
HYVÄLAATUISEN KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN HYÖDYNTÄMINEN IISALMEN VOIMALAITOKSESSA

Päivi Ryhänen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Päivi Ryhänen			
Työn nimi Hyvälaatuisen kierrätyspolttoaineen hyödyntäminen lisälmen voimalaitoksessa			
Päiväys	7.1.2012	Sivumäärä/Liitteet	61/7
Ohjaaja Yliopettaja Merja Tolvanen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Savon Voima Oyj, Kuopio/suunnittelupäällikkö Maija Henell			
<p>Tiivistelmä</p> <p>lisälmen voimalaitoksella poltettiin vuoteen 2005 saakka energijätettä turpeen ja puujätteen ohessa, mutta kiristynyt lainsäädäntö ja päästömittausvaatimukset lopettivat jätteen rinnakkaispolton. Ihmisten lisääntynyt kiinnostus ympäristöasioista ja mm. jätteen sisältämän energian hyödyntäminen polttamalla, ovat lisänneet kyselyjä Savon Voima Oyj:lle. Savon Voimalla on halu hyödyntää maakunnan energiavarantoja mahdollisimman paljon, joten alueella valmistettava kierrätyspolttoaine voisi olla yksi varteenotettava vaihtoehto. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida ja selvittää kierrätyspolttoaineiden hyödyntämismahdollisuuksia lisälmen voimalaitoksessa päästöjen näkökulmasta. Työn lähtökohtana pidettiin sitä, että hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta on riittävästi saatavilla. Työssä ei otettu kantaa kierrätyspolttoaineen hintaan eikä muihin siihen liittyviin kaupallisiin kysymyksiin.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla voimalaitokseen ja sen tekniikkaan. Keskeisempänä tutkimusmenetelmänä oli tiedon hankinta Internetistä ja kirjallisuudesta. Jätteenpoltoon ja laitostekniikkaan sisältyy monenlaisia vaatimuksia, niin asetusten kuin lakienkin osalta, joten niihin perehtyminen oli olennaista tässä työssä.</p> <p>Laitte- ja polttotekniikaltaan lisälmen voimalaitos soveltuu kiinteiden polttoaineiden rinnakkaispoltoon hyvin. Saatujen laskennallisten tulosten perusteella kierrätyspolttoaineen käyttäminen ei lisää merkittävästi päästöjä, joten ref:n polttamista turpeen ja puun seassa kannattaa harkita. Laitoksella tulisi järjestää koepoltto, jossa syntyvät päästöt erilaisilla polttoaineseossuhteilla selvitettäisiin ulko- puolisen mittajan toimesta ja näin saataisiin varmuus syntyvistä päästöistä sekä niiden määrästä.</p> <p>Työ on tehty teon hetkellä saatavilla olevien tietojen perusteella, joten jos työtä hyödynnetään muissa yhteyksissä, niin on syytä tarkastaa sen hetkiset saatavilla olevat tiedot ja säädökset.</p>			
Avainsanat haitta-aineet, kierrätyspolttoaine, ref, päästöt, savukaasu, jätteenpoltoasetus			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Päivi Ryhänen			
Title of Thesis Utilization of Good Quality Recycled Fuel at Iisalmi Power Plant			
Date	January 7, 2012	Pages/Appendices	61/7
Supervisor Mrs Merja Tolvanen, Principal Lecturer			
Project/Partners Savon Voima Ltd./ Maija Henell, Planning Manager			
<p>Abstract</p> <p>The Iisalmi Power Plant burnt peat, wood chip and recycling fuel until 2005. Tightening legislation, together with emission measurement stopped the waste co-incineration in the Iisalmi Power Plant.</p> <p>The purpose of this thesis was to examine emissions when incinerating recycled fuel with peat and wood. The aim of the thesis was to determine the emissions from a variety of fuel mixture. In addition, the emission limit values in compliance with the waste regulation were investigated when burning recycled fuel with normal fuel. The availability of recycled fuel was not considered in the thesis, but it was expected that sufficient quantities of good quality fuel are available.</p> <p>The thesis focused on the Iisalmi Power Plant boiler technology and existing legislation. On the basis of the results the recycled fuel can be burnt among conventional fuel in the Iisalmi Power Plant. According to the calculations a test combustion can be recommended where the quantity and quality of the generated emissions on the power plant boiler can be found out for an environmental permit for the combustion of peat, wood and recycled fuel in the Iisalmi Power Plant.</p>			
Keywords harmful materials, recycled fuel, emissions, flue gas, waste regulation			
public			

ALKUSANAT

Tahdon kiittää Savon Voima Oyj:tä mahdollisuudesta tämän työn tekemiseen. Erityisesti kiitän suunnittelupäällikkö Maija Henelliä ja ympäristöinsinööri Sanna Turusta saamastani avusta, neuvoista ja kannustuksesta. Kiitän lisälmen voimalaitoksen automaatiopäällikkö Jukka Kauppista, käyttöpäivystäjä Kalevi Suorsaa ja lämpöasentaja Jorma Mäyrää kattilatekniikkaan perehdyttämisestä sekä hyödyllisistä neuvoista ja tiedoista, joita tässä työssä tarvittiin. Kiitän työni ohjaajaa yliopettaja Merja Tolvasta ammattitaitoisesta ohjauksesta, asiantuntemuksesta sekä hyvästä yhteistyöstä koko opiskelujeni ajalta.

Tahdon osoittaa tämän opinnäytetyön kiitoksena ja kunnianosoituksena lokakuussa sydän pysähdykseen menehtyneelle Viljo-isälleni. Hän on ollut aina vilpittömästi tukena elämäni eri vaiheissa sekä sairastumisestaan huolimatta jaksoi kannustaa opintojen loppuun saattamisessa.

Erityiskiitos tyttäreni Noora ja avopuolisoni Juha. Te olette niin hyvinä kuin varsinkin vaikeina aikoina jaksaneet olla vankasti tukenani ja kannustaa jatkamaan eteenpäin. Te loitte uskoa siihen, että sieltä koulunpenkiltä joskus valmistutaan eikä periksi saa antaa. Näköjään se luja tahto vie vaikka läpi sen kuuluisan harmaan kiven.

Kiitos Matti- ja Hannu-veljet, sisareni Eila- sekä ystäväni Susanna-perheineen. Te olette jaksaneet kuunnella valitukseni ja kaikesta huolimatta olette pysyneet rinnallani kannustaen eteenpäin. Kiitos sukulaiset, ystävät, tuttavat, opiskelukaverit, yms., jotka olette olleet vaikuttamassa opintoihini ja elämäni.

Erityisesti haluan kiittää niitä muutamaa nimeltä mainitsematonta henkilöä, jotka uskoitte ja ehkä jopa toivoitte minun luovuttavan ja lopettavan opinnot jo ensimmäisen opintovuoden jälkeen. Ilman teitä olisin saattanutkin luovuttaa, mutta sitä iloa ei passannut teille suoda. Kiusa se on pienikin kiusa.

Iisalmessa 7.1.2012

Päivi Ryhänen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	SAVON VOIMA	11
3	IISALMEN VOIMALAITOKSEN SIJAINTI JA LÄHIYMPÄRISTÖ.....	13
4	IISALMEN VOIMA- JA LÄMPÖLAITOKSEN KUVAUS	14
4.1	Voimalaitoksen toiminnan kuvaus.....	14
4.1.1	Turpeen purkaminen	15
4.1.2	Välivarastosiilot	15
4.1.3	Kierrätyspolttoainesiilo.....	16
4.1.4	Annostelusiilot	16
4.1.5	Tulipesä ja leijupeti.....	17
4.1.6	Tuhkan poisto ja karkeaerotin.....	18
4.2	Kattilan toiminta.....	19
4.2.1	Ekonomaiseri (EKO) ja lieriö.....	20
4.2.2	Tulistimet.....	20
5	KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN LYHENTEET JA -LAATUSTANDARDI.....	21
5.1	Lyhenteet (ref, srf ja rdf)	21
5.2	Luokitus- ja laadunvalvonta standardi SFS 5875	21
6	JÄTTEENPOLTTOASETUS (362/2003).....	23
6.1	Jätteenpolttoasetuksen määräykset rinnakkaispolttolaitoksen toiminnoille....	23
6.2	Ilmaan johdettavien päästöjen mittaus.....	24
6.3	Prosessin toimintaan liittyvät mittaukset	24
6.4	Päästömittausten erityissäännöt ja helpotukset	25
6.5	Mittaustulosten määrittäminen.....	26
6.6	Mittaustulosten vertaaminen raja-arvoihin ilmaan johdettavien päästöjen osalta	28
6.7	Ilmoittaminen ja tiedottaminen	29
7	TOIMENPITEET ENNEN KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN KÄYTTÖÄ.....	30
8	POLTOSTA SYNTYVIÄ ONGELMIA	31
8.1	Korroosio.....	31
8.2	Kattilan likaantuminen.....	32
9	POLTOSSA MUODOSTUVAT SAVUKAASUT	33
10	IISALMEN VOIMALAITOKSEN TILANNE JA YMPÄRISTÖLUPAMÄÄRÄYKSET.....	34
10.1	Iisalmen voimalaitoksen ympäristölupa ilmapäästöjen osalta	34
10.2	Viimeisin mittaustulos laitoksella	35

10.3	Polttoaineanalyysitulosten koostumus	37
10.4	Lentotuhka	37
11	HAITTA- AINEIDEN JAKAUTUMINEN POHJA- JA LENTOTUHKAAN.....	38
12	IISALMEN VOIMALAITOKSEN SOVELTUVUUS REF:N SEOSPOLTTOON	41
12.1	Laitoksen rakenteelliset ominaisuudet	41
12.2	Alueen kierrätyspolttoaineen laatu.....	42
12.3	Kierrätyspolttoaineen vaikutus päästöihin.....	43
13	LASKENNALLISET PÄÄSTÖRAJA-ARVOT RINNAKKAISPOLTOSSA ERILAISILLA SEOSSUHTEILLA	44
13.1	Palamisilmantarve	45
13.2	Savukaasujen koostumus.....	48
14	LASKENNALLISET OMINAISPÄÄSTÖT	50
15	YHTEENVETO	53
15.1	Voimalaitoksen valmiudet kierrätyspolttoaineen polttoon	53
15.2	Kuinka lähellä päästörajoja ollaan	53
15.3	Mittauslaitteiden tarve.....	55
16	JATKOTOIMENPITEET	57

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1 Jätteenpolttoasetuksen (362/2003) ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot

Liite 2 Erityissäännökset koskien energiantuotantolaitoksia

Liite 3 Yhteenveto voima- ja lämpölaitosten mittaustuloksista

Liite 4 Vertailuarvoja puulle, turpeelle, kivihiilelle, ref:lle ja puuhakkeelle

Liite 5 Laskennalliset päästöraja-arvot hiukkasille, SO₂:lle, NO_x:lle ja CO:lle Iisalmen voimalaitoksella poltettaessa turvetta, puuta ja ref:iä erilaisilla seossuhteilla

Liite 6 Savukaasulaskut

Liite 7 Laskennalliset ominaispäästöt poltettaessa turvetta, puuta ja ref:iä erilaisilla seossuhteilla

1 JOHDANTO

Jätteen hyödyntäminen polttamalla on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun jätteen synnyn ehkäiseminen, kierrättäminen tai materiaalisällön hyödyntäminen ei ole mahdollista ekotehokkaasti ja kohtuullisin kustannuksin. Poltossa jätteen sisältämä energia saadaan hyödynnettyä ja samalla jätteen tilavuus pienenee merkittävästi. Tämä taas vähentää kuormitusta kaatopaikalla ja vähentää kasvihuonekaasujen syntymistä. /1./

Jätteen tilavuus pienentyy poltettaessa 90–95 %, jolloin kaatopaikkojen tilantarve pienenee ja samalla niiden käyttöikä pitenee. Samalla kaatopaikkojen ympäristövaikutukset pienenevät mm. kasvihuonekaasujen vähenemisen myötä, sillä metaani on noin 20 kertaa haitallisempi kuin hiilidioksidi, vesistörasitukset, hajuhaitat ja kaatopaikka tulipalot pienenevät. Lisäksi jätteen käyttö energiatuotantoon vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä, kuten kivihiihtä ja öljyä, ja parantaa energiahuoltovarmuutta. /2./

Yhtenäinen EU:n jätepolitiikka, direktiivit, muuttuva lainsäädäntö sekä asetukset ovat muuttaneet ja muuttavat edelleen jätehuollon rakennetta Suomessa /3/. Jätepolitiikan keskeisenä tavoitteena on vähentää jätteistä aiheutuvia terveys- ja ympäristövaikutuksia. Valtioneuvoston 10.4.2008 hyväksymässä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2016, on keskeisenä periaatteena viisiportainen jätehierarchy, jonka avulla pyritään saavuttamaan tavoitteet. Tavoitteisiin pääsemiseksi on

- ensisijaisesti ehkäistävä jätteiden syntymistä
- edistettävä jätteiden uudelleenkäyttöä
- edistettävä jätteiden hyödyntämistä sekä tehostettava materiaali-kierrätystä
- edistettävä kierrätykseen soveltumattoman jätteen energiahyödyntämistä
- turvattava jätteiden haitaton käsittely ja loppusijoittaminen. /4./

Jätesuunnitelman tavoitteena on saada yhdyskuntajätteen määrä kääntymään laskuun vuoteen 2016 mennessä. Lisäksi tavoitteena on, että yhdyskuntajätteen määrästä kierrätetään vuonna 2016 materiaalina 50 %, hyödynnetään energiana 30 % ja korkeintaan 20 % loppusijoitetaan kaatopaikoille. /4./

Jotta EU:n asettama tavoite biohajoavan yhdyskuntajätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämiseksi vuoteen 2016 mennessä olisi mahdollista saavuttaa, on kierrätykseen soveltumattoman jätteen hyödyntäminen energiana myös Suomen ilmastostrategian periaatteiden mukaista ja tarpeellista /4/. Biohajoavalla jätteellä tarkoitetaan kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen (861/1997) ja kaatopaikkadirektiivin mukaisesti jätettä, joka voi hajota aerobisesti tai anaerobisesti, kuten puutarha-, elintarvike-, paperi- ja kartonkijäte. Kierrätykseen soveltumattomasta paperi- ja kartonkijätteestä voidaan tehdä kierrätyspolttoainetta muun energijätteen kanssa.

Kierrätyspolttoainetta voidaan käyttää seospolttoaineena hiilen, turpeen tai puun kanssa. Jätteen rinnakkaispoltoissa voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa kapasiteettia sekä suomalaista osaamista kattila- ja polttotekniikassa. Jättopolttoaineen laadun on täytettävä asetetut laatuvaatimukset, jolloin laitoksen päästöt eivät lisää kattilalaitoksen ympäristöhaittoja. Erytisesti harvaan asutuilla alueilla, kuten Itä- ja Pohjois-Suomessa, on rinnakkaispolto perusteltua, koska jätemäärät eivät ole riittäviä varsinaisen jätteenpolttolaitoksen perustamiseen. /4./

Kierrätyspolttoaineen sisältämät haitalliset aineet esim. kloori-, natrium-, kalium- ja alumiinipitoisuudet sekä polttoaineen laatuvaihtelut saattavat aiheuttaa polttokattilassa teknisiä ongelmia, kuten kuumakorroosiota, kattilan likaantumista ja jopa kattilan tukkeutumista /1/. Myös poltoissa syntyvän tuhkan raskasmetallipitoisuudet saattavat olla korkeat, jolloin ongelmia syntyy tuhkan hyödyntämisen ja loppusijoituksen kanssa.

Savon Voima Oyj:llä on halu selvittää hyvälaatuisen kierrätyspolttoaineen polttomahdollisuus Iisalmen voimalaitoksella. Savon Voimalle on tullut aika-ajoin paljon kyselyjä, miksi energijätettä ei hyödynnetä alueella, vaan se kuljetetaan satojen kilometrien päähän poltettavaksi. Iisalmissa on poltettu vuoteen 2005 saakka kierrätyspolttoaineita, mutta kiristyneet vaatimukset päästöjen ja niiden mittausten suhteen lopettivat rinnakkaispolton. Tällä työllä pyritään saamaan selville, onko kierrätyspolttoaineen rinnakkaispolto Iisalmen voimalaitoksella käytännössä mahdollista vai ei ja samalla saada perustelut asialle. Voimalaitokseen ei ole tarkoitus tehdä investointeja muuta kuin mahdollisen jatkuvatoimisen päästömittauslaitteen suhteen, jos kierrätyspolttoaineen polttaminen on mahdollista.

Työn tavoitteena on saada aikaan tuloksia, joista selviää, onko lisalmessa päästörajoiltaan mahdollista polttaa hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta nykyisellä kattilajärjestelmällä. Työssä pyritään saamaan arvio lisalmen voimalaitoksen päästöistä ja päästörajoista käytettäessä kierrätyspolttoainetta, sekä pyritään arvioimaan päästörajan sallima maksimipäästö vastaavasta kierrätyspolttoaineosuudesta.

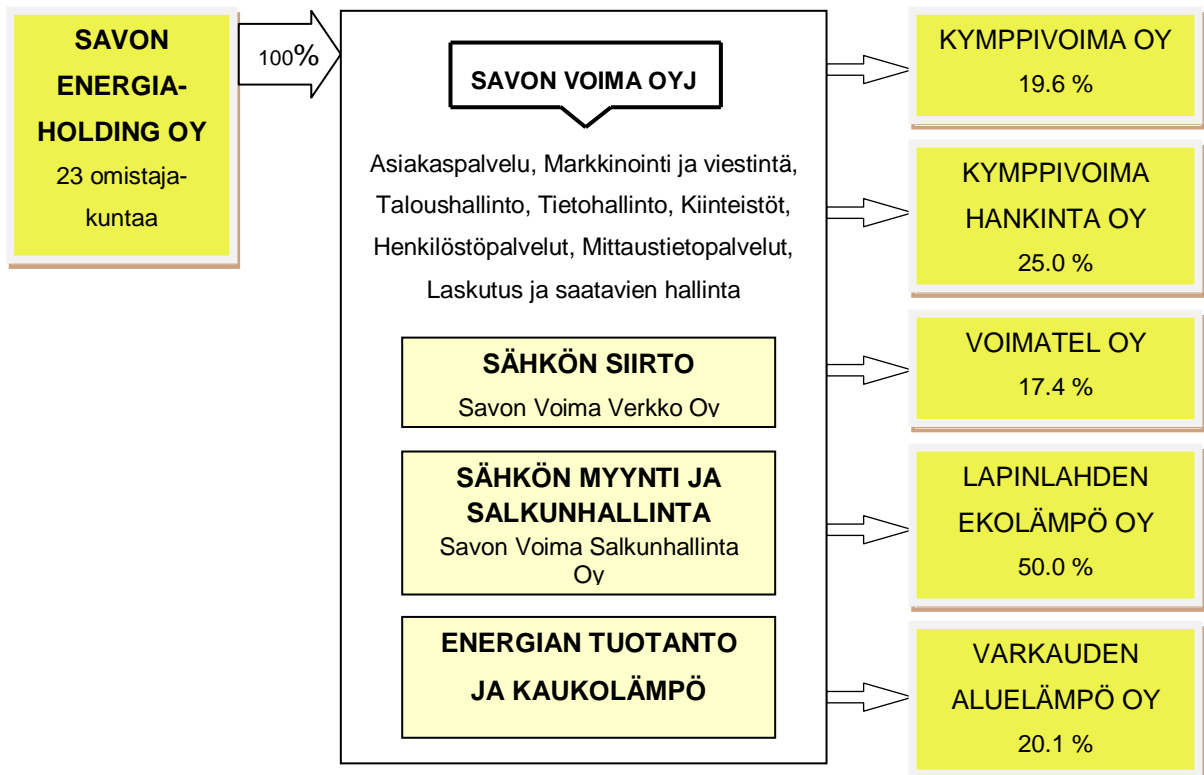
Selvityksessä käytetään lähtöaineistona Kiinteistöhuolto Rytönen Oy:n (yhteyshenkilö Juha Ahonen), Jätekkko Oy:n (yhteyshenkilö Arto Ryhänen) ja Kuusakoski Oy:n kierrätyspolttoaineiden analyysituloksia vuosilta 2008–2010. Tässä työssä ei oteta kantaa kierrätyspolttoaineen saatavuuteen vaan oletuksena on, että sitä on riittävästi saatavilla sekä sen koostumus ja laatu vastaavat hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta (ref I ja II). Työssä ei myöskään tehdä kannattavuuslaskelmia kierrätyspolttoaineiden hyödyntämisestä.

lisalmen voimalaitoksessa tullaan jatkossakin polttamaan polttoaineita nykyisellä polttoainesuhteella eli 60 % turvetta ja 40 % puuta, jonka osuudesta mahdollisesti osan voisi korvata kierrätyspolttoaineen käyttäminen. Kattilan toiminnan ja kattilatekniikan kannalta turpeen osuus on minimissään 60 %. Voimalaitoksen savukaasupuhdistusjärjestelmään ei tulla tekemään muutoksia, eikä investoimaan kattilatekniikkaan. Ainoa investointikohde olisi jatkuvatoiminen päästömittauslaite, jos kierrätyspolttoaineen poltto on mahdollista.

2 SAVON VOIMA

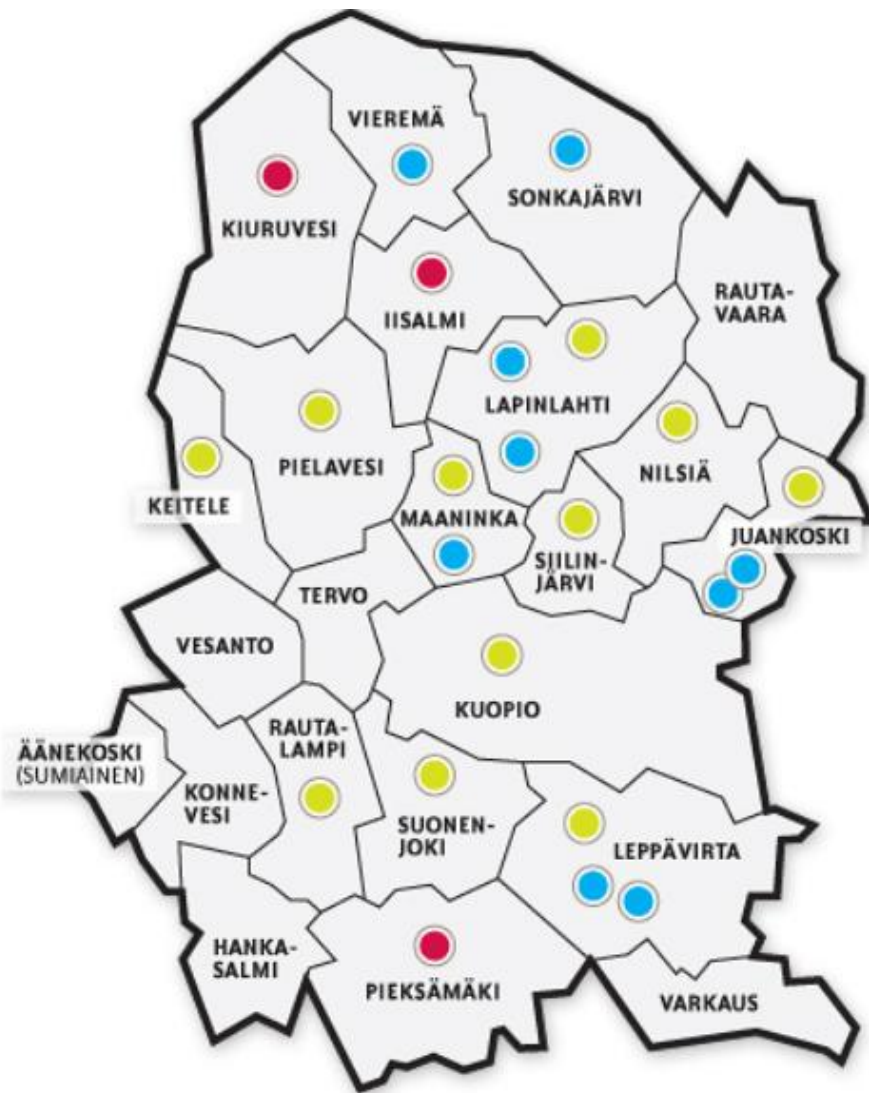
Savon Voima-yhtiö on perustettu 14.2.1947 nimellä Pohjois-Savon Voima Oy. Savon Voiman juuret ovat Pohjois- ja Keski-Savossa, jossa yhtiö tuottaa energiapalveluja sähköasemineen, voimalaitoksineen ja lämpökeskuksineen yli 111 000 sähkökäyttöpäiikkaan ja 2 700 kaukolämpöliittymään. /5./

Savon Voimalla on yhdeksän vesivoimalaitosta Pohjois-Savossa. Yhtiön sähköä ja lämpöä tuottavat voimalaitokset löytyvät Iisalimesta, Kiuruvedeltä ja Pieksämäeltä. Lisäksi yhtiö omistaa voimalaitoksia ja tuotanto-osuuksia bio-, vesi-, tuuli-, hiili-, maa-kaasu-, ja ydinvoimasta mm. Olkiluodossa, Kotkassa, Porissa, Seinäjoella, Vaasassa, Tampereella ja Torniossa. Näin ollen Savon Voimalla on asiakkaita ja sähköntuotantokapasiteettia kaikkialla Suomessa. Kuvassa 1 on esitetty Savon Voiman konsernirakenne ja osakkuusyhtiöt, jotka ovat Voimatel Oy, Kymppivoima Oy, Kymppivoima Hankinta Oy, Lapinlahden Ekolämpö Oy ja Varkauden Aluelämpö Oy. Savon Voiman myyntikonttorit sijaitsevat Helsingissä ja Siilinjärvellä, sekä palvelutoimistot Iisalmes- sa, Varkaudessa, Pieksämäellä ja Suonenjoella. /5./



KUVA 1 Savon Voiman konsernirakenne ja osakkuusyhtiöt /5/.

Savon Voima-konsernin muodostavat emoyhtiö Savon Voima Oyj, Savon Voima Verkko Oy ja Savon Voima Salkunhallinta Oy (kuva 1). Savon Voima Oyj:n omistaa Savon Energiaholding Oy, jonka osakkeet omistavat Savon Voiman verkkotoiminnan alueella sijaitsevat 23 kuntaa (kuva 2). /5./



- Kaukolämmön erillistuotantoa
- Lämmön ja sähkön yhteistuotantoa (Kiuruvesi, Iisalmi, Pieksämäki)
- Vesivoiman tuotantoa

KUVA 2 Savon Voima Oyj:n omistaa Savon Energiaholding Oy, jonka omistaa kuvassa näkyvät 23 kuntaa /5/.

3 IISALMEN VOIMALAITOKSEN SIJAINTI JA LÄHIYMPÄRISTÖ

Iisalmen voimalaitos sijaitsee noin kilometrin päässä Iisalmen kaupungin keskustasta, Parkatin kaupunginosassa, osoitteessa Energiakuja 3. Alue on kaavoitettu asema-kaavassa teollisuusalueeksi eikä laitos sijaitse pohjavesialueella. Tontilla sijaitsee yhtiön voimalaitos, lämpökeskus, polttoainevarastot, sekä toimisto- ja sosiaalitytöt. /6./

Laitoksen lähiympäristössä on erilaisia teollisia toimintoja, mm. Savon Lasituote Oy, RP-Teollisuuspalvelu Oy, Kuusakoski Oy sekä kauppapuutarha. Laitosaluetta rajoittavat idässä rautatiealue, lännessä teollisuusraidealue sekä etelässä lumenkaatopaikka. Lähin voimalaitoksen toiminnasta häiriintyvä kohde on asuintalo, joka sijaitsee noin 100 metrin päässä laitoksesta. Se sijaitsee ympäristöhäiriötä aiheuttamattomien teollisuusrakennusten ja liikerakennusten korttelialueella. Voimalaitosalueen länsipuolella, noin 300 metrin päässä, sijaitsee lähin asuinalue. Laitosalueesta noin 800 metriä lounaaseen päin on koulu ja noin 1,5 kilometriä etelään sijaitsee Iisalmen sairaala ja terveyskeskus. /6./ Lähivuosina ei alueen kaavoituksessa tapahdu muutoksia teollisuuden eikä asutuksen osalta.

4 IISALMEN VOIMA- JA LÄMPÖLAITOKSEN KUVAUS

Iisalmen voimalaitos on vastapainevoimalaitos, jolla tarkoitetaan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosta. Laitos on otettu käyttöön vuonna 2002 ja sen tekniseksi käyttöikäksi odotetaan 25 vuotta. Energia tuotetaan leijukerroskattilassa, jonka polttoaineteho on 48 MW. Polttoaineena käytetään pääosin turvetta sekä biopolttoaineita, kuten purua, kuorta, haketta ja kierrätyspuuta. Laitoksen käynnistykseen käytetään kevyttä polttoöljyä. /6;7./

Laitosalueella on myös vuonna 1983 valmistunut lämpökeskus, joka käynnistetään silloin, kun ulkolämpötila laskee n. – 5 °C:seen. Käynnistykseen tarve riippuu myös vuorokaudenajasta, viikonpäivästä ja ennustetusta pakkasjaksosta. Pienimmillään lämmön ja lämpimän veden tarve on aamuyöllä. /8./ Lämpökeskukseen kuuluu kiinteään polttoaineen kattila (leijukerroskattila), jonka polttoaineteho on 15 MW sekä kaksi, vuonna 1987 käyttöön otettua raskasöljykattilaa, joiden polttoaineteho on 2*12 MW. Raskasöljykattiloita käytetään lähinnä poikkeustilanteissa varakattiloina. /6;7./

Voimalaitoksen käyntiaika on n. 5 000 tuntia, lämpökeskuksen n. 2 000 ja öljykattiloiden alle 2 000 tuntia vuodessa. Voimalaitosta huolletaan yleensä heinäkuussa ja sen huoltoseisokki kestää kolmesta neljään viikkoa. Laitosten yhteenlaskettu lämmöntuotanto on n. 180–215 GWh vuodessa ja sähköä voimalaitos tuottaa n. 50 GWh/vuosi. /6./

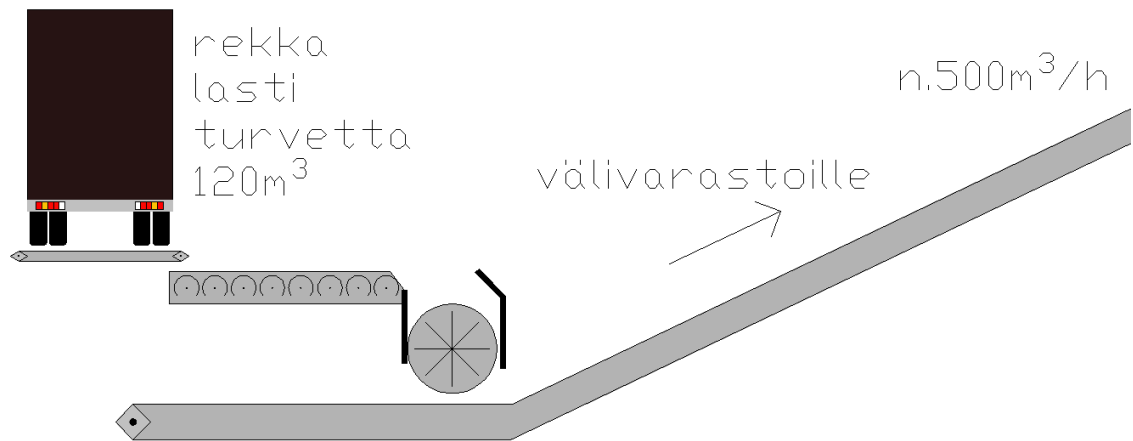
Laitosalueella sijaitsevat lämpö- ja voimalaitoksen lisäksi polttoaineiden vastaanotto-, kuljetin- ja varastointilaitteet, tuhkan varastointi- ja purkulaitteet, raskaanpolttoöljyn varastosäiliö (980 m³) sekä kolme 25 m³:n kevytpolttoöljysäiliötä. Voimalaitoksen 10 MW:n lauhdutusyksikkö sijaitsee Paloisvirrassa, n. kahden kilometrin päässä voimalaitoksesta etelään. /6./

4.1 Voimalaitoksen toiminnan kuvaus

Turve varastoidaan suolla, josta se toimitetaan tarpeen mukaan voimalaitoksen vastaanottoasemalle katetuilla täysperävaunurekoilla. Rekkalastillinen turvetta on määrältään noin 120 m³ ja vastaa kolmen omakotitalon vuoden energiatarvetta. /7./

4.1.1 Turpeen purkaminen

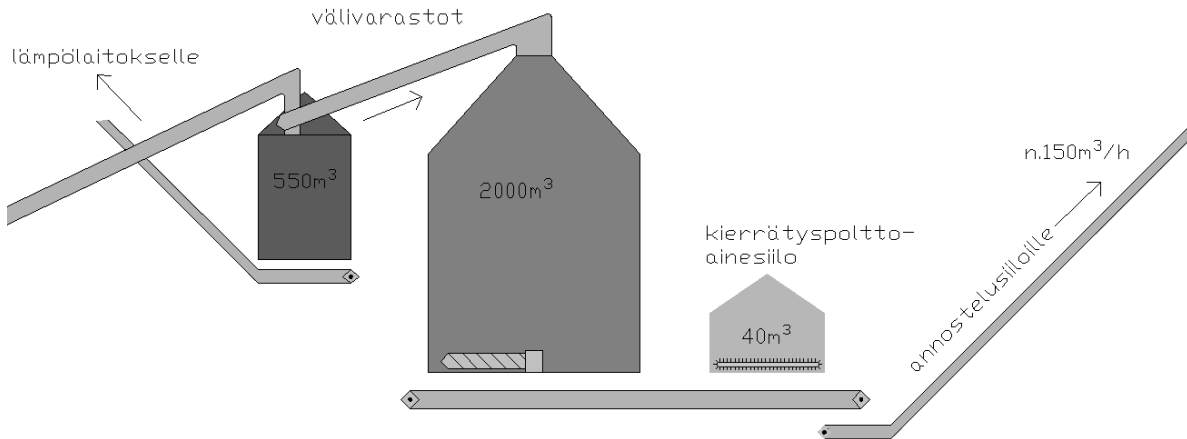
Turpeen pölyhaittojen ehkäisemiseksi turve puretaan umpinaisessa hallissa, jolloin ei pääse syntymään läpivetoa. Turpeen purkaminen rekasta tapahtuu peräpurkuna. Rekan kontin pohjalla on hihnakolukuljettimet, jotka siirtävät turpeen kontista alas kolakuljettimelle. Kolakuljettimet siirtävät turpeen jyrsimelle ja siitä edelleen kiekoseulalle. Seulalta turve siirretään kolakuljettimella varastosiiioihin (kuva 3). Kuljettimen kuljetuskapasiteetti on n. 500 m³/h. Varastosiiioja on kaksi: vanha 550 m³ ja uusi 2 000 m³. Siiilojen täyttöä ja polttoaineen purkua kattiloihin ohjataan valvomosta. /7;8;9;10./



KUVA 3 Turpeen purku rekasta tapahtuu peräpurkuna. Erilaisilla kuljettimilla turve siirtyy välivarastoihin.

4.1.2 Välivarastosiilot

Pienemmästä siilosta turve syötetään lämpölaitokselle ja isommasta siilosta turve menee kahden annostelusiilon (tilavuus n. 100 m³/siilo) kautta voimalaitoksen kattilaan. Isomman siilon pohjassa on ns. porkkanaruuvi (kääntyvä ruuvipurkain), joka kiertää siilon pohjaa vaakatasossa pystyakselin ympäri sekä samalla pyörii oman akselinsa ympäri möyhentäen ja siirtäen turvetta eteenpäin hihnakuljettimelle ja siitä edelleen jakoruuvin kautta annostelusiiloihin. Kuljetuskapasiteetti annostelusiiloille on n. 150 m³/h (kuva 4). /7;8;9;10./



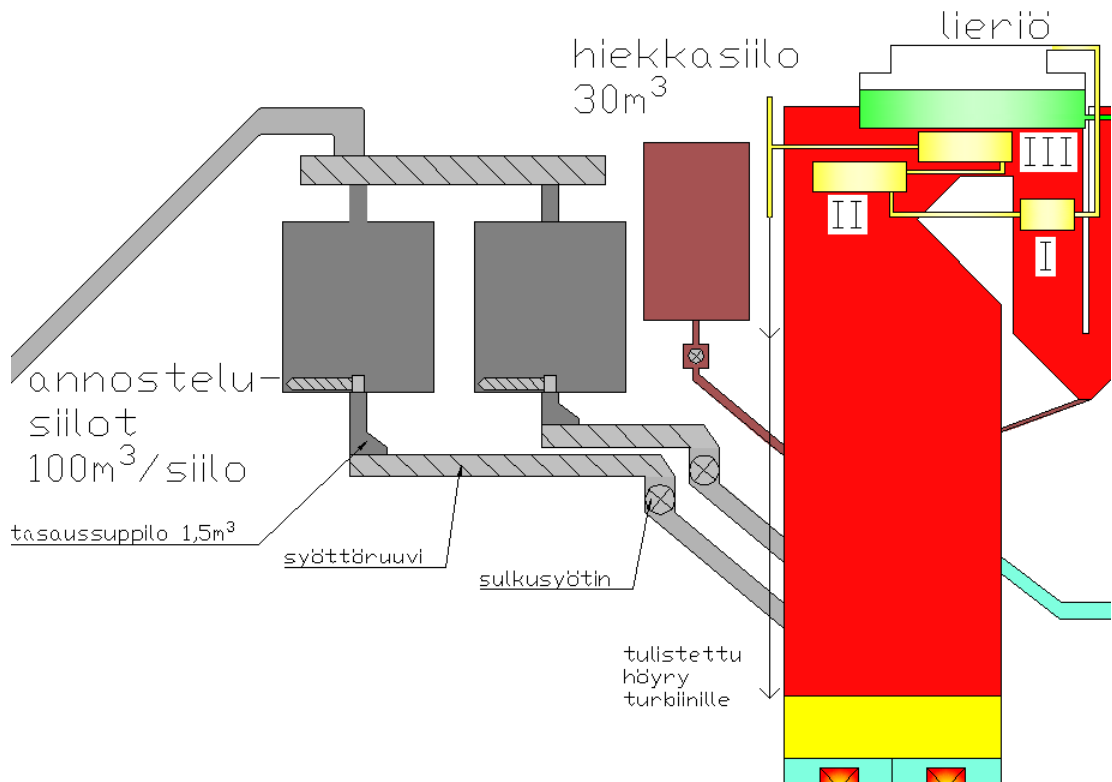
KUVA 4 Kuljettimilla turve siirretään välivarastoihin ja niistä edelleen kattiloille.

4.1.3 Kierrätyspolttoainesiilo

Isomman varastosiiilon ja annostelusiilojen välissä sijaitsee kierrätyspolttoaineen vastaanottosiilo, jonka tilavuus on 40 m^3 . Siiloon tuodaan lajiteltua, haketettua tai murskattua kierrätyspuuta. Kuorman purkaminen siiloon tapahtuu kippaamalla. Siilon katto avataan hydraulisilla pumpuilla avonaiseksi, jolloin kippaaminen on mahdollista. Siilosta kierrätyspolttoaine siirretään kolakuljettimella samalle siirtolinjalle, jolla turve kuljetetaan annostelusiiloihin. Siirtolinjan kuljettimen yläpuolella on voimakas sähkömagneetti, teho n. 6 kW, jolla kiinteän polttoaineen seasta erotellaan magneettinen materiaali. Kuljettimia ei saa käynnistettyä, jos magneettierotin ei ole päällä. Kierrätyspolttoaineen annostusta turpeen sekaan ohjataan valvomosta. /7;8;9;10./

4.1.4 Annostelusiilot

Annostelusiiloista voidaan polttoainetta syöttää kattilaan joko molemmista siiloista yhtä aikaa tai vain toisesta. Polttoaine siirretään kääntyvällä ruuvipurkaimella (kapasiteetti n. $100\text{ m}^3/\text{h}$) tasaussuppiloon (n. $1,5\text{ m}^3$) ja siitä edelleen syöttöruuvin kautta sulkusyöttimelle (kuva 5). Sulkusyöttimen tehtävänä on syöttää polttoainetta tasaisesti kattilaan sekä toimia palosuojana kuljettimelle ja siiloihin päin. Sulkusyöttimeltä polttoaine putoaa syöttötorvea pitkin kattilan leijukerrokseen. Hieno, pölymäisempi osa polttoaineesta palaa leijukerroksen yläpuolella suspensiotilassa ja raskaammat partikkelit putoavat leijukerrokseen, jossa se kuivuu, kaasuuntuu ja palaa täydellisesti. /7;8;9;10./



KUVA 5 Polttoaineen syöttö kattilaan.

4.1.5 Tulipesä ja leijupeti

Tulipesän seinät on valmistettu täysin kaasutiiviistä membraaniseinistä. Tulipesän alaosaan on integroitu leijukerrospolttolaite, jonka alueelta tulipesän seinät on muurattu, jotta saavutetaan oikea palamislämpötila sekä eliminoidaan eroosio. Tulipesän tilavuus on mitoitettu suureksi, jolla taataan riittävä palo aika ja siten myös pienet häviöt palamattoman polttoaineen muodossa. /10./

Leijukerros koostuu hiekasta ja/tai tuhkerroksesta ja sitä leijutetaan ilmalla tai ilma-kaasuseoksella kattilan pohjassa olevien suuttimien kautta. Leijukerroksen paksuus lepotilassa on n. 0,6–0,8 m. Petihiekka varastoidaan 30 m³:n siilossa (kuva 5), josta se johdetaan sulkusyöttimen avulla hiekkaputkistoa pitkin kattilaan. /7;8;10./ Käynnistettäessä kattila puhtaalla arinalla, on hiekan tarve minimissään 0,5 m:n petille n. 13 m³ /10/.

Petimateriaali on saatava ensin riittävän lämpimäksi, n. 650 °C:seen, jotta kiinteän polttoaineen syöttö kattilaan voidaan aloittaa. Lämmityksessä apuna käytetään starttipolttimia ja polttoaineena kevytpolttöljyä. Näitä käytetään myös silloin, kun poltetaan huonolaatuista kiinteää polttoainetta ja pedin lämpötila on vaarassa laskea liian alhaiseksi. /7;8;10./

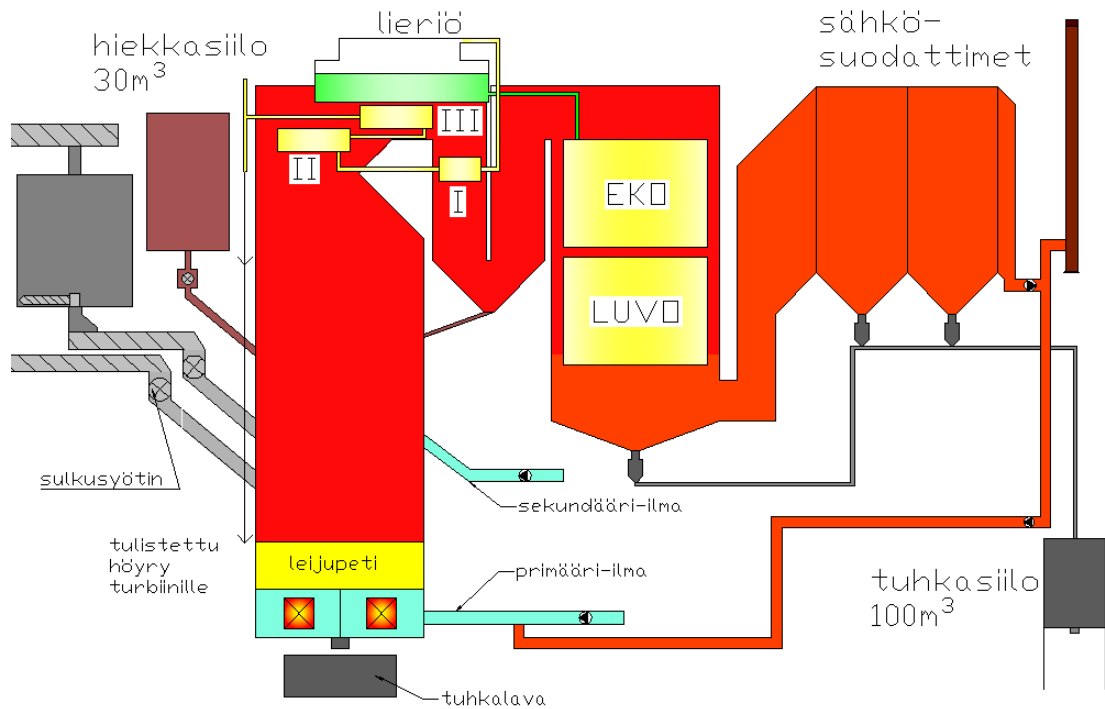
Pedin sopiva lämpötila kiinteille polttoaineille on 750–950°C. Lisälmen voimalaitoksessa yleensä 845–855°C /7;8/. Petilämpötilaa voidaan säätää primääri- ja sekundääri-ilman suhdetta säätämällä. Poltettaessa turvetta ja haketta suurella kuormituksella, saattaa polttoaineen kosteudesta ja palakoosta johtuen pedin lämpötila nousta liian korkeaksi, joka voi aiheuttaa tuhkan sulamisen, joka taas aiheuttaa petihiekan sintraantumisen eli sulamisen laavaksi. Sintraantuneen hiekan poisto kattilasta on työlästä ja vaatii yleensä aina kattilan alasajon. /7;8./

Sintraantumisen ehkäisemiseksi kattila on varustettu kiertokaasukanavilla, joilla leijutusilmaan sekoitetaan inerttiä eli reagoimatonta savukaasua, joka sisältää paljon typpeä ja vähän happea. Tällöin leijutusilman happipitoisuus alenee, palamisessa vapautuva lämpömäärä pienenee ja pedin lämpötila laskee. /7;10./

4.1.6 Tuhkan poisto ja karkeaerotin

Kattilan pohjaosassa on tuhkanpoistosuppilot (kuva 6), joiden kautta voidaan vajentaa leijukerrosta, poistaa tuhkaa ja polttoaineen mukana tulleet karkeammat ja raskeammat epäpuhtaudet. Petimateriaali on pyrittävä pitämään tasalaatuisena ja leijumiskelpoisena, jotteivät petipaineet nouse liian suuriksi. Materiaalin poisto tapahtuu kahdesta eri kohdasta tuhkanpoistoputkia pitkin tuhkalavalle.

Poltettaessa kiinteitä polttoaineita, jää palamisilmaan aina kiinteitä partikkeleita, jotka on saatava siitä hallitusti pois. Palamisilman mukaan karkaa myös petistä hienoa ja kevyttä leijutushiekkaa. Kattilan yläosassa, tulistimien jälkeen on ns. karkeaerotin, joka edesauttaa partikkelien erottumista savukaasuista. Erotin koostuu kahdesta suppilosta, joiden pohjassa olevien lähettimien kautta isommat kiintopartikkelit ohjataan takaisin tulipesään /7/.



KUVA 6 Kattilan eri komponentit.

Eroin osassa on ekonomaiseri (EKO) ja luvon, joiden jälkeen on kaksi kappaletta sähkösuodattimia (kuva 6). Niiden toiminta perustuu hiukkasten sähköiseen varaamiseen sähkökentän avulla. Varautuneet hiukkaset kiinnittyvät suodattimen sisällä oleville keräyslevyille, josta ne pudotetaan suodattimen alaosassa olevaan suppiloon keräyslevyjä tärisyttämällä. /7;8;9./

Luvon ja sähkösuotimien pohjassa olevien suppiloiden kautta tuhka siirretään pneumaattisesti lentotuhkasiiloon, jonka tilavuus on n. 100 m³. Siilosta tuhka puretaan joko suoraan kuivapurkuna säiliöautoon tai märkäpurkuna tuhkan kostuttimien kautta auton lavalle. /7;8;10./

Sähkösuodattimelta puhdistettu savukaasu johdetaan puhaltimella savupiippuun. Savupiipussa sijaitsee hiilimonoksidin eli hään (CO) ja jäännöshapen (O₂) mittalaitteet. Lisäksi kattilalla on omat O₂ mittalaitteet, jotka sijaitsevat kattilan takavedossa ennen ekonomaiseria. /7;8;10./

4.2 Kattilan toiminta

Kattila on höyrylieriöllä varustettu luonnonkiertokattila, jossa höyrystyvä vesi virtaa putkissa. Luonnonkierrolla tarkoitetaan sitä, että vesi ja höyry virtaavat tulipesää ym-

päröivässä putkistossa veden ja höyryn välisen tiheyseron vaikutuksesta. Laskuputkia alaspäin virtaava vesi on tiheydeltään suurempi kuin höyrystinputkia ylöspäin virtaavan vesi-höyryseoksen tiheys. Tällöin ei erillistä pakkokiertoa tarvita. /7;8./

4.2.1 Ekonomaiseri (EKO) ja lieriö

Höyrystettävä vesi pumpataan syöttövesi- eli syvesäiliöstä syöttövesipumpulla ekonomaiseriin eli syöttöveden esilämmittimeen. Ekonomaiseri on valmistettu ripaputkista. EKO sijaitsee kattilan savukaasukanavassa, jolloin savukaasujen lämpöenergiaa hyödynnetään kattilan syöttöveden lämmityksessä. EKO:ssa syöttövesi lämmitetään lähelle kiehumispistettä, jonka jälkeen se johdetaan lieriöön. Lieriöstä hieman kylmempi ja siten myös raskaampi vesi virtaa päälaskuputkia pitkin painovoimaisesti höyrystinpinnoille, jotka sijaitsevat tulipesän ympärillä. Höyrystinosassa vesi höyrystyy eli veden tiheys pienenee ja nousee takaisin lieriöön. Lieriössä kylläinen höyry erotetaan vedestä ja vesi palaa takaisin kiertoa;

päälaskuputket → höyrystin → lieriö → veden ja höyryn erotus.

4.2.2 Tulistimet

Kylläinen höyry johdetaan lieriöstä tulistimille tulistettavaksi. Tulistuksen tarkoituksena on nostaa höyryn lämpötilaa nostamatta kuitenkaan vastaavasti sen painetta. Mitä kuumempaa höyryä voidaan johtaa turbiinille, sitä enemmän siitä saadaan liikeenergiaa ja sähköä. /7;8;10;11./

Tulistimet I ja III sijaitsevat tulipesän yläosan jälkeisessä tilassa, suojassa liekkien säteilyltä ja tulistin II sijaitsee tulipesän yläosassa. Tulistimet I ja III ovat konvektiotulistimia, joissa lämmönsiirtyminen tapahtuu vain kosketuksen eli konvektion kautta. Tämä tarkoittaa lämmönsiirtymistä virtaavista savukaasuista lämmön siirtimeen. Tulistin II on säteilytulistin, joka tarkoittaa, että lämpöenergia siirtyy siihen pääosin liekeistä säteilemällä. /10;11./

Ekonomaiserin jälkeen savukaasukanavassa on kattilan palamisilman esilämmitin eli LUVO, joka on kytketty myötävirtaan savukaasuihin nähden. Ilma virtaa putkien sisäpuolella ja savukaasut putkien ulkopuolella. /10./

5 KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN LYHENTEET JA -LAATUSTANDARDI

5.1 Lyhenteet (ref, srf ja rdf)

Suomessa käytetään kierrätyspolttoaineesta lyhennettä ref (recovered fuel). Lyhennettä srf (solid recovered fuel) käytetään kansainvälisessä termistössä. ref/srf - polttoaineet on valmistettu yhdyskuntien ja/tai yritysten syntypaikkalajitellusta energijätteestä (ei sekajäte). Pääkomponentit ovat muovi sekä puukuidut (paperi ja pahi). Periaatteessa ref/srf on hyvä polttoaine, mutta käytännössä sen raaka-aineista eikä puhtaudesta ole välttämättä takeita. Rdf (refuse derived fuel) on yhdyskuntien sekajätteestä valmistettua kierrätyspolttoainetta. Laadultaan rdf on usein heikompaa kuin ref. /3./

5.2 Luokitus- ja laadunvalvonta standardi SFS 5875

Vuodesta 2000 alkaen on Suomessa ollut käytössä kierrätyspolttoaineiden luokitusta ja laadunvalvontaa koskeva standardi SFS 5875, jonka tavoitteena on tukea kestävä kehitystä edistämällä jätteiden hyödyntämistä sekä ehkäistä siitä aiheutuvaa haittaa terveydelle ja ympäristölle. Standardissa määritetään menettelytavat ja vaatimukset, joita käyttäen syntypaikalla lajitellusta jätteestä energiantuotantoon valmistetun kiinteän kierrätyspolttoaineen laatua voidaan hallita sekä ilmoittaa se yksiselitteisesti. Koko hankintaketju jätteiden syntypaikkalajittelusta valmiin kierrätyspolttoaineen toimitukseen sisältyy standardiin. Käsittelemätön puujäte, kuten kuori, sahanpuru ja metsätähteet, eivät sisälly tähän standardiin. /12./

Kierrätyspolttoaineiden turvallisen käytön edellytyksenä on, että ne sisältävät mahdollisimman vähän haitta-aineita ja epäpuhtauksia sisältäviä materiaaleja, syntypaikkalajittelun on toimittava hyvin ja kierrätyspolttoaineen valmistusprosessin on oltava asianmukaista /12/.

Ref:n osalta tärkeimmät tarkasteltavat parametrit ovat kloori- ja raskasmetallipitoisuudet, joiden mukaan kierrätyspolttoaine on jaettu kolmeen eri luokkaan taulukon 1 mukaan. Laatuoluokituksen määräävien raja-arvojen tulee toteutua samanaikaisesti (taulukko 1; kohdat 1...7) /12/.

TAULUKKO 1 Kierrätyspolttoaineiden laatuoluokitus SFS 5875 mukaan.

Kohta	Ominaisuus	Yksikkö	Ilmoitustarkkuus	LAATULUOKITUS			Raja-arvon kohdistuminen
				I	II	III	
1	Cl-pitoisuus kuiva-aineessa	m- % ²⁾	0,01	< 0,15	< 0,50	< 1,50	6)
2	S-pitoisuus kuiva-aineessa	m- % ²⁾	0,01	< 0,20	< 0,30	< 0,50	6)
3	N-pitoisuus kuiva-aineessa	m- % ²⁾	0,01	< 1,00	< 1,50	< 2,50	6)
4	K- ja Na -pitoisuus kuiva-aineessa ¹⁾	m- % ²⁾	0,01	< 0,20	< 0,40	< 0,50	6)
5	Al - pitoisuus kuiva-aineessa (metallinen)	m- % ²⁾	0,01	³⁾	⁴⁾	⁵⁾	6)
6	Hg -pitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	< 0,1	< 0,2	< 0,5	6)
7	Cd-pitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	< 1,0	< 4,0	< 5,0	6)

1) Yhteenlaskettu (K+Na) vesiliukoisien ja ionivaihtuvan osan pitoisuus kuiva-aineessa.
2) m- % tarkoittaa massan osuutta prosentteina.
3) Metallista alumiinia ei sallita, mutta se on hyväksyttävissä ilmoitustarkkuuden rajoissa.
4) Syntypaikkalajittelulla ja polttoaineen valmistusprosessilla pyritään poistamaan metallinen alumiini.
5) Metallinen alumiinipitoisuus sovitaan erikseen.
6) Raja-arvo kohdistuu enintään 1000 m³:n tai yhden kuukauden aikana valmistettuun tai toimitettuun polttoainemäärään ja tulee verifioida vähintään vastaavalla tiheydellä.

Ominaisuuksiltaan ref I on polttoaineena parasta ja ref III huonointa. Syntypaikkalajittelulla on suuri vaikutus kierrätyspolttoaineen ominaisuuksiin, mutta on myös huomioitava, että alueelliset erotkin vaikuttavat polttoaineen koostumukseen.

6 JÄTTEENPOLTTOASETUS (362/2003)

Kierrätyspolttoaineet luokitellaan jätteeksi, jolloin niiden polttoon sovelletaan jätteenpolttoasetusta 362/2003, joka on tullut voimaan 1.6.2003. Asetus kattaa myös rinnakkaispolton eli jätteen ja tavanomaisen polttoaineen polttamisen.

Jätteiden rinnakkaispoltoille tarvitaan aina ympäristölupa. Asetuksessa ei ole määritetty jäteperäisen polttoaineen minimiosuutta, jonka alapuolella voitaisiin toimia ilman jätteenpolttoasetusta, vaan jo pienikin jätemäärä polttoaineseoksessa tuo toiminnan jätteenpolttoasetuksen piiriin. /13./

Jätteenpolttoasetuksessa toiminnan järjestämisen yleisinä vaatimuksina on, että toiminnanharjoittaja toteuttaa jätteen toimittamiseen ja vastaanottoon liittyviä varotoimia ehkäisemällä ympäristölle aiheutuvia haittoja. Erityisesti on pyrittävä ehkäisemään ilman, maaperän sekä pinta- ja pohjavesien pilaantuminen kuin myös haju- ja meluhaitat, sekä ihmisten terveydelle aiheutuvat välittömät vaarat, tai ainakin niitä tulee vähentää niin paljon kuin se on käytännössä mahdollista. /14./

6.1 Jätteenpolttoasetuksen määräykset rinnakkaispolttolaitoksen toiminnoille

Jätteenpolttoasetuksessa määrätään rinnakkaispolttolaitokselle seuraavanlaisia toimintoja poltettavan jätteen määrästä ja sen suhteellisesta osuudesta riippumatta:

- Polttoprosessissa syntyvä lämpö tulee hyödyntää niin hyvin kuin se on käytännössä mahdollista.
- Jätteen palamisen tulee olla mahdollisimman täydellistä niin, että kuonan ja pohjatuuhkan orgaanisen hiilen kokonaismäärä on < 3 % tai niiden hehkutus-häviö on < 5 % aineksen kuivapainosta.
- Savukaasun lämpötilan tulee nousta kaikkein epäedullisimmassakin olosuhteissa vähintään kahdeksi sekunniksi 850 °C:seen mitattuna polttouunin sisäseinän läheisyydestä tai muusta ympäristöluvassa määrätystä palamiskammion edustavasta kohdasta. Mainittu lämpötila on saavutettava polttoilman viimeisen syötön jälkeen.

- Polttouuni tulee varustaa vähintään yhdellä lisäpolttimella, joka kytkeytyy automaattisesti päälle, kun savukaasun lämpötila laskee polttoilman viimeisen syötön jälkeen alle 850 °C:n.
- Polttolaitoksessa tulee olla käytössä automaattinen järjestelmä, jolla estetään jätteen syöttö tulipesään silloin, kun polttolaitosta käynnistetään ja savukaasun lämpötila ei ole saavuttanut 850 °C, tai polton aikana, jos lämpötila alittaa 850 °C tai jatkuvat mittaukset osoittavat jonkun päästöraja-arvo ylittymisestä puhdistuslaitteessa ilmenevien häiriöiden tai vikojen takia.
- Polttolaitoksen savukaasun epäpuhtauksien pitoisuudet eivät saa ylittää jätteenpoltoasetuksessa ilmaistuja raja-arvoja, jotka on esitetty jätteenpoltoasetuksen liitteessä V ja tässä työssä liitteessä 1. /14./

6.2 Ilmaan johdettavien päästöjen mittaus

Ilmaan johdettavista päästöistä on jätteenpoltoasetuksen mukaan jatkuvatoimisesti mitattava

- typenoksidit (NO_x), jos ympäristöluvassa on annettu niitä koskeva päästöjen raja-arvo
- hiilimonoksidi (CO)
- hiukkasten kokonaismäärä
- orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)
- suolahappo (HCl)
- fluorivety (HF)
- rikkidioksidi (SO₂).

6.3 Prosessin toimintaan liittyvät mittaukset

Lisäksi seuraavia prosessin toimintaan liittyviä toimintoja tulee asetuksen mukaan mitata jatkuvatoimisesti.

- Lämpötila uunin sisäseinän läheisyydestä, tai muusta palamiskammion edustavasta kohdasta, joka on määrätty ympäristöluvassa tai siinä määrättyssä tarkkailusuunnitelmaa koskevassa päätöksessä.
- Savukaasun happipitoisuus, paine, lämpötila, vesihöyrysisältö.

- Vähintään kahdesti vuoteen mittaukset raskasmetalleista, dioksiineista ja furaaneista, kuitenkin niin, että polttolaitoksen ensimmäisen 12 käyttökuukauden aikana mittaukset on tehtävä joka kolmas kuukausi. Mittaukset suorittaa ulkopuolinen päästömittaaja.

Asetus määrää, että vähintään kerran polttolaitoksen käyttöönoton aikana ja epäedullisimmiksi ennakoituissa käyttöolosuhteissa on todennettava asianmukaisesti savukaasujen viipymäaika, vähimmäislämpötila ja happipitoisuus /14/.

6.4 Päästömittausten erityissäännöt ja helpotukset

Päästömittauksiin on kuitenkin olemassa erityissääntöjä ja helpotuksia eri tilanteisiin, jotka on määrättävä erikseen ympäristöluvassa. Edellä, kohdissa 6.2 ja 6.3, mainittuja mittauksia ei tarvitse tehdä seuraavissa erityistilanteissa:

- jatkuvia mittauksia fluorivedylle (HF), mikäli suolahapon (HCl) käsittelyssä on vaiheita, joilla varmistetaan, ettei suolahapon päästöjen raja-arvo ylity ja fluorivedyn päästöistä tehdään muutoin määräaikaiset mittaukset samalla kun tehdään mittaukset raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille,
- jos näytteeksi otettu savukaasu kuivataan ennen päästöjen analysointia, ei vesihöyrysisällön jatkuvia mittauksia tarvitse tehdä.
- Jatkuvia mittauksia ei tarvitse tehdä suolahapolle (HCl), fluorivedylle (HF) ja rikkidioksidille (SO₂), jos toiminnanharjoittaja pystyy osoittamaan, että mainittujen epäpuhtauksien päästöt eivät missään olosuhteissa voi ylittää asetettujen päästöjen raja-arvoja ja mainittujen epäpuhtauksien päästöistä tehdään muutoin määräaikaiset mittaukset samalla kun tehdään mittaukset raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille.

Edellä mainittujen poikkeusten ja erityissäännösten lisäksi voidaan raskasmetallien määräaikaisten mittausten aikaväli pidentää yhteen kertaan kahdessa vuodessa sekä dioksiinien ja furaanien määräaikaisten mittausten aikaväli yhteen kertaan vuodessa, mikäli

- poltettava jäte muodostuu ainoastaan sellaisista lajitelluista palavista jakeista, jotka eivät sovellu kierrätykseen ja eivät muodostu ongelmajätteistä
- poltettavat jätteet täyttävät jätteiden laadunhallintaa koskevat yleisesti käytössä ja voimassa olevat standardien kriteerit

- jätteiden polttaminen on otettu huomioon jätelain (3.12.1993/1072) 40 §:ssä tarkoitettussa valtakunnallisessa ja alueellisessa jätesuunnitelmassa, jossa esitetään jätteitä ja jätehuollon nykytilaa koskevat tiedot sekä asetetut kehittämistavoitteet ja niiden saavuttamiseksi tarpeelliset toimet, (mm. jätteen hyödyntäminen energiana nostetaan 30 %:iin)
- toiminnanharjoittaja kykenee luotettavasti osoittamaan jätteiden laatuun ja vastaavien jätteiden poltosta tehtyihin päästömittauksiin perustuen, että päästöt alittavat kaikissa olosuhteissa, myös epäedullisimmissa, selvästi jätteenpolttoasetuksen liitteessä II tai liitteessä V, (tässä työssä liitteet 1 ja 2), raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille vahvistetut päästöjen raja-arvot./14./

6.5 Mittaustulosten määrittäminen

On kuitenkin huomioitava, että taulukossa 1 (liite 1), olevat päästöjen raja-arvot pätevät rinnakkaispolttolaitoksille vain silloin, jos niissä poltetaan esikäsittelemätöntä yhdyskuntajätettä /15/. Lisälmen voimalaitoksella on tarkoitus polttaa käsiteltyä ja lajiteltua jätettä, jolloin päästöjen vuorokausikeskiarvon raja-arvojen laskemiseen on sovellettava jätteenpolttoasetuksen liitteen II kaavaa, tässä työssä kaava 1.

$$C = \frac{V_{\text{jäte}} \times C_{\text{jäte}} + V_{\text{prosessi}} \times C_{\text{prosessi}}}{V_{\text{jäte}} + V_{\text{prosessi}}} \quad \text{jossa,} \quad (1)$$

$V_{\text{jäte}}$ = pelkästään jätteen poltosta syntyvän savukaasun volyyymi, joka määritetään sen jätteen perusteella, jonka luvassa määritetty lämpöarvo on pienin jätteenpolttoasetuksessa säädettyjen olosuhteiden mukaisesti muunneltuna, [m³/s].

$C_{\text{jäte}}$ = polttolaitoksille tässä työssä käytetyn liitteen 1 päästöjen raja-arvot asiaankuuluvien epäpuhtauksien ja hiilimonoksidin osalta, [mg/m³].

V_{prosessi} = laitospölystä, mukaan lukien laitoksessa tavanomaisesti käytettyjen sallittujen polttoaineiden (pois lukien jätteet) polttaminen, syntyvän savukaasun tilavuusvirta, joka redusoidaan jätteenpolttoasetuksessa säädettyyn happipitoisuuteen. Poltettaessa tavanomaisia polttoaineita, (kiinteät polttoaineet ja biomassa), tulokset

muutetaan 6 %:n happipitoisuuteen ja nestemäisten polttoaineiden kohdalla 3 %:n happipitoisuuteen, [m³/s].

$C_{prosessi}$ = jätteenpolttoasetuksen liitteessä II kohdan 2–4 ja tässä työssä liitteen 2 taulukot 1–4, tietyille teollisuusaloille esitettyjen päästöjen raja-arvot rikkidioksidille, typen oksideille ja hiukkasille. Muussa tapauksessa käytetään luvassa asetettuja raja-arvoja. Jos luvassa ei ole asetettu raja-arvoja, käytetään todellisia massapitoisuuksia, [mg/m³].

C = jätteenpolttoasetuksen liitteen II kohdan 2–4, tässä työssä liitteen 2 taulukoiden 1–4, tietyille teollisuudenaloille ja tietyille epäpuhtauksille asetetut kokonaispäästöjen raja-arvot ja happipitoisuus tai jos näiden raja-arvot puuttuvat, hiilimonoksidia ja asinomaisten epäpuhtauksien kokonaispäästöjen raja-arvot, joilla korvataan jätteenpolttoasetuksen liitteissä asetetut päästöjen raja-arvot, [mg/m³] /14./

Päästömittausten tulokset tulee muuttaa tiettyjä olosuhteita vastaavaksi, jotta niitä voidaan verrata luotettavasti raja-arvoihin. Tulosten muuttaminen tapahtuu jätteenpolttoasetuksessa liitteen VI olevan kaavan, tässä työssä kaava 2, mukaisesti niin, että polttolaitoksen savukaasussa (kuiva kaasu) lämpötila on 273 K, paine 101,3 kPa ja happipitoisuus 11 %. /14./ Rinnakkaispolttolaitoksissa happipitoisuus on 6 % /15./

$$E_S = \frac{21 - O_S}{21 - O_M} \times E_M \quad \text{jossa,} \quad (2)$$

E_S = laskettu päästöpitoisuus happipitoisuuden prosenttiosuuden ollessa standardin mukainen

O_S = standardin mukainen redusoitu happipitoisuus

O_M = mitattu happipitoisuus

E_M = mitattu päästöpitoisuus

Mittaustulokset voidaan määrittää sen ympäristöluvassa määrätyn happipitoisuuden mukaan, jossa on otettu huomioon polttoprosessin erityisolosuhteet, jos jätteitä poltetaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksessa hapetetussa ilmassa. Jotta valvontaviranomainen voi tarvittaessa tarkistaa, että jätteenpolttoasetuksessa säädetyt toimintaa koskevia vaatimuksia ja raja-arvoja päästöille noudatetaan, tulee kaikki mittaustulokset tallentaa, käsitellä ja esittää tarkoituksenmukaisella tavalla. /14./

6.6 Mittaustulosten vertaaminen raja-arvoihin ilmaan johdettavien päästöjen osalta

Jätteenpolttoasetuksen mukaan ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot eivät ylitä, mikäli

- yksikään vuorokausikeskiarvoista ei ylitä jätteenpolttoasetuksen liitteen V kohdassa 1, (tässä työssä taulukko 1; liite 1), mainittuja tai asetuksen liitteen II (tässä työssä liite 2 ja kaava 1) tarkoitetuilla menettelyillä määritettyjä päästöjen raja-arvoja
- vuoden aikana mitatuista vuorokausikeskiarvoista 97 % ei ylitä 50 mg/m^3 pitoisuutta hiilimonoksidin osalta, (jätteenpolttoasetuksen liitteen V kohta 5, tässä työssä liite 1 kohdasta; Hiilimonoksidi)
- yksikään puolen tunnin keskiarvoista ei ylitä asetuksen liitteen V kohdan 2, sarakkeessa A (tässä työssä liitteen 1, taulukko 2, sarake A), tarkoitettujen päästöjen raja-arvoja, tai 97 % vuoden aikana mitatuista puolen tunnin keskiarvoista ei ylitä sarakkeen B päästöjen raja-arvoja
- yksikään raskasmetallien sekä dioksiinien ja furaanien mittaustulos ei ylitä asetuksen liitteessä V, kohdissa 3 ja 4 (tässä työssä liite 1, taulukko 3 ja kohta; Dioksiinit ja furaanit) mainittuja tai asetuksen liitteessä II (tässä työssä kaava 1) tarkoitetuilla menettelyillä määritettyjä päästöjen raja-arvoja
- asetuksen liitteen V kohdassa 5, (tässä liite 1, kohta; Hiilimonoksidi) toisen luettelukohdan tai asetuksen liitteen II (tässä kaava 1), tarkoitetuilla menettelyillä määritettyjä päästöjen raja-arvoja noudatetaan muutoin.

Varsinaisen toiminta-ajan kuluessa mitatuista arvoista on määritettävä päästöjen 30 ja 10 minuutin keskiarvot. Mitatuista arvoista tulee vähentää luottamusvälin arvot, jotka on lueteltu asetuksen liitteessä III ja ovat tässä työssä taulukossa 2. Varsinaiseen toiminta-aikaan ei lueta käynnistys- ja pysäytysvaihetta, ellei niiden aikana polteta jätettä. /14./

Mitatuista tuloksista vähennetään luku, joka saadaan kertomalla mittauksien epävarmuutta osoittava luku raja-arvolla. Esimerkiksi, jos raja-arvo on $10 \text{ mg/m}^3(n)$ ja mittausten sallittu epävarmuus on 30 %, voidaan mitatusta tuloksesta vähentää $0,3 \times 10 \text{ mg/m}^3(n) = 3 \text{ mg/m}^3(n)$. Tässä tapauksessa tulokset, jotka on mitattu hyväksytyllä mittausmenettelyllä ja ovat alle $13 \text{ mg/m}^3(n)$, ovat alle raja-arvon. /16./

TAULUKKO 2 Päästöjen vuorokausikeskiarvoja koskevien yksittäisten mitattujen tulosten 95 %:n luottamusvälin arvot eivät saa ylittää seuraavia % -osuuksia päivittäisistä päästöjen raja-arvoista. /14./

Hiilimonoksidi (CO)	10 %
Rikkidioksidi (SO ₂)	20 %
Typpidioksidi (NO ₂)	20 %
Hiukkasten kokonaismäärä	30 %
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä	30 %
Suolahappo (HCl)	40 %
Fluorivety (HF)	40 %

Jatkuvissa mittauksissa käytettävän järjestelmän toimintahäiriön tai huollon vuoksi saa vuorokaudessa hylätä korkeintaan viisi 30 minuutin keskiarvoa ja vuodessa korkeintaan 10 vuorokausikeskiarvoa, jotta vuorokausikeskiarvo olisi edustava /14/.

6.7 Ilmoittaminen ja tiedottaminen

Toiminnanharjoittajan tulee viipymättä ilmoittaa valvontaviranomaiselle, jos tehtyjen mittausten tuloksista käy ilmi, että ne ylittävät asetuksen mukaiset päästöjen raja-arvot. Toiminnanharjoittajan on tehtävä vuosittain valvontaviranomaiselle laitoksen toiminnasta selvitys, jossa selostetaan ainakin prosessin toiminta, sekä ilmaan ja veteen johdetut päästöt verrattuna asetuksen mukaisiin päästöjen raja-arvoihin. Selvitykset tulee julkaista sähköisesti, jotta yleisölläkin on mahdollisuus tutustua niihin./14./

7 TOIMENPITEET ENNEN KIERRÄTYSPOLTTOAINEEN KÄYTTÖÄ

Tyypillisesti kierrätyspolttoaine koostuu lähinnä erilaisista muoveista, osittain kumista ja tekstiileistä (fossiilinen osa) sekä puusta, paperista ja kartongista (biomassaosa). Kierrätyspolttoaine tehdään syntypaikkalajittelusta ja erilliskerätystä energiajätteestä, mutta aina joukkoon pääsee sinne kuulumatonta ainesta, joka on poistettava valmistusprosessin aikana tai viimeistään ennen polttoprosessia. Tällaisia aineksia ovat mm. metalliesineet, lasi, keramiikka ja kiviainekset. Kaikesta huolimatta petimateriaalin joukkoon pääsee edellä mainittuja epäpuhtauksia ja ne huonontavat pedin leijutusta, jolloin kattilan lämpötilan, palamisen ja päästöjen hallinta huonontuu.

Jätteenpoltoasetus (362/2003, 10 §) edellyttää automaattista järjestelmää, joka mahdollistaa kierrätyspolttoaineen syötön keskeytyksen tulipesään, jos asetuksessa edellytetyt poltto-olosuhteet eivät täyty. Tämä tarkoittaa käytännössä kierrätyspolttoaineelle omaa polttoaineen syöttölinjaa, jonka toiminta on automatisoitu. Häiriötilanteessa polttoon syötetään vain turvetta, puuta tai kevyttä polttoöljyä.

Ennen kuin kierrätyspolttoainetta voidaan käyttää, on sen laatu tunnettava niiltä osin kuin polttoaineen valmistaja ja käyttäjä ovat sopineet, sekä mitä asianomainen viranomainen on päättänyt. Lisäksi kierrätyspolttoaineen soveltuvuus laadultaan ja osuudeltaan on varmistettava kyseessä olevalle laitokselle. Mm. laitoksen kokoluokka, polttotekniikka, käytettävät muut polttoaineet ja savukaasujen puhdistustekniikka vaikuttavat kierrätyspolttoaineen soveltuvuuteen kyseessä olevalle laitokselle. /12./

Tarpeen vaatiessa kierrätyspolttoaineen käyttö aloitetaan niin sanotulla teknisellä kokeella. Siinä tutkitaan ja testataan erilaisilla kierrätyspolttoainemäärillä ja -osuuksilla polttoaineen soveltuvuutta ko. laitokselle. Teknisestä kokeesta annetaan aina tieto asianomaiselle viranomaiselle. Tiedottamisen jälkeen tulee tehdä ympäristöluvassa määrätyt päästömittaukset, joiden tulokset yhdessä kierrätyspolttoaineen analyysitulosten kanssa toimitetaan lupaviranomaiselle. Mikäli ympäristöluvassa asetetut päästörajat alittuvat, voivat viranomaiset hyväksyä osan päästömittauksista korvattavaksi energiajakeen ja kierrätyspolttoaineen laadun seurannalla. Laadunvalvonta tulee keskittää päästöjen tai päästöjen muodostumisen kannalta oleellisiin tekijöihin./12./

8 POLTOSTA SYNTYVIÄ ONGELMIA

Kierrätyspolttoaineet ovat pääosin helposti palavia. Paljon kuivaa kierrätyspuuta sisältävät kierrätyspolttoaineet voivat olla lämpöarvoltaan korkeita, jolloin se saattaa aiheuttaa kattilan ja petimateriaalin liiallisen kuumentumisen. Tästä voi aiheutua petihiekan sintraantuminen, jos kattilan lämpötilaa ei saada ajoissa hallintaan. Kierrätyspolttoaineen alkuperästä riippuen, saattaa se sisältää erilaisia epäpuhtauksia, joilla ei ole vaikutusta itse polttoaineen palamiseen, mutta ne saattavat aiheuttaa kattilan likaantumista, lisätä korroosioriskiä ja niillä voi olla vaikutusta tuhkien laatuun ja päästöihin./13./ Primääri-, sekundääri- ja toisioilmojen syötöllä voidaan vaikuttaa palamisprosessiin ja petimateriaalin lämpötilaan.

Muovi ja paperi palavat tulipesässä nopeasti. Nämä ovat yleensä suhteellisen kevyitä poltettavia ja vaarana on, että ne lentävät savukaasuvirran mukana palavana tulipesän yläosaan ja jopa tulistimille asti. Tällainen tilanne aiheuttaa tulipesän seinän ja säteilytulistimen kuonaantumisen. Myös kohonneet häkä- ja hiilivetypäästöt ovat mahdollisia, kun palaminen ei ennätä tapahtua tarkoitetulla tavalla. Varsinkin muovin poltossa on vaarana, että se pyrolysoituu ja kaasuuntuu liian nopeasti eikä oikeanlaista palamista ennätä tapahtua./13./ Pyrolyysissä kiinteän polttoaineen palaminen tapahtuu niin, ettei ilman happi pääse vaikuttamaan palamisprosessiin.

Kattilan likaantumiseen vaikuttavat kattilarakenne, poltto-olosuhteet, polttoaine ja polttoaineen tuhkan koostumus. Tuhkan osittainen sulaminen korkeassa polttolämpötilassa lisää sen tarttuvuutta lämpöpintoihin. Huonosti hallitulla, epätasaisella palamisella voi olla samanlainen vaikutus. Kierrätyspolttoaineita poltettaessa on tehokas kattilan nuohous välttämätöntä, jottei tuhka pääse tarttumaan ja kovettumaan kattilan pintoihin./13./

8.1 Korroosio

Bio- ja kierrätyspolttoaineita polttavissa leijupolttokattiloissa aiheuttaa kloori yhdessä alkalien kanssa tulistimien kuumakorroosiota, jolloin savukaasussa osittain sulana oleva lentotuhka tarttuu lämmönvaihdin pinnalle ja aloittaa tuhkan alla olevan pinnan syövyttämisen. Kloori ja tuhkan alkalit reagoivat polttoaineen palaessa ja muodostavat alkalikloridisuoloja; natriumkloridia (NaCl) ja kaliumkloridia (KCl). Alkalikloridit

esiintyvät savukaasussa sulapisaroina ja höyrynä. Niiden sulamispisteet, eli se piste, jossa aine muuttuu kiinteästä olomuodosta nestemäiseen muotoon, ovat 802 °C (NaCl) ja 776 °C (KCl). Alkalihöyryjen kohdatessa tulistinpinnat, ne kondensoituvat eli tiivistyvät ja pisarat tarttuvat tulistimen pintaan, rikkoen suojaavan oksidipinnan ja käynnistäen kloorikorroosion./13./ Kloorin aiheuttama kuumakorroosio kattilan tulistimissa voi alkaa, kun höyryn lämpötila ylittää 480 °C. Viheraineita sisältävän hakkeen kloori- ja kaliumpitoisuudet voivat olla huomattavan korkeat, siksi poltossa käytettävä metsähake ei saisi sisältää neulas- eikä lehtivihreää. Lisäksi hakkeen tulisi olla kuivaa, koska märkä, viheraineita sisältävä hake lisää likaantumista suurempien alkali-pitoisuuksien takia. /17./

Tuhkakerrostumat saattavat aiheuttaa tulipesässä ja savukaasukanavissa korroosioita. Metallien oksidikerrokset suojaavat metallia korroosiolta, mutta tuhkakerrostumat saattavat aiheuttaa otollisen ympäristön paikallisen korroosion muodostumiselle. Tällöin olosuhteet voivat heikentää oksidikerrosta ja näin ollen myös metallin suojaa. Metallin korroosiosuojan heikentyessä, kloori ja rikki pääsevät reagoimaan metallin kanssa muodostaen reaktiotuotteita, jotka eivät enää anna metallille suojaa. /15./

8.2 Kattilan likaantuminen

Kattilan likaantumiseen ja korroosioon vaikuttaa polttoaineen rikki-kloorisuhde. Jos tulistinalueella olevan rikin ja kloorin määrien suhde on $S/Cl > 2$, likaantuminen ja korroosio vähenevät, jos suhde on > 4 , on likaantuminen ja korroosio olennaisesti vähäisempää. Täten on kannattavaa polttaa klooripitoisen polttoaineen kanssa rikkipitoista polttoainetta, kuten kivihiiltä ja turvetta. Niiden tuhkillä on likaantumista vähentävä vaikutus, koska muodostuvat kerrostumat ovat hauraampia ja helpompia poistaa. /13./

9 POLTOSSA MUODOSTUVAT SAVUKAASUT

Erityisesti polttoaineen kemiallinen koostumus vaikuttaa poltettaessa syntyvien savukaasujen ominaisuuksiin. Koostumuksen lisäksi ominaisuuksiin vaikuttavat polttotapa ja pääpolttoaine. Teoreettisesti on mahdollista määrittää muodostuvan savukaasun koostumus keskimääräisen kemiallisen koostumuksen, tuhkapitoisuuden ja kosteuden avulla. /15./

Kuten jo aiemmin kohdissa 6.2 ja 6.4 todettiin, jätteenpolttoasetus edellyttää jätettä poltettaessa jatkuvatoimisia mittauksia ilmaan johdettaville päästöille eli typenoksideille (NO_x), hiilimonoksidille (CO), hiukkasille, orgaanisen hiilen kokonaismäärälle (TOC), suolahapolle (HCl), fluorivedylle (HF) ja rikkidioksidille (SO₂). Lisäksi tulee suorittaa yksittäiset mittaukset raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille.

Olisi tärkeää osata arvioida karkeasti polttoaineen kemiallisten ominaisuuksien ja poltto-olosuhteiden perusteella syntyvien päästöjen määrä. Teoreettisesti määrittäminen on mahdollinen HCl:lle, HF:lle ja SO₂:lle. Muiden komponenttien osalta määrittäminen on laskennallisesti hankalampaa. Todennäköistä kuitenkin on, että hiukkasten osuus savukaasuissa kasvaa käytettäessä kierrätyspolttoainetta, koska yleensä sen tuhkapitoisuus on korkeampi kuin turpeella ja puuhakkeella. /15./

TOC:n ja CO:n pitoisuudet savukaasuissa osoittavat palamisen täydellisyyttä. Poltettaessa kierrätyspolttoaineita on mahdollista, että näiden komponenttien osuus savukaasuissa kasvaa. Näiden komponenttien muodostumista voidaan vähentää jätteen hyvällä murskauksella ja ilmanvaiheistuksella palamistilassa. /15./

10 IISALMEN VOIMALAITOKSEN TILANNE JA YMPÄRISTÖLUPAMÄÄRÄYKSET

Tällä hetkellä Iisalmen voimalaitoksella poltetaan turvetta ja puujätettä. Polttokelpoisen puujätteen poltto, mikäli se on puhdasta eikä sisällä haitallisia yhdisteitä, voidaan polttaa kiinteän polttoaineen kattiloissa ilman, että siihen sovelletaan valtioneuvoston asetusta (VNA 362/2003) jätteen poltosta. Vuoteen 2005 saakka Iisalmen voimalaitoksella käytettiin polttoaineena myös kierrätyspolttoainetta, mutta sen poltosta luovuttiin tiukentuneiden päästörajoiden ja mittausvaatimusten vuoksi.

10.1 Iisalmen voimalaitoksen ympäristölupa ilmapäästöjen osalta

Iisalmen lämpövoimalaitoksen ympäristölupapäätöksen mukaan, joka on annettu julkisanon jälkeen 4.7.2005, saa kiinteän polttoaineen kattiloissa polttaa turpeen seassa puujätettä, jos se ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja.

Laitoksella on seurattava jatkuvasti kiinteän polttoaineen kattiloiden osalta kattiloiden käyntiä, savukaasujen lämpötilaa ja happipitoisuutta. Voimalaitoksen (polttoaineteho 48 MW) kattilassa on lisäksi seurattava jatkuvasti savukaasun hiilimonoksidipitoisuutta. Savukaasunpuhdistimia on tarkkailtava ja huollettava säännöllisesti. Tehdyt tarkastukset ja toimenpiteet on kirjattava ja tarvittavat korjaustoimenpiteet tulee suorittaa viipymättä. /6./

Ympäristölupapäätöksen mukaan hiukkaspäästöt turvetta poltettaessa leijukerroskattiloilla (48 MW ja 15 MW), saa olla enintään 30 mg/MJ, rikkidioksidipäästöt enintään 200 mg/MJ ja typenoksidipäästöt enintään 200 mg/MJ. Myös öljykattiloille on annettu kattilakohtaiset päästörajat. Päästömääräyksillä pyritään estämään sekä ilman pilaantuminen, että vähentämään terveys- ja viihtyvyyshaittoja. Määräyksiä annettaessa on huomioitu koko laitosalueen toiminta. Päästörajat koskevat normaalia käyttötilannetta, jolloin kattilan käynnistys- ja pysäytysjaksoja ei lueta tähän kuuluvaksi. Päästöraja saavutetaan, kun kolmen lyhytaikaisen peräkkäisen päästömittauksen keskiarvo ei ylitä päästörajaa. /6./

10.2 Viimeisin mittaustulos laitoksella

Kiinteän polttoaineen kattiloiden (48 MW ja 15 MW) hiukkas-, rikkidioksidi- ja ty-
penoksidipäästöt on mitattava kolmen vuoden välein ja viimeisin mittaustulos on tehty
ajanjaksolla 19.2. ja 23.–25.2.2009.

Taulukossa 3 on voimalaitoksen (48 MW) savukaasuista mitattujen komponenttien
keskimääräiset pitoisuudet, mittaustulosten arvioimat virheet sekä lasketut pääs-
töt. Hiukkasmittaukset ovat kolmen näytteen keskiarvoja. Taulukossa ilmoitetut
pitoisuudet ovat kuivan kaasun pitoisuuksia normaalitilassa kanavassa normitettuna 6
%:n happipitoisuuteen. Mittaukset on tehty yleisesti käytössä olevalla teholla ja täy-
dellä teholla. /18./

TAULUKKO 3 Yhteenveto voimalaitoksen (48 MW) savukaasujen komponenttien
pitoisuuksista ja päästöistä ajanjaksolla 19.2. ja 23.–25.2.2009 /18/.

TEHO	11 MW / 27 MW	14,7 MW / 30 MW
SAVUKAASUN KOMPONENTTI	Pitoisuus / Päästö	
Savukaasun O ₂ -pitoisuus [%]	6,6 ± 1,0	6,2 ± 0,8
Hiukkaspitoisuus [mg/m ³ n]	1,3 ± 0,5	1,2 ± 0,3
Hiukkaspäästö [mg/MJ]	0,5 ± 0,3	0,5 ± 0,3
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n]	364 ± 31	345 ± 31
NO _x -päästö NO ₂ :na [mg/MJ]	136 ± 12	133 ± 12
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n]	90 ± 39	49 ± 23
SO ₂ -päästö [mg/MJ]	34 ± 14	19 ± 9
CO -pitoisuus [mg/m ³ n]	66 ± 22	46 ± 21
CO -päästö [mg/MJ]	25 ± 8	18 ± 8

Voimalaitoksen leijukerroskattilan päästöt 27–30 MW:n tehoilla ovat

- hiukkaspäästöt 0,5 mg/MJ
- NO_x -päästöt 133–136 mg/MJ
- SO₂-päästöt 19–34 mg/MJ
- CO -päästöt 18–25 mg/MJ.

Litteen 3, taulukoissa 1–4, on yhteenveto mittaustuloksista ja epävarmuustarkaste-
luista. Kyseisiin taulukoihin on otettu mukaan tähän työhön vaikuttavia arvoja.

Taulukossa 4 on lämpölaitoksen (15 MW) savukaasuista mitattujen komponenttien keskimääräiset pitoisuudet, arvioidut virheet sekä lasketut päästöt. Hiukkasmittaukset ovat kolmen näytteen keskiarvoja. Taulukossa ilmoitetut pitoisuudet ovat kuivan kaasun pitoisuuksia normaalitilassa kanavassa normitettuna 6 %:n happipitoisuuteen. Mittaukset on tehty yleisesti käytössä olevalla teholla ja täydellä teholla. /18./

TAULUKKO 4 Yhteenveto lämpölaitoksen (15 MW) savukaasujen komponenttien pitoisuuksista ja päästöistä ajanjaksolla 19.2. ja 23.–25.2.2009 /18/.

TEHO	7 MW	15 MW
SAVUKAASUN KOMPONENTTI	Pitoisuus / Päästö	
Savukaasun O ₂ -pitoisuus [%]	13 ± 1,1	8,8 ± 0,8
Hiukkaspitoisuus [mg/m ³ n]	4,1 ± 1,6	5,3 ± 2,1
Hiukkaspäästö [mg/MJ]	1,6 ± 0,8	2,1 ± 0,9
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n]	207 ± 53	285 ± 70
NO _x -päästö NO ₂ :na [mg/MJ]	80 ± 21	110 ± 27
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n]	53 ± 42	70 ± 69
SO ₂ -päästö [mg/MJ]	20 ± 16	27 ± 27
CO -pitoisuus [mg/m ³ n]	228 ± 84	28 ± 11
CO -päästö [mg/MJ]	88 ± 32	11 ± 4

Lämpölaitoksen leijukerroskattilan päästöt 7–15 MW:n tehoilla ovat

- hiukkaspäästöt 1,6–2,1 mg/MJ
- NO_x -päästöt 80–110 mg/MJ
- SO₂-päästöt 20–27 mg/MJ
- CO -päästöt 11–88 mg/MJ.

Yhteensä voima- ja lämpölaitoksen päästöt ovat yleisen käytössä olevan tehon ja täyden tehon mukaan seuraavat, (suluissa kattilakohtainen ympäristölupamääräyksen arvo)

- hiukkaspäästöt 2,1–2,6 mg/MJ, (enintään 30 mg/MJ)
- NO_x -päästöt 216–243 mg/MJ, (enintään 200 mg/MJ)
- SO₂-päästöt 54–46 mg/MJ, (enintään 200 mg/MJ)
- CO -päästöt 29–113 mg/MJ.

10.3 Polttoaineanalyysitulosten koostumus

Polttoaineen laatua on tässä työssä arvioitu aiempien analyysitulosten perusteella. Liitteen 4 taulukossa 1 on analyysituloksia puulle, turpeelle, kivihiilelle, ref:lle ja puuhakkeelle eri komponenttien osalta. Taulukon ref- ja puuhakearvot ovat keskiarvoja Jättekukko Oy:n, Kiinteistöhuolto Rytkönen Oy:n ja Kuusakoski Oy:n antamista analyysituloksista. Puun, turpeen ja kivihiilen arvot ovat myös keskiarvoja eri lähteistä saaduille arvoille.

Tulosten perusteella kierrätyspolttoaineen raskasmetalli- ja haitta-ainepitoisuudet, jotka ovat myrkyllisiä jo pieninä pitoisuuksina, ovat paljon korkeammat kuin turpeella ja puulla. Samoin kattilaa likaavat natrium-, kalium-, kloori- ja alumiiniarvot ovat huomattavasti korkeammat kuin muilla polttoaineilla. Hiilen, vedyn, typen ja rikin arvot ovat lähes samat turpeella, puulla ja kierrätyspolttoaineella.

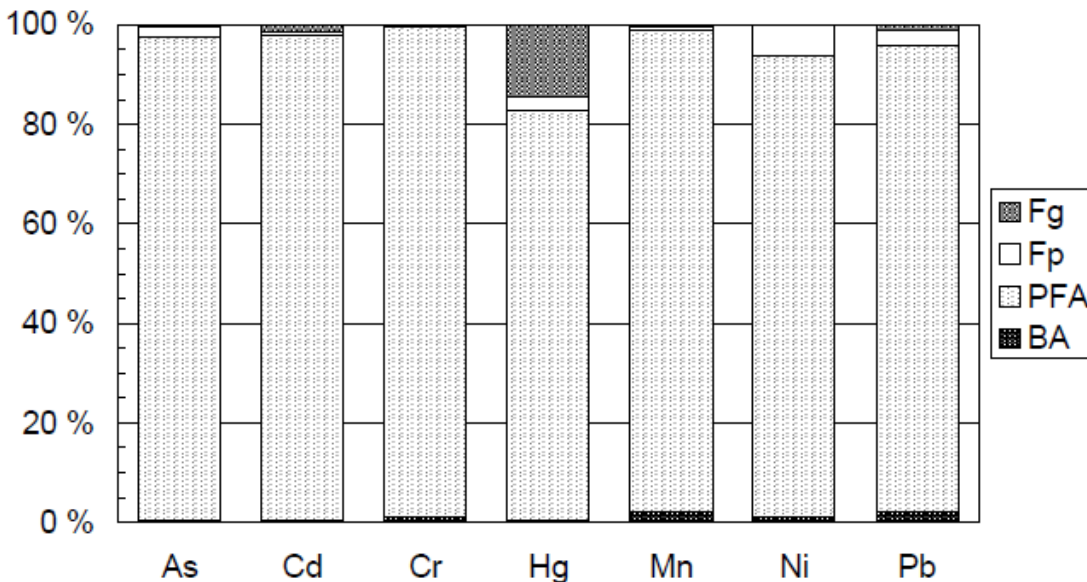
10.4 Lentotuhka

Toiminnasta syntyvä lentotuhka sijoitetaan tällä hetkellä Iisalmen lentokentän kiitoradan jatkeelle. Kenttä sijaitsee n. 10 kilometriä Iisalmen pohjoispuolella, Iisalmen Vieremä-Oulu-tien tuntumassa, sen länsipuolella. Aiemmin korkea nikkeli-pitoisuus esti tuhkan käytön maanparannusaineena, mutta nyt sen arvot alittavat pitoisuusrajat. Tuhkan käyttöä viherrakentamiseen rajoittaa sen sisältämä fosfori. /6./

Lentotuhkan laadun selvittää vähintään kerran vuodessa ulkopuolinen asiantuntija. Selvitys tehdään kokoomanäytteestä. Tuhkasta tutkitaan ravinteiden lisäksi ainakin kromi-, lyijy-, elohopea-, arseeni-, nikkeli-, sinkki-, kadmium-, seleeni- ja molybdeenipitoisuudet. Tuhkan haitallisten aineiden liukoisuus on tutkittava uudelleen, jos polttoaineen laatu tai hankinta-alue muuttuu. /6./

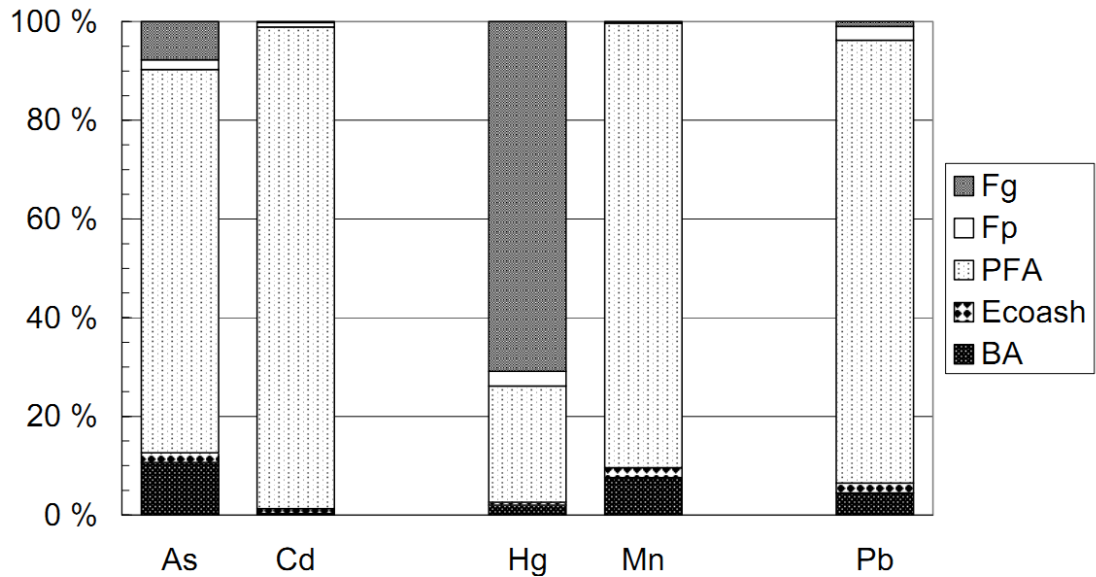
11 HAITTA- AINEIDEN JAKAUTUMINEN POHJA- JA LENTOTUHKAAN

VTT:n julkaisussa /19/ on tutkittu hivenaineiden massatasetta hiili-, turve- ja kuori-voimalaitoksissa. Kuvassa 7 on esitetty hivenaineiden ulosmenoreiitit poltettaessa turvetta kuplivassa leijupedissä, (polttoaineteho 295 MW). Kuvasta voidaan havaita, että pohjatuhkaan ei jää kuin murto-osa haitta-ainepitoisuuksista, suurin osa kulkeutuu sähkösuodattimelle. Sähkösuodattimen jälkeen savukaasu jäähtyy, jolloin osa haitta-aineista muuttuu hiukkasiksi, mutta osa jatkaa edelleen matkaa kaasumaisena. Esimerkiksi arseenia (As) ei jää pohjatuhkaan kuin 0,5 % ja sähkösuodattimelle jää 97 %. Sähkösuodattimen jälkeen savukaasuissa on hiukkasina arseenia 2 % ja kaasumaisena alle 0,5 %. Kuvan mukaan elohopeaa (Hg) jäisi pohjatuhkaan alle 0,3 %, sähkösuodattimelle 83 %, savukaasussa olisi hiukkasina 3 % ja kaasumaisena 15 %. Todellisuudessa elohopean osuus savukaasuissa on suurempi kuin kuvassa on esitetty. Tulosten käsittelyssä on todettu, että pohjatuhkan näytteenoton edustavuudessa on ollut ongelmia, mikä on aiheuttanut elohopean jakauman vääristymisen.



KUVA 7 Haitta-aineiden tärkeimmät ulostuloreiitit poltettaessa turvetta kuplivassa leijupedissä. Lyhennykset: BA = pohjatuhka, PFA = sähkösuodatin, Fp = hiukkaset, Fg = kaasumainen /19/.

Kuvassa 8 on hivenaineiden poistumisreitit poltettaessa kaarnaa/kuorta kuplivassa leijupedissä, (polttoainetehto 105 MW). Verrattaessa kuvaan 7, voidaan havaita, että kaarnan/kuoren poltossa hivenaineita jää enemmän pohjatuuhkaan kuin turpeen poltossa. Vertailussa on otettava huomioon erikokoiset kattilatehot (295 ja 105 MW), koska sillä on vaikutusta päästöihin.

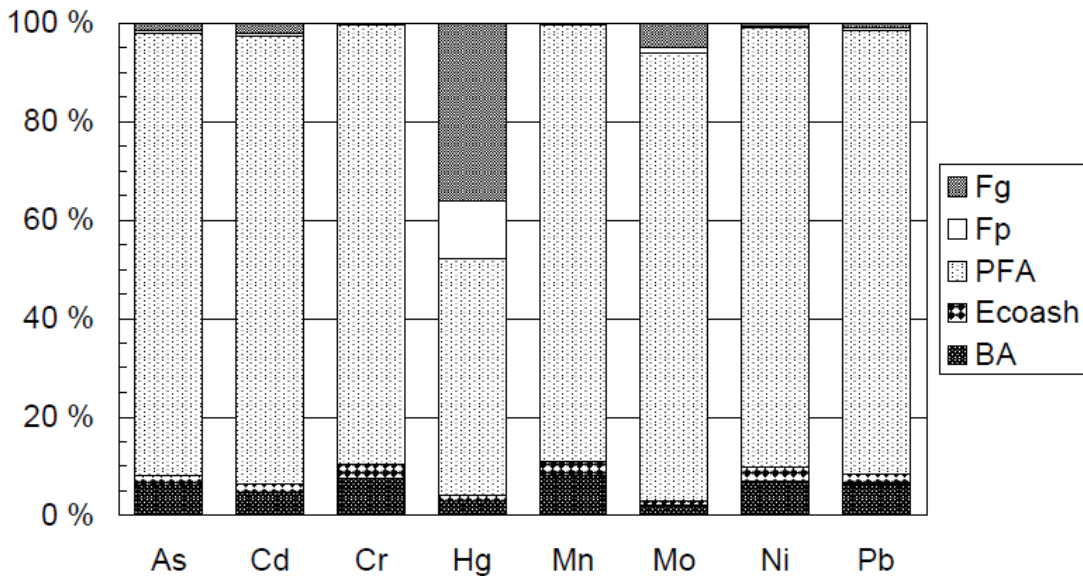


KUVA 8 Haitta-aineiden tärkeimmät ulostuloreitit poltettaessa kaarnaa/kuorta kuplivassa leijupedissä. Lyhennykset: BA = pohjatuuhka, Ecoash = ekonomaiserin tuhka, PFA = sähkösuodatin, Fp = hiukkaset, Fg = kaasumainen /19/.

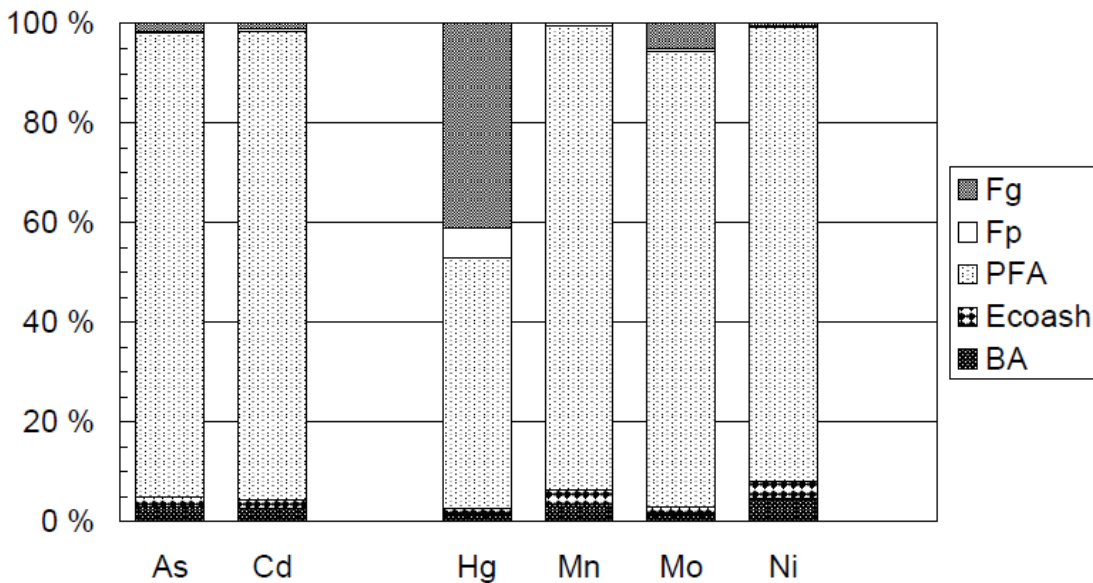
Valitettavasti ko. työssä ei ole tutkittu turpeen ja kaarnan/kuoren rinnakkaispolttoa kuplivassa leijupedissä. Tuloksista olisi saattanut olla hyötyä arvioitaessa päästöjen määriä pohjatuuhassa ja savukaasuissa tässä työssä. Hivenaineiden poistumisreitit ovat erilaiset rinnakkaispoltoissa, koska esim. turpeen sisältämä rikki reagoi puusta muodostuneen tuhkan kanssa siten, että savukaasuihin muodostuvat rikkipäästöt jäävät suhteellisen alhaisiksi.

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty vertailun vuoksi haitta-aineiden poistumisreitit polttoaineteholtaan 314 MW:n kiertoleijupetikattilassa. Kuvassa 9 on esitetty haitta-aineet poltettaessa turvatta ja kuvassa 10 on haitta-aineiden osuudet poltettaessa turvetta ja puuhaketta suhteella 69/31. Kuvista voidaan havaita, että kiertoleijupoltossa haitta-aineita jää enemmän pohjatuuhkaan kuin kuplivassa leijupetipoltossa, samoin kaasumaisten haitta-aineiden osuus on suurempi esim. arseenilla (As), kadmiumilla (Cd),

elohopealla (Hg) ja nikkelillä (Ni). Todennäköisesti kiertoleijutekniikassa pohjatuhkan jäävän haitta-ainepitoisuuksien suurempi osuus johtuu siitä, että polttoainetta kierrätetään pidemmän aikaa palotilassa petimateriaalin kanssa ja sähkösuodattimelta lähtevä savukaasu on kuumempaa kuin kuplivassa leijutekniikassa, jolloin haitta-aineet eivät ennätä muodostaa hiukkasia vaan kulkeutuvat ulos kaasuina.



KUVA 9 Haitta-aineiden poistumisreitit poltettaessa turvetta kiertoleijupedissä. Lyhennykset: BA = pohjatuhka, Ecoash = ekonomaiserin tuhka, PFA = sähkösuodatin, Fp = hiukkaset, Fg = kaasumainen /19/.



KUVA 10 Haitta-aineiden poistumisreitit poltettaessa rinnan turvetta ja puuhaketta kiertoleijupedissä. Lyhennykset: BA = pohjatuhka, Ecoash = ekonomaiserin tuhka, PFA = sähkösuodatin, Fp = hiukkaset, Fg = kaasumainen /19/.

12 IISALMEN VOIMALAITOKSEN SOVELTUVUUS REF:N SEOSPOLTTOON

Iisalmen voimalaitoksella (polttolaitos 48 MW) on poltettu seospolttona turvetta, puuta ja kierrätyspolttolaitteita vuoteen 2005 saakka. Ympäristölupahakemus oli laitettu vireille 31.12.2004 ja siihen oli tehty täydennys lisäselvityksellä siten, ettei laitoksella enää tulisi polttamaan kierrätyspuun lisäksi muita jätteitä. Jätteenpolttolaitteesta ei sovelleta puujätteelle, jos se ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja. Iisalmen lämpö- ja voimalaitoksen ympäristöluvan päästörajat on määritetty turpeen ja öljyn mukaan. Toiminnanharjoittajan on toimitettava 30.6.2015 mennessä hakemus lupamääräysten tarkastamiseksi ympäristönsuojeluviranomaiselle.

12.1 Laitoksen rakenteelliset ominaisuudet

Voimalaitoksen kattila on tyypiltään leijukerroskattila, joka soveltuu tekniikaltaan hyvin erilaisten polttoaineiden kuten turpeen ja puun polttoon. Kattila soveltuu myös rinnakkaispolttoon kierrätyspolttolaitteelle. Leijukerrostekniikka ei aseta polttoaineen laadulle mainittavia laatuvaatimuksia, mutta kattilan toiminnan kannalta poltettavan materiaalin palakoko on oltava riittävän pieni, jotta leijutus onnistuu. Kattilassa on mahdollista polttaa hyvinkin kosteita polttoaineita polttoprosessin siitä kärsimättä.

Turpeelle ja puulle on jo olemassa omat vastaanotto/varastosiilot ja syöttölinjat kattilalle. Puujätteen syöttölinja yhtyy turpeen syöttölinjaan ja tarvittaessa puujätteen sekä turpeen syöttö kattilaan voidaan katkaista.

Savukaasun sisältämät kiintoaineet ovat pääosin lähtöisin tuhkasta ja palamatta jääneestä polttoaineesta sekä osittain myös hienojakoista petimateriaalia. Hiukkasten erotus savukaasuista tapahtuu sähkösuodattimilla, joiden erotusaste on korkea, n. 96–99 %:n luokkaa.

12.2 Alueen kierrätyspolttoaineen laatu

Käytössä olevien analyysitulosten keskiarvon mukaan alueelta saatava kierrätyspolttoaine on laatuluokaltaan enimmäkseen ref II. Laatuominaisuudet vaihtelevat paljon jätteen alkuperän mukaan.

Analyysitietojen perusteella alueelta kerätty kierrätyspolttoaine on suhteellisen kuivaa verrattuna puun ja turpeen arvoihin, mutta on samaa suuruusluokkaa kierrätyspuuhakkeen kanssa. VTT:n tutkimustuloksissa /17/ kierrätyspolttoaineen kosteuden vaihteluväli on 5–30 %, joten analyysitulosten keskiarvoinen kosteuspitoisuus (27 m-%) on ihan tyypillinen kierrätyspolttoaineelle. Kosteuspitoisuuteen vaikuttaa polttoaineen sisältämän muovin ja puun osuudet. Jos polttoaineessa on paljon muovia, on sen kosteus alhainen ja lämpöarvo korkea. Vastaavasti, jos polttoaine sisältää paljon puuta, on kosteus korkea ja lämpöarvo pienempi.

Kierrätyspolttoaineen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on korkeampi kuin puulla, puuhakkeella tai turpeella. Todennäköisesti muovin osuus kierrätyspolttoaineessa on korkeampi kuin puun osuus. Tuhkapitoisuus on odotetusti paljon korkeampi kuin muilla polttoaineilla. Korkea tuhkapitoisuus yhdessä natrium-, kalium- ja alumiinipitoisuuksien kanssa lisää kattilan likaantumiseriskiä.

Korkea klooripitoisuus saattaa johtua suuresta PVC-muovin osuudesta. Pitoisuus kierrätyspolttoaineessa on korkea verrattuna muihin kiinteisiin polttoaineisiin, mutta on normaalirajoissa verrattaessa VTT:n laboratoriotuloksiin. Korkea klooripitoisuus saattaa aiheuttaa kuumakorroosiota tulistin pinnoilla jo alhaisilla höyryn lämpötiloilla, n. 480 °C:ssa.

Raskasmetalli- ja haitta-ainepitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin puulla ja turpeella. Antimoni (Sb), arseeni (As), elohopea (Hg), kadmium (Cd), tallium (Tl) ja vanadiini (V) ovat myrkyllisiä jo pieninä pitoisuuksina. Varsinkin elohopea on vaikea puhdistettava savukaasuista ja se on yksi vaarallisimmista ympäristömyrkyistä.

12.3 Kierrätyspolttoaineen vaikutus päästöihin

Koska kierrätyspolttoaineen typpi- ja rikkipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin pääpolttoaineina käytettävillä turpeella ja puulla, niin hyvälaatuisen kierrätyspolttoaineen (ref I/II) rinnakkaispoltto ei juuri lisää savukaasun typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöjä. Sen sijaan kierrätyspolttoaineen korkea tuhkapitoisuus verrattuna turpeen ja puun tuhkapitoisuuteen, lisää savukaasun hiukkaspitoisuutta ja tämä asettaa vaatimuksia tehokkaalle hiukkaserotukselle, jotteivät hiukkaspitoisuudet kasvaisi kierrätyspolttoaineen käytön seurauksena.

Kloorivedyn (HCl) pitoisuus savukaasuissa kasvaa kierrätyspolttoaineen sisältämän kloorin takia. Kierrätyspolttoaine saattaa sisältää suuriakin määriä polyvinyylidikloridia eli tutummin PVC-muovia. PVC sisältää paljon klooria (56 p- %), jolloin rinnakkaispoltossa syntyvien savukaasujen dioksiini- ja furaanipitoisuudet saattavat kohota huomattavasti. Kloorin määrän vähentäminen kierrätyspolttoaineessa ei välttämättä onnistu, jolloin kloorivedyn vähentämiseksi savukaasuissa on savukaasukanavaan lisättävä esim. aktiivihiltä ja tehostettava hiukkasten erotusta. /20./

13 LASKENNALLISET PÄÄSTÖRAJA-ARVOT RINNAKKAISPOLTTOSSA ERILAISILLA SEOSSUHITEILLA

Laskennalliset päästöraja-arvot lisälmen voimalaitokselle poltettaessa kierrätyspoltoainetta, on esitetty liitteessä 5. Arvot on laskettu käyttämällä kaavaa 1, kohdan 6.5 ”Mittaustulosten määrittäminen”, mukaan. Taulukossa 5 on esimerkki päästöraja-arvoista (harmaa laatikko), kun polttoaineena käytetään turvetta 60 %, puuta 35 % ja refiä 5 %.

TAULUKKO 5 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa turve 60 %, puu 35 % ja ref 5 %.

pa	pa-osuus %	pa-osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttömäärä kg/s	syöttömäärä kg/h	SK-määrä m ³ /MJ	SK-määrä m ³ /kg	SK-määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	35	16,8	19,0	0,884	3183,158	0,38	7,22	6,384
ref	5	2,4	23,8	0,101	363,025	0,38	9,04	0,912
yhteensä	100	48	63,6	2,370	8530,798	1,16	24,584	18,816

Hiukkaset	48,06 mg/ m ³	19,22 mg/MJ
SO ₂	192,73 mg/ m ³	77,09 mg/MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/MJ

lisälmen voimalaitoksella turpeen osuus polttoaineseoksessa olisi aina 60 %:a, puun ja ref:n osuudet vaihtelisivat. Lämpöarvo eri polttoaineelle löytyy liitteestä 4 ”Vertailuarvoja puulle, turpeelle, kivihiilelle, ref:lle ja puuhakkeelle”. Polttoaineen osuus megawatteina saadaan, kun polttoaineosuus kerrotaan kattilan polttoaineteholla, eli tässä tapauksessa 48 MW:lla. Polttoaineen syöttömäärä saadaan jakamalla polttoaineosuus (MW) polttoaineen lämpöarvolla (MJ/kg). Savukaasumäärä m³/MJ arvot on otettu ympäristöministeriön päätöksen, annettu 16.6.2010, liitteestä 8 /21./ Esimerkiksi päästöraja-arvo rikkidioksidille (SO₂), kun poltetaan turvetta 60 %, jätepuuta 35 % ja kierrätyspoltoainetta 5 % polttoainetehosta, saadaan sijoittamalla arvot kaavaan 1:

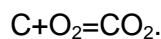
$$C_{SO_2} = \frac{0,912 \frac{m^3}{s} \times 50 \frac{mg}{m^3} + 17,904 \frac{m^3}{s} \times 200 \frac{mg}{m^3}}{0,912 \frac{m^3}{s} + 17,904 \frac{m^3}{s}} = 192,73 \frac{mg}{m^3} \quad (1)$$

$C_{jäte}$ ja $C_{prosessi}$ arvot löytyvät työn liitteistä 1 ja 2.

Vastaavalla tavalla laskettiin päästöraja-arvot hiukkasille, typenoksidoille (NOx) ja hiilimonoksidille (CO). $C_{prosessi}$ – arvoja ei jätteenpoltoasetuksessa ole määrätty vetykloridille (HCl), vetyfluoridille (HF) ja kokonaishiillelle (TOC). Näiden määrittämiseen asetus kehottaa käyttämään muualla laissa säädettyjä raja-arvoja tai, jos tällaisia säädöksiä ei ole, käytetään luvassa asetettuja päästöjen raja-arvoja. Jos luvassa asetettuja päästöjen raja-arvoja ei ole, on laskelmissa käytettävä todellisia massapitoisuuksia. Typenoksidien, hiilimonoksidin ja kokonaishiilen päästöt saattavat vaihdella paljonkin poltto-olosuhteista ja – prosessista riippuen, joten niiden arvot ovat vain suuntaa antavia. Vetykloridille ja vetyfluoridille suuntaa antavat päästöraja-arvot saatiin sijoittamalla kaavaan 1 $C_{jäte}$ ja $C_{prosessi}$ kohtiin arvot 10 mg/m^3 ja 50 mg/m^3 (HCl) sekä 1 mg/m^3 ja 5 mg/m^3 (HF). Päästöraja-arvoksi saatiin erilaisilla polttoaineseosuhteilla HCl:lle samat arvot kuin hiukaspäästöillekin eli $38,37\text{--}48,06 \text{ mg/m}^3$ ja HF:lle $3,84\text{--}4,81 \text{ mg/m}^3$.

13.1 Palamisilmantarve

Jotta voidaan laskea syntyvien savukaasujen ja siihen tarvittavan palamisilman määrä, on tiedettävä polttoaineen koostumus ja palamisreaktiot. Palamisreaktiot tapahtuvat yleensä monimutkaisten, eri välivaiheita sisältävien reaktioketjujen kautta. Tässä työssä on yksinkertaisuudessaan tarkasteltu polttoaineen palavien komponenttien reaktiota hapen kanssa ja esitetty palamisreaktiot nettoreaktioina. Esimerkiksi hiilen nettoreaktiokaava on



Tämä tarkoittaa sitä, että yksi mooli hiiltä tarvitsee yhden moolin happea palaakseen puhtaasti ja palamisen tuloksena syntyy yksi mooli hiilidioksidia./22./

Palamisilmantarpeen laskenta on aloitettu polttoaineen koostumustiedoista, jotka löytyvät liitteestä 4, sekä komponenttien ja hapen välisistä reaktioyhtälöistä. Laskuissa on laskettu palamisilmantarve yhtä polttoainekiloa kohti ($\text{kg}_i/\text{kg}_{pa}$). Liitteessä 4 ole-

vien polttoaineiden koostumus on ilmoitettu painoprosentteina ja ne on muutettu ensin kiloiksi polttoainekiloa kohti. Sen jälkeen arvot on muutettu kilomoleiksi per polttoainekilo siten, että komponentin määrä on jaettu komponentin molekyylipainolla eli atomimassalla (kuva 11). Atomimassa-arvot löytyvät jaksollisesta järjestelmästä esim. Tekniikan kaavastosta tai Maol-taulukkokirjasta. Näihin laskelmiin käytettiin apuna Markku Huhtisen et. al. 2004, Höyrykattilatekniikka-kirjaa /22./ Liitteessä 6 on esitetty syntyvät savukaasumäärät turpeelle, puulle ja ref:lle, kun kutakin polttoainetta poltetaan yksi kilo.

Komponentti	C	H2	S	O2	N2	H2O			
molek.paino kg/kmol	12,01	2,016	32,07	32,00	28,02	18,02			
Polttoaineena turve, jonka kosteus 53%					0,53				
Komponentti	määrä kg/kgpa (kuiva pa)	määrä kg/kgpa (kosteaa pa)	määrä kmol/kgpa (kuiva pa)	määrä kmol/kgpa (kost. pa)	O2-tarve kmol/kgpa	Reaktiotuote	Syntyvien sk määrä kmol/kgpa	Osuus kuivissa sk:ssa %	Osuus kost. sk:ssa %
C	0,572	0,269	0,0476	0,0224	0,0224	CO2	0,0224	19,53	14,21
H2	0,058	0,027	0,0288	0,0135	0,0068	H2O	0,0429	-	27,26
S	0,002	0,001	0,0001	0,00003	0,00003	SO2	0,00003	0,03	0,02
O2	0,326	0,153	0,0102	0,0048	-0,0048	-	-	-	-
N2	0,029	0,014	0,0010	0,0005	0,0000	N2	0,0922	80,44	58,51
H2O	0	0,530	0,0000	0,0294					
yhteensä					0,0244	kosteat	0,1575		100,00
						kuivat	0,1146	100,00	

KUVA 11 Esimerkissä turve, jonka kosteus 53 %. Komponentin määrä saadaan kilomoleiksi, kun komponentin määrä jaetaan atomimassalla.

Tietty moolimäärä hiiltä ja rikkiä tarvitsevat täydelliseen palamiseen saman moolimäärän happea, mutta vedyn palamiseksi tarvittava happimäärä on vain puolen vedyn moolimäärästä. Laskemalla yhteen eri komponenttien hapen tarve ja vähentämällä siitä polttoaineessa oleva hapen määrä, saadaan selville koko polttoaineen palamisen tarvitsema happimäärä./22./ Tässä tapauksessa tarvittava happimäärä on laskettu kaavan 3 mukaan, jolloin yksiköksi tulee kmol/kg_{pa} teoreettisessa eli stökiometrisessä, ilmakertoimella 1, tapahtuvassa palamisessa.

$$\begin{aligned} \frac{N_{O_2(teor)}}{m_{pa}} &= n_C + 0,5 * n_{H_2} + n_S - n_{O_2} & (3) \\ &= (0,0224 + 0,5 * 0,0135 + 0,00003 - 0,0048) \frac{kmol}{kg_{pa}} \\ &= 0,0244 \frac{kmol}{kg_{pa}} \end{aligned}$$

Palamiseen tarvittava happi saadaan ilmasta, joka sisältää hapen ja typen lisäksi muitakin kaasuja kuten argonia (0,94 til.-%), hiilidioksidia (0,03 til.-%) ja vetyä (0,01 til.-%). Kuivassa ilmassa on happea 21 % ja typpeä, johon sisällytetään argonin määrä, on 79 %. Edellä lasketun teoreettisen happimäärän perusteella voidaan laskea polttoaineen palamiseen tarvittava teoreettinen kuivailmamäärä kaavalla 4.

$$\frac{N_{i(teor)}}{m_{pa}} = \frac{N_{O_2(teor)}}{m_{pa}} * \frac{1}{0,21} \quad (4)$$

Teoreettiseksi kuivailmamääräksi saadaan tässä tapauksessa 0,1161 kmol/kg_{pa}. Käytännössä polttoaineen täydellinen palaminen ei onnistu teoreettisella minimi-ilmamäärällä, vaan tulipesään on syötettävä ilmaa laskettua enemmän. Kiinteät, vaikeammin poltettavat polttoaineet tarvitsevat suuremman ilmaylimäärän kuin helpommin palavat nestemäiset ja kaasumaiset polttoaineet. Todellisuudessa tarvittavan ilman ja teoreettisesti lasketun ilmamäärän suhdetta kuvataan ilmakertoimella (λ). Mitä suurempi ilmakerroin on, sitä enemmän ylimääräistä ilmaa menee tulipesään. Liian suuri ilmaylimäärä heikentää palamishyötysuhdetta. Vastaavasti, jos palaminen tapahtuu ali-ilmalla, savukaasuihin jää palamattomia hiilivetyjä sekä muodostuu häkää ja nokea. Tyypillisesti voimalaitoskattiloiden ilmakerroin on 1,0–1,5 joskus jopa 2,0. /22./ Tämän työn savukaasulaskuissa käytettiin ilmakerrointa 1,3. Todelliseksi ilmamääräksi laskettiin kaavan 5 mukaan 0,151 kmol/kg_{pa}.

$$\frac{N_{i(tod)}}{m_{pa}} = \frac{N_{i(teor)}}{m_{pa}} * \lambda \quad (5)$$

13.2 Savukaasujen koostumus

Polttoaineen koostumuksen ja palamisreaktioiden avulla saadaan määritetyksi syntyvien savukaasujen koostumus ja määrä. Niin monta moolia kuin polttoaineessa on palavia komponentteja, niin yhtä monta moolia syntyy palamistuotettakin. Palamistuotteiden lisäksi savukaasuissa on ilman mukana tullut typpi. Savukaasuihin tulee 3,79-kertainen määrä typpeä palamisen tarvitsemaan happeen verrattuna. Typen lisäksi savukaasuihin siirtyy polttoaineen muut mahdolliset palamattomat komponentit sellaisenaan, kuten esim. vesi. Kun tarkastellaan savukaasuja, puhutaan kosteista ja kuivista savukaasuista. Nämä on määritelty siten, että kosteat savukaasut pitävät sisällään savukaasujen vesihöyryn, mutta kuiviin savukaasuihin vesihöyryä ei laske- ta. Savukaasun koostumus voidaan esittää kaavana seuraavasti, (kaava 6) /22./

$$\frac{N_{sk(teor)}}{m_{pa}} = n_C + n_{H_2} + n_S + 3,76 * \frac{N_{O_2(teor)}}{m_{pa}} + n_N + n_{H_2O} \quad (6)$$

Kun kaavaan 6 sijoitetaan kuvassa 12 näkyvät arvot, saadaan tässä tapauksessa selville savukaasun koostumus, kun poltetaan kilo turvetta.

$$\begin{aligned} \frac{N_{sk(teor)}}{m_{pa}} &= (0,0224 + 0,0135 + 0,00003 + 3,76 + 0,0244 + 0,0005 + 0,0294) \frac{kmol}{kg_{pa}} \\ &= 0,1575 \frac{kmol}{kg_{pa}} \end{aligned}$$

Jos savukaasut halutaan muuttaa kiloiksi, tulee komponenttien moolimäärät kertoa niiden molekyylipainolla. Vastaavasti, jos moolit halutaan muuttaa tilavuusyksiköiksi, tulee luvut kertoa moolitilavuuksilla. Useimpien kaasujen moolitilavuudeksi riittää 22,4 l/mol./22./ Tätä arvoa käytettiin myös tässä työssä.

Todellinen savukaasu määrä saadaan selville, kun tiedetään polttoaineen ilmantarve ja syntyvien savukaasujen määrä teoreettisessa palamisessa ($\lambda=1$). Tämä voidaan ilmaista kaavan 7 avulla. /22./

$$\frac{N_{sk(tod)}}{m_{pa}} = \frac{N_{sk(teor)}}{m_{pa}} + (\lambda - 1) * \frac{N_{i(teor)}}{m_{pa}} \quad (7)$$

Kun kaavaan 7 sijoitetaan edellä lasketut arvot, saadaan todelliseksi savukaasumääräksi 0,1924 kmol/kg_{pa} poltettaessa kilo turvetta.

14 LASKENNALLISET OMINAISPÄÄSTÖT

Ominaispäästöjen laskemiseen käytettiin apuna Erkki Sulkalan VTT:lle tekemää työtä /23/ joka pohjautuu standardiin SFS 5624. Poltossa syntyvä ominaispäästö määrä saadaan lasketuksi kaavalla 8.

$$q_e = c_m \lambda k Q_s, \text{ jossa} \quad (8)$$

q_e = ominaispäästö sisään syötettyä energiayksikköä kohti, [mg/MJ]

c_m = savukaasusta mitattu epäpuhtauspitoisuus kuivassa savukaasussa normaalitilassa [mg/m³n]. Tässä työssä käytettiin liitteen 3, taulukon 1 arvoja.

λ = ilmakerroin

k = polttoaineen kosteudesta johtuva kerroin

Q_s = kuivan polttoaineen palamisesta syntyvä kuiva savukaasumäärä energiayksikköä kohti [m³n/MJ]

Ilmakerroin on laskettu kaavan 9 mukaan.

$$\lambda = \frac{20,95}{20,95 - E_m}, \text{ jossa} \quad (9)$$

luku 20,95 on polttoilmassa olevan hapen tilavuusprosentuaalinen osuus ja

E_m = savukaasuista mitattu happipitoisuus. Ominaispäästölaskuissa käytettiin arvioitua happipitoisuutta 6,5 % jolloin ilmakerroin arvoksi saatiin 1,45.

Polttoaineen kosteudesta riippuva kerroin k saadaan laskettua yhtälöstä 10

$$k = \frac{H_k}{H_k - H_v}, \text{ jossa} \quad (10)$$

H_k = polttoaineen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo [MJ/kg_{pa}]

H_v = kosteuden haihduttamiseen kuluva lämpömäärä [MJ/kg_{pa}].

H_v saadaan laskettua kaavan 11 mukaan

$$H_v = w_k I_v \quad , \text{ jossa} \quad (11)$$

w_k = polttoaineessa olevan veden ja kuiva-aineen massasuhde

I_v = veden höyrystymislämpö, joka +25 °C:ssa on 2,441 MJ/kg

w_k saadaan selville kaavasta 12

$$w_k = \frac{w_m}{1 - w_m} \quad , \text{ jossa} \quad (12)$$

w_m = veden ja kostean polttoaineen massasuhde

Kuvassa 12 on edellä esitettyjen kaavojen mukaan lasketut ominaispäästöarvot turpeelle, jätepuulle ja kierrätyspolttoaineelle, kun niitä poltetaan suhteella 60/35/5.

	Turpe	Puu	ref	
	60	35	5	
Pa-osuus %	60	35	5	
Määrä kg	1,385	0,884	0,101	
Muodostuva sk (m3/kg)	7,564	4,263	0,530	
veden höyrystymislämpö, I_v (MJ/kg)	2,441	2,441	2,441	
veden ja kost. Pa:n massasuhde, w_m	0,734	0,486	0,027	
veden ja kuiva-ain. massasuhde, w_k	2,760	0,946	0,028	
pa:n teh. lämpöarvo, H_k (MJ/kg)	28,808	16,796	2,404	
kost.haih.Kul. Lämpömäärä, H_v (MJ/kg)	6,737	2,310	0,068	
λ	1,450	1,450	1,450	
pa:n kosteudesta riippuva kerroin, k	1,305	1,159	1,029	
sk määrä, Q_s (m3/MJ)	0,263	0,254	0,221	
sk:sta mit.epäpuht.pit.(SO2) C_m (mg/m3)	49	29,40	17,15	2,45
ominaispäästö,(SO2) q_e (mg/MJ)	14,61	7,317	0,807	22,73
sk:sta mit.epäpuht.pit.(NOx) C_m (mg/m3)	345	207,00	120,75	17,25
ominaispäästö,(NOx) q_e (mg/MJ)	102,86	51,52	5,68	160,05
sk:sta mit.epäpuht.pit.(CO) C_m (mg/m3)	46	27,60	16,10	2,30
ominaispäästö,(CO) q_e (mg/MJ)	13,71	6,87	0,76	21,34

työn liitteestä 3

KUVA 12 Laskennalliset ominaispäästöarvot, kun turpeen osuus on 60 %, jätepuun 35 % ja ref:n 5 % polttoainemäärästä.

Ominaiskaasumäärä eli Q_s lasketaan syntyneen savukaasumäärän ja syötettävän kuiva-aineen tehollisen lämpöarvon perusteella. Savukaasumäärä saadaan laskettua joko polttoaineen alkuainekoostumuksen tai savukaasusta mitatun CO_2 -pitoisuuden perusteella./23./ Koska näissä laskelmissa ei ollut mahdollisuutta käyttää todellisia mitattuja arvoja, on laskelmat tehty alkuainekoostumukseen perustuen. Savukaasulaskut on tehty olettaen, että palamisessa syntyy päästökaasuina vain happea, typpeä sekä hiili- ja rikkidioksidia. Useinkaan näin ei ole vaan palaminen on epätäydellistä, jolloin poltossa syntyy myös hiilimonoksidia eli häkää, nokea, NO_x - ja hiilivety-päästöjä. Nämä päästöt ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niitä oteta huomioon savukaasulaskuissa. Liitteessä 7 on esitetty ominaispäästöt erisuuruksilla polttoaineen syöttömäärillä. Turpeen osuus polttoainemäärästä on aina 60 %.

15 YHTEENVETO

15.1 Voimalaitoksen valmiudet kierrätyspolttoaineen polttoon

Kattilassa voidaan teknisesti polttaa turpeen ja puun ohessa hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta, edellyttäen ettei se sisällä juurikaan metalleja sekä kloorin ja alkalien määrää on vähäinen.

Kierrätyspolttoaineen vastaanotto, varastointi ja syöttö saattaa aiheuttaa haasteita, sillä jätemateriaalin käsittelyominaisuudet ovat erilaiset kuin turpeella ja puulla. Keveytensä ja kokoonpuristuvuutensa vuoksi kierrätyspolttoaine saattaa holvaantua helposti siiloihin ja kuljetuslaitteisiin. Polttoaineen syöttö tulipesään on tapahduttava tasaisesti ja niin, että polttoaine pysyy löyhänä.

Turpeen ja puujätteen vastaanotto/varastosiilojen yhteyteen pitänee rakentaa kierrätyspolttoaineelle vastaanottosiilo ja syöttölinjasto, joka yhtyy turpeen ja puun syöttöön. Jätteenpolttoasetus (362/2003) edellyttää automaattista järjestelmää, jolla voidaan estää jätteen syöttö tulipesään esimerkiksi silloin, kun polttolaitosta käynnistetään ja savukaasun lämpötila ei ole saavuttanut 850 °C, tai polton aikana, jos lämpötila alittaa 850 °C tai jatkuvat mittaukset osoittavat jonkun päästöraja-arvon ylittyvän puhdistuslaitteessa ilmenneen häiriön tai vian takia.

Varastointitilat eivät välttämättä ole tarpeen, jos kierrätyspolttoainetta on tarkoitus käyttää vain huippukuukausien eli marraskuusta maaliskuulle välisenä aikana. Kierrätyspolttoaineen toimittajat voisivat toimittaa polttoaineen suoraan laitokselle omista varastoistaan. Jos voimalaitoksella päädytään kierrätyspolttoaineen koepolttoon ja mittaukset osoittavat ref:n sopivan myös osakuormalla ajoon, niin silloin saattaisi olla tarpeen varastosiilon rakentaminen.

15.2 Kuinka lähellä päästörajoja ollaan

Taulukossa 6 on esitetty päästöraja-arvot sekä ominaispäästöt, mitä laskennallisesti syntyy lisälmen voimalaitoksella erilaisilla polttoaineseoksilla. Arvot on poimittu tämän työn liitteistä 5 ja 7. Rikkidioksidin (SO₂) osalta jäädään reilusti alle päästörajojen, hiilimonoksidin (CO) päästöt ylittyvät hivenen, mutta typenoksidit (NO_x) ylittyvät rei-

lusti päästöraja-arvoista. NO_x -arvoihin voitaneen vaikuttaa ilman vaihteistuksella, hyvällä polttoaineen sekoituksella sekä sopivalla polttoaineen palakoolla, jolloin leijutus ja palaminen kattilassa onnistuu hyvin.

Taulukko 6 Laskennalliset päästöraja-arvot ja ominaispäästöarvot erilaisilla polttoaineesuuksilla.

Polttoaineesuudet % (turve/puu/ref)	Päästöraja-arvot [mg/MJ]			Ominaispäästöt [mg/MJ]		
	SO ₂	NO _x	CO	SO ₂	NO _x	CO
60/35/5	77,09	80,00	20,00	22,73	160,05	21,34
60/30/10	74,18	80,00	20,00	22,38	157,56	21,01
60/25/15	71,28	80,00	20,00	22,09	155,52	20,74
60/20/20	68,37	80,00	20,00	21,84	153,78	20,50

Taulukkoon 7 on tämän työn liitteestä 3 poimittu mitatut päästöarvot lisälmen voimalaitoksella, kun kattilassa poltetaan turvetta ja puuta. Mittaukset on tehty osakuormalla (27 MW) sekä huippukuormalla (30 MW). Kuten taulukosta huomataan, ovat päästöt pienemmät täydellä teholla kuin osakuormalla ajettaessa. Tämä johtune siitä, että savukaasu on kuumempaa ja viipymäaika kanavastossa on pienempi, jolloin haitta-aineet eivät ennätä muodostaa hiukkasia vaan kulkeutuvat pitemmän matkaa kaasumaisessa muodossa.

Taulukko 7 Mitatut päästöt lisälmen voimalaitoksella yleisesti käytössä olevalla teholla (27 MW) ja täydellä teholla (30 MW).

Teho (keskimääräinen)	Mitattu päästö [mg/MJ]		
	SO ₂	NO _x	CO
27 MW	33,6	135,5	24,7
30 MW	18,7	133,2	17,6

Laskennallisesti kierrätyspolttoaineen polttaminen turpeen ja puun seassa ei näyttäisi lisäävään merkittävästi päästöjä muun kuin typenoksidien osalta. Luotettavimmin päästöjen määrä selviää koepoltolla, koska poltossa tapahtuu monimutkaisia reaktioita ja eri polttoaineet reagoivat erilailla keskenään.

Asiantuntija Pasi Vainikka /24/ VTT:ltä arvioi, etteivät dioksiinit ja metallipäästöt tule olemaan ongelmana, jos polttoaineen sekoitus ja -syöttö kattilaan ovat kunnossa, kattilalämpötilat pysyvät hallinnassa ja sähkösuodatin toimii häiriöttä. Hän arvioi, että vetykloridi (HCl) -päästö kasvaneen suorassa suhteessa kattilaan menevään klooriin

nähdessä. Mangaanin (Mn) osuus päästöissä tulenee olemaan rajoittava tekijä, mutta sen päästöarvo voitaneen sopia järkeväksi viranomaisen kanssa niin, että luvassa otetaan huomioon poltettavan puun luonnostaan korkea mangaani-osuus.

Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskuksen (ELY) asiantuntija Kimmo Koistinen /25/ antoi samansuuntaisen arvion, etteivät päästöpitoisuudet tulene nousemaan merkittävästi lisälmen tapauksessa, joten kierrätyspoltoaineen käyttö päästöjen suhteen voisi onnistua. Kattilaan vaadittaneen asennettavaksi lisäpoltin, jolla savukaasun lämpötila nostetaan VNa 362/2003 9 §:n vaatimaan 850 °C:seen, jos nykyisellä tekniikalla lämpötilaa ei saavuteta.

15.3 Mittauslaitteiden tarve

Jätteenpoltoasetuksen (362/2003) mukaan jätettä poltettaessa on jatkuvatoimisesti mitattava ilmaan johdettavista päästöistä typenoksideja (NO_x), hiilimonoksidi (CO), hiukkasten kokonaismäärä, orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC), suolahappo (HCl), fluorivety (HF) ja rikkidioksidi (SO₂).

Prosessin toimintaan liittyen on jatkuvatoimisesti mitattava uunin sisäseinän läheisyydestä lämpötilaa, savukaasun lämpötilaa, happipitoisuutta, painetta ja vesihöyrysisältöä. Lisäksi kaksi kertaa vuodessa on ulkopuolisen päästömittaajan mitattava raskasmetallit, dioksiinit ja furaanit tai, jos kohdassa 6.4 mainitut päästömittausten erityissäännöt ja helpotukset täyttyvät, ei raskasmetalleja tarvitse mitata kuin kerran kahdessa vuodessa ja dioksiinit ja furaanit kerran vuodessa.

Jos toiminnanharjoittaja pystyy osoittamaan käyttävänsä lajiteltua ja tunnettua jätejätettä, joka tulee tietyltä toimialalta ja tietyltä toimittajalta, ei jatkuvia mittauksia tarvitse tehdä suolahapolle (HCl), fluorivedylle (HF) ja rikkidioksidille (SO₂). Tällöin on pystyttävä osoittamaan, että mainittujen epäpuhtauksien päästöt eivät missään olosuhteissa voi ylittää asetettujen päästöjen raja-arvoja. Tällöin riittää, että edellä mainituista epäpuhtauksista tehdään määräaikaisten mittaukset samalla, kun tehdään mittaukset raskasmetalleille, dioksiinille ja furaanille.

lisälmen tapauksessa jatkuvatoimiset mittauslaitteet tulisi hankkia ainakin typenoksideille (NO_x), orgaaniselle hiilelle (TOC) ja hiukkasille. Tarvittaessa mittauslaitteet on hankittava myös suolahapon (HCl), fluorivedyn (HF) ja rikkidioksidin (SO₂) seurantaan varten. Ympäristöluvan mukaisesti lisälmen voimalaitoksella seurataan jatkuvatoimi-

sesti kattilan käyntiä, savukaasun lämpötilaa ja happipitoisuutta (O₂) sekä hiilimonoksidipitoisuutta (CO). Lisäksi kolmen vuoden välein tehdään ulkopuolisen päästömittaajan toimesta mittaukset hiukkas-, rikkidioksidi- ja typenpäästöille.

16 JATKOTOIMENPITEET

Saatujen laskennallisten tulosten perusteella, voisi laitokselle suositella teknistä koetta (koepolttoa), jolla selvitetäisiin erilaisilla kierrätyspolttoainemäärillä ja -osuuksilla polttoaineen soveltuvuus kyseiselle laitokselle sekä mitattaisiin seospoltosta syntyvät päästöt ulkopuolisen mittaajan toimesta. Koepoltosta tulee tehdä koetoimintailmoitus asianomaiselle ympäristöviranomaiselle, lisälmen tapauksessa aluehallintovirastoon.

Kierrätyspolttoaineen valmistajan/toimittajan kanssa tulee olla tehtynä kirjallinen sopimus, josta selviää polttoaineen pääasiallinen alkuperä, laatu, materiaalipohja, toimintustapa ja -ehto, tarvittavat luvat ja ilmoitukset, toiminnan seuranta, dokumentointi ja raportointi sekä vastuu vahingoista. /12./

Kierrätyspolttoaineen käyttäminen tulee aloittaa varovasti, jotta vältetään mahdollisilta kattilan käyttöongelmilta sekä ylimääräiseltä ympäristökuormitukselta. Ref:n käyttö lisäänee tuhkan määrää kattilassa, mikä voi aiheuttaa käyttöongelmia. Tuhkan lisääntyminen hankaloittaa petimateriaalin leijutusta, minkä seurauksena kattilan lämpötila saattaa nousta nopeastikin ja aiheuttaa tuhkan sulamisen. Lisäksi tuhka aiheuttaa tulistin pintojen korroosiota sekä pohjatuhkan lisääntymistä. Tästä aiheutuu lisäkustannuksia tuhkan käsittelyyn sekä kuljetukseen. Koska polttoainekoostumus muuttuu, on tuhkalle tehtävä liukoisuuskokeet ja selvittävä tuhkan haitta-ainepitoisuudet. Jos tuhka sisältää liikaa haitta-aineita, ei sitä voida enää hyödyntää lisälmen lentokentän kiitotien jatkeena. Jos tuhkasta tulee ongelmajätettä, niin sen käsittely ja loppusijoitus nostaa kustannuksia, mikä tulee ottaa huomioon kustannuksia arvioitaessa.

Koepolton tavoitteena olisi selvittää kierrätyspolttoaineen soveltuvuus leijukerroskattilan rinnakkaispolttoaineeksi ennen ympäristöluvan uusimista. Koepolttokokeet voisi suorittaa täydellä teholla marraskuun 2012 ja maaliskuun 2013 välisenä aikana seossuhteiden ollessa (turve/puu/ref) 60/35/5, 60/30/10, 60/25/15 ja 60/20/20. Mikäli laitoksen toiminnassa ei ilmene merkittäviä ongelmia, eivätkä päästöt nouse merkittävästi, voisi koetta jatkaa keväällä osakuormakokeilla seossuhteiden pysyessä samana. Koetoimintajaksot eri polttoainesuhteille voisivat kestää vähintään viisi vuorokautta, koska tätä lyhyemmät jaksot eivät välttämättä antaisi riittävän luotettavia tuloksia.

Jos voimalaitoksen toiminnassa ei koepolton aikana ilmene merkittäviä ongelmia eivätkä päästöt ylitä määrättyjä raja-arvoja, niin Savon Voimalla tulisi tehdä päätös

ref:n poltosta ko. laitoksella ja tehdä selvitys erilaisista kustannuksista, joita koituu seospoltosta. Kierrätyspolttoaineen käyttö lisää yleensä kattilalaitosten huoltotarvetta, jolloin kunnossapidon kustannukset nousevat. Kustannuksia tulee lisäinvestoinnista polttoaineen syöttölaitteisiin sekä mahdollisen varastosiilon rakentamisesta kierrätyspolttoaineelle. Lisäksi tulee selvittää, riittääkö sähkösuodatin savukaasujen puhdistukseen vai onko rinnalle asennettava esim. letkusuodatin tai savukaasupesuri. Jätteenpolttoasetus vaatii jatkuvatoimiset päästömittauslaitteet, jolloin niiden hankinta-, käyttö- ja huoltokustannukset kannattaa selvittää ennen uuden ympäristöluvan hankintaa. Lisäksi jätteenpolttoasetus vaatii polttouuniin vähintään yhden lisäpolttimen, joka kytkeytyy automaattisesti päälle, jos savukaasujen lämpötila ei saavuta 850 °C viimeisen polttoilman syötön jälkeen. Lisäkustannuksia tulenee myös tuhkan käsittelystä.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö. 2008. *Jätteen poltto* [verkkosivu]. [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=3319&lan=fi>
2. Hakkarainen, H. 2007. *Jätteenpolttoasetuksen vaikutukset Itä-Suomessa energiajätteen käsittelijöiden kokemina* [verkkojulkaisu]. Joensuun yliopisto. Yhteiskuntatieteen Pro gradu-tutkielma [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa:
www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=80667
3. Myllymaa, T., Tohka, A., Dahlbo, H. & Tenhunen, J., 2006. *Ympäristönäkökulmat jätteen hyödyntämisessä energiana ja materiaalina* [verkkojulkaisu]. Suomen Ympäristökeskus. Taustaselvitys. Osa 3. [viitattu 29.3.2011]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=210661&lan=fi>
4. Ympäristöministeriö. 2008. *Kohti kierrätysyhteiskuntaa* [verkkojulkaisu]. Helsinki. [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=309523&lan=FI>
5. Savon Voiman www-sivu [viitattu 25.1.2011]. Saatavissa:
<http://www.savonvoima.fi/Sivut/default.aspx>
6. Pohjois-Savon Ympäristökeskus 2005. *Ympäristölupapäätös*. Dnro PSA-2004 -Y-284 -111. 2005. [verkkotiedote, PDF]. 5.7.2005. Kuopio. [viitattu 25.1.2011] Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=140335&lan=FI>
7. Kauppinen, Jukka 2011. Automaatiopäällikkö. Savon Voima Oyj. Iisalmi 12.1.2011. Henkilökohtainen tiedonanto.
8. Suorsa, Kalevi 2011. Käyttöpäivystäjä. Savon Voima Oyj. Iisalmi 28.1.2011. Henkilökohtainen tiedonanto.
9. Mäyrä, Jorma 2011. Lämpöasentaja. Savon Voima Oyj. Iisalmi 28.1.2011. Henkilökohtainen tiedonanto.
10. Foster Wheeler. Energia Oy. Salmivoima. Iisalmi. *Toimintakuvaukset ja kunnossapito-ohjeet 15.1.2003*. Kansio. Iisalmen voimalaitoksen valvomo.

11. Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. *Voimalaitostekniikka*. Keuruu: Opetushallitus
12. SFS 5875, 2000. *Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1-29.
13. Vesanto, P., Hiltunen, M., Moilanen, A., Kaartinen, T., Laine- Ylijoki, J., Sipilä, K. & Wilén, C., 2007. *Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö* [verkkajulkaisu]. Helsinki: VTT:n tiedotteita. [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf>
14. *Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta* L 362/2003. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030362>
15. Koskinen, J. 2006. *Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa* [verkkajulkaisu]. Suomen ympäristökeskus. Taustaselvitys. Osa 1. [viitattu 13.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=209490&lan=fi>
16. Electrowatt-Ekono Oy. 2003. *Uusien säädösten vaikutus savukaasupäästöjen mittauksiin* [verkkajulkaisu]. Helsinki. Tutkimusraportti. [viitattu 14.4.2011]. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/julkaisut/ymparistopooli/tutkimusaineisto/uusien%20s%C3%A4%C3%A4d%C3%B6sten%20vaikutus%20savukaasumittauksiin.html>
17. Alakangas, E. 2000. *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia* [verkkajulkaisu]. Espoo. VTT:n tiedotteita. [viitattu 4.4.2011]. Saatavissa: www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf
18. Kauppinen, J. Automaatiopäällikkö. Savon Voima Oyj. Mittaustulokset [sähköpositiivisesti/liite]. Vastaanottaja Päivi Ryhänen. Lähetetty 8.4.2011 [viitattu 9.4.2011].
19. Tolvanen, M. 2004. *Mass balance determination for trace elements at coal-, peat- and bark-fired power plants*. Espoo: Otamedia Oy. VTT:n julkaisuja.

20. Jalovaara, J., Aho, J., Hietamäki, E. & Hyytiä, H., 2003. *Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW polttolaitoksissa Suomessa* [verkkójulkaisu]. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. [viitattu 25.4.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=23847&lan=fi>

21. Ympäristöministeriön päätös, 2010. *Olemassa olevien suurten polttolaitosten rikkioksiidi-, typenoksiidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamista koskevan suunnitelman muuttamisesta* [verkkójulkaisu]. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.

[viitattu 2.11.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=124521&lan=fi>

22. Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H., 2004. *Höyrykattilatekniikka*. Helsinki: Opetushallitus.

23. Sulkala, E., 2005. *Excel-pohjainen polton päästöjen laskentaohjelma*

[verkkójulkaisu], Jyväskylä. VTT. [viitattu 2.11.2011]. Saatavissa:

<http://www.omasivusto.info/~erkkisul/ohjelmataulukolla.pdf>

24. Vainikka, P. Tutkija ja asiantuntija. VTT. [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Päivi Ryhänen. Lähetetty 6.9.2011 [viitattu 3.2.2012].

25. Koistinen, K. Ympäristösuojelun asiantuntija. ELY. [puhelinkeskustelu]. 29.8.2011

Kuvien käyttöluvan ovat myöntäneet Savon Voima Oy ja yliopettaja Merja Tolvanen. Kuvat 3–6, 11 ja 12 ovat allekirjoittaneen.

Jätteenpolttoasetuksen (362/2003) ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot

Taulukko 1 Polttolaitosten ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvojen vuorokausikeskiarvot NTP:ssa.

Hiukkasten kokonaismäärä	10 mg/m ³
Kaasumaiset ja höyrymäiset orgaaniset aineet orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC)	10 mg/ m ³
Suolahappo (HCl)	10 mg/ m ³
Fluorivety (HF)	1 mg/ m ³
Rikkidioksidi (SO ₂)	50 mg/ m ³
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO ₂) typpidioksidina; koskee käytössä olevia polttolaitoksia, joiden nimelliskapasiteetti on yli 6 tonnia/tunti, sekä muita kuin käytössä olevia polttolaitoksia	200mg/ m ³ (*)
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO ₂) typpidioksidina; koskee käytössä olevia polttolaitoksia, joiden nimelliskapasiteetti on enintään 6 tonnia/tunti	400mg/ m ³ (*)

(* Tammikuun 1 päivään 2007 saakka NO_x -päästöjen raja-arvoa ei sovelleta laitokseen, jossa poltetaan ainoastaan ongelmajätteitä.

Ympäristöluvassa voidaan käytössä olevan polttolaitoksen NO_x -päästöjen raja-arvojen osalta määrätä, että

- nimelliskapasiteetiltaan enintään 6 tonnia tunnissa olevien laitosten vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 500 mg/m³ 1 päivään tammikuuta 2008 saakka,
- nimelliskapasiteetiltaan yli 6 tonnia mutta enintään 16 tonnia tunnissa olevien laitosten vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 400 mg/ m³ 1 päivään tammikuuta 2010 saakka ja
- nimelliskapasiteetiltaan yli 16 tonnia mutta alle 25 tonnia tunnissa olevien laitosten, jotka eivät aiheuta päästöjä veteen, vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 400 mg/ m³ 1 päivään tammikuuta 2008 saakka.

Käytössä olevan polttolaitoksen ympäristöluvassa voidaan määrätä, että hiukkaspäästö on enintään 20 mg/ m³ vuosikausikeskiarvona 1 päivään tammikuuta 2008 saakka.

Taulukko 2 Polttolaitosten ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvojen puolen tunnin keskiarvot NTP:ssa.

	(100 %) A	(97 %) B
Hiukkasten kokonaismäärä	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Kaasumaiset ja höyrymäiset orgaaniset aineet orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC)	20 mg/m ³	10 mg/m ³
Suolahappo (HCl)	60 mg/m ³	10 mg/m ³
Fluorivety (HF)	4 mg/m ³	2 mg/m ³
Rikkidioksidi (SO ₂)	200 mg/m ³	50 mg/m ³
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO ₂) typpidioksidina; koskee käytössä olevia polttolaitoksia, joiden nimelliskapasiteetti on yli 6 tonnia/tunti, sekä muita kuin käytössä olevia polttolaitoksia	400 mg/m ³ (*)	200 mg/m ³ (*)

(* Tammikuun 1 päivään 2007 saakka NO_x -päästöjen raja-arvoa ei sovelleta laitoksiin, joissa poltetaan ainoastaan ongelmajätteitä.

Käytössä olevan polttolaitoksen, jonka nimelliskapasiteetti on 6—16 tonnia tunnissa, ympäristöluvassa

voidaan määrätä NO_x -päästöjen raja-arvoksi 1 päivään tammikuuta 2010 saakka raja-arvo, jonka mukaan puolen tunnin keskiarvo ei ole suurempi kuin 600 mg/m³ sarakkeen A osalta tai suurempi kuin 400 mg/m³ sarakkeen B osalta.

Taulukko 3 Vähintään 30 minuutin ja enintään 8 tunnin näytteenottoajan kuluessa mitatut kaikki keskiarvot NTP:ssa.

Kadmiun ja sen yhdisteet kadmiumina (Cd)	yhteensä 0,05 mg/ m ³	yhteensä 0,1 mg/ m ³ (*)
Tallium ja sen yhdisteet talliumina (Tl)		
Elohopea ja sen yhdisteet elohopeana (Hg)	0,05 mg/ m ³	0,1 mg/ m ³
Antimoni ja sen yhdisteet antimonina (Sb)	yhteensä 0,5 mg/ m ³	yhteensä 1 mg/ m ³ (*)
Arseeni ja sen yhdisteet arseenina (As)		
Lyijy ja sen yhdisteet lyijynä (Pb)		
Kromi ja sen yhdisteet kromina (Cr)		
Koboltti ja sen yhdisteet kobolttina (Co)		
Kupari ja sen yhdisteet kuparina (Cu)		
Mangaani ja sen yhdisteet mangaanina (Mn)		
Nikkeli ja sen yhdisteet nikkelinä (Ni)		
Vanadiini ja sen yhdisteet vanadiinina (V)		

(* Tammikuun 1 päivään 2007 saakka raja-arvot käytössä olevalle polttolaitokselle, jolle on myönnetty ympäristölupa ennen 31 päivää joulukuuta 1996 ja jossa poltetaan ainoastaan ongelmajätteitä.

Taulukon raja-arvot koskevat myös kyseisten raskasmetallien ja niiden yhdisteiden kaasumaisia ja höyrymäisiä päästöjä.

Dioksiinit ja furaanit

Keskiarvot on määritettävä vähintään kuuden ja enintään kahdeksan tunnin pituisen näytteenottojakson aikana.

Raja-arvo viittaa dioksiinien ja furaanien kokonaispitoisuuteen, joka määritetään toksisuusekvivalentteina jäljempänä olevien arvojen mukaisesti:

Dioksiinit ja furaanit	0,1ng/m ³
------------------------	----------------------

	Toksisuusekvivalentti- kerroin
2,3,7,8 — Tetraklooridibentsodioksiini (TCDD)	1
1,2,3,7,8 — Pentaklooridibentsodioksiini (PeCDD)	0,5
1,2,3,4,7,8 — Heksaklooridibentsodioksiini (HxCDD)	0,1
1,2,3,6,7,8 — Heksaklooridibentsodioksiini (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9 — Heksaklooridibentsodioksiini (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,6,7,8 — Heptaklooridibentsodioksiini (HpCDD)	0,01
— Oktaklooridibentsodioksiini (OCDD)	0,001
2,3,7,8 — Tetraklooridibentsofuraani (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8 — Pentaklooridibentsofuraani (PeCDF)	0,5
1,2,3,7,8 — Pentaklooridibentsofuraani (PeCDF)	0,05
1,2,3,4,7,8 — Heksaklooridibentsofuraani (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8 — Heksaklooridibentsofuraani (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9 — Heksaklooridibentsofuraani (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8 — Heksaklooridibentsofuraani (HxCDF)	0,1
1,2,3,4,6,7,8 — Heptaklooridibentsofuraani (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9 — Heptaklooridibentsofuraani (HpCDF)	0,01
— Oktaklooridibentsofuraani (OCDF)	0,001

Hiilimonoksidi

Seuraavat hiilimonoksidipitoisuuksien (CO) raja-arvot eivät saa ylittyä (lukuun ottamatta käynnistys- ja pysäytysvaihetta) savukaasuissa:

- 50 mg/m³ savukaasua vuorokausikeskiarvona,
- 150 mg/m³ savukaasua vähintään 95 prosentissa kaikista 10 minuutin keskiarvoina määritetyistä mittauksista tai 100 mg/m³ savukaasua kaikissa puolen tunnin keskiarvoina määritetyissä mittauksissa.

Kummassakaan tapauksessa raja-arvo ei saa ylittyä minkä tahansa 24 tunnin jakson aikana. Ympäristöluvassa voidaan määrätä, että leijukerrostekniikkaa käyttävän polttolaitoksen hiilimonoksidin päästöjen raja-arvo on enintään 100 mg/m³ tuntikeskiarvona.

Erityissäännökset koskien energiantuotantolaitoksia

Vuorokausikeskiarvojen laskemiseen tarvitaan ainoastaan puolen tunnin keskiarvoja.

Taulukko 1 Vuorokausikeskiarvot (C_{prosessi}) kiinteiden polttoaineiden osalta mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %).

Epäpuhtaus	< 50 MW _{th}	50–100 MW _{th}	100–300 MW _{th}	>300 MW _{th}
SO ₂				
Kiinteät polttoaineet yhteensä		850	200	200
Turve		400	400–200 (lineaarinen vähennys 100:sta 300 MW _{th} :iin)	200
NOx		400	200	150
Hiukkaset	50	50	30	30

Taulukko 2 Vuorokausikeskiarvot (C_{prosessi}) biomassan osalta mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %):

Epäpuhtaus	< 50 MW _{th}	50–100 MW _{th}	100–300 MW _{th}	>300 MW _{th}
SO ₂		200	200	200
NOx		350	300	150
Hiukkaset	50	50	30	30

Kokonaispäästöjen raja-arvot (C) ilmaistaan mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %). Vähintään 30 minuutin ja enintään 8 tunnin näytteenottoajan kuluessa mitattavat kaikki keskiarvot ovat taulukon 3 mukaiset:

Taulukko 3 Kokonaispäästöjen raja-arvot (C).

Epäpuhtaus	C
Cd+Tl	0,05
Hg	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5

Kokonaispäästöjen raja-arvot ilmaistaan ng/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %). Vähintään 6 tunnin ja enintään 8 tunnin näytteenottoajan kuluessa mitattavat kaikki keskiarvot ovat taulukon 4 mukaiset:

Taulukko 4 Kokonaispäästön raja-arvo (C) dioksiinille ja furaanille.

Epäpuhtaus	C
Dioksiinit ja furaanit	0,1

Yhteenveto voima- ja lämpölaitosten mittaustuloksista

TAULUKKO 1 Yhteenveto Iisalmen voimalaitoksen (48 MW) leijukerroskattilan mittaustuloksista./18./

Teho (keskimääräinen)	27 MW			30 MW		
savukaasun lämpötila [°C]	137,1			135,0		
savukaasun CO ₂ -pitoisuus [%]	12,8	±	0,8	13,1	±	0,7
CO ₂ -päästö [g/MJ]	100,0	±	5,6	103,0	±	5,7
savukaasun O ₂ -pitoisuus [%]	6,6	±	1,0	6,2	±	0,8
savukaasun kosteuspitoisuus [%]	30,5			18,9		
pölypitoisuus [mg/m ³ n]	1,3	±	0,5	1,1	±	0,3
reduoitu pölypitoisuus [mg/m ³ n] (O ₂ 6 %)	1,3	±	0,5	1,2	±	0,3
pölypäästö [kg/h]	0,3	±	0,2	0,3	±	0,2
pölypäästön ohjearvoon verrattava ominais- päästö [mg/MJ]	0,5	±	0,3	0,5	±	0,3
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n]	349,5	±	31,8	339,9	±	31,1
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	363,5	±	30,8	344,6	±	31,0
NO _x -päästö NO ₂ :na [mg/MJ]	135,5	±	11,5	133,2	±	12,0
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n]	84,5	±	35,5	47,9	±	23,0
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	90,2	±	38,7	48,5	±	23,3
SO ₂ -päästö [mg/MJ]	33,6	±	14,4	18,7	±	9,0
CO -pitoisuus [mg/m ³ n]	63,3	±	20,7	45,1	±	20,5
CO -pitoisuus [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	66,2	±	22,0	45,7	±	20,8
CO -päästö [mg/MJ]	24,7	±	8,2	17,6	±	8,0

TAULUKKO 2 Yhteenveto lisälmen lämpölaitoksen (15 MW) leijukeroskattilan mittaustuloksista./18./

Teho (keskimääräinen)	7 MW			15 MW		
savukaasun lämpötila [°C]	121,3			132,5		
savukaasun CO ₂ -pitoisuus [%]	9,5	±	0,9	11,5	±	0,7
CO ₂ -päästö [g/MJ]	133,7	±	10,5	109,8	±	6,7
savukaasun O ₂ -pitoisuus [%]	12,3	±	1,1	8,8	±	0,8
savukaasun kosteuspitoisuus [%]	15,0			8,3		
pölypitoisuus [mg/m ³ n]	2,2	±	0,7	4,3	±	1,7
reduoitu pölypitoisuus [mg/m ³ n] (O ₂ 6 %)	4,1	±	1,6	5,3	±	2,1
pölypäästö [kg/h]	0,1	±	0,0	0,3	±	0,1
pölypäästön ohjearvoon verrattava ominais- päästö [mg/MJ]	1,6	±	0,8	2,1	±	0,9
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n]	116,5	±	32,3	231,5	±	57,1
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	207,3	±	53,0	284,5	±	70,1
NO _x -päästö NO ₂ :na [mg/MJ]	80,1	±	20,5	109,9	±	27,1
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n]	28,7	±	22,5	56,7	±	56,2
SO ₂ -pitoisuus [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	52,8	±	41,7	69,7	±	69,0
SO ₂ -päästö [mg/MJ]	20,4	±	16,1	26,9	±	26,7
CO -pitoisuus [mg/m ³ n]	119,8	±	34,9	22,8	±	8,9
CO -pitoisuus [mg/m ³ n] red. 6 % O ₂	227,5	±	83,5	27,9	±	10,9
CO -päästö [mg/MJ]	87,9	±	32,3	10,8	±	4,2

TAULUKKO 3 Yhteenveto voimalaitoksen (48 MW) epävarmuustarkastelusta./18./

Virhearvio laskelma (95 %:n todennäköisyys)	27 MW		30 MW	
pölypitoisuus [mg/m ³ n]	22	%	20	%
pölypäästö [kg/h]	61	%	60	%
reduoitu pölypitoisuus [mg/m ³ n]	22	%	20	%
pölypäästö [mg/MJ]	61	%	60	%
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na	8	%	9	%
NO _x -päästö NO ₂ :na	8	%	9	%
SO ₂ -pitoisuus	39	%	48	%
SO ₂ -päästö	39	%	48	%
CO -pitoisuus	32	%	45	%
CO -päästö	32	%	45	%
CO ₂ -pitoisuus	6	%	6	%
CO ₂ -päästö	6	%	6	%
O ₂ -pitoisuus	13	%	13	%

TAULUKKO 4 Yhteenveto lämpölaitoksen (15 MW) epävarmuustarkastelusta./18./

Virhearvio laskelma (95 %:n todennäköisyys)	7 MW		15 MW	
pölypitoisuus [mg/m ³ n]	22	%	25	%
pölypäästö [kg/h]	40	%	30	%
reduoitu pölypitoisuus [mg/m ³ n]	22	%	25	%
pölypäästö [mg/MJ]	40	%	30	%
NO _x -pitoisuus NO ₂ :na	25	%	25	%
NO _x -päästö NO ₂ :na	25	%	25	%
SO ₂ -pitoisuus	79	%	97	%
SO ₂ -päästö	79	%	97	%
CO -pitoisuus	19	%	37	%
CO -päästö	19	%	37	%
CO ₂ -pitoisuus	7	%	6	%
CO ₂ -päästö	7	%	6	%
O ₂ -pitoisuus	7	%	10	%

Vertailuarvoja puulle, turpeelle, kivihiilelle, ref:lle ja puuhakkeelle

Ref:n ja puuhakkeen arvot ovat keskiarvoja Jättekukko Oy:n, Kiinteistöhuolto Rytönen Oy:n ja Kuusakoski Oy:n antamista analyysituloksista.

Taulukko 1 Vertailuarvoja raskasmetalleille ja muille haitta-aineille.

MÄÄRITYS	YKSIKKÖ	PUU	TURVE	KIVIHIIILI	KA REF	KA PUU-HAKE
kosteus, saapumis-tilassa	m- % ²⁾	55	53	10	27	30
tuhkapitoisuus ¹⁾	m- % ²⁾	1,5	10	14	10,5	1,8
hiili (C) ¹⁾	m- % ²⁾	50,4	57,2	81,5	52,1	49,6
vety (H) ¹⁾	m- % ²⁾	6,9	5,8	4,25	7	6,2
tehollinen lämpöarvo ¹⁾	MJ/kg	7,2	8,8	26	14,8	12,2
typpi (N) ¹⁾	m- % ²⁾	0,6	2,9	1	0,84	0,39
kloori (Cl) ¹⁾	m- % ²⁾	< 0,05	0,03	<0,10	0,23	0,05
rikki (S) ¹⁾	m- % ²⁾	<0,05	<0,20	<0,50	0,28	0,04
alumiini, metallinen (Al) ¹⁾	m- % ka ²⁾				0,2	0,02
elohopea (Hg) ¹⁾	mg/kg ka	0,015		0,11	0,2	0,1
kadmium (Cd) ¹⁾	mg/kg ka	0,25	0,12	0,22	0,7	0,2
kalium (K) ¹⁾	m- % ka ²⁾		0,02	0,003	0,110	0,070
natrium (Na) ¹⁾	m- % ka ²⁾		0,007	0,01	0,15	0,07
antimoni (Sb) ¹⁾	mg/kg ka				16,8	0,68
arseeni (As) ¹⁾	mg/kg ka	0,22	2,2	5	22,91	15,69
fluori (F) ¹⁾	m- % ²⁾			0,008	0,003	0,002
koboltti (Co) ¹⁾	mg/kg ka		1,4	4,4	3	0,8
kromi (Cr) ¹⁾	mg/kg ka	1,5	5,9	14	91,6	23
kupari (Cu) ¹⁾	mg/kg ka	3,3	6		491,7	20,3
lyijy (Pb) ¹⁾	mg/kg ka	7,3	4,6	12	89,3	14,9
mangaani (Mn) ¹⁾	mg/kg ka				80,5	72,3
nikkeli (Ni) ¹⁾	mg/kg ka		3,9	14	12,3	1,8
tallium (Tl) ¹⁾	mg/kg ka				1	1
vanadiini (V) ¹⁾	mg/kg ka	2,65		27	5,6	0,8
rauta (Fe) ¹⁾	mg/kg ka				1382,2	376,7
sinkki (Zn) ¹⁾	mg/kg ka	22,5	9		230	166,7
tina (Sn) ¹⁾	mg/kg ka				11	0,94

¹⁾ Pitoisuus ilmoitetaan kuiva-aineessa.

²⁾ m- % tarkoittaa massan osuutta prosentteina.

Sinisellä laatuluokkaominaisuudet ja punaisella raskasmetallit ja haitta-aineet

Laskennalliset päästöraja-arvot hiukkasille, SO₂:lle, NO_x:lle ja CO:lle lisälmen voimailaitoksella poltettaessa turvetta, puuta ja ref:ia erilaisilla seossuhteilla

Taulukko 1 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 35 % ja ref 5 %.

Hiukkaset	48,06 mg/ m ³	19,22 mg/ MJ
SO ₂	192,73 mg/ m ³	77,09 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	35	16,8	19,0	0,884	3183,158	0,38	7,22	6,384
ref	5	2,4	23,8	0,101	363,025	0,38	9,04	0,912
yhteensä	100	48	63,6	2,370	8530,798	1,16	24,584	18,816

Taulukko 2 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 30 % ja ref 10 %.

Hiukkaset	46,12 mg/ m ³	18,45 mg/ MJ
SO ₂	185,46 mg/ m ³	74,18 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	30	14,4	19,0	0,758	2728,421	0,38	7,22	5,472
ref	10	4,8	23,8	0,202	726,050	0,38	9,04	1,824
yhteensä	100	48	63,6	2,344	8439,087	1,16	24,584	18,816

Taulukko 3 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 25 % ja ref 15 %.

Hiukkaset	44,18 mg/ m ³	17,67 mg/ MJ
SO ₂	178,19 mg/ m ³	71,28 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	25	12	19,0	0,632	2273,684	0,38	7,22	4,560
ref	15	7,2	23,8	0,303	1089,076	0,38	9,04	2,736
yhteensä	100	48	63,6	2,319	8347,375	1,16	24,584	18,816

Taulukko 4 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 20 % ja ref 20 %.

Hiukkaset	42,24 mg/ m ³	16,90 mg/ MJ
SO ₂	170,92 mg/ m ³	68,37 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	20	9,6	19,0	0,505	1818,947	0,38	7,22	3,648
ref	20	9,6	23,8	0,403	1452,101	0,38	9,04	3,648
yhteensä	100	48	63,6	2,293	8255,664	1,16	24,584	18,816

Taulukko 5 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 15 % ja ref 25 %.

Hiukkaset	40,31 mg/ m ³	16,12 mg/ MJ
SO ₂	163,65 mg/ m ³	65,46 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	15	7,2	19,0	0,379	1364,211	0,38	7,22	2,736
ref	25	12	23,8	0,504	1815,126	0,38	9,04	4,56
yhteensä	100	48	63,6	2,268	8163,952	1,16	24,584	18,816

Taulukko 6 Päästöraja-arvot polttoaineosuuksien ollessa: turve 60 %, puu 10 % ja ref 30 %.

Hiukkaset	38,37 mg/ m ³	15,35 mg/ MJ
SO ₂	156,38 mg/ m ³	62,55 mg/ MJ
NO _x	200,00 mg/ m ³	80,00 mg/ MJ
CO	50,00 mg/ m ³	20,00 mg/ MJ

pa	pa- osuus %	pa- osuus MW	lämpöarvo (kuiva) MJ/kg	syöttö- määrä kg/s	syöttö- määrä kg/h	SK- määrä m ³ /MJ	SK- määrä m ³ /kg	SK- määrä m ³ /s
turve	60	28,8	20,8	1,385	4984,615	0,4	8,32	11,52
puu	10	4,8	19,0	0,253	909,474	0,38	7,22	1,824
ref	30	14,4	23,8	0,605	2178,151	0,38	9,04	5,472
yhteensä	100	48	63,6	2,242	8072,240	1,16	24,584	18,816

Savukaasulaskut

Taulukko 1 Komponenttien määrät savukaasussa, kun poltetaan kilo turvetta.

Komponentti	C	H2	S	O2	N2	H2O							
molek.paino													
kg/kmol	12,01	2,016	32,07	32,00	28,02	18,02							
Polttoaineena turve, jonka kosteus 53%				0,53									
Komponentti	määrä kg/kgpa (kuiva pa)	määrä kg/kgpa (kosteaa pa)	määrä kmol/kgpa (kuiva pa)	määrä kmol/kgpa (kost. pa)	O2-tarve kmol/kgpa	Reaktiotuote	Syntyvien sk määrä kmol/kgpa	Osuus kuivissa sk:ssa %	Osuus kost. sk:ssa %				
C	0,572	0,269	0,0476	0,0224	0,0224	CO2	0,0224	19,53	14,21				
H2	0,058	0,027	0,0288	0,0135	0,0068	H2O	0,0429	-	27,26				
S	0,002	0,001	0,0001	0,00003	0,00003	SO2	0,00003	0,03	0,02				
O2	0,326	0,153	0,0102	0,0048	-0,0048	-	-	-	-				
N2	0,029	0,014	0,0010	0,0005	0,0000	N2	0,0922	80,44	58,51				
H2O	0	0,530	0,0000	0,0294									
yhhteensä	0,987	0,994			0,0244	kosteaa	0,1575		100,00				
						kuivat	0,1146	100,00					
Komponentti	Määrä sk:ssa kmol/kgpa	molek.paino kg/kmol	Määrä sk:ssa kg/kgpa	Moolitilavuus m3/kmol	Määrä sk:ssa m3/kgpa								
CO2	0,0224	44,01	0,9851	22,26	0,4983								
H2O	0,0429	18,02	0,7736	22,4	0,9619								
SO2	0,00003	64,07	0,0019	21,98	0,0006								
N2	0,0922	28,02	2,5829	22,4	2,0649								
yhhteensä	0,1575		4,3435		3,5257								
	No2(teor)/ mpa kmol/kgpa	Ni(teor)/m pa kmol/kgpa	tyyppiä kmol/kgpa	ilmamäärä kg/kgpa	ilmamäärä m3/kgpa	Ni(tod)/mp a kmol/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Nsk(tod)/ mpa kmol/kgpa
kuiva pa	0,0519	0,2471	0,1952	7,1297	5,5346	0,3212	0,2726	6,106	7,8942	0,2438	5,4616	7,0610	0,3467
kosteaa pa	0,0244	0,1161	0,0917	3,3509	2,6013	0,1510	0,1575	3,529	4,5623	0,1146	2,5669	3,3187	0,1924

Taulukko 2 Komponenttien määrät savukaasussa, kun poltetaan kilo jätepuuta.

Komponentti	C	H2	S	O2	N2	H2O							
molek.paino kg/kmol	12,01	2,016	32,07	32,00	28,02	18,02							
Polttoaineena puu, jonka kosteus 55%				0,55									
Komponentti	määrä kg/kgpa (kuiva pa)	määrä kg/kgpa (kosteapa)	määrä kmol/kgpa (kuiva pa) n	määrä kmol/kgpa (kost. pa) n	O2-tarve kmol/kgpa	Reaktiotuote	Syntyvien sk määrä kmol/kgpa	Osuus kuivissa sk:ssa %	Osuus kost. sk:ssa %				
C	0,504	0,227	0,0420	0,0189	0,0189	CO2	0,0189	19,49	13,22				
H2	0,069	0,031	0,0342	0,0154	0,0077	H2O	0,0459	-	32,16				
S	0,0005	0,000	0,00002	0,00001	0,00001	SO2	0,00001	0,01	0,00				
O2	0,425	0,191	0,0133	0,0060	-0,0060	-	-	-	-				
N2	0,029	0,013	0,0010	0,0005	0,0000	N2	0,0780	80,50	54,61				
H2O	0	0,550	0,0000	0,0305									
yhteensä					0,0206	kosteat	0,1428		100,00				
						kuivat	0,0969	100,00					
Komponentti	Määrä sk:ssa kmol/kgpa	molek.paino kg/kmol	Määrä sk:ssa kg/kgpa	Moolitilavuus m3/kmol	Määrä sk:ssa m3/kgpa								
CO2	0,0189	44,01	0,8311	22,26	0,4204								
H2O	0,0459	18,02	0,8275	22,4	1,0289								
SO2	0,00001	64,07	0,0004	21,98	0,0002								
N2	0,0780	28,02	2,1850	22,4	1,7468								
yhteensä	0,1428		3,8440		2,7758								
	No2(teor)/ mpa kmol/kgpa	Ni(teor)/m pa kmol/kgpa	tyyppiä kmol/kgpa	ilmamäärä kg/kgpa	ilmamäärä m3/kgpa	Ni(tod)/mp a kmol/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kostea sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Nsk(tod)/ mpa kmol/kgpa
kuiva pa	0,0458	0,2182	0,1723	6,2950	4,8867	0,2836	0,2495	5,589	7,2255	0,2153	4,8221	6,2343	0,3149
kosteapa	0,0206	0,0982	0,0776	2,8328	2,1990	0,1276	0,1428	3,199	4,1356	0,0969	2,1699	2,8054	0,1723

Taulukko 3 Komponenttien määrät savukaasussa, kun poltetaan kilo kierrätyspolttoainetta.

Komponentti	C	H2	S	O2	N2	H2O							
molek.paino kg/kmol	12,01	2,016	32,07	32,00	28,02	18,02							
Polttoaineena ref, jonka kosteus 27%				0,27									
Komponentti	määrä kg/kgpa (kuiva pa)	määrä kg/kgpa (kosteaa pa)	määrä kmol/kgpa (kuiva pa) n	määrä kmol/kgpa (kost. pa) n	O2-tarve kmol/kgpa	Reaktiotuote	Syntyvien sk määrä kmol/kgpa	Osuus kuivissa sk:ssa %	Osuus kost. sk:ssa %				
C	0,521	0,380	0,0434	0,0317	0,0317	CO2	0,0317	18,51	14,98				
H2	0,07	0,051	0,0347	0,0253	0,0127	H2O	0,0403	-	19,07				
S	0,0028	0,002	0,0001	0,00006	0,00006	SO2	0,00006	0,04	0,03				
O2	0,324	0,237	0,0101	0,0074	-0,0074	-	-	-	-				
N2	0,0084	0,006	0,0003	0,0002	0,0000	N2	0,1394	81,46	65,92				
H2O	0	0,270	0,0000	0,0150									
yhteensä					0,0370	kosteat	0,2115		100,00				
						kuivat	0,1711	100,00					
Komponentti	Määrä sk:ssa kmol/kgpa	molek.paino kg/kmol	Määrä sk:ssa kg/kgpa	Moolitilavuus m3/kmol	Määrä sk:ssa m3/kgpa								
CO2	0,0317	44,01	1,3937	22,26	0,7049								
H2O	0,0403	18,02	0,7267	22,4	0,9035								
SO2	0,00006	64,07	0,0041	21,98	0,0014								
N2	0,1394	28,02	3,9058	22,4	3,1224								
yhteensä	0,2115		6,0302		4,0273								
	No2(teor)/ mpa kmol/kgpa	Ni(teor)/m pa kmol/kgpa	tyyppiä kmol/kgp a	ilmamäärä kg/kgpa	ilmamäärä m3/kgpa	Ni(tod)/mp a kmol/kgpa	Kosteaa sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kosteaa sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kosteaa sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kmol/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa m3/kgpa	Kuiva sk.virta Nsk(teor)/ mpa kg/kgpa	Nsk(tod)/ mpa kmol/kgp a
kuiva pa	0,0507	0,2414	0,1907	6,9672	5,4085	0,3139	0,2691	6,029	7,7943	0,2344	5,2509	6,7887	0,3416
kosteaa pa	0,0370	0,1763	0,1392	5,0860	3,9482	0,2291	0,2115	4,737	6,1239	0,1711	3,8332	4,9557	0,2643

Laskennalliset ominaispäästöt poltettaessa turvetta, puuta ja ref:iä erilaisilla seossuhteilla

$$q_e = C_m * \lambda * k * Q_s$$

$$k = \frac{H_k}{H_k - H_v}$$

$$H_v = w_k I_v$$

$$w_k = \frac{w_m}{(1 - w_m)}$$

$$\lambda = \frac{20,95}{(20,95 - O_{2,kuiva})}$$

$$Q_s = \frac{kuivask}{H_k}$$

	turve	puu	ref	
Pa-osuus %				
Määrä kg	1	1	1	
Muodostuva sk (m3/kg)	5,462	4,822	5,251	
veden höyrystymislämpö, lv (MJ/kg)	2,441	2,441	2,441	
veden ja kost. Pa:n massasuhde, wm	0,530	0,550	0,270	
veden ja kuiva-ain. massasuhde, wk	1,128	1,222	0,370	
pa:n teh. lämpöarvo, Hk (MJ/kg)	20,8	19,0	23,8	
kost.haih.Kul. Lämpömäärä, Hv (MJ/kg)	2,753	2,983	0,903	
λ	1,450	1,450	1,450	
pa:n kosteudesta riippuva kerroin, k	1,153	1,186	1,039	
sk määrä, Qs (m3/MJ)	0,263	0,254	0,221	
sk:sta mit.epäpuht.pit.(SO2) Cm (mg/m3) 49	49,0	19,60	2,45	
ominaispäästö,(SO2) qe (mg/MJ)	21,499	8,555	0,815	30,869
sk:sta mit.epäpuht.pit.(NOx) Cm (mg/m3) 345	345,0	138,0	17,3	
ominaispäästö,(NOx) qe (mg/MJ)	151,370	60,237	5,735	217,343
sk:sta mit.epäpuht.pit.(CO) Cm (mg/m3) 46	46,0	18,4	2,3	
ominaispäästö,(CO) qe (mg/MJ)	20,183	8,032	0,765	28,979

työn liitteestä 3

Kuva 1 Ominaispäästöt SO₂:lle, NO_x:lle CO:lle, kun kutakin polttoainetta poltetaan kilo.

$$q_e = C_m * \lambda * k * Q_s$$

$$k = \frac{H_k}{H_k - H_v}$$

$$H_v = w_k I_v$$

$$w_k = \frac{w_m}{(1 - w_m)}$$

$$\lambda = \frac{20,95}{(20,95 - O_{2,kuiva})}$$

$$Q_s = \frac{kuivask}{H_k}$$

	Turve	Puu	ref	
Pa-osuus %	60	35	5	
Määrä kg	1,385	0,884	0,101	
Muodostuva sk (m3/kg)	7,564	4,263	0,530	
veden höyrystymislämpö, lv (MJ/kg)	2,441	2,441	2,441	
veden ja kost. Pa:n massasuhde, wm	0,734	0,486	0,027	
veden ja kuiva-ain. massasuhde, wk	2,760	0,946	0,028	
pa:n teh. lämpöarvo, Hk (MJ/kg)	28,808	16,796	2,404	
kost.haih.Kul. Lämpömäärä, Hv (MJ/kg)	6,737	2,310	0,068	
λ	1,450	1,450	1,450	
pa:n kosteudesta riippuva kerroin, k	1,305	1,159	1,029	
sk määrä, Qs (m3/MJ)	0,263	0,254	0,221	
sk:sta mit.epäpuht.pit.(SO2) Cm (mg/m3) 49	29,40	17,15	2,45	
ominaispäästö,(SO2) qe (mg/MJ)	14,61	7,317	0,807	22,73
sk:sta mit.epäpuht.pit.(NOx) Cm (mg/m3) 345	207,00	120,75	17,25	
ominaispäästö,(NOx) qe (mg/MJ)	102,86	51,52	5,68	160,05
sk:sta mit.epäpuht.pit.(CO) Cm (mg/m3) 46	27,60	16,10	2,30	
ominaispäästö,(CO) qe (mg/MJ)	13,71	6,87	0,76	21,34

työn liitteestä 3

Kuva 2 Ominaispäästöt SO₂:lle, NO_x:lle ja CO:lle, kun polttoaineosuudet ovat: turve 60 %, jätepuu 35 % ja ref 5 %.

Turve	puu	ref		puu	ref		puu	ref	
60	30	10		25	15		20	20	
1,385	0,758	0,202		0,632	0,303		0,505	0,403	
7,564	3,655	1,061		3,048	1,591		2,435	2,116	
2,441	2,441	2,441		2,441	2,441		2,441	2,441	
0,734	0,417	0,055		0,348	0,082		0,278	0,109	
2,760	0,715	0,058		0,533	0,089		0,385	0,122	
28,808	14,402	4,808		12,008	7,211		9,6	9,6	
6,737	1,745	0,141		1,301	0,217		0,939	0,298	
1,450	1,450	1,450		1,450	1,450		1,450	1,450	
1,305	1,138	1,030		1,121	1,031		1,108	1,032	
0,263	0,254	0,221		0,254	0,221		0,254	0,221	
29,40	14,700	4,900		12,250	7,350		9,80	9,80	
14,61	6,155	1,615	22,38	5,055	2,424	22,09	3,997	3,235	21,841
207,00	103,500	34,500		86,250	51,750		69,0	69,0	
102,86	43,335	11,368	157,563	35,591	17,068	155,518	28,142	22,779	153,780
27,60	13,800	4,600		11,500	6,900		9,2	9,2	
13,71	5,778	1,516	21,008	4,746	2,276	20,7358	3,752	3,037	20,504

Kuva 3 Ominaispäästöt SO₂:lle, NO_x:lle ja CO:lle. Turpeen osuus aina 60 %:a, jätepuun ja ref:n osuudet vaihtelevat.

www.savonia.fi

