

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
Teknillinen tiedekunta  
Energia- ja ympäristötekniikan osasto

## **ENERGIANSÄÄSTÖINVESTOINNIT TEOLLISUUDESSA**

Työn tarkastaja: Professori Risto Tarjanne

Työn ohjaaja: Yliassistentti Aija Kivistö

Lappeenrannassa 5. 5. 2007  
Jarkko Jokiranta  
Pursipolku 4  
56120 Salosaari

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	3
2. Suomen teollisuuden energian käyttö .....	4
2.1 Teollisuuden rakenne .....	4
2.2 Metsäteollisuuden energiamuodot .....	5
2.3 Metalliteollisuuden energiamuodot .....	6
2.4 Muu teollisuus .....	7
3. Energian käytön vaikutus kilpailukykyyn .....	8
3.1 Energian hinta .....	8
3.2 Päästökauppa .....	9
3.3 Energian osuus tuotantokustannuksista .....	11
4. Energiansäästösopimukset .....	12
4.1 Energiansäästösopimusten taustaa .....	12
4.2 Energiansäästösopimusten vaikutus .....	13
5. Energiansäästötoimet ja niiden kehittäminen .....	15
5.1 Tuotannon suunnittelu .....	15
5.2 Lämpöenergiansäästökohteet .....	16
5.2.1 Höyryn tuotanto .....	16
5.2.2 Höyryverkko .....	17
5.2.3 Lauhteen palautus .....	17
5.2.4 Hönkähöyry .....	18
5.2.5 Jätelämpövirrät .....	19
5.2.6 sivutuotteiden hyödyntäminen .....	20
5.3 Sähköenergiansäästökohteet .....	20
5.3.1 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto .....	20
5.3.2 Sähkömoottorit .....	21
5.3.3 Pumput ja kompressorit .....	22
5.3.4 Paineilmaverkko .....	23
5.3.5 mittaus- ja säätöjärjestelmät .....	24
5.3.6 Lämpöpumput .....	24
6. Energiansäästöinvestointien arviointi ja johtopäätökset .....	25
6.1 Taloudellinen arviointi .....	25
6.1.1 Suorat energiansäästöt .....	26
6.1.2 Ulkoisvaikutukset .....	26
Lähteet .....	27

Liite 1. Vastapainehöyryverkon toteutus esimerkkejä

## 1.Johdanto

Energian osuus teollisuuden tuotantokustannuksista on merkittävä. Energian hinnan odotetaan tulevaisuudessa nousevan, mikä kasvattaa energian käytön merkitystä entisestään, jolloin energian tehokas käyttö vaikuttaa merkittävästi teollisuusyrityksen kilpailukykyyn. Energian hinnan lisäksi on myös otettava huomioon päästökaupan vaikutukset yrityksen energian käyttöä tarkasteltaessa. Työssä tarkastellaan yritysten energiansäästöinvestointeja ja niiden merkitystä Suomen teollisuudessa. Erityisenä tavoitteena on kartoittaa erilaisten investointien taloudellista kannattavuutta. Työssä vertaillaan eri energiansäästötekniikoita sekä tarkastellaan niiden toteuttamiseen liittyviä ongelmia ja erityiskysymyksiä. Energiansäästöinvestoinneilla voidaan joko parantaa energian tuotanto-panossuhdetta tai vähentää hukkaenergiavirtoja prosessissa. Myös eri investointien ulkoisvaikutuksia tarkastellaan. Työssä käydään myös läpi Suomen teollisuuden energian käytön ominaisuuksia. Työ rajataan käsittelemään erityisesti energiaintensiivistä teollisuutta, missä energiansäästöjen vaikutukset ovat suuria. Myös energiansäästösopimuksia käsitellään.

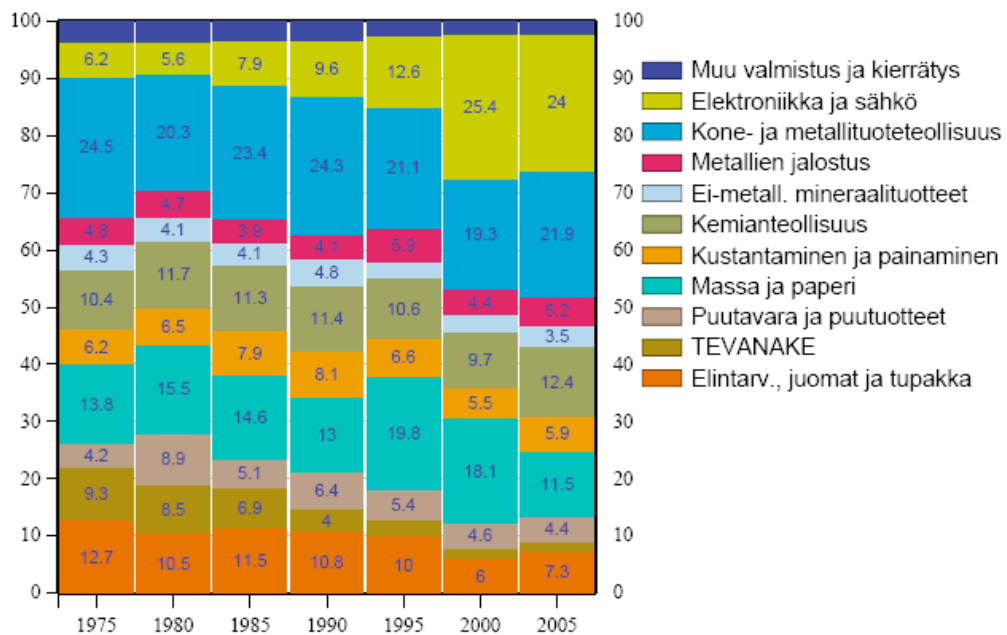
## **2. Suomen teollisuuden energian käyttö**

### ***2.1 Teollisuuden rakenne***

Suomen teollistuminen alkoi myöhään verrattuna moniin Euroopan maihin. Vielä 50-luvulla alkutuotannon osuus tuotannosta oli noin neljännes, maatalouden ollessa tärkein elinkeino. Suomen teollisuutta leimasi pitkään 1980-luvulle asti varsin yksipuolinen rakenne. Vaikka raskaat sotakorvaukset olivat pakottaneet Suomen kehittämään erilaista teollisuutta, ainoat merkittävät teollisuudenalat olivat metsä- ja metalliteollisuus. Vasta 90-luvulla Suomen teollisuuden rakenne alkoi merkittävästi laajentua. Elektroniikkateollisuus, erityisesti tieto- ja viestintäteknologiaan erikoistuneet yritykset alkoivat kehittyä. Suomi onkin nykyisin yksi maailman kehittyneimmistä tietoliikennejärjestelmien hyödyntäjistä. Myös perinteiset teollisuudenalat ovat hyötäneet elektroniikkateollisuuden kehityksestä ottamalla käyttöön elektroniikkateollisuuden kehittämiä sovelluksia omissa prosesseissaan.

Huolimatta elektroniikkateollisuuden kehityksestä, suurin osa teollisuuden tuotannosta tehdään edelleen metsä- ja metalliteollisuuden aloilla. Nämä toimialat ovat hyvin energiaintensiivisiä ja pääomavaltaisia, mistä johtuen energian hinnan muutokset vaikuttavat voimakkaasti yritysten kannattavuuteen. Suuri energian kulutus ohjaa myös energiaa säästävien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon. Tässä suomalainen teollisuus on eräs maailman parhaista.

## Tehdasteollisuuden rakenne osuus jalostusarvosta, %



Kuva 1. Teollisuuden rakenne Suomessa.

## 2.2 Metsäteollisuuden energiamuodot

Metsäteollisuus on teollisuudenaloista suurin energiankäyttäjä Suomessa. Metsäteollisuuden käyttämä sähkö vuonna 2003 oli 58% koko teollisuuden käyttämästä sähköstä. /12/.

Perinteinen paperi- ja selluteollisuus tarvitsee prosesseissaan runsaasti lämpöä. Tämä toteutetaan tuottamalla prosessihöyryä vastapainevoimalaitoksissa. Sulfaattisellun valmistukseen käytettävästä puuraaka-aineesta vain noin puolet päätyy lopputuotteeseen. Keittokemikaalien joukkoon liunnut puuaines poltetaan soodakattilassa, jonka tarkoituksena on ensisijaisesti keittokemikaalien talteenotto sekä energian tuotanto. Sellun keittoon kelpaamaton kuori poltetaan kuorikattilassa. Kuorikattilassa voidaan myös polttaa tehtaalla syntyviä jäteliemiä. Sooda- ja kuorikattiloissa tuotettavalla höyryllä tuotetaan sähköä ja lämpöä tehtaan tarpeisiin. Modernissa sellutehtaassa noin puolet tuotetusta sähköstä voidaan myydä. Integroiduissa sellu- ja paperitehtaissa oma sähköntuotanto ei usein riitä, vaan sähköä joudutaan ostamaan. Metsäteollisuus on suomen suurin bioenergian käyttäjä. Sellutehtaiden polttoaineet ovat lähes kokonaan biopolttoaineita. Maakaasua ja öljyä käytetään ainoastaan tukipolttoaineina sekä kemikaalikiertoon liittyvän meesauunin

polttoaineina. Sellutehtaan tuottaman energian hintaan vaikuttaa erityisesti puuraaka-aineen hinta, koska energia tuotetaan polttamalla sivutuotteita

Metsäteollisuuden sähkönkulutusta on viime aikoina lisännyt erityisesti mekaanisten massojen valmistuksen kasvu. Mekaanisten massojen valmistuksessa kuituja ei pyritä liottamaan, vaan kuidut erotellaan mekaanisen rasituksen avulla. Hionta- ja hiertoprosessit vaativat suuren määrän sähköenergiaa. Esimerkiksi hienon painehiokkeen valmistukseen kuluu sähköenergiaa noin 2,1 MW/t/15/. Mekaanisten massojen etuna on erityisesti massan korkea saanto, joka voi olla jopa 95% puuraaka-aineesta. Tästä johtuen mekaanisten massojen hinta on edullinen verrattuna sulfaattiselluun. Mekaanisten massojen käyttöä rajoittaa kuitenkin lopputuotteen heikot lujuusominaisuudet, jonka vuoksi mekaanisten massojen sekaan joudutaan usein lisäämään sellua.

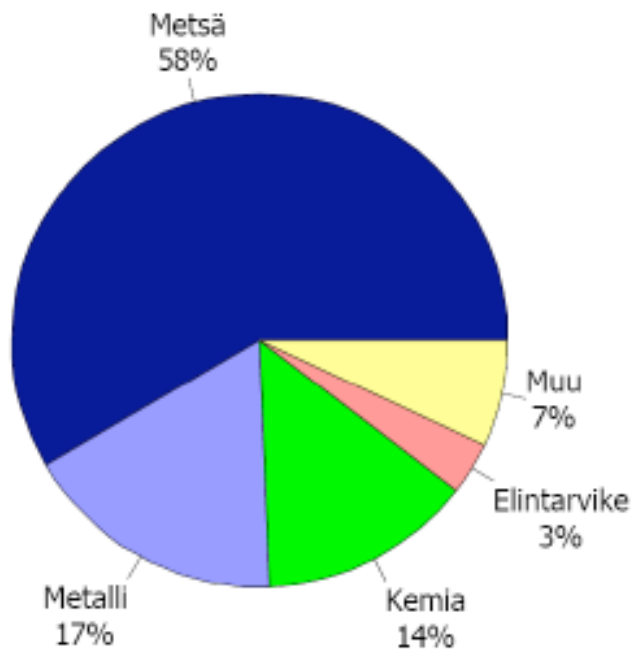
### ***2.3 Metalliteollisuuden energiamuodot***

Metalliteollisuus on hyvin energiaintensiivinen teollisuudenala. Se kuluttaakin noin 20% teollisuuden käyttämästä energiasta. Energiaa kuluu eniten metallien valmistuksessa. Jo pelkästään malmien louhimiseen maaperästä tarvitaan paljon energiaa. Raudan ja teräksen valmistus vaatii paljon lämpöenergiaa, joka tuotetaan pääasiassa polttamalla koksia, kivihiiltä tai öljyä masuuneissa. Koksi on kivihiilestä jalostettu tuote, joka tuotetaan yleensä tehtaan omassa koksamossa. Kivihiilen polttaminen aiheuttaa paljon kasvihuonekaasuja, mikä vaikuttaa päästökaupan olosuhteissa myös lopputuotteen hintaan. Koksia tarvitaan prosesseissa ennen kaikkea hapettumis-pelkistymisreaktioihin, minkä takia hiilen korvaaminen muilla vähemmän kasvihuonekaasuja tuottavilla polttoaineilla on vaikeaa. Värimetallien, kuten kuparin valmistuksessa sähkön osuus energiasta on hallitseva, toisenlaisista tuotantoprosesseista johtuen.

Energian osuus tuotteen loppuhinnasta on terästeollisuudessa hyvin korkea. Esimerkiksi kuumavalssattujen teräslevyjen hinnasta jopa 40% muodostuu energiasta. Energian suuri osuus lopputuotteen hinnasta johtaa helposti suuriinkin hintaheilahteluihin energian hinnan muuttuessa. Epävarmuustekijöitä aiheutuu myös päästökaupasta. Kivihiiltä poltettaessa vapautuu suuri määrä hiilidioksidia, mikä on kustannustekijä päästökaupan olosuhteissa. Nämä tekijät yhdessä kannustavat kehittämään ja käyttöönottamaan entistä energiatehokkaampaa teknologiaa.

## 2.4 Muu teollisuus

Muun teollisuuden merkittävin energiankäyttäjä on kemianteollisuus, jonka suurimmat toimialat ovat öljyjalosteet sekä kemikaalien valmistus. Kemianteollisuus tarvitsee lämpöenergiaa pääasiassa ainevirtojen lämmittämiseen sekä haihdutus- ja tislauksprosesseihin. Sähköenergiaa käytetään eniten elektrolyysiin ja komprimointiin. Kemianteollisuuden osuus teollisuuden käyttämästä sähköstä vuonna 2003 oli 14%. /12/. Kuvassa 2 on esitetty sähkön kulutuksen jakautuminen Suomen teollisuudessa.



**Kuva 2.** Teollisuuden sähkönkulutus toimialoittain 2003. /12/

## **3. Energian käytön vaikutus kilpailukykyyn**

### **3.1 Energian hinta**

Energian hinta, hinnan ennustettavuus sekä energian saatavuus pitkällä aikavälillä ovat hyvin keskeisiä tekijöitä kun tarkastellaan teollisuusyrityksen kilpailukykyä. Kuten aiemmin todettu, Suomen teollisuus on luonteeltaan paljon energiaa kuluttavaa. Tämän vuoksi epävarmuustekijät energian hinnan ja saatavuuden suhteen vaikuttavat voimakkaasti investointipäätöksiin teollisuuslaitoksissamme. Vaikka energian hankinnan rakenne on Suomessa varsin monipuolinen, on tuontienergian osuus merkittävä, noin 70%.

Vuoden 1995 sähkömarkkinauudistuksen jälkeen sähkökauppa on ollut tuotannon ja myynnin osalta vapaasti kilpailtua liiketoimintaa. Suomi on osa pohjoismaisia sähkömarkkinoita, joten sähkön hintaan vaikuttaa Suomen olosuhteiden lisäksi muiden pohjoismaiden tekijät. Sähkön referenssihintaan vaikuttaa eniten kivihiilellä tuotetun lauhdesähkön hinta. Myös voimakas vaihtelu vesivoimalla tuotetun sähkön määrässä voi aiheuttaa suuriakin hintaheilahteluja. Polttoaineiden hinnan muutoksien vaikutus sähkön hintaan riippuu paljon käytettävästä polttoaineesta. Esimerkiksi polttoaineen osuus maakaasulla tuotetun sähkön hinnasta on jopa 80%, kun taas ydinvoimalla tuotetulla sähköllä noin 13%.

Sähkön hinta on pysytellyt viime aikoina melko vakaana, lukuun ottamatta vuotta 2003, jolloin pohjoismaita vaivasi vesivoima-alueiden poikkeuksellinen kuivuus. Sähkön hinnan vakaus johtuu pitkälti kivihiilen maailmanmarkkinahinnan vakaudesta. Sähkön vähittäishinta onkin ollut Suomessa melko alhainen. Pienkuluttajien maksama hinta on yksi Euroopan halvimpia. Suurteollisuus sen sijaan joutuu maksamaan sähköstä enemmän, kuin monissa kilpailijamaissa. Tämä heikentää suomalaisen suurteollisuuden kilpailukykyä, eritoten verrattuna keskeisiin

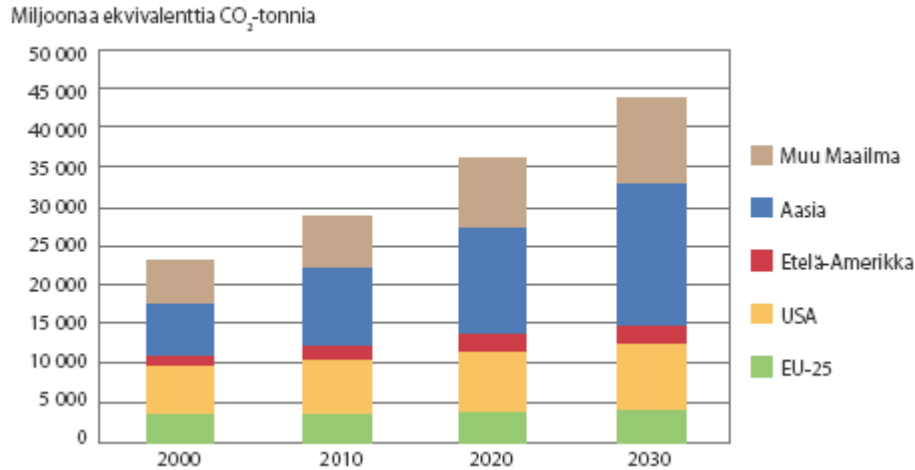


kilpailijamaihin. Tilannetta voitaisiin helpottaa esimerkiksi vähentämällä suurteollisuuden energiaverotusta sähkön osalta. Tulevaisuudessa sähkön hinnan odotetaan nousevan pääasiassa primäärienergian kallistumisesta sekä kulutuksen kasvusta johtuen. Myös vuonna 2008 alkava uusi kausi päästökaupassa luo epävarmuustekijöitä sähkön hinnan ennakoinnissa./7/.

### **3.2 Päästökauppa**

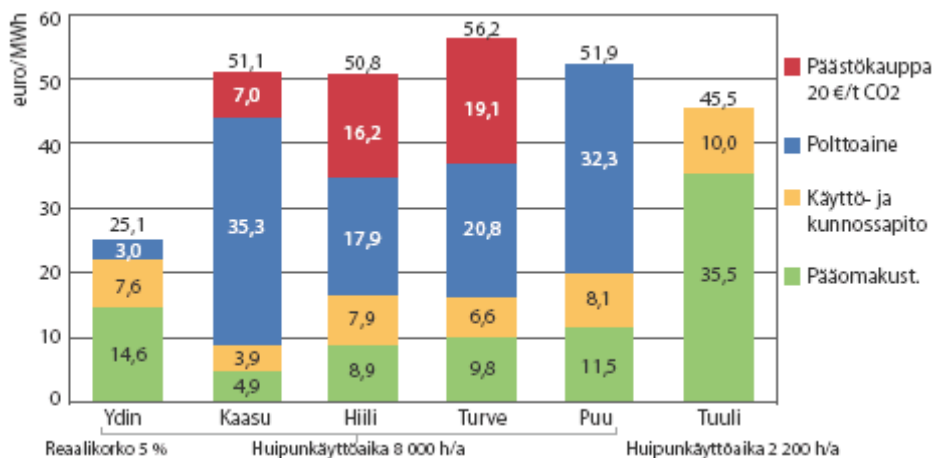
YK:n yleiskokous hyväksyi kasvihuonekaasujen vähentämiseen tähtäävän ilmastosopimuksen vuonna 1992. Sitä täsmentävä ns. Kioton lisäpöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997 ja kaikki EU:n jäsenvaltiot ratifioivat sopimuksen vuonna 2002. Pöytäkirja velvoittaa teollisuusmaita vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Se määrittelee vähennysvelvoitteet kaudelle 2008- 2012. EU on todennut päästökaupan olevan kustannustehokkain tapa saavuttaa asetetut päästönormit. EU:n sisäinen päästökauppa aloitettiin jo vuonna 2005, koskien ainoastaan hiilidioksidipäästöjä. Tällä pyrittiin hankkimaan kokemusta vuonna 2008 alkavaa kautta varten.

Päästökaupan tarkoituksena on ohjata sähköntuotantoa vähemmän kasvihuonekaasuja tuottavaan suuntaan tekemällä kasvihuonepäästöistä kustannustekijän. Yrityksillä on siis taloudellinen motiivi ottaa käyttöön vähemmän energiaa kuluttavaa ja vähemmän päästöjä tuottavaa teknologiaa sekä mahdollisesti leikata paljon päästöjä tuottavaa tuotantoa. Päästökaupan suurimpia ongelmia ovat päästöoikeuksien oikeudenmukaisen jaon toteuttaminen sekä päästökaupan piiriin kuuluvien valtioiden pieni määrä. Pelkona on, että päästökaupan vaikuttaessa tuotantokustannuksiin, raskas teollisuus ei pyri niinkään ottamaan käyttöön kallista teknologiaa, vaan suuntaa investointejaan päästökaupan ulkopuolelle samalla lakkauttaen päästökaupan piirissä olevia tuotantolaitoksia. EU tuottaa vain 14% koko maailman kasvihuonepäästöistä ja on myös muistettava, että Euroopassa tuotantoteknologia on keskimäärin huomattavasti energiatehokkaampaa kuin esimerkiksi Aasian maissa. Päästökauppaa onkin arvosteltu sen pienestä vaikutuksesta maapallon kokonaispäästöihin sekä EU:n yksipuolisesta uhrautumisesta. Suurten Euroopan ulkopuolisten maiden, kuten Yhdysvaltojen, Kiinan ja Intian liittymistä päästökaupan piiriin pidetään välttämättömänä globaalien päästöjen vähennysten kannalta. Kuvassa 3 on esitetty ennuste päästöjen jakautumisesta maapallolla.



Kuva 3. Päästöjen jakautuminen maapallolla. Ennuste./13/

Päästökaupan vaikutus eri polttoaineita käyttäviin laitoksiin on erilainen. Erityisesti turpeen luokittelu uusiutumattomiin energianlähteisiin haittaa Suomen asemaa turpeen poltosta aiheutuvien suurien hiilidioksidipäästöjen takia. Kuvassa 4 on esitetty eri polttoaineilla tuotetun sähkön hinnan muodostumista päästökaupan olosuhteissa. Päästöoikeuden hinnaksi on oletettu 20 euroa hiilidioksiditonnilta. Vuonna 2008 alkavan kauden päästöoikeuksien hintaa on vielä vaikea arvioida, koska päästöoikeuksien alkujaoakin on vielä epäselvyyksiä. Hinnan kuitenkin odotetaan olevan korkeampi kuin kuluvana kautena.



Kuva 4. Eri polttoaineilla tuotetun sähkön hinta päästökaupan olosuhteissa. /13/

### **3.3 Energian osuus tuotantokustannuksista**

Suomalainen, energiaintensiivinen teollisuus on luonteeltaan voimakkaasti kansainvälisesti kilpailtua. Tämä heikentää yritysten pääoman tuottoa. Yrityksen lisäarvon tuottaminen on vaikeaa pelkällä tuotedifferenssiolla, joten kannattavuutta ja pääoman tuottoa on parannettava muilla keinoilla, kuten kustannuksia vähentämällä. Tuotteen jalostusarvon nostolla on myös usein kasvattava vaikutus energian ominaiskulutukseen. Energian käytöstä aiheutuvat kustannukset ovat merkittävä osa teollisuuden tuotantokustannuksista, joten niiden muuttuminen vaikuttaa merkittävästi kannattavuuteen.

Energian hinnan noustessa paras tapa ylläpitää kannattavuutta on jatkuva energiatehokkuuden parantaminen. Tähän liittyy myös olennaisena osana vähemmän kasvihuonepäästöjä tuottavaan teknologiaan investoiminen. Suomessa työvoimakustannukset ovat kansainvälisesti vertailtuna suuret, joten kilpailussa pärjääminen vaatii yrityksiltä kustannustehokkuuden parantamista muilla kustannustekijöiden osa-alueilla. Kilpailukykyä voidaan toki parantaa erikoistumalla tiettyjen tuotteiden valmistukseen. Metall- ja metsäteollisuuden piirissä tätä vaihtoehtoa ei voida pitää vallitsevana ratkaisumallina. Pääomavaltaisessa teollisuudessa joudutaan kilpailemaan tuotteen hinnalla, jolloin tuotos-panossuhteen parantaminen niin raaka-aineen kuin energian osalta on paras tapa tuottaa yritykselle lisäarvoa.

## 4. Energiansäästösopimukset

### 4.1 Energiansäästösopimusten taustaa

Energiansäästösopimukset ovat vapaaehtoisia, kauppa- ja teollisuusministeriön ja toimialajärjestöjen välille solmittuja sopimuksia, joilla pyritään tehostamaan energian käyttöä sekä lisäämään uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Yritykset ja yhteisöt liittyvät energiansäästösopimusten piiriin toimialajärjestön puitesopimuksella. Ensimmäiset energiansäästösopimukset otettiin käyttöön 1990-luvun alussa, mutta toiminta laajeni suurten toimialajärjestöjen tullessa mukaan 1997. Tarkoituksena on saada mahdollisimman suuri osa Suomen energiankäytöstä sopimusten piiriin. Energiansäästösopimusten piirissä olikin vuoden 2005 lopussa 85% teollisuuden energiankäytöstä./8/. Energiansäästösopimusten hallinnointi-, seuranta-, edistämisen- ja kehitystehtävistä vastaa Motiva Oy.

Energiansäästösopimukset hyödyttävät monin tavoin niihin liittyviä yrityksiä. Sopimukseen liittyvät yritykset sitoutuvat tehostamaan energian käyttöään, kartoittamaan energiansäästökohteitaan sekä parantamaan energian säästöön liittyvää tietoisuutta organisaatiossaan. Yrityksen on mahdollista saada tukea kauppa- ja teollisuusministeriöltä energiansäästökohteiden kartoittamiseen sekä joissakin tapauksissa energiansäästöinvestointeihin. Energiansäästökohteiden kartoittamiseen käytetään erilaisia energiakatselmuksia sekä analyysejä. Energiakatselmuksen tekee yrityksen organisaation ulkopuolinen taho, joka kartoittaa kohteen kokonaisenergian käytön, energiansäästöpotentiaalin sekä laatii ehdotuksen säästötoimenpiteistä kannattavuuslaskelmineen. Energiakatselmuksessa tarkastellaan myös säästötoimenpiteiden vaikutusta hiilidioksidipäästöihin sekä mahdollisuutta uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseen. Energiakatselmukset ovatkin osoittautuneet tehokkaaksi tavaksi saada tietoa yrityksen energian käytöstä ja säästömahdollisuuksista. Energiansäästösopimukseen liittyvillä yrityksillä on mahdollisuus määrittellä säästötavoitteet energiakatselmuksien perusteella. Energiakatselmuksissa ilmenevät säästömahdollisuudet eivät velvoita yritystä toteuttamaan niitä. Joustavat tavoitteet ovatkin osittain

johtaneet energiansäästösovimusten hyvään suosioon. Taulukossa 1 on esitetty kauppa- ja teollisuusministeriön tukemien hankkeiden määriä sekä tukien suuruuksia.

**Taulukko 1.** Kauppa- ja teollisuusministeriön tukemat hankkeet. /8/

Kauppa- ja teollisuusministeriön tukemat												
energiakatselmus- ja selvityshankkeet								investointihankkeet				
Vuosi	Hakemuksien lukumäärä		Kohteiden lukumäärä		Hankkeiden kustannukset milj. €		Myönnetty tuki milj. €		Hakemuksien lukumäärä		Myönnetty tuki milj. €	
	05	98-05	05	98-05	05	98-05	05	98-05	05	98-05	05	98-05
<b>Teollisuus</b>	40	313	41	462	2,39	16,09	0,94	7,16	32	129	1,98	9,66
<b>Energia-ala</b>	7	59	11	126	0,59	2,78	0,24	1,26	–	21	–	5,44
<b>Kuntasektori</b>	24	198	145	1 416	0,48	5,02	0,24	2,48	7	50	0,14	1,20
<b>Kiinteistö- ja rakennusala</b>	13	102	39	524	0,28	2,91	0,11	1,23	–	8	–	0,18
<b>Kuljetusala</b>	–	3	–	4	–	0,01	–	0,01	–	–	–	–
<b>Yhteensä</b>	<b>84</b>	<b>675</b>	<b>236</b>	<b>2 532</b>	<b>3,7</b>	<b>26,8</b>	<b>1,5</b>	<b>12,1</b>	<b>39</b>	<b>208</b>	<b>2,1</b>	<b>16,5</b>

## 4.2 Energiansäästösovimusten vaikutus

Energiansäästösovimuksilla on ollut suuri merkitys suomalaisen energiatehokkuuden kehityksessä. Vaikka suomalainen teollisuus onkin aina ollut järkevä energian käyttäjä, on energiakatselmuksissa sekä analyyseissä havaittu suuriakin energiansäästökohteita. Usein yrityksellä ei pienistä resursseista johtuen ole riittävää energia-alan ammattitaitoa. Tällaisia yrityksiä energiakatselmukselle hyödyttävät erityisesti, kun yritys pystyy valtion tukemana käyttämään ulkopuolista osaamista. Säästökohteita löytyy erityisesti käytettävästä tekniikasta sekä käyttötavoista. Usein järjestelmien virheet tai toiminnan puutteet on mahdollista korjata jopa ilman erillisiä investointeja, jolloin korjaukset toteutetaan tavallisesti välittömästi. Investointeja vaativien korjaus- ja kehitystoimien toteuttaminen on huomattavasti vaativampaa. Energiakatselmuksen yhteydessä tehdään

energiansäästöinvestointien laskennallinen tarkastelu, jolloin päätöksenteko investointien toteuttamisesta on helpompaa.

Pelkkä energiatehokkuuden parantaminen ei useinkaan riitä investoinnin perusteeksi ja laajemmat parannusehdotukset ovat usein kokonaisten yksiköiden peruskorjaus- tai uudistusehdotuksia. Yrityksen rahoituspääoman ollessa niukka energiansäästöinvestointeja ei pidetä houkuttelevina vaan tuotannolliset uudistukset ajavat energiansäästöinvestointien ohi, mikä ei aina ole paras ratkaisu kannattavuuden kannalta. Energiansäästöinvestoinneilta vaaditaan myös usein lyhyttä takaisinmaksuaikaa.

Eräs ratkaisu energiansäästöinvestointien toteuttamiseen ovat ESCO- hankkeet. (Energy Service Company). ESCO- yritykset rahoittavat ja hallinnoivat energiansäästöinvestointeja ja toimenpiteitä niin teollisuudessa kuin muillakin sektoreilla. ESCO- yritykset pyrkivät vastaamaan asiakkaidensa pääoma- ja henkilöstöressurssiongelmaan toteuttamalla kannattaviksi katsomiaan energiansäästöinvestointeja asiakasyrityksissä. Asiakasyritykset maksavat investointia takaisin ESCO- yritykselle toteutuneista energiansäästöistä. Asiakas ja ESCO- yritys sopivat takaisinmaksun ehdoista sekä säästöjen mittauksesta ennen hankkeen toteuttamista. Tarkoituksena on, että asiakas ei joudu maksamaan enempää kuin hankkeen energiansäästöt edellyttävät. Tosin tilanteessa, jossa asiakas itse omilla toimillaan aiheuttaa investoinnin odotettua heikomman tuoton, on asiakas velvollinen maksamaan ESCO- yritykselle toteutuneita energiansäästöjä suurempaa lyhennystä. Investoinnin omistusoikeus kuuluu ESCO- yritykselle, kunnes se on maksettu kokonaan takaisin, jolloin omistusoikeus siirtyy asiakkaalle. Asiakas voi myös milloin tahansa lunastaa investoinnin itselleen maksamalla jäljellä olevan summan ESCO- yritykselle. ESCO- sopimusta voidaankin pitää asiakkaan kannalta riskittömänä hankkeena. ESCO- yritykselle koituu riskejä asiakkaan maksukyvyyn heikkoudesta sekä investoinnin odotettua heikommasta tuotosta. Riskejä pyritään vähentämään valitsemalla asiakkaiksi tunnetusti hyvän maksukyvyyn omaavia yrityksiä sekä julkisen sektorin asiakkaita. Nykyisen trendin mukaan ESCO- yritykset pyrkivät keskittymään erityisesti teollisuuteen sen suuresta energiankäytöstä johtuvan säästöpotentiaalın takia./14/.

Energiansäästösopimuksen etuna on myös riittävän kevyt hallinnointirakenne. Tämän ansiosta energiansäästösopimusten hallinta ei tule liian kalliiksi niiden hyötyyn nähden. Myös tukien hakeminen energiakatselmuksiin ja investointeihin on helppoa ja hakemusten käsittelyajat ovat lyhyitä. /8/.

Energiansäästösopimukseen liittyminen tuo energian kulutuksen vähenemisen lisäksi myös muita etuja. Erityisen suurena tekijänä pidetään energiansäästösopimukseen liittyvää imagohyötyä. Yritykset voivat luoda markkinoinnissaan ympäristöä säästävän kuvan itsestään tuomalla esiin energiansäästösopimukseen liittymisen sekä mahdollisesti toteuttamansa parannukset energiansäästöissä.

## **5. Energiansäästötoimet ja niiden kehittäminen**

### ***5.1 Tuotannon suunnittelu***

Teollisuuden energiankulutukseen voidaan vaikuttaa hyvinkin yksinkertaisilla toimilla, jotka eivät välttämättä vaadi erillisiä investointeja. Varsinkin suurissa teollisuuslaitoksissa ongelmana on usein heikko tiedonkulku osastojen välillä sekä laitosten ajosuunnittelun liiallinen hajauttaminen. Tämä aiheuttaa heilahteluja tuotannossa, jotka aiheutuvat ainoastaan tuotantoketjussa olevien toimijoiden välisestä tiedonjaon puutteesta. Tilanne, jossa ei tiedetä esimerkiksi lähitulevaisuuden prosessihöyryn tarvetta voi johtaa ylimääräisen tuotantokapasiteetin pitämistä toiminnassa. Tuotannon suuret ennakoimattomat heilahtelut aiheuttavat ongelmia myös sähköenergian hankintaan.

Tuotantoketjusta johtuvaa heilahtelua voidaan vähentää yksinkertaisesti toimijoiden välisen viestinnän systemaattisella lisäämisellä. Myös organisaatorakennetta tulee kehittää niin, että vastuukysymykset eri osa-alueiden osalta ovat selkeät. Koko tuotantoketjun ajosuunnittelu voidaan toteuttaa keskitetysti niin, että mahdollisimman tarkat kysyntä- ja tuotantoennusteet ovat kaikkien toimijoiden ulottuvilla. Useissa tuotantolaitoksissa on myös otettu käyttöön tietoverkkoja, joiden avulla jaetaan informaatiota koko tuotantoketjun osalta.

## **5.2 Lämpöenergiänsäästökohteet**

Höyryä käytetään teollisuudessa pääasiassa lämpöenergian siirtoon. Suomessa on suuri määrä, pääasiassa metsäteollisuuden vastapainevoimalaitoksia, jotka tuottavat prosessihöyryä sekä vastapainetehoa. Energiatohokkuuden kannalta merkittävimpiä osa-alueita tällä saralla ovat höyryn tuotanto, jakeluverkko, lisäveden valmistus sekä höyrynkäyttökohteet.

Tärkein tekijä höyryn valmistuksen energiatohokkuudessa on prosessin oikeanlainen suunnittelu ja mitoitus. Pyritään ennen kaikkea välttämään painetasojen ja lämpötilojen ylityksiä. Höyrykattiloiden teho mitoitetaan prosessin vaatimusten perusteella.

### **5.2.1 Höyryn tuotanto**

Prosessihöyry tuotetaan tavallisesti höyrykattiloissa. Metsäteollisuudessa käytettävät kuorikattilat olivat aikaisemmin lähinnä arinakattiloita. Nykyään käytetään yleensä leijukerroskattiloita, jotka ovat hyötysuhteeltaan parempia ja sallivat laajemman polttoainevalikoiman. Esimerkiksi jäteliemien poltto on mahdollista leijukerroskattiloissa. Soodakattiloiden hyötysuhde on parantunut erityisesti polttoliipin kuiva-ainepitoisuuden noususta johtuen. Kuiva-ainepitoisuuden nosto on ollut mahdollista haihduttamien ja polttoliipin käsittelyn kehityksen seurauksena. Soodakattiloiden tuorehöyryn paineet ovat olleet turvallisuusnäkökohdista johtuen alhaisia, noin 80 bar luokkaa. Nykyään uusimmissa soodakattiloissa on käytössä jo 130 bar paine. Prosessihöyryn tuottamiseen käytetään yleisesti myös kivihiiltä, turvetta, maakaasua ja öljyä.

Kattilahäviöiden vähentäminen on eräs keino parantaa höyryntuotannon hyötysuhdetta. Savukaasuhäviöt ovat suurin yksittäinen kattilahäviö. Niitä voidaan vähentää laskemalla savukaasun ulostulolämpötilaa lisäämällä syöttöveden esilämmitystä. Tämä kuitenkin vaatii savukanavan materiaalilta paljon, koska tällöin kanavan loppupää altistuu matalalämpötilakorroosiolle. Kattilassa olevat ilmavuodot sekä puutteellinen eristys aiheuttavat kattilahäviöitä. Myös ulospuhalluksen oikein mitoittaminen vähentää häviöitä. Tässä tulee kuitenkin



pitää huoli ulospuhalluksen riittävydestä, sillä ulospuhalluksen liiallinen pienentäminen aiheuttaa laitteiston ennen aikaista kulumista.

Höyrykattilan lämpöpintojen puhtaus vaikuttaa kattilan hyötysuhteeseen. Perinteisesti on käytetty höyrynuohousta likakerrosten poistamiseen lämpöpinnoilta, mikä on edelleen vallitseva käytäntö. Höyrynuohointen rinnalle on kehitetty myös muita ratkaisuja, kuten ääni- ja värinänuohoimet. Nuohous toteutetaan normaalisti määräväliajoin kattilatyypistä ja polttoaineesta riippuen. Nuohouskertojen ja sitä kautta nuohoushöyryn kulutukseen vaikuttaa polttoaineen laatu sekä koostumus. Lämpöpintojen perusteellinen puhdistus tulee toteuttaa seisokkien aikana kattilan ollessa kylmässä tilassa. /3/.

### **5.2.2 Höyryverkko**

Höyryverkon kautta höyry johdetaan tuotannosta kulutuskohteeseen. Höyryverkossa normaalien lämpöhäviöiden lisäksi voi esiintyä höyryn vuodosta sekä heikosta eristyksestä aiheutuvia häviöitä. Höyryvuodon tapauksessa menetetään lämpöenergian lisäksi myös puhdas lauhde. Höyryverkon paine myös alenee höyryvuodoista johtuen. Paras tapa ehkäistä höyryvuotoja on pitää höyryverkon venttiilit hyvässä kunnossa ja uusina ne tarvittaessa. Myös putkiston yleinen kunto tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin ja tarvittaessa korjata tai uusina. Erityisesti liitoskohdat ovat herkkiä kulumiselle.

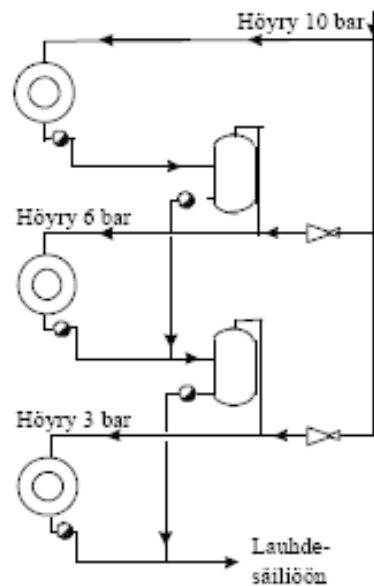
### **5.2.3 Lauhteen palautus**

Höyrynkäyttökohteissa lauhtuva vesi on arvokasta sen sisältämän lämpöenergian sekä veden korkean jalostusarvon takia. Lauhteenpalautusjärjestelmä onkin hyvin yleisesti käytössä suomalaisessa teollisuudessa. Höyryn epäsuorassa käytössä on päästy korkeaan lauhteenpalautusasteeseen. Lauhteenpalautusastetta voidaan parantaa investoimalla parempaan lauhteenerotustekniikkaan. Suorassa höyrynkäytössä lauhteenpalautusaste on selkeästi heikompi. Suoraa höyryn käyttöä voidaan vähentää kehittämällä prosessia vähemmän höyryä vaativaan suuntaan sekä parantamalla käytettäviä suuttimia. Lauhteenpalautuksen häviöitä voidaan vähentää korvaamalla avonainen lauhdesäiliö umpinaisella. Tällöin myös korrosio säiliössä vähenee.

## 5.2.4 Hönkähöyry

Hönkähöyry on lauhteesta höyrystynyttä höyryä. Hönkähöyryä voidaan käyttää tietyissä tilanteissa korvaamaan tuorehöyryä. Tämä johtaa tuorehöyryn kulutuksen vähenemiseen ja lauhdevesiverkon kapasiteetin kasvamiseen. Lauhdesäiliöstä saatavaa hönkähöyryä voidaan käyttää esimerkiksi lisäveden lämmittämiseen. Myös suurten ulospuhallusvirtojen yhteydessä hönkähöyryjen talteenotto on järkevää. Kuvassa 5 on esitetty yksi tapa hönkähöyryn hyödyntämiseen.

Hönkähöyryn hyödyntämiseen tarvittavien laitteistojen investointikustannukset ovat melko suuret, eikä hönkähöyryjen hyödyntämiseen tähtäviä investointeja usein kannata tehdä vanhoihin laitoksiin. Uuden laitoksen suunnittelun yhteydessä on hönkähöyryn hyödyntämiseen tarvittavan laitteiston hankinta usein perusteltua ja kannattavaa.



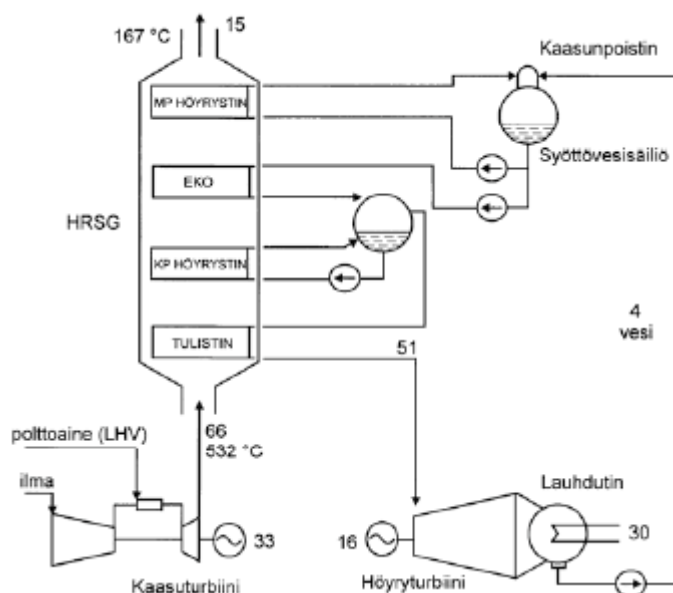
Kuva 5. Sovellus hönkähöyryn hyödyntämiseen./10/

### 5.2.5 Jätelämpövirrat

Teollisuuden energiankulutusta on vähennetty hyödyntämällä syntyviä jätelämpövirtoja. Ainevirtakiertojen sulkeutuminen on erityisesti ollut hyödyksi energiansäästöissä. Eräs keino hyödyntää jätelämpövirtoja on lämmittää lisävettä prosessista poistuvalla jäähdytysvedellä. Tällä saadaan prosessista poistuvan veden lämpötila mahdollisimman alhaiseksi ja näin sen sisältämä lämpöenergia paremmin hyödyksi.

Jätelämpövirtoja voidaan myös hyödyntää polttoteknisillä ratkaisuilla, kuten kaasuturbiinivoimalaitoksen korvaamisella kombivoimalaitoksella. Tällaisessa ratkaisussa kaasuturbiinista poistuvalla kuumalla savukaasulla höyrystetään vettä jätelämpökattilassa, jonka jälkeen syntyvällä höyryllä voidaan tuottaa sähköä höyryturbiinissa. Syntyvää höyryä voidaan myös käyttää prosessien tai kaukolämmityksen tarpeisiin. Kombivoimalaitoksien jätelämpökattiloihin voidaan lisätä myös erillisiä polttimia, joilla lisätään jätelämpökattilan tehoa. Kombivoimalaitosten prosessihyötysuhde on merkittävästi tavallista kaasuturbiinivoimalaitosta parempi./3/.

Kuvassa 6 on esitetty yksinkertainen kombivoimalaitosprosessi.



Kuva 6. Kombivoimalaitosprosessi.

## **5.2.6 sivutuotteiden hyödyntäminen**

Teollisuuden sivutuotteiden laajamittainen hyödyntäminen on viimeaikoina lisääntynyt. Leijukerrospolton yleistyttyä on ollut mahdollista polttaa prosesseissa syntyviä orgaanisia jäteliemiä ja näin saada niiden energiasisältö hyötykäyttöön. Myös prosesseissa syntyvää jätettä, jota laitos ei itse voi käyttää hyväksi hyödynnetään usein muualla. Esimerkiksi tuhkaa voidaan käyttää tiepohjan raaka-aineena.

Selluteollisuudessa käytettäviä keittokemikaaleja voidaan kierrättää. Kuitulinjoilta tuleva pesulipeä poltetaan haihdutuksen jälkeen soodakattilassa, jossa kemikaalit reagoivat. Kuitulinjojen tarvitsemaa valkolipeää tuotetaan soodakattiloista tulevasta viherlipeästä kaustisointiprosessin avulla. Prosessiin tarvittava kalkki saadaan meesauuneilta. Lipeän kiertoprosessi on vanha keksintö, mutta meesauunien käytö on yleistynyt vasta muutama vuosikymmen sitten. Sitä ennen kemikaalikiertoa on pyöritetty ostokalkin avulla. Selluteollisuuden kemikaalikierto on hyvä esimerkki sivutuotteiden hyödyntämisestä. Kemikaalikierto onkin elinehto sellutehtaan toiminnalle.

## **5.3 Sähköenergiansäästökohteet**

### **5.3.1 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto**

Sähkön ja lämmön yhteistuotannon osuus kaikesta tuotetusta sähköstä Suomessa on maailman korkein. Yhteistuotannon osuus sähkön kokonaistuotannosta oli vuonna 2004 32%./12/. Tämä johtuu pitkälti metsäteollisuuden suuresta tuotannosta sekä sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannon suosimisesta. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto onkin energian säästön kannalta kannattava vaihtoehto. Yhteistuotannolla päästään hyvinkin korkeisiin kokonaishyötysuhteisiin, jopa yli 90%:in. Sähkön ja lämmön yhteistuotantoa voidaan edelleen lisätä liittämällä uusia asuntoja kaukolämpöverkon piiriin. Myös teollisuuden höyrykattiloita voidaan liittää kaukolämpöverkkoon. Teollisuudessa käytettävien höyryjen lämpötilat ovat kaukolämmöntuotantoa korkeampia, minkä

Teollisuuden vastapainevoimalaitoksia käytetään tavallisesti prosessihöyryn tarpeen mukaan. Sähkön hinnan kallistuessa tulee kuitenkin esiin tilanne, jolloin on kannattavaa tuottaa vastapainetehoa, vaikka höyrynkulutusta ei olisikaan. Vastapainelaitoksiin on usein rakennettu kuormien vakauttamiseen tarkoitettuja lisälaitteita, kuten apulauhduttimia ja höyryakkuja. Kun höyryn kulutus on pieni, voidaan höyryä ajaa apulauhduttimeen, jolloin sähkötehoa saadaan kasvatetuksi. Apulauhduttimen avulla saadaan lauhde talteen, mutta sen ongelmana on höyryn korkea saapumispaine ja lämpötila. Tästä johtuen höyryn sisältämästä sähköenergian tuotantoon kelpaavasta energiasta suuri osa jää käyttämättä. Eräs toimiva ratkaisu on rakentaa turbiiniin lauhdehätä. Lauhdeosaan ohjataan höyrymäärä, joka ylittää prosessin höyryn tarpeen, jolloin tuotettava sähköteho lisääntyy. Lauhdeosan jälkeen on erillinen lauhdutin, josta lauhde palautetaan syöttövesisäiliöön. Liitteessä 1 on esitetty prosessikaaviot vastapaineprosessista lauhdehännän kanssa ja ilman.

Vastapainevoimalaitoksissa turbiinien lauhdehätien yleistymistä jarruttaa tarvittavien investointien suuruus. Useissa laitoksissa lauhdeosan hankkimista on harkittu mutta investoinnit ovat jääneet toteuttamatta pääoman puuttumisen takia. Lauhdeosan hankinta onkin suunniteltu tehtäväksi usein vanhan turbiinin suuren revision tai korvaamisen yhteydessä.

### **5.3.2 Sähkömoottorit**

Suurin osa teollisuuden käyttämästä sähköstä käytetään sähkömoottoreissa. Tästä johtuen sähkömoottorien hyötysuhteen parantamisessa on suuri energiansäästöpotentiaali. Tavallisimmat teollisuuden sähkömoottorit ovat kokoluokkaa 1-100kW. Tosin tämän kokoluokan moottoreiden hyötysuhteisiin ei ole aikaisemmin hankintapäätöstä tehdessä kiinnitetty huomiota moottorin hyötysuhteeseen, vaan on keskitytty lähinnä elinkaarikustannusten tarkasteluun. Tämän kokoluokan moottorit omaavat kuitenkin varsin suuren sähköenergiesäästömahdollisuuden, koska tällaisia moottoreita voi olla tuotantolaitoksessa jopa useita satoja.

Sähkömoottorien valintaa helpottamaan on luotu oikosulkumoottorien hyötysuhdeluokitus. Oikosulkumoottorit on jaettu kolmeen luokkaan: hyvät EFF1, keskinkertaiset EFF2 ja huonot EFF3. Normit oikosulkumoottorien luokitteluun on luoto Euroopan komission ja moottorinvalmistajien kesken. Motiva Oy:n suosituksen mukaan tulisi sähkömoottorihankinnat toteuttaa ensisijaisesti

parhaasta hyötysuhdeluokasta. Tämä on edullista erityisesti silloin, kun moottori on paljon käytössä. Paremman hyötysuhteen omaavan moottorin kalliimmat hankintakustannukset saadaan takaisin sähköenergian säästön muodossa tavallisesti muutamassa vuodessa. /5/.

Sähköenergiaa säästävien sähkömoottorien kysyntä on ollut tasaisesti kasvavaa. Vähemmän sähköä kuluttavien moottorien kehittäminen onkin ollut vilkasta. Sähkömoottoreita valmistaville yrityksille paremman hyötysuhteen sähkömoottorien kehittäminen on kannattavaa juuri kasvavien markkinoiden takia. Sähköä säästävästä teknologiasta on myös hyötyä yrityksen imagolle.

Suurin ongelma hyvällä hyötysuhteella toimivien moottorien yleistymisessä on mittasuhteiden hahmottamisen vaikeus. Muutaman prosentin eroa hyötysuhteessa ei pidetä suurena, varsinkin kun hankintahinta hyvän ja huonon moottorin välillä voi olla suuri. Useinkaan ei käsitetä pienen säästön merkitystä pitkällä aikavälillä.

Hyvän hyötysuhteen moottorien hintojen aleneminen johtaisi toki niiden yleistymisen nopeutumiseen. Moottorivalmistajien tulisi kuitenkin pyrkiä lisäämään aiheeseen liittyvää tietämystä asiakkaidensa piirissä, jotta asiakkaiden olisi helpompi valita oikeita moottoreita heidän käyttötarpeisiin nähden nimenomaan pitkällä aikavälillä.

### **5.3.3 Pumput ja kompressorit**

Pumppujen ja kompressorien merkitys teollisuuden energiankäytössä on suuri. Teollisuuden sähkömoottorit käyttävät pääasiassa juuri pumppuja, kompressoreja sekä puhaltimia. Prosessien tehostuessa siirrettävät massavirrat ovat pienentyneet, joka on johtanut pienempään energian kulutukseen. Prosessien edelleen kehittäminen vähemmän pumppaustehoja vaativaan suuntaan on suotuisaa energian säästön lisäksi myös pienemmän huolto- ja korjaustarpeen takia.

Tärkein asia pumppujen ja kompressorien energiatehokkuuden kannalta on oikeanlaisten pumppujen ja kompressorien valinta sekä putkiston suunnittelu. Putkiston suunnittelussa tulee erityisesti pyrkiä painehäviöiden minimointiin. Pumppujen ollessa kyseessä, tulee imukorkeus asettaa riittävän suureksi kavitointivaaran poistamiseksi.

Suurin edistysaskel pumppujen ja kompressorien energiansäästöissä on tapahtunut niiden säädön saralla. Virtausvastukseen perustuvaa kuristussäätöä pyritään sen yksinkertaisesta toteutustavasta huolimatta välttämään, koska sen energiatehokkuus on heikko. Kuristussäädössä sähkömoottoria käytetään koko ajan vakiokuormalla ja säätö tapahtuu kuristamalla putkistoa esimerkiksi säätöventtiilillä. Näin osa pumppaustehosta menee hukkaan. Kuristussäätö on perusteltu lähinnä laitteistoissa, jotka ovat vain harvoin käytössä sekä systeemeissä, joissa tarvitaan useampi säätötapa. Useampaa säätötapaa käytetään yleisesti esimerkiksi syöttöveden pumppauksessa höyrykattilaan. /3/.

Taajuusmuuttajien käyttö on lisääntynyt pumppujen ja kompressorien käytöissä ja niiden käyttö on nykyään melko laajaa teollisuudessa. Taajuusmuuttajan avulla voidaan sähkömoottorin pyörimisnopeutta muuttaa ja näin ollen säätää pumppauksen tehoa. Näin pumppauksessa ei koidu turhia häviöitä. Motiva Oy kartoitti vuosina 2003- 2004 teollisuuden energiansäästösopimusten piirissä olevien yritysten taajuusmuuttajien lisäämisestä koituvan säästöpotentiaalin. Selvityksessä todettiin säästöpotentiaalin olevan suuruusluokkaa 300- 700 GWh/a. Selvityksessä on otettu huomioon vain taloudellisesti kannattavat uudistukset. Säästöpotentiaalia oli eniten metsäteollisuuden pumpuissa kuristussäädön korvaamisella pyörimisnopeussäädöllä./4/.

Kuristussäätöä tulisi vähentää myös puhallinkäytöissä. Puhaltimissa voidaan pyörimisnopeussäädön lisäksi valita lapakulmasäätö. Lapakulmasäädössä pyörimisnopeus pysyy ennallaan. Puhaltimen tehoa säädetään lapakulmia muuttamalla, mikä on yleinen säätötapa erityisesti suurissa puhaltimissa.

#### **5.3.4 Paineilmaverkko**

Paineilmaverkon energiatehokkuuteen ei aikaisemmin ole kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota. Motiva Oy toteutti vuonna 2003 yhdessä energiansäästösopimuksiin liittyneiden teollisuusyritysten kanssa laajamittaisen paineilmaverkkojen energia- analyysin. Analyyseissä kartoitettiin paineilman tuotannon ja käytön tehokkuutta sekä tehostamismahdollisuudet. Analyyseissä havaittiin paineilmaverkoissa turhan korkeita painetasoja sekä paineilmaverkkojen vuotoja. Huomattiin myös kohteita, joissa instrumentti- ilman käyttö oli mahdollista korvata muilla keinoin. Paineilmaverkon

energiankäytön vähentämiseksi voidaan painetasoja alentaa, tehdä säännöllisiä vuototarkastuksia, kehittää prosesseja paineilmaa vähemmän vaativiksi sekä tarkkailemalla paineilman energiatehokkuutta.

Motiva Oy:n energia- analyysin jälkeen toteutetut paineilman säästötoimet ovat aiheuttaneet merkittäviä kustannussäästöjä. Säästöt ovat olleet yritystasolla noin muutamasta tuhannesta eurosta alkaen jopa 100 000 euroon saakka. Motiva Oy arvioi nykyisen paineilman energiansäästöpotentiaalin olevan yhteensä noin 1,4 TWH/a Suomen teollisuudessa. /5/.

### **5.3.5 mittaus- ja säätöjärjestelmät**

Digitaaliset mittaus- ja säätöjärjestelmät ovat korvanneet analogiset järjestelmät teollisuuden prosesseissa. Digitaalisten järjestelmien etuna on tehokkuus ja järjestelmien integroinnin mahdollisuus. Näin voidaan samasta valvomosta ohjata koko prosessia sekä säätötoimenpiteet voidaan helposti toteuttaa automatisoidusti koko prosessin alueella. /3/.

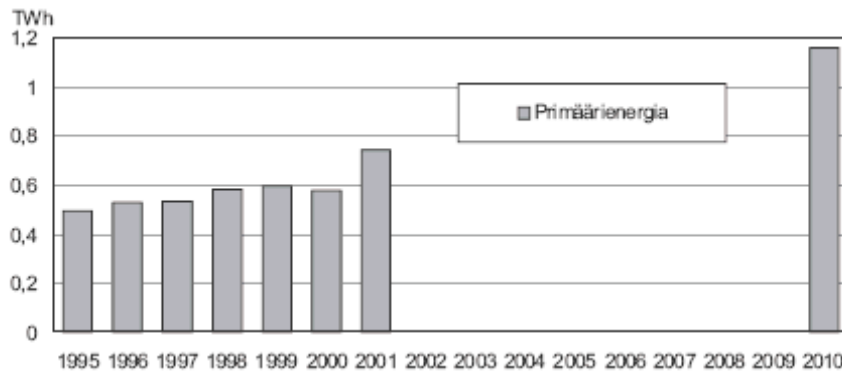
Teollisuuden energiakatselmuksissa on huomattu puutteita mittauksien laajuudessa ja toimivuudessa sekä säätöautomaatiikan toteutuksissa. Suurissa laitoksissa on usein vaikea todentaa tarkasti esimerkiksi höyryn tai paineilman kuluttajia, vaikka tuotettu määrä olisikin tarkasti tiedossa. Tämä vaikeuttaa energiansäästökohdeiden toteamista. Prosessin puutteellinen mittaus vaikeuttaa myös säätöautomaatiikan toimintaa. Energiansäästön kannalta on ensiarvoisen tärkeää säätää prosessissa oikeaa suuretta oikealla tavalla, halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Mittausjärjestelmän toimivuus on edellytys tämän toteutumiselle.

### **5.3.6 Lämpöpumput**

Lämpöpumput ovat kasvattaneet suosiotaan sähkön hinnan noustessa. Lämpöpumppujen käytön lisääntyminen vähentää sähköenergian kulutuksen lisäksi kasvihuonepäästöjä lämmityspolttoaineiden tarpeen vähentyessä. Lämpöpumppujen käyttö on lisääntynyt erityisesti asuinrakennuksissa, mutta myös teollisuudessa on ryhdytty parantamaan tuotantorakennusten lämmitysjärjestelmien energiatehokkuutta. Lämpöpumppujen käytön kasvun edistäminen on osa



valtiovallan ja Motiva Oy:n energiansäästö- ja uusiutuvien energianlähteiden lisäämisohjelmaa. Kuvassa 7 on esitetty ennuste lämpöpumppujen käytön tulevaisuudesta.



**Kuva 7.** Lämpöpumppujen tuottama primäärienergia 1995- 2001 sekä ennuste 2010.

## 6. Energiansäästöinvestointien arviointi ja johtopäätökset

### 6.1 Taloudellinen arviointi

Teollisuuden energiansäästöinvestointien arvioinnin lähtökohta on investointien taloudellinen kannattavuus. Investointien tarkasteluun ja vertailuun voidaan käyttää monia erilaisia tapoja. Energiansäästöinvestoineissa takaisinmaksuaika on melko lyhyt, minkä takia voidaan yleisesti käyttää takaisinmaksuajan mallia. Takaisinmaksuajan malli soveltuu arviointiin hyvin myös yksinkertaisuutensa takia.

Energiansäästöinvestointien kustannusten arvioinnissa tarkastellaan usein investoinnin elinkaarikustannuksia. Elinkaarikustannuksia laskettaessa otetaan huomioon kaikki investoinnista aiheutuneet kustannukset koko käyttöajalta muutettuna nykyarvoon. Tähän kuuluvat esimerkiksi tarvittavat huolto- ja korjaustoimenpiteet. Laskentakorkona voidaan käyttää esimerkiksi yrityksen

energiansäästöinvestoinneille asettamaa tuottovaatimusta. Elinkaarikustannuksien avulla saadaan tietoa investointien kannattavuudesta pelkkien investointikustannusten ohella.

### **6.1.1 Suorat energiansäästöt**

Suorat energiansäästöt ovat energiansäästöinvestointien pääasiallinen tapa tuottaa hyötyä. Suorasta energiansäästöstä koituneen hyödyn ennakkointiin liittyy useita epävarmuustekijöitä, kuten säästön tarkan määrän arviointi sekä energian hinta tulevaisuudessa. Energian hinnan noustessa energiansäästöinvestointien kannattavuus paranee. Samoin hiilidioksidipäästöjä vähentävän investoinnin arvoon vaikuttaa tulevaisuuden päästöoikeuksien hinta.

Käytännön esimerkkinä toteutuneista energiansäästöinvestoinneista, M-real Oyj:n tampereen tehtaalla toteutettiin kartonkikoneiden poistoilmojen lämpöenergian hyödyntämisprojekti. Poistoilmoilla lämmitetään nykyään prosessivesiä, jolloin höyryn tarve vähenee. Projektin ansiosta höyryn kulutus on laskenut 21000MWh/a. Projekti toteutettiin ESCO-hankkeena. /16/.

### **6.1.2 Ulkoisvaikutukset**

Energiansäästöinvestoinneilla on myös usein ulkoisvaikutuksia, jotka tulee ottaa huomioon. Tämänlaisilla ominaisuuksilla ei välttämättä ole suoraan taloudellisesti mitattavaa arvoa. Investointi voi energiansäästön lisäksi esimerkiksi parantaa työturvallisuutta tai helpottaa joidenkin työtehtävien toteuttamista. Investointi voi myös parantaa toimintavarmuutta. Energiansäästöinvestointeja tarkasteltaessa tällaisilla asioilla voi olla hyvinkin suuri merkitys.

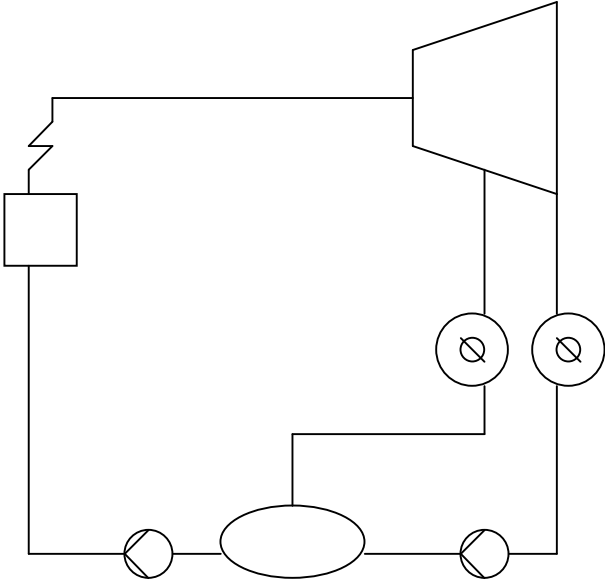
Uuden energiatehokkaamman teknologian käyttöönotosta voi olla myös hyötyä yrityksen imagolle. Vähemmän energiaa kuluttavan ja sitä kautta ympäristöystävällisen mielikuvan luominen auttaa kasvattamaan yrityksen brändipääomaa.

## Lähteet

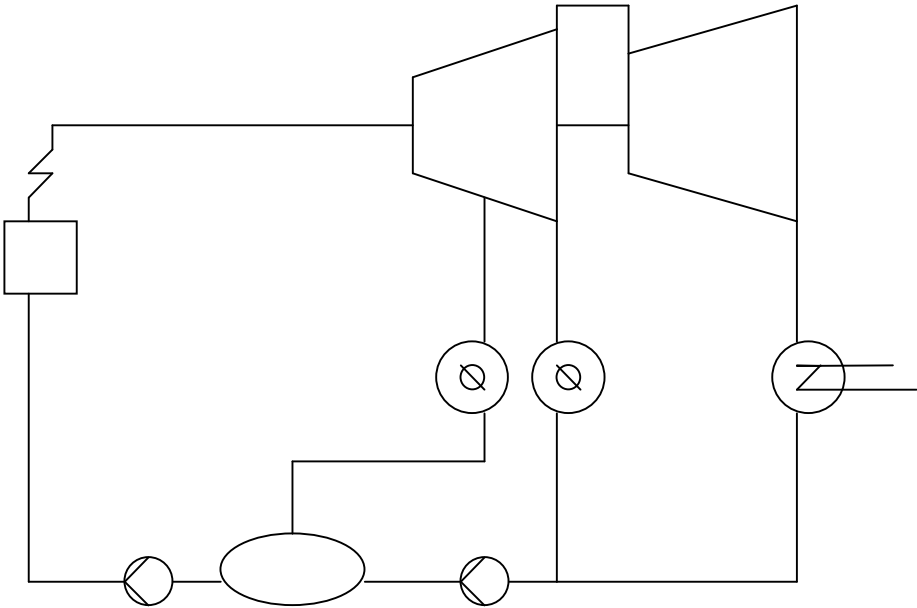
- /1/ OECD/IEA, World energy outlook 2004, ISBN 92-64-1081-73 – 2004  
[Verkkodokumentti] Saatavissa [www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/weo2004.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/weo2004.pdf)
- /2/ Kauppa- ja teollisuusministeriö. Uusiutuvan energian edistämishjelma 2004-2006  
[Verkkodokumentti] Helsinki 2003. ISBN 951-739-718-6.
- /3/ Huhtinen Markku, Kettunen Arto, Nurminen Pasi, Pakkanen Heikki.  
Höyrykattilatekniikka. Edita Prima Oy. Helsinki 2004. ISBN 951-37-3360-2.
- /4/ Saara Elväs, Pertti Koski Motiva Oy, Mirja Tiitinen Energiateollisuus ry,  
Sirpa Leino, Päivi Suur-Uski Adato Energia Oy.  
Energia-alan energiansäästösopimusten vuosiraportti 2005. Motiva Oy, Helsinki, 2006  
[Verkkodokumentti] Saatavissa [www.energia.fi/fi/julkaisut](http://www.energia.fi/fi/julkaisut)
- /5/ Janne Hietaniemi. Teollisuuden energiansäästösopimusten vuosiraportti 2004.  
Motiva Oy. Helsinki 2005. [Verkkodokumentti] Saatavissa  
[www.motiva.fi/fi/julkaisut/energiansaastosopimukset/teollisuus/vuosiraportti2004.html](http://www.motiva.fi/fi/julkaisut/energiansaastosopimukset/teollisuus/vuosiraportti2004.html)
- /6/ Energia-alan toimialavuoropuhelun raportti 8.1.2007  
Tehokkaasti energiaa kohtuullisin kustannuksin. ISBN 978-952-5615-09-8  
Helsinki 2007. [Verkkodokumentti] Saatavissa: [www.energia.fi](http://www.energia.fi)
- /7/ Jarmo Partanen, Satu Viljanen, Jukka Lassila, Samuli Honkapuro, Kaisa Tahvanainen.  
Sähkömarkkinat- opetusmoniste. Lappeenranta 2006. ISBN 951-764-819-9

- /8/ Kauppa- ja teollisuusministeriö, Motiva Oy. Energiansäästösopimukset 1997- 2005. Asiantuntija- arvioinnin tuloksia. [Verkkodokumentti] Saatavissa: [www.motiva.fi/fi/julkaisut/energiansaastopimukset/energiansaastopimukset/energiansaastopimukset19972005.html](http://www.motiva.fi/fi/julkaisut/energiansaastopimukset/energiansaastopimukset/energiansaastopimukset19972005.html)
- /9/ Tiina Koljonen, Veikko Kekkonen, Antti Lehtilä, Mikko Hongisto, Ilkka Savolainen. Päästökaupan merkitys energiasektorille ja terästeollisuudelle Suomessa. Espoo 2004. ISBN 951-38-6493-6
- /10/ Motiva Oy, Höyrynsäästöopas  
Saatavissa:  
[www.motiva.fi/fi/yjay/teollisuus/teollisuudenenergiansaastooppaat/energiansaastooppaat.html](http://www.motiva.fi/fi/yjay/teollisuus/teollisuudenenergiansaastooppaat/energiansaastooppaat.html)
- /11/ Hietanen, J., Energy conservation agreements within finnish pulp and paper industry - Methods and results. [Verkkotietokanta] Saatavissa: Compendex Database
- /12/ Tilastokeskus. Energiatilasto 2003. [Verkkotietokanta]  
Saatavissa:  
[http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset\\_julkaisut/energiatilasto2003/html/suom0003.htm](http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energiatilasto2003/html/suom0003.htm)
- /13/ Elinkeinoelämän keskusliitto EK, Energiateollisuus ry, Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö SAK, Sähköalojen Ammattiliitto ry.  
Energia ja ilmasto - Suomen malli vuoteen 2025. [Verkkotietokanta]  
Saatavissa: [www.energia.fi](http://www.energia.fi)
- /14/ Heikki Kilpeläinen ja Hannu Valkonen, Rejlers Oy Heikki Väisänen, Motiva. ESCO-toiminnan yleisperiaatteet ja MotivaESCO-konsepti. Helsinki 2000. ISBN 952-5304-10-8. [Verkkotietokanta] Saatavissa: [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi).
- /15/ Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Puunjalostusteollisuuden energiatalous. Kurssimateriaali.
- /16/ Inesco Oy. [Verkkotietokanta] Saatavissa: [www.inesco.fi](http://www.inesco.fi)

Liite 1. Vastapainehöyryverkon toteutusimerkkejä.



Vastapaineverkko ilman lauhdehääntää.



Vastapaineverkko lauhdehääntäjän kanssa.

