

TUOTANNON
HUKKALÄMPÖ
HYÖDYKSI

co₂ €
MWh

Teollisuuden energiankäytöstä karkaa hukkalämpönä ympäristöön noin

37 %*

Teollisuudessa vuosittain syntyvästä ylijäämälämmöstä on taloudellisesti kannattavin keinoin hyödynnettävissä

4 TWh*

Se vastaa yli

200 000

omakotitalon vuotuista lämmönkulutusta

Prosessi- ja savukaasujen, jäte- ja jäähdytysvesien sekä poistohöyryjen mukana karkaa lämpöä ympäristöön vuosittain yli

54 TWh*

* Lähde: YIT, 2010.

€
CO₂ MWh

MWh
CO₂ €

Ylijäämälämmön hyötykäyttö voi vähentää teollisuuden energia- kustannuksia vuodessa

200 MILJ. €

» Ylijäämälämpöä voi hyödyntää

- prosessissa
- kauko-/aluelämpönä
- muualla tuotannossa poltto-/ raaka-aineen kuivatuksessa
- tehdasalueen muiden kiinteistöjen lämmitykseen

SÄÄSTÖJÄ YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ

Teollisessa tuotannossa muodostuu paljon lämpöä, josta osa on mahdollista ottaa talteen ja hyödyntää. Monesti ylijäämälämpöä ei hyödynnetä, vaan se johdetaan hukkalämpönä ympäristöön jäähdytysvesien tai prosessikaasujen mukana. Tällöin hukataan hyödyntämiskelpoista lämpöenergiaa ja rahaa.

Ylijäämälämmön talteenotto ja hyödyntäminen parantaa tuotantolaitoksen energiankäytön tehokkuutta sekä vähentää polttoaineiden tarvetta ja kasvihuonekaasupäästöjä.

Oman tuotannon hukkalämmön syntykohteet ja hyödyntämismahdollisuudet kannattaa aina selvittää. Hyödyntämiskelpoista lämpöä löytyy esimerkiksi poistohöyryistä, prosessi- ja savukaasuista, jäte- ja jäähdytysvesistä, kuivureiden poistokaasuista sekä koneellisen jäähdytyksen lauhdelämmöstä. Uuden tekniikan avulla haaleaakin lämpöä voi hyödyntää kannattavasti.

HYÖDYKSI MONELLA TAPAA

Talteenotetulle lämmölle löytyy yleensä monia käyttökohteita, mutta usein se on kannattavinta käyttää hyödyksi prosesseissa. Lämmöllä voi kuivattaa polttoainetta, esilämmittää raaka-ainetta tai lämmittää tehdasalueen kiinteistöjä. Yritys voi myös myydä lämmön esimerkiksi lähialueen kauko- tai aluelämpöverkkoon. Joissain tapauksissa myös pienimuotoinen paikallinen sähköntuotanto on mahdollista.

SÄÄSTÖPOTENTIAALI ODOTTAA KÄYTTÄJÄÄNSÄ

Suomen teollisuuden käyttämästä energiasta arviolta runsas kolmannes muuttuu hukkalämmöksi ilman talteenottoa ja hyötykäyttöä. Eniten ylijäämälämpöä syntyy energiavaltaisilla teollisuudenaloilla kuten metsä-, elintarvike-, metalli- ja kemianteollisuudessa.

Myös lauhdevoimaloissa, öljynjalostuksessa, saha- ja puutavaran valmistuksessa sekä kaatopaikkojen ja jätevedenpuhdistamojen tuotannossa vapautuu runsaasti käyttökelpoista lämpöä.

Perinteisten lämmön talteenottokeinojen lisäksi ylijäämälämpöä on mahdollista hyödyntää lämpöpumppujen ja ORC-tekniikan avulla.

KANNATTAVIN KÄYTTÖKOHD E USEIN SAMAN KATON ALLA

Ylijäämälämmön käyttö on kannattavinta kohteissa, joissa lämmön synty ja käyttö ovat samanaikaisia ja sijaitsevat lähellä

toisiaan. Tällöin lämpö on mahdollista hyödyntää mahdollisimman kattavasti ja kustannustehokkaasti. Mitä kauemmaksi lämpöä siirretään sen syntykohdasta, sitä enemmän syntyy häviöitä ja sitä vähemmän lämpöä saadaan hyödyksi. Samalla käyttö- ja investointikustannukset voivat kasvaa merkittävästi. Olennaista on saatavilla olevan lämmön ja sitä hyödyntävän lämmöntarpeen samanaikaisuus. Matalilla lämpötilatasoilla lämmön lyhytaikainenkin varastointi on vaikeaa ja kannattamatonta.

HUKKALÄMPÖ KAUKOLÄMMÖKSI

Jos ylijäämälämmön käyttö ei ole mahdollista omissa prosesseissa, voi hyödyntäminen olla kannattavaa tehtaan ulkopuolella. Yksi mahdollisuus on sopia sen myymisestä paikalliselle energiyhtiölle.

Tuotantolaitokselta saatavan ylijäämälämmön lämpötila ratkaisee sen, kuinka paljon sitä on mahdollista siirtää kaukolämpöverkkoon ja millä tekniikalla. Jos lämpö on 55-asteista tai yli, sen voi ohjata lämmönsiirtimellä suoraan kaukolämpöverkon paluuveden lämmittämiseen. Jos lämpötila on alle 55-asteista, pitää lämpötilaa nostaa lämpöpumpun avulla tarvittavalle tasolle.

Suomessa teollisuuden ja kaukolämpöyhtiöiden yhteistyö ylijäämälämpöjen hyödyntämisessä on vielä vähäistä. Energia-teollisuus ry:n tilastojen mukaan ylijäämälämmön osuus Suomen kaukolämmön tuotannosta oli vuonna 2012 noin 2 prosenttia.

ENERGIA TEHOKKUUS DIREKTIIVI OSAKSI LAINSÄÄDÄNTÖÄ

Vuonna 2012 voimaan astunut EU:n energiatehokkuusdirektiivi tulee toimeenpanna osaksi Suomen lainsäädäntöä vuonna 2014. Direktiivi edistää energiatehokkuutta useilla eri sektoreilla. Se käsittelee myös teollisuuden ylijäämälämmön hyödyntämistä kaukolämmityksessä ja -jäähdytyksessä sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa.

Suurin osa teollisuuden hyödyntämästä ylijäämälämmöstä käytetään tehdasalueella. Kaikesta teollisuuden ylijäämälämmöstä vain puoli prosenttia hyödynnetään tehtaiden ulkopuolella.

YLIJÄÄMÄLÄMMÖN SYNTYKOHTEN PAIKALLISTAMINEN

- poistohöyry
- prosessikaasut
- savukaasut
- jätevedet
- jäähdytysvedet
- kuivureiden poistokaasut
- koneellisen jäähdytyksen lauhdelämpö

YLIJÄÄMÄLÄMMÖN TEKNISET OMINAISUUDET

- talteenoton vaikutus prosessiin
- lämpötila
- massavirta
- mahdolliset epäpuhtaudet
- huipunkäyttöaika
- pysyvyys

KÄYTTÖKOHTEIDEN KARTOITTAMINEN

- samassa prosessissa/osaprosessissa
- muualla tuotannossa
- käyttö omien kiinteistöjen lämmitykseen
- ympäröivän yhdyskunnan lämmöntarve (myynti)

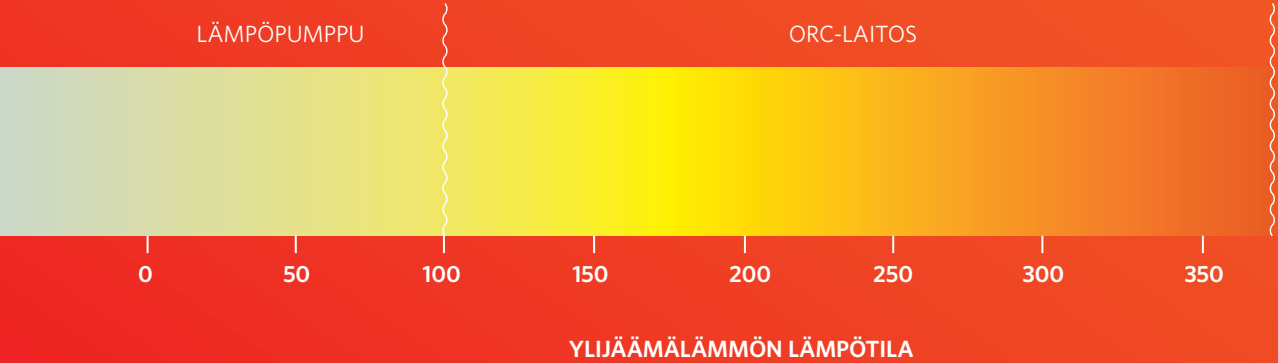
HYÖDYNTÄMISTEKNIIKOITA

- käyttö sellaisenaan
- lämpöpumppuratkaisut
- ORC-tekniikka
- lämmöntalteenotto

KANNATTAVUUS

- investointikustannukset
- käyttökustannukset
- kunnossapito- ja huoltokustannukset
- takaisinmaksuaika/sisäinen korko
- investointituet yms.

YLIJÄÄMÄLÄMMÖN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET



YLIJÄÄMÄLÄMPÖÄ KAUKOLÄMMÖKSI

Kalkkikivipohjaisia tuotteita valmistava Nordkalk Oy Ab ottaa talteen kalkkiuunien savukaasujen jäähtytyksessä vapautuvan ylijäämälämmön ja toimittaa sen kaukolämpö-verkkoon Lappeenrannassa, Lohjalla ja Paraisilla. Viime vuosina Nordkalkin ylijäämälämpöä on hyödynnetty kaukolämpönä keskimäärin 45 GWh vuodessa.

VIILEÄ KUUMAKSI LÄMPÖPUMPULLA

Lämpöpumppujen houkuttelevuus lämmön talteenotossa lisääntyy etsittäessä energia-tehokkuuden parantamiseen uusia ratkaisuja. Lämpöpumppu ottaa talteen haalean hukkalämmön ja nostaa sen lämpötilan korkeammaksi, jotta lämpö sopii käytettäväksi teollisuuden omissa prosesseissa tai laitoksen ulkopuolella esimerkiksi kaukolämpöverkossa.

Valtaosa tehtailla syntyvästä ylijäämälämmöstä on alle 55-asteista. Näin haaleille lämpövirroille löytyy harvemmin sellaisenaan suoraa hyödyntämiskohteita. Lämpöpumppu nostaa hukkalämmön lämpötilan tarvittavalle tasolle, energiatehokkaasti.

Teollisuudessa lämpöpumpun käyttö korvaa kaasunkulutusta tai ostoenergiaa, kuten kattilahöyryä. Lämpöpumppu vähentää primäärienergian kulutusta ja sen tuotannosta syntyviä päästöjä. Toisaalta se lisää kohteen sähkön- ja/tai höyrynkulutusta ja mahdollisesti myös huipputehontarvetta.

TUNNISTA HUKKALÄMMÖN LÄHTEET

Lämpöpumppuratkaisu edellyttää riittävän suuren ja ylijäämälämpöä tasaisesti tuottavan lähteen. Tyypillisiä hukkalämmönlähteitä teollisuudessa ovat prosessin poistohöyryt, erilaiset prosessi-kaasut, jäte- ja jäähtytysvedet sekä kuivureiden poistokaasut. Myös koneellisen jäähtytysten lauhdelämpö tarjoaa hyvän lämmönlähteen. Parhaimmillaan lämpöpumput ovat prosesseissa, joissa tarvittavat lämpötilojen muutokset ovat pieniä.

*Lämpöpumppu voi
hyödyntää jopa 10-asteisia
ylijäämälämpövirtoja.*

USEITA KÄYTTÖKOhteITA

Teollisten lämpöpumppujen käyttökohteita ovat esimerkiksi kuivaus-, pesu-, haihdutus- ja tislauksprosessit. Lämpöpumppuja voi käyttää prosessivesien lämmitykseen tai jäähtyttykseen. Lämpöpumpputekniikan avulla ylijäämälämmön lämpötilaa voidaan nostaa, jotta se sopii käytettäväksi kaukolämpöverkossa.

Teollisen mittaluokan lämpöpumppuratkaisut on käytännössä aina suunniteltu ja mitoitettu kohteen tarpeisiin. Puhtaasti sarja-valmisteisiä laitteita on vain vähän.

COP-KERROIN KERTOO TEHOKKUUDEN

Lämpöpumppujen tehokkuuden mittayksikkö on lämpökerroin, COP. Se kertoo kuinka moninkertainen lämpöpumpusta saatu lämpöenergia on verrattuna sen tarvitseman käyttöenergian määrään. Teollisten lämpöpumppujen COP-kertoimet vaihtelevat 0,4–30 sen mukaan, millaista lämpöpumppuprosessia käytetään ja kuinka lämmin hyödynnettävä lämpö on ja miten paljon lämpötilaa on tarvetta muuttaa.

*Lämpöpumppu nostaa hukkalämmön
lämpötilan tarvittavalle tasolle,
energiatehokkaasti.*

MEKAANISET LÄMPÖPUMPUT

Mekaanisia kompressorilämpöpumppuja on mahdollista käyttää muun muassa puutavaran kuivaukseen. Niissä kostean ja lämpimän poistoilman lämpö siirretään korvausilmaan. Energia-kustannushyödyn lisäksi lämpöpumppu laskee kuivauslämpötilaa, parantaa kuivaustuotteen laatua ja puhdistaa poistoilmasta epäpuhtauksia.

Mekaaniset lämpöpumput lämmittävät prosessiteollisuudessa myös prosessissa tarvittavia nesteitä ja ilmaa. Lisäksi ne sopivat teollisuuden ja yhdyskuntajätevesien lämmön hyödyntämiseen kaukolämmityksessä ja -jäähdytyksessä.

Mekaanisilla lämpöpumpuilla voi hyödyntää kylmiä, alle 10 asteen lämmönlähteitä kaukolämmöksi kohtuullisella hyötysuh-teella (COP yli 2,5). Mekaanisten on/off -tyyppisten lämpöpump-

pujen käytettävyyttä rajoittaa niiden huonot säätöominaisuudet. Säädettavyyttä voi parantaa kytkemällä useita pienitehoisia lämpöpumppuja rinnan ja käyttämällä niitä tarpeen mukaan. Vaihtoehtoisesti säädetävillä johtosiivillä tai taajuusmuuttajalla on mahdollista parantaa lämpöpumpun säätöominaisuuksia. Kompressorilämpöpumppujen COP-arvot ovat tyypillisesti 2,5–7,5. Mekaaniset lämpöpumput toimivat pääsääntöisesti sähköllä.

ABSORPTIOLÄMPÖPUMPUT

Absorptiolämpöpumppu soveltuu kohteisiin, joissa on käytettä-vissä edullista kuumaa lämpöenergiaa, esimerkiksi kuumaa vettä tai höyryä. Absorptiolämpöpumppuja käytetään lämmön talteen-ottoon ja lämpötilan nostamiseen sekä myös jäähdytykseen.

Absorptiolämpöpumput ovat luotettavia ja niiden avulla läm-pötilaa on mahdollista nostaa yli 80 astetta. Lisäksi laitteiden sää-dettävyyys on hyvä. Tehoa voi käytännössä säätää portaattomasti 0-100 prosenttiin. Laitteen hyötysuhde ei laske merkittävästi osakuormilla. Pumput ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, kestäviä ja tarvitsevat vähän huoltoa. Absorptiolämpöpumpun COP-arvo on tyypillisesti 1,5–1,8.

HÖYRYN MEKAANINEN KOMPRIMOINTI

Höyryn mekaanista komprimointia on perinteisesti käytetty petro-kemian prosesseissa. Yksivaiheisilla komprimointilämpöpumpuilla on mahdollista saavuttaa noin 100 asteen lämpötila. Enimmillään lämpötilan nousu voi olla noin 40 astetta. Jos käytetään monivaiheista komprimointia, jokaisessa vaiheessa käytetään kulloinkin sopivaa kiertoinetta. Suoraan lämmön käyttöön verrattuna mekaaninen komprimointi voi vähentää käyttökohteen primaarienergiantarvetta jopa 90 prosenttia. Höyryn mekaanisen komprimoinnin COP-arvo on 3–30.

TERMOKOMPRESSORI

Termokompressori nostaa höyryn painetta ja lämpötilaa korkeampipaineisen käyttöhöyryn avulla. Termokompressori sopii käytettäväksi kohteissa, joissa matalapaineista höyryä syntyy esimerkiksi haihdutuksen tai paineen laskun seurauksena. Tällaisia kohteita löytyy metsä-, elintarvike- ja kemianteollisuudesta.

Termokompressorin käyttöenergia on korkeampipaineinen vesihöyry. Termokompressin hyötysuhde on noin kolmasosa mekaaniseen komprimointiin verrattuna. Vastaavasti sen hankin-tahinta on edullinen. Termokompressorin COP-arvo on 1,5–5.



Teollisten lämpöpumppujen taloudellinen kannattavuus

Lämpöpumppujen investointien ominaiskustannukset ilman ulkoisten liitännöjen kuluja ovat melko vakioita riippumatta laitoksen koosta. Teollisuuden mekaanisten lämpöpump-pulaitosten ominaiskustannukset vaihtelevat tyypillisesti 500–750 euron välillä tuotettua kilowattia kohden. Vastaa-vasti absorptiolämpöpumppulaitosten ominaiskustannukset ovat 70–100 euroa tuotettua kilowattia kohden.

Lämpöpumppuinvestoinnissa pumpun ja kytkentä-ratkaisujen hintasuhde vaihtelee kohdekohtaisesti. Lämpöpumppulaitteiston osuus investoinnista on usein 40–90 prosenttia. Suurissa yksiköissä investointikustannus tuotettua megawattia kohden on pienempi.

Kokonaisuutena lämpöpumppujen kannattavuus vuoden 2013 hinnoilla sähkön hinnoilla on hyvä. Lämpöpumppu-sovellusten kokonaisinvestointien takaisinmaksuajat vaihtelevat tyypillisesti 3–7 vuoden välillä.

ORC-LAITOS TUOTTA SÄHKÖÄ YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ

ORC-laitos (Organic Rankine Cycle) on sähkövoimalaitos, joka soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa syntyy jatkuvasti yli 100-asteista ylijäämälämpöä. Tarvittaessa on mahdollista hyödyntää myös viileämpää lämpöenergiaa, mutta tuntuvasti alhaisemmalla hyötysuhteella.

ORC-laitteisto vaatii toimiakseen yli 100-asteisen lämmönlähteen. Ylijäämälämpöä tulee olla saatavilla 6000–8000 tuntia vuodessa. ORC-prosessissa kiertoine on veden sijaan orgaaninen aine, joka höyrystyy ja lauhtuu prosessin eri osissa vesikierron tapaan.

ORC-prosessille tyypillisiä lämmönlähteitä ovat biopolttoaineet ja pienet biovoimalaitokset. Energiaa ORC-prosessiin saadaan myös kaatopaikkakaasuista, teollisesta jätelämmöstä tai maalämmöstä.

KORKEAN HYÖTYSUHTEN ORC

ORC-voimalaitokset käyttävät termoöljykattiloita, joiden teho on 1–50 MW. ORC-prosessin kokonaishyötysuhde on jopa 98 prosenttia. Kuitenkin matalalämpöisissä prosesseissa sähkön tuotannon hyötysuhde jää alle 10 prosenttiin käytetyn lämmön määrästä.

ORC-sovelluksia on käytössä esimerkiksi kaasumootto-reissa, joiden savukaasuista on saatavissa lisäsähkötehoa noin 10 prosenttia. Kaasuturbiinin savukaasujen lämmöstä on puolestaan mahdollista saada lisäsähköä talteen jopa 20–35 prosenttia. Metalliteollisuuden valokaarikuumennuksessa voidaan saavuttaa

3 prosentin säästön uunitehosta. ORC-prosessi nappaa ylijäämälämmön talteen myös sementtitehtaissa sekä sulatusuunien poistokaasuista metalli- ja lasiteollisuudessa.

ORGAANISET KIERTOAINEEET VEDEN TILALLA

ORC-prosessi käyttää kiertoineena esimerkiksi pentaania alle 200 asteen lämmössä, alle 280 asteessa silikoniöljyjä ja enintään 350 asteen lämmössä tolueenia. Tätä korkeammissa lämpötiloissa ORC-laitteistot on usein liitetty termoöljykiertoon, jolla lämpöä siirretään muualle prosessiin.

Toisin kuin vesikiertoprosessissa käytettävä kostea höyry, orgaaninen kiertoine ei aiheuta ongelmia turbiinissa, mikä parantaa laitoksen toimintavarmuutta. Orgaanisella kiertoineella on veteen verrattuna myös joitain muita parempia teknisiä ominaisuuksia. Kiertoine esimerkiksi kuluttaa mekaanisia osia vähemmän ja voitelee liikkuvia osia vettä paremmin.

Sopiva kiertoine tekee mahdolliseksi jopa alle 100-asteisten lämmönlähteiden hyödyntämisen. Prosessi toimii merkittävästi vesi/höyrykiertoa alhaisemmissa paineissa ja lämpötiloissa.

SAVUKAASUJEN LÄMMÖSTÄ SÄHKÖÄ

Espoon Ämmässuon kaatopaikalla on yksi Euroopan suurimmista kaatopaikkakaasun hyötykäyttölaitoksista. Kaasuvoimalan savukaasujen lämmöstä tuotetaan ORC-prosessilla sähköä, joka riittää jätteenkäsittelykeskuksen omiin tarpeisiin.



ORC

Kiertoaine valitaan siten, että höyrystyminen ja lauhtuminen tapahtuvat optimaalisessa lämpötilassa ja paineessa.

Kiertoaineen valinnassa on otettava huomioon mahdolliset vaikutukset ympäristöön. Perinteiset kylmäaineet ovat teknisesti hyviä, mutta usein ympäristölle haitallisia. Myös kiertoaineen käyttöturvallisuus eli myrkyttömyys ja paloturvallisuus on otettava huomioon. Terminen ja kemiallinen pysyvyys on syytä ottaa huomioon, koska orgaaniset aineet hajoavat usein korkeissa lämpötiloissa. Ne myös reagoivat joutuessaan kosketuksiin voiteluaineiden tai ilman kanssa.

ORC-tekniikalla on mahdollista toteuttaa pieniä voimalaitoksia, jotka toimivat hyvällä hyötysuhteella alle 350-asteisissa prosessilämpötiloissa.

Matalalämpötilaiseen ylijäämälämpöön perustuva ORC-sähköntuotto voi olla kannattavaa, jos hyödynnettävä lämpö on käytännössä ilmaista. ORC-laitoksen sähköntuotannon kannalta on hyvä, jos ylijäämälämpöä on saatavilla jatkuvasti lähes mitoitustehon verran, jolloin laitokselle saadaan pitkä huipunkäyttöaika. Lisäksi laitos tarvitsee lauhdutusta. ORC-prosessista poistettava lämpö ohjataan hyötykäyttöön lämpöverkostoon tai vesistöön, jos sellainen on lähettyvillä.

MONIA HYVIÄ OMINAISUUKSIA

ORC-laitoksilla on useita etuja verrattuna perinteiseen sähkön tuotantoon. Turbiini voi pyörittää suoraan generaattoria. Lisäksi

*ORC-tekniikka sopii
parhaiten ylijäämälämmöille.*

ORC-laitoksen ominaisuuksiin kuuluu nopea ja laaja säädettävyys, hyvällä hyötysuhteella. Muita hyviä puolia ovat yksinkertainen käynnistys ja sammutus, toiminnan automaattisuus, hiljainen käynti, pienet käyttökulut sekä pitkä käyttöikä.

UUSILLA KÄYTTÖKOhteilla LISÄHYÖTYÄ

Nykyisillä sähköhinnoilla matalalämpöistä ylijäämälämpöä hyödyntävien ORC-laitosten takaisinmaksuaika on usein jopa yli 10 vuotta. Jos sähkön hinta nousee tulevaisuudessa, ORC-investointien kannattavuus paranee.

Uusia ORC-sovelluskohteita kannattaa kartoittaa esimerkiksi savukaasuvirtauksista ja koneiden jäähdytyksistä.



Ämmässuon kaatopaikan kaasuvoimalan savukaasujen lämpöä hyödyntävä ORC-prosessi lisää voimalaitoksen sähkötehoa noin 1,3 MW.

BIOPOLTTOAINE KUIVUU YLIJÄÄMÄLÄMMÖLLÄ

Tuotannon ylijäämälämmöllä voi kuivattaa polttoainetta, jos lämpöä ei voida hyödyntää muualla prosessissa. Kuivatettu polttoaine lisää voimalaitoksen kapasiteettia, hyötysuhdetta ja käytettävyyttä sekä aiheuttaa vähemmän savukaasupäästöjä.

Yleisin voimalaitoksilla poltettava kiinteä biopolttoaine koostuu erilaisista haketyypeistä (ranka-, kokopuu- ja metsätähdehake sekä murske). Puu sisältää kosteutta tyypillisesti 40–60 prosenttia. Kuivatus laskee puupolttoaineen loppukosteuden tyypillisesti noin 20 prosenttiin. Kuivatetun biopolttoaineen lämpöarvo on korkeampi eli poltettaessa se palaa paremmin ja luovuttaa enemmän lämpöä kuin kostea polttoaine. Tästä syystä kuivatetun polttoaineen tarve on keskimäärin 10–15 prosenttia alhaisempi.

PÄÄSTÖT KASVAVAT KORKEISSA LÄMPÖILOISSA

Biomassan kuivauksessa syntyy lähinnä partikkeli- ja VOC-päästöjä. Matalalämpötilaisessa kuivauksessa tai pelkän biomassan varastoinnin yhteydessä päästöt ovat vähäisiä ja verrattavissa luonnollisiin päästöihin.

Vapautuvien päästöjen määrä kasvaa kuivauslämpötilan noustessa yli 175 asteen. Etenkin VOC-päästöt kasvavat merkittäviksi korkealämpöisessä kuivauksessa. VOC-päästöihin vaikuttavat kuivausaika, kuivausilman määrä sekä kuivauksen loppukosteuspitoisuus. Hiukkaspäästöihin vaikuttavat käytetyt kuivausmene-

telmät. Mikäli kuivauskaasuna toimii biomassaa polttavan kattilan savukaasu, voivat hiukkaspäästöt olla merkittäviä.

YLIJÄÄMÄLÄMMÖN KÄYTTÖ LISÄÄ KUIVAUKSEN KANNATTAVUUTTA

Käytetyimpiä kuivausmenetelmiä biopolttoaineelle ovat rumpukivurit ja viirakuivurit. Investoinnit ovat kannattavia erityisesti silloin, kun ne toimivat arvokkaamman lopputuotteen jatkoprosessoinnin yhteydessä.

*Kuivatus vähentää
polttoaineen tarvetta
tyypillisesti 10–15
prosenttia.*

-15%





Energiatehokkuuden parantamiseksi toteutetun polttoaineen kuivauksen kannattavuuteen vaikuttavat monet tekijät kuten sähkön, päästöoikeuden sekä käytettävän ja korvattavan polttoaineen hinta. Kannattavuuteen vaikuttavat myös käytettävissä oleva lämmönlähde sekä mahdollisuus hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria.

Kuivuri-investoinnin kannattavuuden ratkaisee osaltaan se, millä lämmönlähteellä kuivaus on mahdollista toteuttaa. Kuivauslämpötila sanelee tarvittavan kuivausilman määrän ja puhalluskapasiteetin tarpeen, polttoaineen kuivausajan sekä kuivurin koon ja haihdutuskapasiteetin.

Korkealämpöinen kuivaus on tehokasta, mutta ei kovin kannattavaa, sillä silloin joudutaan käyttämään arvokkaampaa lämmönlähdettä, kuten kaukolämmön menovettä tai matalapainehöyryä. Polttoaineen kuivatus yli 150 asteessa edellyttää myös VOC-päästöjen puhdistamista, mikä lisää investointi- ja käyttökustannuksia.

PIDÄ HUOLTA PALOTURVALLISUUDESTA

Kuivan polttoaineen käsittely aiheuttaa hienojakoisen aineksen pölyämistä. Pöly syttyy helposti ja palaa syttyessään nopeasti.

Pölyräjähdys vaatii tiheän pölypilven, riittävän ilman happipitoisuuden ja sytytyslähteen. Pölykerrostuma syttyy huomattavasti alhaisemmassa lämpötilassa kuin pölyilmaseos. Pölykerrostumat voivat syttyä jo 100–125 asteisilla pinnoilla. Syttyminen voi tapahtua sähkö- tai hankauskipinästä sekä kuljettimien kuumenneista kohdista.

Pölyräjähdysriskin minimoimiseksi kuivausprosessia on seurattava ja säädettävä. Kuivaa polttoainetta ei voi säilöä pitkään pölyräjähdysriskin vuoksi. Lisäksi varastointi kasvattaa polttoaineen itsesyttymisriskiä erityisesti suuren mittakaavan säilytyksessä.

KUIVATETUN BIOPOLTTOAINEEN HYÖDYT

- Polttoaineen lämpöarvo kasvaa
- Energiantuotannon hyötysuhde paranee
- Päästöt vähenevät
- Palamisilman tarve laskee
- Kattilan likaantumis- ja syöpymisriski vähenee

TARJOLLA USEITA KUIVAUSMENETELMIÄ

Kuivauksessa voi käyttää termisiä ja mekaanisia menetelmiä. Kuivausmenetelmän valinnan ratkaisee saatavilla oleva lämmönlähde, haihdutuskapasiteetti, haluttu loppukosteus ja kuivurin käytettävissä oleva pinta-ala.

Mekaaninen kuivatus kuten prässäys sopii erityisen kosteille polttoaineille, joiden kosteus on yli 60 prosenttia. Mekaaniset

menetelmät ovat edullisia, mutta ne soveltuvat ainoastaan polttoaineen esikuivaukseen, sillä ne eivät kuivata polttoainetta riittävästi. Teolliseen kokoluokan kohteissa on useimmiten käytössä termiset eli lämpöön perustuvat kuivausmenetelmät, joissa käytetään lämmitettyä väliainetta.

Korkean lämmönlähteen rumpu- ja virtauskuivurit

RUMPUKUIVAUS

Rumpukuivauksessa kuivattava polttoaine ja kuivauskaasu syötetään pyörivään rumpuun. Kuivattava polttoaine on liikkeessä ja kuivuminen on tehokasta. Yleisin käytetty väliaine on höyry. Rumpukuivauksen etuja ovat suuri kuivauskapasiteetti sekä joustavuus kuivattavan materiaalin palakoossa ja alkukosteudessa. Rumpukuivureilla on pieni ominaisenergiakulutus ja alhaiset ylläpitokustannukset. Lisäksi kuivurit ovat rakenteeltaan kompakteja, kestäviä ja yksinkertaisia.

PLUSSAT:

- + hyvä saatavuus
- + energiatehokkuus
- + suuri kuivauskapasiteetti
- + sallii laadultaan vaihtelevaa polttoainetta
- + yksinkertainen ja kestävä rakenne

MIINUKSET:

- vaatii lämpötilaltaan korkean lämmönlähteen (esim. savukaasu)
- päästöjen käsittely: VOC-, haju- sekä partikkelipäästöt
- paloturvallisuusriskit

VIRTAUSKUIVAUS

Virtauskuivauksessa polttoaine syötetään suurella nopeudella virtaavaan kuumaan kuivauskaasuun, joka voi olla savukaasua, ilmaa tai tulistettua höyryä. Etuna on nopea kuivumisaika ja kompakti rakenne.

Virtauskuivausmenetelmä vaatii myös polttoaineen esikäsitteilyn, murskaamisen tai jauhamisen riittävän pienen partikkelikokoon. Virtauskuivausmenetelmä vaatii myös kuivaavalta väliaineelta korkeaa, yleensä yli 200 asteen, lämpötilaa. Virtauskuivauksen haittana on suuri käyttösähkön kulutus.

- PLUSSAT:**

 - + hyvä saatavuus
 - + nopea kuivumisaika
 - + kompakti rakenne
- MIINUKSET:**

 - vaatii lämpötilaltaan korkean lämmönlähteen (esim. savukaasu)
 - vaatii polttoaineen esikäsitteilyn (murskaus/jauhaminen)
 - korroosio- ja eroosio-ongelmat
 - suuri sähkönkulutus

Matalan lämmönlähteen viira- ja kerroskuivurit

Matalissa lämpötiloissa toimivat menetelmät, kuten viira- ja kerroskuivurit, käyttävät lämmönlähteenä esimerkiksi lämpimiä prosessivesiä, joiden sisältämä lämpö siirtyy ilma/vesi -lämmönvaihtimella kuivausilmaan. Myös savukaasujen lämpöä voi hyödyntää kuivausilman lämmittämiseen.

VIIRAKUIVAUS

Viirakuivuri on yleisin kuivurityyppi matalan lämpötilan kuivaukselle. Sitä käytetään yleisesti sahanpurun, hakkeen, kuoren ja lietteen kuivaukseen.

Viirakuivuri soveltuu eri polttoaineille ja ylijäämälämpöjen hyödyntämiseen. Sen etuja ovat myös kestävä ja yksinkertainen rakenne, helppo säädettävyyys sekä rumpukuivuria parempi paloturvallisuus ja alhaisemmat päästöt. Heikkouksia ovat rumpukuivuria suurempi investointikustannus, käyttöteho ja tilantarve sekä suuremmat huoltokustannukset.

- PLUSSAT:**

 - + hyvä saatavuus
 - + soveltuu eri polttoaineille
 - + matalalämpötilaisen ylijäämälämmön hyödyntämis-mahdollisuus (esim. prosessivedet)
 - + yksinkertainen ja kestävä rakenne
 - + helppo säädettävyyys ja hyvä käytettävyyys
 - + rumpukuivuria parempi paloturvallisuus ja alhaisemmat päästöt
- MIINUKSET:**

 - omakäyttösähkön kulutus
 - tilantarve
 - investointi- ja huoltokustannukset

KERROSKUIVAUS

Kerroskuivauksessa kuivuminen tapahtuu polttoainepedin läpi puhallettavan ilmavirran vaikutuksesta.

Virtauksen tulee jakautua tasaisesti, jolloin saavutetaan tasainen loppukosteus. Tyypillinen ongelma on ilmavirran kana-voituminen polttoainekerroksen epätasaisuuden vuoksi, jolloin polttoaine kuivuu epätasaisesti.

Esimerkkejä erilaisista kerroskuivausmenetelmistä:

PETIKERROSKUIVAUS

Petikerroskuivauksessa polttoaine syötetään vaakasuunnassa liikkuvalle arinatasolle, jota pitkin se kulkee kuivurin läpi ja tippuu polttoainekuljettimille, josta se siirtyy polttojärjestelmään. Menetelmä on yksinkertainen ja soveltuu matalalämpöiselle ylijäämälämmölle.

- PLUSSAT:**

 - + matalalämpötilaisen ylijäämälämmön hyödyntämis-mahdollisuus (esim. prosessivedet)
 - + yksinkertainen rakenne
- MIINUKSET:**

 - huono saatavuus
 - teknologialla ei päästä mataliin kosteuspitoisuuksiin

SILOKUIVAUS

Siilokuivauksessa polttoaine kuivuu varastointisiiloissa, johon ohjataan lämmitettyä ilmaa. Teknologia on yleisesti käytössä maataloudessa viljan kuivauksessa, mutta teollisuudessa se on harvinaisempi. Menetelmä sopii ylijäämälämmölle.

- PLUSSAT:**

 - + soveltuu ylijäämälämmölle
 - + hyödyntää olemassa olevia rakenteita
- MIINUKSET:**

 - huono saatavuus
 - kehitysriskit
 - teknologialla ei päästä mataliin kosteuspitoisuuksiin

AUMAKUIVAUS

Aumakuivauksessa polttoaine kuivuu voimalaitosalueella aumoissa, joihin syötetään lämmintä ilmaa. Aumat ovat korkeita ja kartion muotoisia tai teräväharjaisia avoimia polttoainekasoja. Aumakuivauksen heikkouksia ovat rajallinen kuivauskapasiteetti, pitkä kuivausaika ja pintakerroksen altistuminen sääoloille. Etuna on alhainen investointikustannus.

- PLUSSAT:**

 - + soveltuu ylijäämälämmölle
 - + yksinkertainen rakenne
- MIINUKSET:**

 - kausirajoitteinen, epätasainen kuivuminen
 - tilan tarve
 - pölyäminen
 - pitkä kuivumisaika

KENTTÄKUIVAUS

Toinen kausittainen kuivausmenetelmä on kenttäkuivaus asfalttikentällä. Tässä polttoaine levitetään kuivauskentälle 5-15 cm kerrokseksi. Polttoaine kuivuu auringon säteilylämmössä normaaleissa kesäolosuhteissa muutamassa vuorokaudessa.

- PLUSSAT:**

 - + soveltuu ylijäämälämmölle
 - + hyödyntää olemassa olevia rakenteita
- MIINUKSET:**

 - kausirajoitteinen, sääolojen vaikutus
 - tilan tarve
 - polttoainekerroksen kääntäminen

Motiva on tuottanut tämän julkaisun osana laajaa vuosina
2012-2014 toteutettua yhteistyöhanketta, jossa tarkasteltiin teollisen
ylijäähmälämmön taloudellisia hyödyntämismahdollisuuksia.

Hankkeeseen osallistuivat

Boliden Harjavalta Oy, Fortum Power and Heat Oy, Imatran kaupunki, Metso Paper Oy, Neste Oil Oyj,
Nordkalk Oy Ab, Outokumpu Stainless Oy, Ruukki Metals Oy, Teollisuuden Voima Oyj, UPM-Kymmene Oyj,
Stora Enso Oyj, Johnson Controls Finland Oy, Kaukomarkkinat Oy/Friotherm AG, Pemco Oy, Sondex Tapiro Oy Ab,
Sulzer Pumps Finland Oy sekä Energiateollisuus ry ja työ- ja elinkeinoministeriö.

Oppaan tuottamisen rahoittivat hankkeeseen osallistuneet toimijat.

Hanketta koordinoi Motiva.

 **BOLIDEN**

IMATRA
Saimaan sylissä, Vuoksen varrella

 **Fortum**

 **metso**

NESTE OIL

 **Nordkalk**

outokumpu 

RUUKKI



TVO

Johnson Controls 

 **KAUKO
MARKKINAT**

PEMCO

SULZER

 **Sondex Tapiro Oy Ab**

 **Energiateollisuus**



Motiva