Motiva's www-service, www.motiva.fi .