

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

ENERGIATEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

BH50A1800 ENERGIAJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUN PERUSTEET

VIROLAHDEN LÄMPÖLAITOS

Lappeenrannassa	11.12.2014	
Jaakko Hyypiä	0400483	Projekti
Ralf Ahlqvist	0357002	Tekniikka
Venla Partanen	0370788	Ympäristö
Juha Vahvanen	0373471	Talous

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	4
2 HANKKEEN TARKOITUS	5
3 VOIMALAITOSHANKKEEN KUVAUS	6
3.1 Vaatimusten määrittely.....	6
3.2 Kiinteistöjen kuvaus	7
3.3 Kaukolämpöverkon kuvaus	9
3.4 Laitoksen kuvaus	11
4 ENERGIANTUOTANNON ENNUSTE	12
5 VAIHTOEHTOISET PROJEKTIT	13
6 LAITE- JA TEKNIKKAKUVAUKSET	14
6.1 Vaatimukset ja toiveet laitteilla ja tekniikalle	14
6.2 Yleiskuvaus voimalaitoksesta	17
6.2.1 Mitoitusarvot.....	17
6.2.2 Toimintaperiaate ja polttoaine	20
6.2.3 Kaukolämpöpiirin toiminta	22
7 ENERGIANTUOTANTOLASKELMAT	24
8 LAITOKSEN YMPÄRISTÖVAATIMUKSET	25
8.1 Tarvittavat luvat	25
8.2 Sidosryhmien ympäristöä koskevat toiveet.....	25
8.3 Ympäristövaikutusten arviointi	26
9 BAT-TEKNIikka	28
9.1 Haitat ympäröivälle asutukselle	29
9.2 Tuhka ja jätevedet	30
9.3 Polttoaineen kuljetus ja varastointi.....	31
10 YHTEENVETO YMPÄRISTÖASIOISTA	32
11 VOIMALAITOSINVESTOINTI	33

11.1 Eri ryhmien toiveet.....	33
12 INVESTOINTIKUSTANNUSARVIO	35
13 RAHOITUS	36
14 ARVIO TUOTETUN ENERGIAN HINNASTA	37
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Tässä esiselvityksessä tarkastellaan Virolahden keskustaajamaan rakennettavaa biolämpökeskusta ja lämpöverkkoa sekä niiden kannattavuutta. Esiselvityksessä keskitytään tarkastelemaan polttoainevaihtoehtoina haketta ja pellettiä. Lämpökeskuksesta tulee kokoluokaltaan pieni, suuruusluokkaa 1 MW, ja se tuottaa lämpöä ensisijaisesti kunnan kiinteistöihin Virojoen taajaman alueella.

Esiselvitys liittyy Etelä-Kymenlaakson uusiutuvan energian kuntakatselmus – projektin Virolahden osioon. Projektin tavoitteena on selvittää kuntien alueella kannattavia mahdollisuuksia korvata muita energiamuotoja uusiutuvalla energialla. Yhteyshenkilöinä projektista toimivat Kotkan kaupungin energia- ja ilmastoasiantuntija Esa Partanen sekä Virolahden kunnan tekninen johtaja Markku Uski.

Tällä hetkellä kunnan kiinteistöt käyttävät kiinteistökohtaisia maakaasukattiloita lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottoon. Kunnalta saatujen tietojen mukaan kiinteistöjen maakaasun kulutus vuonna 2012 oli 4381 MWh.

2 HANKKEEN TARKOITUS

Selvitys liittyy Kymenlaakson uusiutuvan energian kuntakatselmus – projektiin. Kuntakatselmuksen tarkoituksena on selvittää alueen energiankäyttömuodot ja selvittää konkreettisia toimenpide-ehdotuksia uusiutuvien energianmuotojen käytön lisäämiseksi. Uusiutuvaa energiaa edistämällä päästään kustannussäästöihin ja positiivisiin ympäristövaikutuksiin, ja samalla edistetään energia- ja ilmastovelvoitteiden toteutumista. Tarkoituksena on myös edistää yrittäjyyttä alueella. (Motiva)

Hankkeen tarkoituksena on rakentaa lämpökeskus ja pieni lämpöverkko alueelle jossa ei ennestään ole keskitettyä lämmöntuotantoa. Kaukolämpökeskus korvaa vanhan lämmitysmuodon kunnan kiinteistöissä. Vanha lämmitysmuoto Virolahdella kunnan kiinteistöissä on maakaasu. Lisäksi varaudutaan siihen että kaukolämpöverkkoon voidaan liittää myös asuinrakennuksia. Virojoen taajaman alueella on jonkin verran uutta rakentamista (Partanen Esa, sähköpostikeskustelu. 2014). Kaukolämpöverkko tarjoaa uusien rakennuksien lämmitysmuotoa pohtiville uuden vaihtoehdon.

Kunnan näkökulmasta biolämpökeskus ja lämpöverkko tuovat positiivisia vaikutuksia mm. työllistämisen kautta. Bioenergiaa käyttävä lämpökeskus lisää kunnan energiaomavaraisuutta, hakkeen tai pellettien tuotanto tuo työllisyyttä ja kiinteistökohtaisien kattiloiden poistuminen poistaa maakaasuliitännän tarpeen. Tässä esiselvityksessä selvitetään lisäksi, paljonko biolämpökeskus voi tuoda kustannussäästöjä verrattuna nykytilaan.

Virojoen taajaman asuinrakennukset käyttävät lämmitykseen tällä hetkellä pääasiassa sähköä, maakaasua tai maalämpöä joissakin uudemmissa kohteissa. Keskitetty energiantuotanto ja lämpöverkko mahdollistaisivat vaihtoehtoja näille lämmitysmuodoille ja mahdollisesti kustannussäästöjä.

3 VOIMALAITOSHANKKEEN KUVAUS

Hanke koostuu pienen kokoluokan biopolttoainetta käyttävästä lämpökeskuksesta ja sen ja kuluttajat yhdistävästä lämpöverkosta. Polttolaitos on kuvattu tarkemmin osiossa tekniikka, samoin kaukolämpöverkon toiminta.

3.1 Vaatimusten määrittely

Vaatimusten määrittelyä varten on määritelty projektin sidosryhmät. Sidosryhmiksi tunnistettiin valtio, kunta (asiakas), omistaja ja paikalliset. Hankkeelta vaadittavat toiveet ja vaatimukset on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Sidosryhmät ja vaatimukset.

Sidosryhmä	Toive	Vaatimus
Valtio	<ul style="list-style-type: none">– Uusiutuvan energian tavoitteet– Hiilidioksidipäästöjen vähennys– Työllisyys ja yrittäjyys– Kotimaisen energiankäytön lisääminen	<ul style="list-style-type: none">– Uusiutuva, kotimainen polttoaine– Kotimainen työvoima ja toimittaja– Omistaja mahdollisesti yksityinen
Kunta, Asiakkaat	<ul style="list-style-type: none">– Työllisyys– Energiaomavaraisuus kunnassa– Säästöt– Luotettavuus	<ul style="list-style-type: none">– Polttoaine kunnan sisältä– Kustannustehokas energiantuotanto– Tekniikan ja polttoainehuollon luotettavuus
Omistaja	<ul style="list-style-type: none">– Taloudellinen kannattavuus– Luotettavuus	<ul style="list-style-type: none">– Kilpailukykyinen energian hinta– Takaisinmaksuaika– Tuotto– Luotettava tekniikka
Paikalliset	<ul style="list-style-type: none">– Huomaamattomuus– Vihreät arvot– Turvallisuus	<ul style="list-style-type: none">– Hiljainen, maisemaan sopiva laitos– Ympäristöystävällinen– Laitos ja logistiikka on turvallista

Kunta ja asiakkaat on merkitty samaan soluun sillä kunta tulee olemaan suurin asiakas. Tunnistettuja vaatimuksia ovat mm. luotettavuus ja energiantuotannon kustannustehokkuus. Kunnan näkökulmasta hankkeen tulisi erityisesti kasvattaa työllisyyttä ja energiaomavaraisuutta kunnan sisällä, eli polttoaine olisi hyvä olla saatavissa paikalliselta toimittajalta.

Uusiutuvan energian kuntakatselmus-projekti, joka on valtio-omisteisen Motivan ajama projekti, puolestaan määrittelee tärkeäksi uusiutuvan energian käytön lisäämisen, ja siitä saatavat kustannussäästöt ja ilmastovelvoitteiden toteutumiset. (Motiva)

Eräs tärkeä vaatimus on tekniikan luotettavuus ja turvallisuus. Tämä vaatimus liittyy myös polttoaineeseen, polttoainehuoltoon ja kaukolämpöverkkoon. Esimerkiksi tulipalojen ja pölyräjähdysten riski tulee olla pieni, ja laitoksen tulee kokonaisuutena toimia luotettavasti. Polttoaineen kuljetukset eivät saa aiheuttaa turhaa häiriöitä paikallisille.

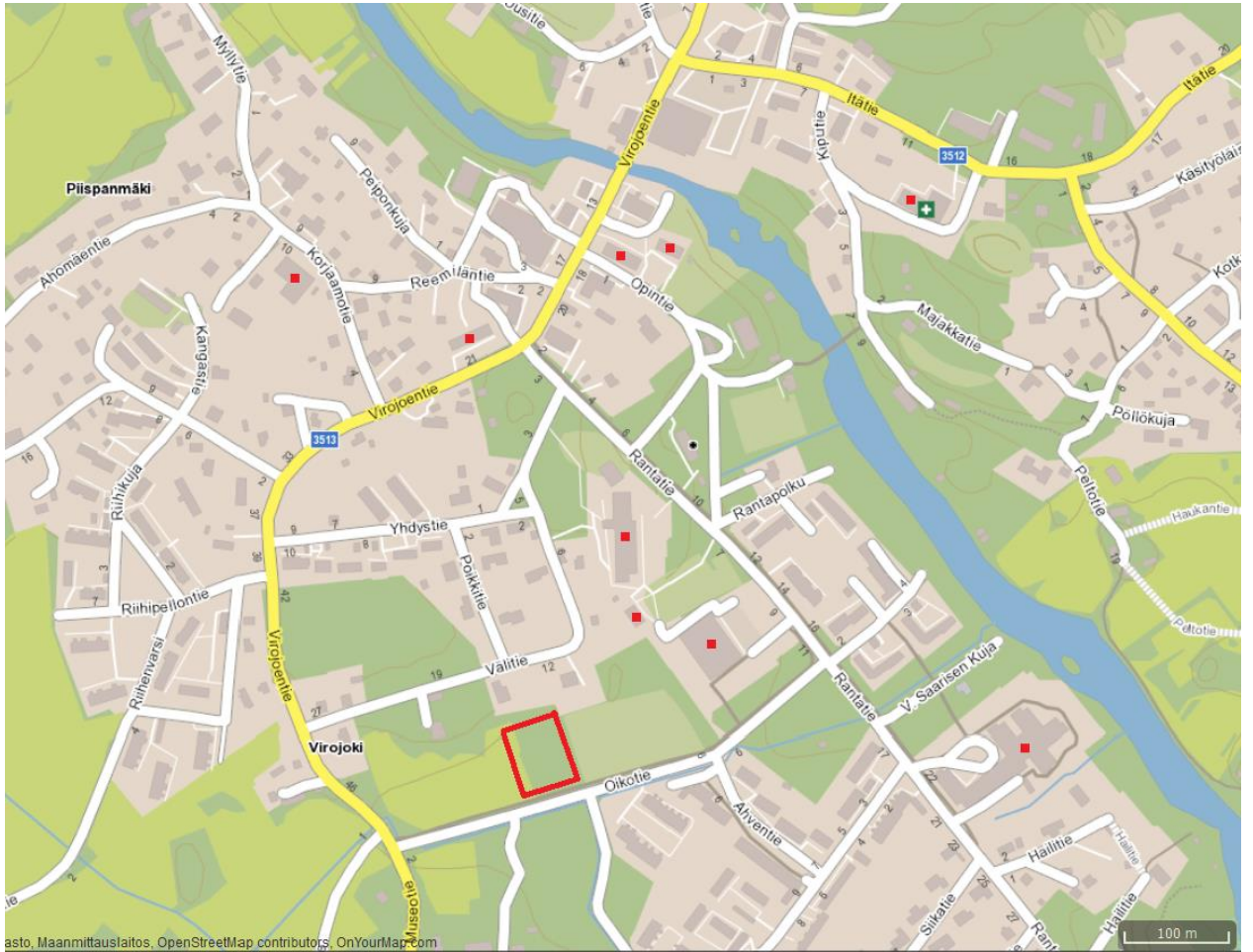
3.2 Kiinteistöjen kuvaus

Kunnan kiinteistöt Virojoen alueella on koottu taulukkoon 2. Taulukossa on myös merkitty rakennusten pinta-ala ja tilavuus, sekä lisätietoja lämmitysmuodosta. Kaikki kiinteistöt lämpiävät maakaasulla. Taulukon tiedot on koottu Virolahden kunnan antamien tietojen perusteella (Markku Uski, 2014, sähköpostikeskustelu). Virojoen paloaseman tiedot on otettu Rakennusfakta.fi verkkosivustolta (2014).

Taulukko 2. Kunnan kiinteistöt.

Kiinteistö	Rakennus- vuosi	Huoneisto- ala [m ²]	Kerros- ala [m ²]	Rakennuksen tilavuus [m ³]	Muuta
Kunnanvirastot	1939/77, 1954/87	1761	2150,00	7352	Maakaasu, kattilat virastotalossa
Terveyskeskus	1982	2039	2474,00	8460	Maakaasu
Palvelukeskus Villinranta, Sinisiipi	1991,2001/04	3138	3680,00	13870	Maakaasu
Opettaja- asuntola	1954/08		829,00	2496	Lämpö yläasteelta
Virojoen päiväkoti	1954/06	614	885,00	3600	Maakaasu
Virojoen koulu/kirjasto	1976/01		2130,00	10200	Lämpö yläasteelta
Yläaste/lukio	1954/07,1994	3226	3952,00	14659	Maakaasu
Virojoen paloasema	2012			1400	Maakaasu
Yhteensä			16100,00	62037	

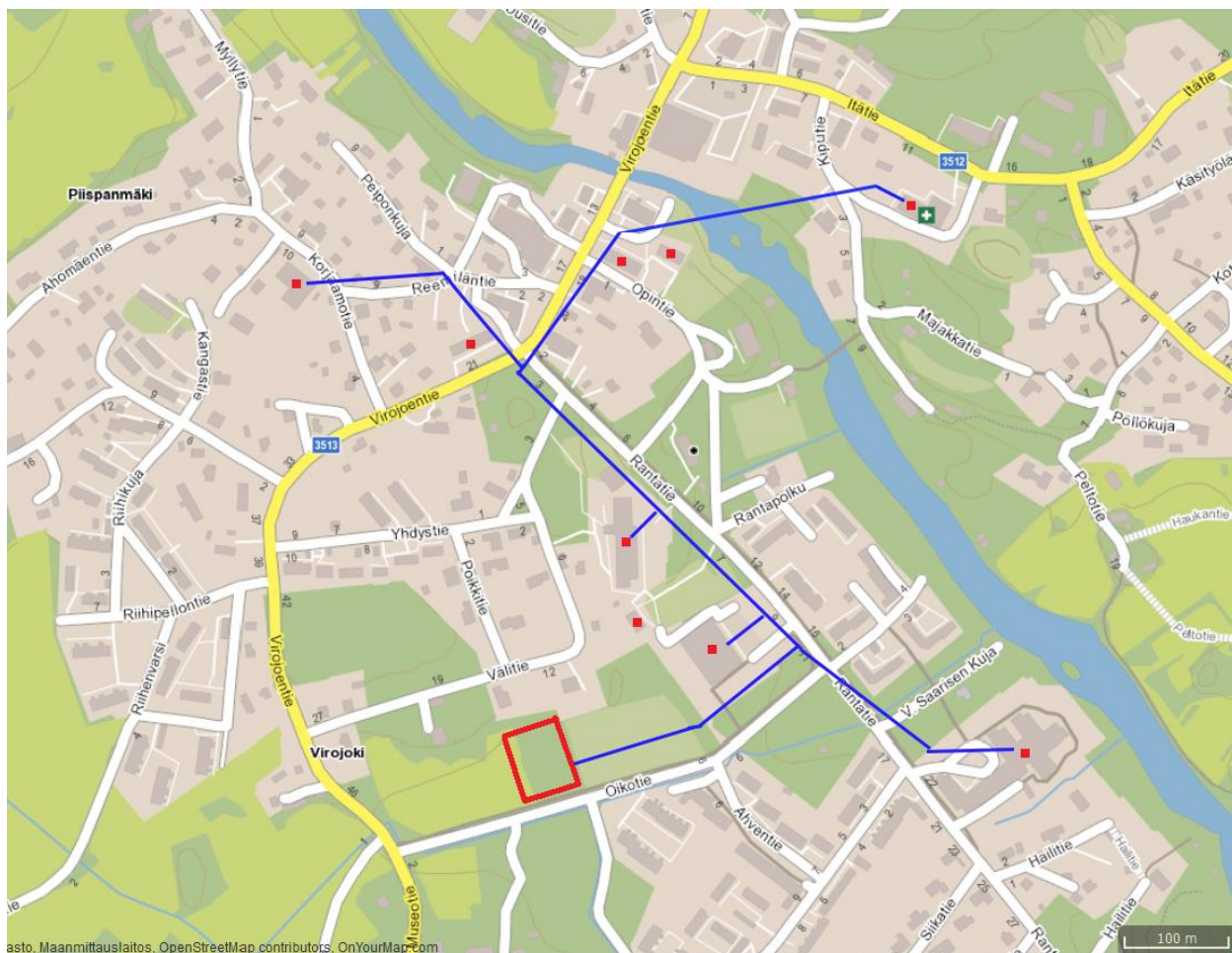
Kuvan 1 karttaan on merkitty punaisella neliöllä taulukon 1 kiinteistöjen sijainti. Lisäksi punaisella viivalla on rajattu ehdotus lämpökeskuksen sijaintipaikaksi. Lämpökeskuksen sijaintia pohdittaessa on pyritty löytämään rakentamatonta tilaa mahdollisimman läheltä suurimpia lämmönkuluttajia.



Kuva 1. Kiinteistöt ja ehdotus lämpökeskuksen sijainniksi. (Kartan lähde: Fonecta)

3.3 Kaukolämpöverkon kuvaus

Kaukolämpöverkon rakentamiskustannuksien arvioimiseksi on tarpeen laskea suuntaantava kaukolämpöverkon pituus. Kuvaan 2 on hahmoteltu kaukolämpöverkon mahdollinen sijoittuminen ja karttaa käyttäen laskettu putkiston yhteenlaskettu pituus.



Kuva 2. Kaukolämpöverkko (Kartan lähde: Fonecta)

Kuvan 2 perusteella on laskettu lämpöverkon yhteenlaskettu pituus käyttäen Fonectan mittaustyökalua. Yhteenlasketuksi pituudeksi tuli noin 1500 metriä.

Kaukolämpöverkko rakentuu siten että sen läheisyydessä on jonkun verran asuinkiinteistöjä jotka voivat olla potentiaalisia kaukolämpöasiakkaita tulevaisuudessa. Kaukolämmön kannattavuuden kannalta on tärkeää, ettei etäisyys kaukolämpöverkkoon ole liian suuri, sillä muuten kaukolämpöverkkoon liittymisestä tulee liian kallista.

Virolahden kunnan edustajien kanssa käydyn keskustelun perusteella valittu, punaisella merkitty sijaintipaikka lämpölaitokselle ei ole mahdollinen kaavoituksen vuoksi (Markku Uski, 2014, keskustelu). Sijainnista jonkun verran länteen olisi sopiva sijainti lämpölaitokselle. Lisäksi saatiin tietoon että kunnan omistamia maakaasulämmitteisiä rivitaloja, joita olisi helppo liittää lämpöverkkoon, on Riihipellon alueella. Tämä tieto tukee laitoksen sijaintivaihtoehtoa.

3.4 Laitoksen kuvaus

Laitos koostuu biopolttoainekattilasta ja oheislaitteista, kuten polttoaineen käsittelylaitteista sekä puhaltimista ja pumpuista. Näistä merkittävimmin näkyy polttoaineen varastointialue ja käsittelylaitteet, sillä ne vievät huomattavasti tilaa laitostontilta. Laitoksella sijaitsee myös kaukolämpöverkon pääkiertopumput ja paisuntasäiliö. Laitoksen tekniikkaa kuvataan tarkemmin kohdassa 6.2.2.

Tässä esiselvityksessä on mitoitettu biokattila tuottamaan 85 % lämpöverkon lämmöstä (ks. Kappale 6.2.1). Biokattilan lisäksi täytyy pohtia varalämmönlähde ja lämmön riittävyys kaukolämpöverkon huippukuormalla. Nämä vaatimukset voidaan toteuttaa esimerkiksi biokattilan yhteydessä olevalla öljykattilalla, mutta sitä ei tarkastella tarkemmin tässä esiselvityksessä.

4 ENERGIANTUOTANNON ENNUSTE

Lasketaan arvio kunnan kiinteistöjen lämmönkulutukselle perustuen taulukkoon 2 ja taulukkoon 5. Kunnan kiinteistöjen yhteenlaskettu tilavuus on 62 037 m³. Taulukon 6 perusteella uusien julkisten rakennusten lämpöindeksi on 35 - 45 kWh/m³ ja vanhojen 50 - 80 kWh/m³. Laskun yksinkertaistamiseksi valitaan rakennusten keskimääräiseksi lämpöindeksiksi 50 kWh/m³. Luku on valittu keskiarvoksi lämpöindekseistä, sillä Virojoelta löytyy uusia rakennuksia sekä vanhoja rakennuksia. Saadaan lämmöntarpeen arvioksi 3101 MWh/a.

Lämmöntarvetta voidaan arvioida myös maakaasun kulutuksen kautta. Maakaasun kulutus kunnan kiinteistöissä oli vuonna 2012 4381 MWh. Käyttämällä maakaasukattiloille hyötysuhdetta 92 % saadaan kiinteistöjen lämmönkulutukseksi 4031 MWh. Maakaasun kulutuksen avulla arvioitu lämmöntarve on tarkempi arvio, joten käytetään jatkossa sitä.

Kappaleessa 6.2.1 on arvioitu että laitos tuottaa 85 % kaukolämpöverkon lämmöstä. Kun huomioidaan että kaukolämpöverkon hyötysuhde on 91 %, saadaan laitoksen vuodessa tuottamaksi energiaksi 3764 MWh.

Uudet kiinteistöt joita kaukolämpöverkkoon liitetään tulevat kasvattamaan lämmöntarvetta. Oletetaan 2 % lämmöntuoton vuotuinen kasvu ja laitoksen valmistuminen vuonna 2015. Lämmöntuotannon lisäys kasvattaa laitoksen huipunkäyttöaikaa.

Taulukko 3. Energiantuotannon ennuste

Vuosi	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energiantuotanto E _{laitos} [MWh]	3765	3840	3917	3995	4075	4157	4240

5 VAIHTOEHTOISET PROJEKTIT

Tarkastellaan vaihtoehtoisia projekteja. Vaihtoehtona on jättää projekti kokonaan toteuttamatta, jolloin lämmitystä jatketaan maakaasulla. Maakaasun hinta on suhteellisen korkea nykyisin, ja lisäksi sen käyttö synnyttää hiilidioksidipäästöjä. Maakaasun hinta lämmöntuotannossa on nykyisin noin 45 €/MWh (Tilastokeskus 2014) ks. Kuva 3. Etuna tästä olisi se, ettei tarvitse investoida uuteen laitokseen vaan voidaan jatkaa vanhoilla kiinteistökohtaisilla kattiloilla.

Vaihtoehtona on myös rakentaa jokin toisen tyyppinen lämpölaite. Kuvan 3 perusteella esimerkiksi turve olisi hieman halvempi polttoaine lämmöntuotannossa kuin metsähake. Turvetta kuitenkin kohdellaan uusiutumattomana polttoaineena, ja projektin vaatimuksissa on vahvasti mukana polttoaineen uusiutuvuus. Tekniikaltaan laite olisi hyvin samantyyppinen vaikka käytettäisiin eri polttoainetta. Erot tulisivat lähinnä polttoaineen käsittelyssä ja polttimessa. Lisäksi turve tuottaisi enemmän kaasumaisia päästöjä, mm. rikkiä.

Kolmas vaihtoehtoinen projekti voisi olla maalämmön rakentaminen. Maalämmön alkuinvestoinnit ovat suuria, mutta laitteet ovat melko huoltovapaita ja helppokäyttöisiä. Maalämpö lisää kuitenkin sähkönkulutusta merkittävästi kiinteistöissä, ja maalämpö olisi hankala rakentaa keskitetyksi ratkaisuksi. Maalämpö vaatii lisäksi laajoja maa-alueita joihin maalämpöputket asennetaan.

6 LAITE- JA TEKNIKKAKUVAUKSET

Tässä kappaleessa kerrotaan mitä vaatimuksia ja toiveita eri ryhmiltä tulee liittyen laitoksen laitteisiin ja tekniikkaan. Näiden toiveiden ja vaatimusten pohjalta mietitään millä tekniikalla laitos ja sen laitteet kannattaisi toteuttaa ja esitetään yleiskuvaus voimalaitoksesta.

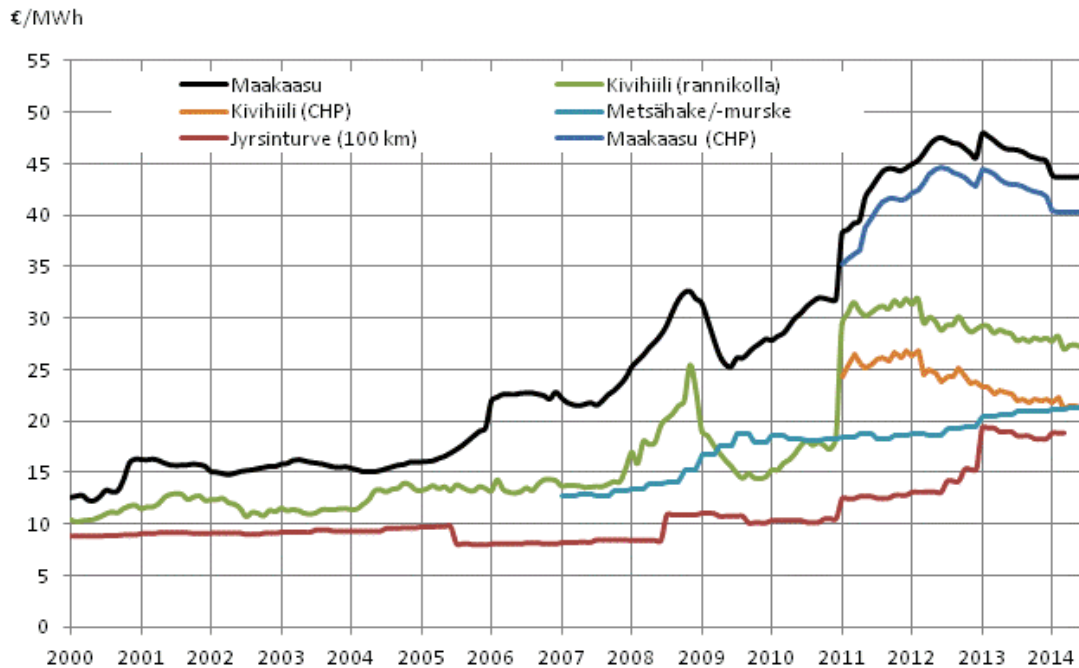
6.1 Vaatimukset ja toiveet laitteilla ja tekniikalle

Tämän laitoksen tapauksessa on neljä suurta sidosryhmää: valtio, omistaja, paikalliset asukkaat ja asiakkaat. Näillä sidosryhmillä on erilaisia toiveita, joista aiheutuvat vaatimukset vaikuttavat käytettävään tekniikkaan. Nämä sidosryhmät voivat myös olla osittain päällekkäisiä, esim. osa paikallisista asukkaista voi olla myös asiakkaita, minkä lisäksi näiden ryhmien toiveet voivat olla hyvinkin erilaisia. Näiden syiden takia tekniikan valinnassa joudutaan tekemään joitain kompromisseja.

Valtion päätoive on hiilidioksidipäästöjen minimointi, mikä johtuu EU:n tasolla asetetuista päästövähennysvaatimuksista joihin Suomi on sitoutunut. Lisäksi valtio toivoo että riippuvuus ulkomaisesta energiasta vähenisi ja että laitoksella olisi mahdollisimman suuri työllistävä vaikutus. Näistä toiveista aiheutuu vaatimuksia käytettävälle polttoaineelle; sen pitäisi olla päästötöntä ja kotimaista. Nämä vaatimukset saadaan toteutumaan käyttämällä lähialueilla (Suomen puolella) tuotettua biopolttoainetta kuten haketta. Näillä polttoaineilla päästöjä ei laskennallisesti ole, ne ovat täysin kotimaisia ja niiden keräys- ja käsittelyketju luo paikallisia työpaikkoja.

Omistajalla on kaksi päätoivetta: tuotetun energian tulee olla mahdollisimman kustannustehokasta eli halpaa ja laitoksen pitää olla luotettava pienillä huoltokustannuksilla. Nämä toiveet tulevat omistajan tarpeesta maksimoida laitoksesta saatava voitto. Jos omistajaksi tulee Virolahden kunta, voivat edellä mainitut toiveet olla lievempiä. Toive tuotetun energian kustannustehokkuudesta asettaa vaatimuksen käytettävän polttoaineen hinnalle; sen tulee olla mahdollisimman halpaa, sillä tämänkaltaisissa laitoksissa polttoainekustannukset ovat suurin kustannus. Kuvasta 3 nähdään että halvin polttoaine olisi jyrshinturvetta. Jyrshinturvetta ei kuitenkaan voida käyttää pääpolttoaineena, minkä lisäksi sen saatavuudessa ja kohtelussa (tuet, fossiilinen/uusiutuva) voi olla suurta heittoa. Tämän takia viisain ratkaisu olisi käyttää

toiseksi halvinta polttoainetta eli metsähaketta/-mursketta tai vastaavaa biopolttoainetta, kuten pellettejä, jos niiden hintataso on sama.



Kuva 3. Voimalaitospolttoaineiden hinnat lämmöntuotannossa [Tilastokeskus 2014].

Toive laitoksen luotettavuudesta pienillä huoltokustannuksilla aiheuttaa vaatimuksia laitostoimittajalle sekä laitostyypille ja tekniikalle. Laitostoimittajan tulisi olla tunnettu ja sillä pitäisi olla referenssejä halutun tyyppisestä laitoksesta, jotta voidaan varmistua tulevan laitoksen laadusta. Valitun laitostyyppin ja siinä käytettävän tekniikan pitää olla hyvin tunnettuja ja koeteltuja, mutta kuitenkin kohtuullisen uusia (esim. viimeisen viiden aikana käytettyjä uusissa laitoksissa). Näin valittu laitos toimii tehokkaasti, eikä siinä ole suunnittelusta johtuvia virheitä.

Paikallisten asukkaiden toiveet liittyvät laitoksen sosiaalisiin ja ympäristöllisiin vaikutuksiin joiden halutaan pysyvän mahdollisimman pieninä. Näitä toiveita ovat laitoksen huomaamattomuus, eli halu siitä että laitos kuuluu ja näkyy mahdollisimman vähän sekä ympäristöystävällisyys ja turvallisuus. Kaikki nämä toiveet aiheuttavat vaatimuksia käytettävälle tekniikalle; sen pitää olla mahdollisimman hyvää ja luotettavaa. Lisäksi nämä toiveet aiheuttavat vaatimuksia käytettävälle polttoaineelle, jonka pitäisi sisältää mahdollisimman vähän epäpuhtauksia ja tuottaa mahdollisimman pienet hiilidioksidipäästöt. Polttoaineen pitäisi myös olla helposti kuljettavissa, jotta

kuljetuksista ei aiheudu liikaa ylimääräistä toimintaa tai riskejä. Lisäksi polttoaine ei saisi aiheuttaa vaaratilanteita laitoksella (pölyräjähdykset ym.).

Tekniikalle asetut vaatimukset saadaan täytettyä samalla tavalla kuin omistajan toiveissa, eli valitsemalla hyvin tunnettua ja koeteltua, mutta kuitenkin kohtuullisen uutta tekniikkaa. Polttoaineelle asetetut vaatimukset on paljon vaikeampi täyttää sillä ne ovat osittain ristiriidassa keskenään, esim. fossiilisia polttoaineita on yleensä helpompi kuljettaa kuin uusiutuvia. Kaikki vaatimukset huomioiden paras polttoaine olisi jälleen metsähake tai pelletit, sillä ne ovat päästöttömiä, niissä on kohtuullisesti epäpuhtauksia eikä niiden kuljettaminen ei vaadi kovin suurta infrastruktuuria. Taulukossa 4 on esitelty muutamien polttoaineiden ominaisuuksia, jotka liittyvät edellä mainittuihin vaatimuksiin.

Taulukko 4. Polttoaineiden ominaisuuksia [Pöyry 2010, 3; Tilastokeskus 2014].

	Kivihiili	Jyrsinturve	Pelletti	Puu
CO2 oletuspäästökerroin [t/TJ]	93,3	105,9	-	-
Tehollinen lämpöarvo käyttötilassa [GJ/t]	25,0	10,1	16,0	8,3
Vetypitoisuus [%-ka]	3,3	5,7	6,1	6,1
Kuiva-aineen rikkipitoisuus [%-ka]	1,0	0,2	0,02	0,02
Kuiva-aineen tuhkapitoisuus [p-%]	11	5,5	0,35	2
Tiheys [kg/m ³]	750	325	600	325

Asiakkaiden toiveet ovat samoja kuin omistajan toiveet, eli tuotetun energian pitää olla mahdollisimman halpaa ja laitoksen tulee olla luotettava (toimitusvarmuus). Näistä toiveista aiheutuu samat vaatimukset kuin omistajan kohdalla. Lisäksi osa asiakkaista voi olla ympäristötietoisia, jolloin he toivovat laitoksen olevan mahdollisimman ympäristöystävällinen. Tästä aiheutuu samat vaatimukset kuin paikallisten asukkaiden kohdalla. Taulukkoon 5 on koottu sidosryhmien toiveet ja niistä tulevat vaatimukset.

Taulukko 5. Sidosryhmien toiveet ja niistä aiheutuvat vaatimukset.

Sidosryhmä(t)	Toive(et)	Vaatimukset
Valtio	- Hiilidioksidipäästöjen minimointi - Ulkomaisen energian käytön väheneminen - Uudet työpaikat	- Polttoaine päästötöntä (uusiutuvaa) ja kotimaista
Omistaja, asiakkaat	- Tuotetun energian kustannustehokkuus - Toimitusvarmuus	- Halpaa polttoainetta - Tunnettu laitostoimittaja (referenssit) - Laitostyyppi ja tekniikka tunnettuja, koeteltuja ja kohtuullisen uusia
Paikalliset asukkaat	- Huomaamaton ympäristöystävällinen ja turvallinen laitos	- Laitostyyppi ja tekniikka tunnettuja, koeteltuja ja kohtuullisen uusia - Polttoaine helposti kuljetettavaa ja ympäristöystävällistä

6.2 Yleiskuvaus voimalaitoksesta

Tässä kappaleessa kerrotaan minkä tyyppinen laitos on ja miten se toimii.

6.2.1 Mitoitusarvot

Voimalaitoksen valinta aloitetaan määrittelemällä sen lämpöteho. Lähtötietona lämpötehon laskennassa käytetään maakaasun kulutusta kunnan kiinteistöissä vuonna 2012, jolloin se oli 4381 MWh. Kertomalla tämä maakaasun kulutus maakaasukattilan hyötysuhteella saadaan vuonna 2012 kulutettu lämpöenergia. Maakaasukattilan hyötysuhteella 92 % saadaan kulutetuksi energiaksi 4031 MWh [Pöyry 2010, 7]. Tämän energian avulla laitoksen lämpöteho voidaan laskea yhtälöllä 1.

$$P_{th} = \frac{E_a / \eta_{kverkko} * k}{t_h} \quad (1)$$

jossa

P_{th} = laitoksen lämpöteho [MW]

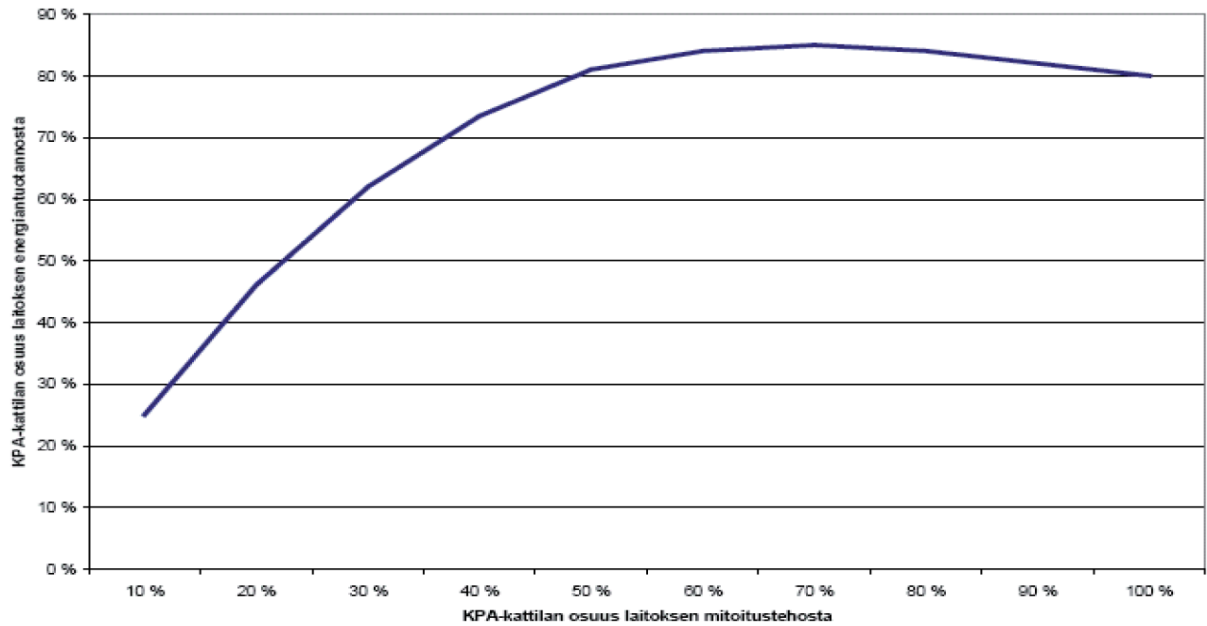
E_a = kulutettu energia vuodessa [MWh]

$\eta_{kverkko}$ = kaukolämpöverkon siirtohyötysuhde [%]

k = laitoksen osuus koko kaukolämpöverkon lämmöntuotannosta [%]

t_h = laitoksen huipputehon käyttöaika [h]

Laitoksen huipputehon käyttöaika kertoo kuinka monta tuntia laitosta käytettäisiin vuodessa, jos se kävisi koko ajan täydellä teholla. Laitoksen osuus koko kaukolämpöverkon lämmöntuotannosta riippuu sen tehon suhteesta koko kaukolämpöverkon tehoon. Tämä suhde taas riippuu kattilan huipunkäyttöajasta; mitä suurempi kattilan huipunkäyttöaika on, sitä pienempi on sen teho verrattuna koko kaukolämpöverkon tehoon. Kuvasta 4 nähdään riippuvuus kattilan lämmöntuotannon osuuden ja sen tehon suhteen välillä. Kuvassa oleva merkintä KPA-kattila tarkoittaa peruslämpölaitoksena toimivaa kiinteän polttoaineen kattilaa ja laitoksella tarkoitetaan koko verkon lämmöntuotantoa. Kuvassa on otettu huomioon 95 % käytettävyys ja 20 % minimikuormarajoitus kattilalle.



Kuva 4. Peruslämpölaitoksen tuottama osuus kaikesta tarvittavasta lämpöenergiasta eri tehosuhteilla [Koskelainen et al 2006, 323].

Kaukolämpöverkon hyötysuhteena voidaan pitää 91 % [Pöyry 2010, 10]. Normaalisti peruslämpöä tuottavan laitoksen huipunkäyttöaika olisi 4000 – 5000 h jolloin sen osuus koko kaukolämpöverkon tehosta olisi 40 – 60 % [Koskelainen et al. 2006, 322-323]. Tällöin laitos tuottaisi 75 – 83 % kaukolämpöverkon lämmöstä. Näin laitoksen lämpötehoksi tulisi noin 0,7-0,9 MW. Tämän kokoinen laitos on kuitenkin hieman liian pieni, sillä yleensä toimitettavien laitosten koko on 1 MW. Laskemalla laitoksen huipunkäyttöaika noin 3800 tuntiin saadaan tehon osuudeksi noin 64 % ja tuotannon osuudeksi noin 85 % jolloin laitoksen lämpötehoksi tulee 1 MW. Laitosta ei tarvitse mitoittaa suuremmaksi tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvan lämmöntarpeen nousun takia, sillä sen huipunkäyttöaika on pieni. Lisää tehoa aletaan tarvita huipunkäyttöajan noustessa yli 5000 tunnin.

Virolahdella on myös muita kuin kunnan kiinteistöjä, joissa polttoaineena käytetään öljyä tai maakaasua. Näiden kiinteistöjen kaukolämpöverkkoon liittämisen vaikutusta laitoksen lämpötehoon ei oteta tässä työssä huomioon, sillä ko. liittämisestä ei ole tehty mitään suunnitelmia. Eri rakennustyyppien vaatima lämpöteho voimalaitokselta on kuitenkin esitetty taulukossa 6. Nämä lämpötehot on laskettu yhtälöllä 1 käyttämällä huipunkäyttöaikana 3800 tuntia, kaukolämpöverkon hyötysuhteena 91 % ja tuotannon osuutena 85 %.

Taulukko 6. Eri rakennustyyppien lämpötarpeet [Koskelainen et al. 2006, 154].

Rakennustyyppi	Lämpöindeksi [kWh/m ³]		Vaadittu teho [kW/m ³]	
	vanhat	uudet	vanhat	uudet
Pientalot	55-70	40-50	0,014-0,017	0,010-0,012
Kerrostalot	55-75	45-55	0,014-0,018	0,011-0,014
Liikerakennukset	45-80	34-45	0,011-0,020	0,008-0,011
Julkiset rakennukset	50-80	35-45	0,012-0,020	0,008-0,011
Teollisuusrakennukset	50-70	30-55	0,012-0,017	0,007-0,014

Taulukkoon 7 on koottu laitoksen mitoitusarvot.

Taulukko 7. Laitoksen tärkeimmät mitoitusarvot.

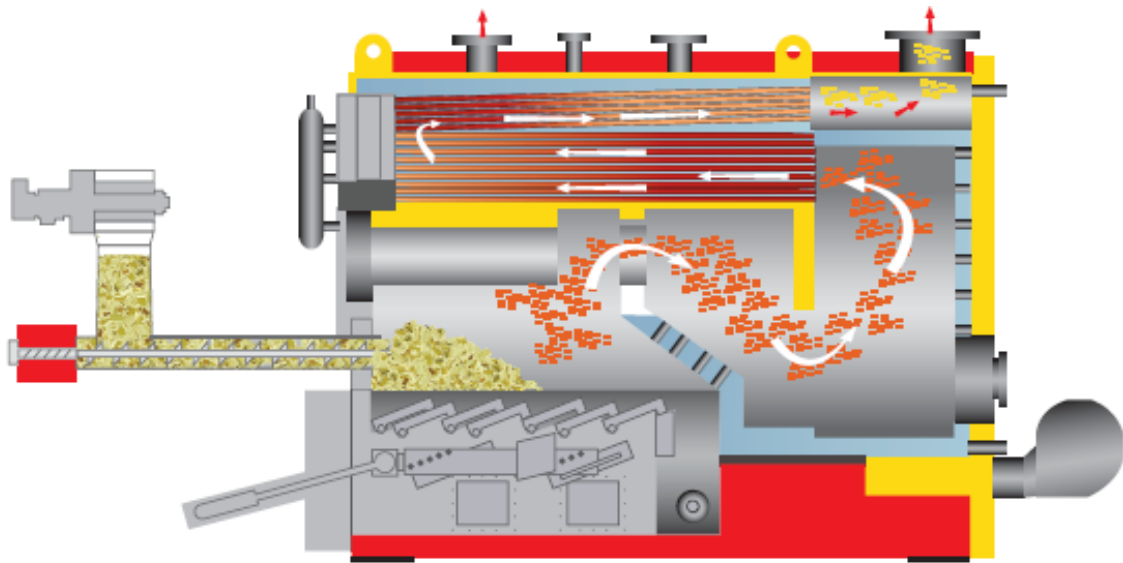
Lämpöteho [MW]	Huipunkäyttöaika [h]	Käytettävyys [%]	Minimikuormarajoitus [%]	Tuotannon osuus koko kaukolämpöverkon tuotannosta [%]
1,0	3800	95	20	85

6.2.2 Toimintaperiaate ja polttoaine

Koska laitoksen lämpöteho on melko pieni, siinä kannattaa tuottaa ainoastaan lämpöä. Pienen lämpötehon takia järkevin kattilatyyppejä on arinakattila, joka voi olla rakenteeltaan vesitäytteinen (tulitorvi/tulitorvi-tuliputkikattila) tai vesiputkinen. Valinta vesitäytteisen ja vesiputkisen kattilan perusteella kannattaa tehdä valmistajien ja näiden tarjouksien perusteella käyttäen kriteereinä investointi- ja huoltokustannuksia sekä valmistajan referenssejä (luotettavuus jne.). Tässä työssä kattilaksi on valittu tulitorvi-tuliputkikattila niiden suuremman referenssimäärän takia.

Kuvassa 5 on esimerkki arinaa käyttävästä tulitorvi-tuliputkikattilasta. Tässä kattilassa polttoaine syötetään tulitorvessa olevaan arinaan, jossa se palaa. Palamisessa syntyvät savukaasut johdetaan tulitorvesta tuliputkeen, jossa ne jatkavat veden lämmittämistä. Lopuksi savukaasut poistuvat kattilan yläosasta. Tuhka johdetaan pois kattilan alaosasta. Vesiputkikattilan toimintaperiaate on muuten samanlainen, paitsi että siinä

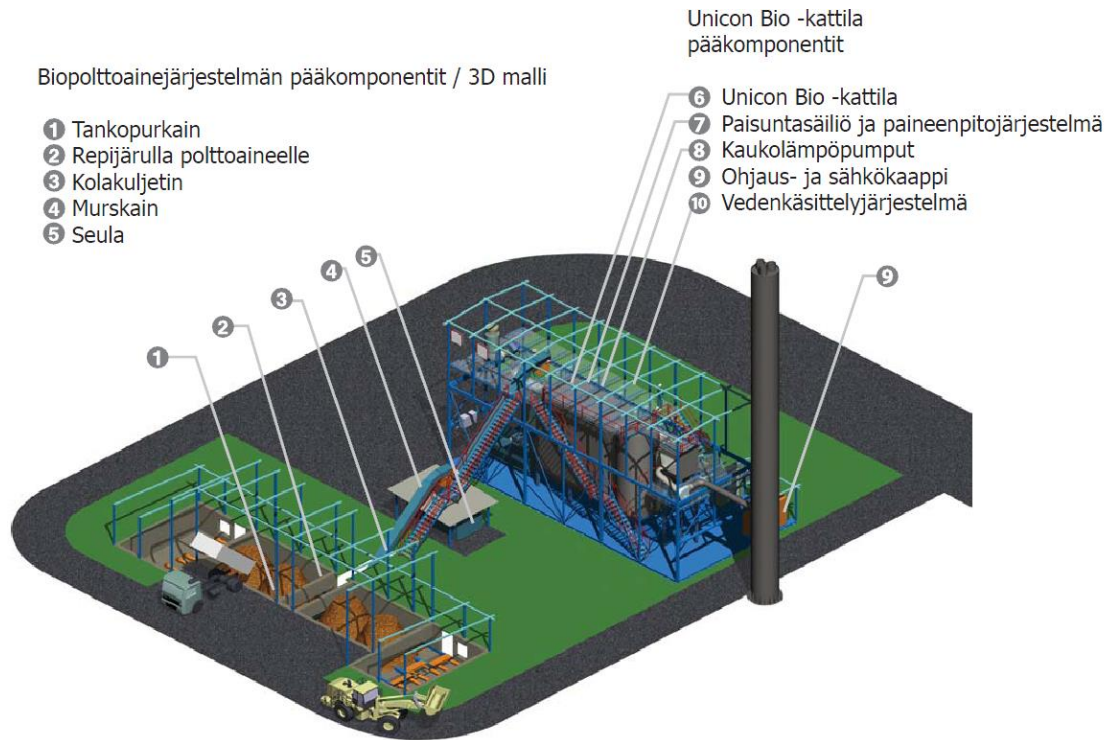
arina sijaitsee putkien ulkopuolella, jolloin vesi virtaa putkissa ja savukaasu putkien ulkopuolella.



Kuva 5. Arinaa käyttävä tulitorvi-tuliputkikattila [KPA Unicon Oy 2011].

Polttoaineena kattilassa käytetään joko haketta tai pellettejä sillä nämä polttoaineet täyttävät edellisessä kappaleessa mainitut vaatimukset ja niiden käyttöä pyydettiin tarkastelemaan tässä työssä. Näiden polttoaineiden suhteeseen ei oteta kantaa tässä osiossa, sillä se vaikuttaa hyvin vähän tekniikkaan.

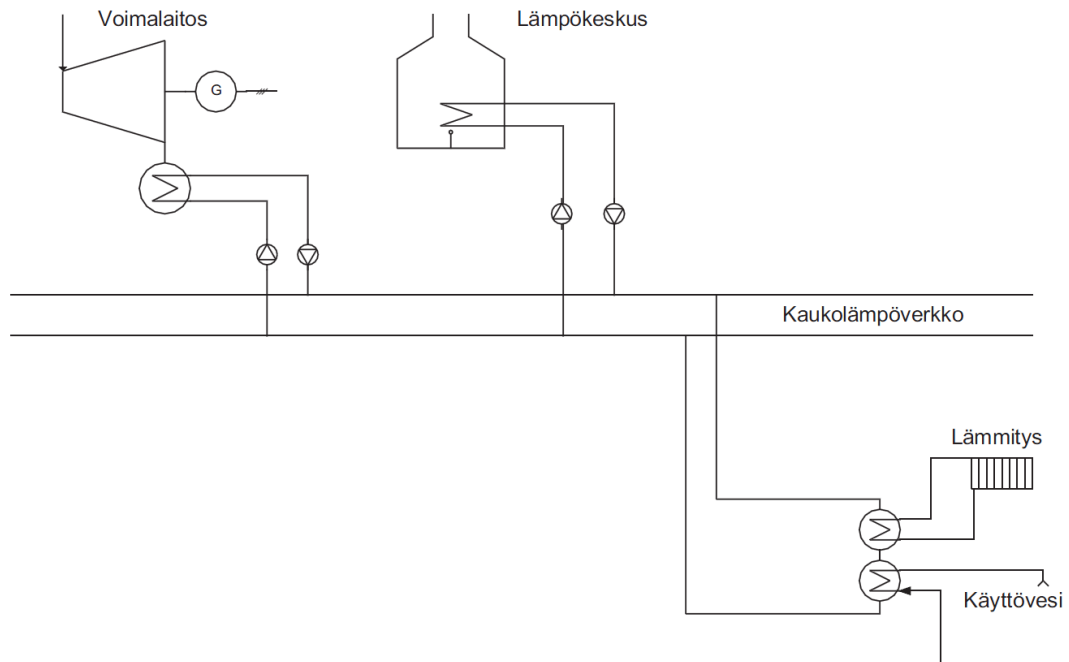
Laitoksen toimintaperiaate on yksinkertaisesti kuvattuna seuraavanlainen. Ensin kattilassa käytettävä polttoaine otetaan vastaan ja varastoidaan polttoainevarastoon. Polttoainetta voidaan tarvittaessa käsitellä (esim. lajitella ja murskata) ennen ja jälkeen varastoinnin. Varastosta polttoaine syötetään kattilaan jossa se poltetaan. Kattilassa syntyvät savukaasut lämmittävät vettä joka pumpataan kaukolämpöverkkoon tai lämmönsiirtimeen. Kaukolämpöverkosta palaava vesi johdetaan takaisin kattilaan tai lämmönsiirtimeen. Palamisessa syntyvä tuhka kerätään ja kuljetetaan pois. Lisäksi savukaasuja voidaan puhdistaa erilaisilla keinoilla ennen niiden johtamista savupiipusta ulos. Edellä mainituissa vaiheissa tarvittavat järjestelmät toimitetaan tämän kokoluokan laitoksissa yleensä kattilan mukana, niin että koko laitos on samassa paketissa. Kuvassa 6 on esimerkki tulitorvi-tuliputkikattilaa käyttävän biovoimalaitoksen pääkomponenteista.



Kuva 6. Pienen biovoimalaitoksen järjestelmät [KPA Unicon Oy 2011].

6.2.3 Kaukolämpöpiirin toiminta

Laitoksella valmistettava kaukolämpö siirretään asiakkaille kuumana vetenä menoputkea pitkin. Tästä kuumasta vedestä asiakkaiden laitteet, kuten patterit, ottavat tarvitsevana lämmön lämmönsiirtimien avulla. Kun kaukolämpöverkon vesi on viilentynyt, se johdetaan paluuputkea pitkin takaisin voimalaitokselle. Kuvassa 7 esitellään edellä kuvattu toiminta.



Kuva 7. Kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaate [Koskelainen et al. 2006, 43].

Laitokselta lähtevän kaukolämpöveden lämpötila (menolämpötila) on $65 - 115 \text{ }^{\circ}\text{C}$, riippuen säästä. Paluulämpötila vaihtelee välillä $40 - 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ asiakkaiden käytön mukaan. Menoputkessa paine voi olla suurimmillaan noin 15 baaria. Paluuputken paine määräytyy niin että asiakkailla on normaalisti käytössä vähintään 0,6 baarin paine-ero. [Energieollisuus]. Menolämpötilan ja verkon paine-eron säätö tapahtuvat voimalaitoksella. Kaukolämpöveden virtauksen säätö taas tapahtuu asiakkaiden toimesta. [Koskelainen et al. 2006, 335].

7 ENERGIANTUOTANTOLASKELMAT

Laitoksen vuodessa tuottama lämpöenergia saadaan kertomalla sen lämpöteho huipunkäyttöajalla. Lämpöteho oli 1,0 MW ja huipunkäyttöaika 3800 h, jolloin laitos tuottaa vuodessa 3800 MWh lämpöä. Laskelmat lämmöntuotannon mahdollisesta kehittymisestä tulevaisuudessa on esitetty kappaleessa 4.

Laitoksen uutuuden takia lämmöntuotannon hyötysuhteena voidaan pitää 90 %. Tätä hyötysuhdetta pidetään näissä laskelmissa vakiona, vaikka se vaihtelee kuorman mukaan (hyötysuhde pienenee kuorman pienentyessä). Näin tehdään koska hyötysuhteen vaihtelu tämänkaltaisissa laitoksissa on pientä ja koska kaukolämmön perustuotantolaitoksilla ei ole selkeitä pysyviä kuormia, vaan niiden tuotanto vaihtelee portaattomasti kaukolämmön tarpeen mukaan. 90 % hyötysuhteella laitoksen polttoainetehoksi saadaan noin 1,11 MW. Tämän polttoainetehon avulla lasketut polttoaineen kulutukset ovat näkyvissä taulukossa 8. Tässä taulukossa on myös laskettu taulukkoon 3 (kappale 4) perustuvat polttoaineen kulutukset tulevaisuudessa. Lähtöarvoina on käytetty taulukossa 4 kerrottuja polttoaineiden ominaisuuksia.

Taulukko 8. Polttoaineen kulutukset.

Vuosi	Referenssi [2012]	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Polttoaineen kulutus [MWh]	4222	4307	4393	4481	4570	4662	4755	4850
Hakkeen (puun) kulutus 100 % osuudella [t]	1831	1868	1905	1943	1982	2022	2062	2104
Pellettien kulutus 100 % osuudella [t]	855	872	890	907	925	944	963	982

8 LAITOKSEN YMPÄRISTÖVAATIMUKSET

Tässä kappaleessa kerrotaan, millaisia vaatimuksia voimalaitoksen sidosryhmillä on ja kuinka nämä otetaan huomioon ympäristövaikutusten arvioinnissa. Selvitetään myös, millaisia päästöjenhallintakeinoja on käytettävissä alle 50 MW laitoksiin Suomessa. Arvioinnissa käytetään apuna PINO-asetusta ja BAT-selvitystä.

8.1 Tarvittavat luvat

Energiatuotantolaitosten toimintaan voidaan vaatia erilaisia lupia riippuen laitoksen kokoluokasta sekä laitostyyppistä. Viranomaisluvut ja -ilmoitukset selvitetään kunnan rakennusvalvontaviranomaisen kanssa. Vaatimuksena on vähintään rakennuslupa, mutta toimenpidelupa voidaan vaatia, mikäli tontille rakennetaan erillinen varastosäiliö tai -alue. Suunniteltavan laitoksen polttoaineteho on alle 5 MW, jolloin ympäristölupaa ei tarvita, vaan lupaviranomaisena toimii kunta. 1 – 20 MW:n kokoiselle energiatuotantolaitokselle, joka ei muiden toimintojen yhteisvaikutuksesta johtuen vaadi ympäristölupaa, riittää rekisteröinti ympäristönsuojelutietokantaan. (MicrE) Tämän kokoiselle laitokselle ympäristöluvan saaminen ei kuitenkaan ole hankalaa. Laitoksen kuumavesikattilaa ei tarvitse rekisteröidä painelaitteeksi, sillä laitoksen teho on enintään 1 MW ja polttoaine on kiinteää. (953/1999, 3§)

8.2 Sidosryhmien ympäristöä koskevat toiveet

Tämän laitoksen tapauksessa on neljä suurta sidosryhmää: valtio, omistaja, paikalliset asukkaat ja asiakkaat. Tässä tapauksessa paikalliset asukkaat ovat samalla myös asiakkaita. Sidosryhmät on huomioitava laitoksen suunnittelussa. Alla olevaan taulukkoon 9 on koottu toiveet ja vaatimukset, joita voidaan ottaa huomioon laitoksen toteutuksessa, mikäli ne ovat merkittäviä. Esimerkiksi lainsäädännön tuomat vaatimukset on huomioitava.

Taulukko 9. Sidosryhmien toiveet ja vaatimukset.

Sidosryhmä	Toive(et)	Vaatimukset
Valtio	<ul style="list-style-type: none">- Hiilidioksidineutraali energiantuotanto- Polttoaineen kotimaisuus	<ul style="list-style-type: none">- Päästörajojen toteutuminen- Luonnonvarojen kestävyys
Omistaja	<ul style="list-style-type: none">- Polttoaine tasalaatuista (palakoko ja kosteus)- Laitos toimii luotettavasti ja säätö yksinkertaista	<ul style="list-style-type: none">- Päästöjen hallinnan onnistunut toteutus- Polttoaineen saatavuus hyvä (vähäinen varavoiman tarve)
Paikalliset, asiakkaat	<ul style="list-style-type: none">- Ympäristöystävällinen laitos- Huomaamaton toiminta- Ei meluhaittoja	<ul style="list-style-type: none">- Polttoaineen kuljetus ei häiritse ympäröivää asutusta- Ei aiheuta terveyshaittoja

8.3 Ympäristövaikutusten arviointi

Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) laatiman suosituksen mukaan 0,5 – 5 MW erilliskattiloille voidaan soveltaa asetuksen 445/2010 rinnakkaiskattiloita koskevia päästörajoja ja muita tarkkailuun ja raportointiin kuuluvia käytäntöjä. (Teknologian tutkimuskeskus, 1.) Ympäristövaikutukset voidaan arvioida käyttäen apuna PINO-asetusta sekä BAT-selvitystä. Paras käytettävissä oleva tekniikka on kuvattu 5 – 50 MW polttolaitoksille ja PINO-asetus vähintään 5 megawatin erilliskattiloille, joten voidaan käyttää 1 MW kokoluokalle VTT:n tekemää suositusta. Suosituksessa on arvioitu, missä määrin teholuokkien alle jääville laitoksille voidaan soveltaa asetuksen 445/2010 vaatimuksia.

Polttolaitoksille on asetettu lainsäädännössä päästörajoja, joita ei saa ylittää. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista antamat raja-arvot on koottu taulukkoon 10. Raja-arvot on katsottu olemassa olevien polttolaitosten

(maakaasu ja kevyt polttoöljy) sekä suunnitellun polttolaitoksen (biopolttoaine) käyttämille polttoaineille.

Taulukko 10. PINO-asetuksen antamat päästörajat, kun polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä, maakaasua tai biomassaa. NO_x-päästöt on laskettu NO₂-arvoille. (750/2013, Liite 1.)

Polttoaine	Hiukkaset mg/m ³ n	NO _x mg/m ³ n	SO ₂ mg/m ³ n
Kevyt polttoöljy	50	800	350
Maakaasu	0	340	0
Puu ja muut kiinteät biopolttoaineet	200	375	200

Olemassa olevat lämpölaitokset käyttävät maakaasu- tai kevyt polttoöljykattiloita (POK). Suunnitteilla oleva lämpölaitos olisi tyypiltään haketta polttava arinakattila. BAT-selvitys antaa eri kattilatyypeille ja polttoaineille tyypilliset ominaispäästökertoimet, jotka on koottu taulukkoon 11.

Taulukko 11. Tyypilliset ominaispäästökertoimet puarina-, maakaasu- ja POK-kattiloissa. (Jalovaara J., Aho J., Hietamäki E. & Hyytiä H, 16 – 17.)

Polttoaine	Hiukkaset mg/MJ	NO _x mg/MJ	SO ₂ mg/MJ
Kevyt polttoöljy	< 10	100 – 150	50 – 70
Maakaasu	0	60 – 100	0
Puu	20 – 150	80 – 200	< 30

Pienissä polttolaitoksissa polttoaineen laadulla sekä kattilan säätötavalla on suuri merkitys poltossa syntyviin ominaispäästöihin. Onnistuneen palamistapahtuman edellytyksenä on polttoaineen alhainen kosteuspitoisuus ja sopiva palakoko. Palamistapahtuman säädöistä merkittävimpiä ovat palamisilman jako sekä käyttöolosuhteet (jatkuva tai katkokäyttö). (Teknologian tutkimuskeskus, 5)

Pienten laitoksien päästöistä merkittävimpiä ovat hiukkaset, sillä laitos ei saa vaikuttaa lähialueen viihtyvyyteen ja toiminnasta ei saa aiheutua terveyshaittoja ympäröivälle asutukselle. Tästä näkökulmasta typen ja rikin oksidien päästöt ovat toissijaisia, mutta tulee kuitenkin huomioida laitosta suunniteltaessa. (Teknologian tutkimuskeskus, 27.) Viihtyvyyteen voidaan vaikuttaa ympäröivällä puustolla, sillä ne maisemoivat laitoksen ja ehkäisevät samalla häiritsevän melun kantautumista asutusalueelle.

9 BAT-TEKNIikka

Kansallisen BAT-tekniikkaselvityksen tavoitteena on yhtenäistää lupakäytäntöjä ja antaa yleisesti tietoa pienten 5 – 50 MW polttolaitoksiin sovellettavista tekniikoista. Selvityksessä tarkastellaan käytettävissä olevien polttoprosessien tekniikkaa, poltossa syntyviä päästöjä sekä päästöjen hallinnan ja vähentämisen keinoja. Erityisesti selvityksessä on keskitytty hiukkaspäästöjen sekä rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöjen vähentämiseen ja esitellään näihin sopivat BAT-tekniikat ja niitä vastaavat päästötasot. Annetut päästötasot eivät ole päästöjen raja-arvoja vaan toimivat referenssinä verrattaessa laitoksen toimintaa parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan. (Jalovaara J. et al., 3)

Arinapoltolle on tyypillistä, että tulipesän eri osissa on erilaiset lämpötilatasot. Tästä johtuen etenkin kosteita polttoaineita poltettaessa syntyy enemmän häkä- ja hiilivety päästöjä, sillä palaminen on epätäydellistä. Moderneissa arinakattiloissa palamistapahtuman täydellisyyttä seurataan jatkuvasti ja mittausten avulla säädetään toiminta-arvoja. Mitattavia tekijöitä ovat tulipesän alipaineen- ja lämpötilan mittaus, happimittaus sekä joissain kattiloissa jatkuvatoiminen CO-mittaus. (Jalovaara J. et al., 32.) VTT:n mukaan pienen kokoluokan laitosten ei kustannussyistä ole kannattavaa seurata päästöjä jatkuvatoimisesti. Tämän sijaan pyritään pitämään häkäpitoisuus matalana, jolloin muut terveydelle haitalliset päästöt pysyvät alhaisina. Savukaasujen häkäpitoisuuden tulee pysyä alle 1000 mg/m_n^3 . (Teknologian tutkimuskeskus, 26.)

VVT:n mukaan arinakattiloissa syntyvät hiukkaspäästöt ovat suhteellisen matalat. Poltossa syntyvästä tuhkasta suurin osa jää arinakuonaan ja karkean lentotuhkan erotukseen käytetään pienessä mittakaavassa (alle 5 – 10 MW) multisykloneita, joiden erotustehokkuus yli $5 \mu\text{m}$ hiukkasille on 75 – 98 %. (Teknologian tutkimuskeskus, 6.) BAT-selvityksen mukaan mekaanisia eli dynaamisia erottimia käytetään yleisesti pienten kattiloiden (alle $50 \text{ MW}_{\text{pa}}$) hiukkasten erottamiseen savukaasuvirrasta. Mekaanisten erottimien etu on niiden yksinkertaisuus ja investointikustannuksien edullisuus. (Jalovaara J. et al., 64.)

Polttoprosessissa syntyy NO_x -päästöjä pääasiassa polttoaineen sisältämästä typestä, mutta korkeissa lämpötiloissa voi myös ilman typestä muodostua ns. termisiä NO_x -päästöjä. Arinapolton paikalliset lämpötilahuiput sekä keskimääräistä suurempi ilmakerroin altistavat polttoprosessin termisten NO_x -päästöjen muodostumiselle.

Jalovaara J. et al., 32 – 33.) VTT:n selvityksen mukaan pienen kokoluokan arinapoltossa typenoksidipäästöihin voidaan vaikuttaa riittävän tehokkaasti palamisilman vaiheistuksella, jolloin päästöt vähenevät 10 – 50 %. (Teknologian tutkimuskeskus, 7.) Palamisilmaa syötetään BAT-selvityksen mukaan arinalle kahdessa tai kolmessa vaiheessa. Primääri-ilma syötetään keon alta ja sekundääri/tertiääri-ilma palamiskaasujen joukkoon, jolloin oikea-aikaisen sekoittumisen myötä polttoaineesta haihtuneet palamiskelpoiset kaasut saadaan poltettua. (Jalovaara J. et al., 31.)

Polttolaitoksessa käytetään polttoaineena pääasiallisesti puuperäisiä polttoaineita, jolloin rikkidioksidipäästöt eivät ole merkittävä ongelma. (Jalovaara J. et al., 32 – 33.) Tällöin ei savukaasupesuriin tarvitse investoida ja pesurin jätevesiä ei muodostu.

Varapolttoaineena on suunniteltu käytettävän kevyttä polttoöljyä. Hiukkaspäästöjä syntyy pääasiassa öljyn sisältämästä tuhkasta sekä palamattomasta noesta ja koksista. Poltossa syntyvien hiukkasten määrää voidaan vähentää kasvattamalla yli-ilmamäärää ja pienentämällä öljypisaroiden kokoa esimerkiksi nostamalla hajoituspainetta. Pienessä kokoluokassa öljyn poltossa syntyviä typenoksidipäästöjä pyritään vähentämään käyttämällä low-NO_x-polttimia sekä yli-ilmaa. Myös savukaasujen takaisinkierätystä ja palamisilman vaiheistusta voidaan käyttää. Rikkidioksidin poistamisesta savukaasuista ei pienten polttolaitosten kokoluokassa ole kokemuksia, mutta päästöjä voidaan vähentää käyttämällä öljyä, jonka rikkipitoisuutta on vähennetty öljynjalostamalla. (Jalovaara J. et al., 38 – 39.)

9.1 Haitat ympäröivälle asutukselle

Savukaasu johdetaan sykloneiden kautta savupiippuun. PINO-asetuksessa on määrätty, että savupiipun korkeuden on oltava vähintään 2,5 kertaa tuotantorakennuksen tai muun ympäröivän esteen korkeus ja savukaasuvirtauksen riittävän nopea, jottei savu pääse laskeutumaan alaspäin ja aiheuttamaan näin haittaa ympäristölle. Asetus antaa kiinteää polttoainetta polttavalle 1 – 5 MW yksikölle savupiipun vähimmäiskorkeudeksi 20 metriä. (750/2013.)

Pienen lämpölaitoksen melunlähteistä merkittävimpiä ovat kiinteän polttoaineen purku ja kuljetus, moottorit, pumput sekä puhaltimet. Laitoksen polttoaineen purku rekasta varastosiilon tapahtuu katetussa hallissa, jolloin meluhaitat ympäristöön ovat vähäiset. Polttoaine kuljetetaan biokattilalle, jolloin melua syntyy murskaimen käytöstä sekä

kuljetinta pyörittävistä moottoreista. Jalovaaran mukaan laitoksen normaalikäynnin aikana ääni on tasaista huminaa, mutta mahdollisissa häiriötilanteissa voi syntyä poikkeavaa melua esimerkiksi varoventtiilin auetessa. Pienten voimalaitosten tyypillinen melutaso laitoksen sisällä on $L_{Aeq}75 - 90$ dB ja ulkopuolella $L_{Aeq}45 - 75$ dB. Melutaso riippuu mittaus- sekä laitospaikasta. (Jalovaara J. et al., 79 – 80.)

Lämpölaitoksen melutaso on mitattava ympäristöministeriön antaman ohjeen 1/1995 mukaisesti. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992) antaa taajama-alueen ulkomelulle seuraavat raja-arvot: päivällä (7 – 22) $L_{Aeq}55$ dB ja yöllä $L_{Aeq}45$ dB. L_{Aeq} kuvaa mittausjakson äänitasojen tehollista keskiarvoa. (993/1992.)

9.2 Tuhka ja jätevedet

Kun arinakattilassa poltetaan kiinteää polttoainetta, jää poltosta jäljelle tuhkaa. Lentotuhka erotetaan savukaasuista sykloneilla, jolloin tuhka voidaan palauttaa pohjatuhkan joukkoon ja poistaa kattilasta tuhkakuljettimilla. Puun poltossa ei synny muuta jätettä, sillä pesureita ei tarvita pienen rikkipitoisuuden ansiosta. Puun poltossa 1 MW tehoa vastaava jätemäärä on noin 20 tonnia vuodessa ja syntyvä jäte ei ole vaarallista, joten toiminnanharjoittajan ei tarvitse pitää kirjaa syntyvistä jätteistä. Toiminnanharjoittajan tulee kuitenkin olla selvillä syntyvän jätteen määrästä ja laadusta sekä jätteen ympäristö- ja terveysvaikutuksista. (Teknologian tutkimuskeskus, 31 – 32.)

Syntyvää tuhkaa tulee ensisijaisesti hyödyntää lannoitevalmisteena tai maanrakentamisessa. Tällöin tulee hankkia ympäristölupa, jonka edellytyksenä on, että asetuksissa annetut vaatimukset täyttyvät. Mikäli asetuksissa annetut raja-arvot haitallisille komponenteille eivät täyty tai tuhkan koostumus ei ole sopivaa hyötykäyttöön, tulee tuhka sijoittaa kaatopaikalle. (Teknologian tutkimuskeskus, 31 – 32.)

Polttolaitoksen jätevesiin luokitellaan prosessi-, huolto- ja talousjätevedet. (Jalovaara J. et al., 76.) Laitoksemme on kaukokäyttöinen, joten talousjätevesiä ei synny laisinkaan. Myöskään prosessissa ei synny jätevetä, sillä vesikierto on suljettu ja laitoksessa ei käytetä savukaasupesureita. Huoltotöiden ja vikatilanteiden yhteydessä on mahdollista, että jätevesiä syntyy epäpuhtauksien päästessä kaukolämpöverkkoon.

9.3 Polttoaineen kuljetus ja varastointi

Pienen lämpölaitoksen polttoaineen käsittely on yksinkertaista, sillä suunnittelu perustuu vain yhdelle polttoaineelle. Laitoksen luotettava toiminta vaatii polttoaineelta tasaista laatua eli kosteuden sekä palakoon tulee pysyä tasaisena ja polttoaineen seassa ei saa olla polttoprosessille haitallisia epäpuhtauksia. Pienen kokoluokan kattiloille on tyypillistä, että vastaanottoasema toimii myös polttoainevarastona, josta polttoaine siirretään kattilaan ruuvi- tai kolakuljettimilla. (Teknologian tutkimuskeskus, 11.)

Polttoaineen varastointitarpeeseen vaikuttavat polttoaineen saatavuus sekä kuljetusetäisyydet. Kuljetusten määrään voidaan vaikuttaa kuljettavan ajoneuvon kapasiteetilla sekä täyttövälin pituudella. Haketta voidaan kuljettaa laitokselle esimerkiksi täysperävaunuyhdistelmällä, jonka tilavuus on 115 – 135 m³. Oletetaan, että varaston koko on vähintään 1,5 kertaa kuljettavan ajoneuvon tilavuus, eli tässä tapauksessa 180 m³. Kattilan teho on 1 MW ja hakkeen energiatiheys on n. 0,8 MWh/i-m³ (Alakangas E., 152.). Satakunnan ammattikorkeakoulun tekemän selvityksen mukaan täyttöväli saadaan laskettua alla olevalla yhtälöllä. (Satakunnan ammattikorkeakoulu, 13.)

$$t_{\text{täyttöväli}} = \frac{180 \text{ i-m}^3 \cdot 0,8 \text{ MWh/i-m}^3}{1 \text{ MW}} = 144 \text{ h} = 6 \text{ päivää.}$$

10 YHTEENVETO YMPÄRISTÖASIOISTA

Laitoksen tarkoituksena on korvata 80 % entisistä maakaasukäyttöisistä lämpökattiloista biomassan polttoon tarkoitettulla arinakattilalla. Maakaasun poltosta ei synny lainkaan rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä. Kuitenkin maakaasun korvaaminen hakkeella on kannattavaa investoinneista huolimatta, sillä saadaan käyttöön paikallinen polttoaine, joka on hiilidioksidineutraalia. Laitoksen pienen lämpötehon ansiosta kattilaa ei tarvitse rekisteröidä ja käyttöön vaaditaan vain rekisteröinti ympäristönsuojelutietokantaan. Ympäristölupa kannattaa kuitenkin hankkia, jotta syntyvää tuhkaa voidaan hyötykäyttää. Päästöjenhallintalaitteita ei suunniteltavaan laitokseen vaadita useita, vaan päästörajat voidaan saavuttaa lisäämällä savukaasukanavaan syklonierotus, jolloin terveydelle haitalliset hiukkaset saadaan poistettua savukaasuvirrasta. Syklonierotus ei ole välttämätön, mikäli syntyvät hiukkaspitoisuudet jäävät rajojen alle. Typenoksidien hallintaan riittää, että palamisilma vaiheistetaan ja lämpötilahuippujen syntyminen estetään polttoaineen tasaisella syötöllä arinalle. Rikkidioksidi ei ole ongelma puuperäisen polttoaineiden pienen teholuokan poltossa.

11 VOIMALAITOSINVESTOINTI

Voimalaitokset ovat suuria ja pitkäikäisiä investointeja. Niiden taloudelliset vaikutukset tulee kartoittaa tarkkaan investointivaiheen, käytön sekä koko elinkaaren osalta. Investointeihin liittyvät taloudelliset riskitekijät tulee pyrkiä tunnistamaan ja eliminoimaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

11.1 Eri ryhmien toiveet

Taulukko 12. Eri sidosryhmien toiveet hanketta kohtaan.

Sidosryhmä	Toive	Vaatus
Valtio	-Paikallinen energiaomavaraisuus -Hankkeen kannattavuus ilman merkittävää taloudellista tukea -Positiivinen työllisyysvaikutus -Pientää riippuvuutta tuontienergiasta	-Arvoketjun hallinta -Kustannusten hallinta
Kunta, Asiakkaat	-Kunnan energiakustannusten pienentäminen -Paikallisten yritysten työllistäminen rakennusvaiheessa -Polttoaineen hankintaketjun lisäarvon jääminen kuntaan	- Sopiva polttoaineen hinta sekä laitoksen että toimittajien kannalta -Hankinnan, kilpailutuksen ja päätöksenteon oikeudenmukaisuus ja läpinäkyvyys
Omistaja	-Riittävä tuotto sijoitetulle pääomalle	-Investointikustannusten hallinta -Käyttövarmuus -Selkeät omistus- ja päätöksentekosuhteet
Paikalliset	-Mahdollisuus liittyä kaukolämpöverkkoon kohtuullisin kustannuksin -Kohtuullinen kaukolämmön hinta - Riskien minimointi mikäli kunta osakkaana	-Kustannustehokas ja toimiva laitos -Hankinnan, kilpailutuksen ja päätöksenteon oikeudenmukaisuus ja läpinäkyvyys

Eri sidosryhmien toiveet hanketta kohtaan on määritelty taulukossa 12. Tärkeitä talouteen liittyviä vaatimuksia hanketta kohtaan on hankkeen toteutuminen kohtuullisin kustannuksin ja kunnan energiakustannusten pienentäminen sekä arvoketjun hallinta

siten että hanke hyödyttää paikallista elinkeinoelämää ja vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Koska Virolahden kunta on merkittävä sidosryhmä hankkeen toteuttamisessa, on myös tärkeää, että hankkeeseen liittyvä kilpailutus, hankinta, päätöksenteko ja hallinnointitapa toteutetaan voimassa olevien kuntia koskevien lakien, ohjeiden ja hyvän hallinnointitavan mukaisesti.

12 INVESTOINTIKUSTANNUSARVIO

Laitokselle tehdään suuntaa-antava investointikustannusarvio. Investointikustannusarvio kattaa lämpölaitoksen ja kaukolämpöverkon sekä niiden rakennus- ja asennustyöt. Lopulliset kustannukset määräytyvät kilpailutuksen ja tarjousten perusteella ja ne voivat poiketa merkittävästi arvioiduista. Hintojen arvioinnissa on käytetty muiden vastaavien hankkeiden kustannusarvioita.

Noin yhden megawatin tehoisen valmiin lämpökeskuksen hinnaksi voidaan arvioida noin 150 000 € (Bioenergia 2010). Aluelämpöverkon rakentamiskustannuksiksi voidaan arvioida noin 150 €/m sisältäen putkimateriaalit, liitos- ja asennustyöt sekä maanrakennustyöt, jos käytetään putkikokoa joka on pienempi kuin DN 100 (Nuutila 2008). Tämän kokoisissa aluelämpöratkaisuissa putkikoko olisi todennäköisemmin suurimmillaan DN 80. Tällöin kaukolämpöverkon rakennuskustannukset olisivat yhteensä noin 225 000 €. Lisäksi investointikustannuksiin laskettiin 100 000 € kiinteitä kuluja liittyen muun muassa laitoksen maanrakennustöihin sekä hallinnollisiin kustannuksiin. Laitoksen kokonaisinvestointikustannukseksi saadaan yhteensä 475 000 euroa.

Kaukolämpöverkkoinvestoinnin kannattavuutta voidaan arvioida ns. tehokkuusluvun avulla. Tehokkuusluku kuvaa, montako rakennuskuutiometriä pystytään lämmittämään yhdellä metrillä kaukolämpöverkkoa. Tässä tapauksessa 1500 m kaukolämpöverkon piirissä olisi 62037 m³ rakennustilavuutta. Tällöin tehokkuusluvuksi saadaan 41,4 m³/m. Tämä on kannattavuuden alarajoilla, sillä Satakunnan ammattikorkeakoulun (2002, 37) mukaan uusia lämpölaitoksia rakennettaessa verkoston tehokkuusluvun tulisi olla vähintään 40 – 50. Tehokkuusluku paranisi kuitenkin jonkin verran, mikäli kaukolämpöverkkoon liitettäisiin uusia rakennuksia lähitulevaisuudessa. Kaukolämpölaitoksen sijaintia ajatellen läheisellä Riihipellon asuinalueella sijaitsevia rakennuksia voitaisiin tarpeen vaatiessa liittää kaukolämpöverkkoon.

13 RAHOITUS

Uusiutuvan energian kuntakatselmus- hankkeessa on mahdollista hakea Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämää energiatukea. Tuen suuruus on kuntien sopimusjärjestelmään sitoutuneille kunnille jopa 60 % hankkeen kokonaiskustannuksista (Motiva 2014). Tyypillisesti tukea myönnetään biomassaan perustuville lämpökeskushankkeille 10 – 15 % kokonaiskustannuksista, joskin tukea voidaan korottaa 10 prosenttiyksikköä, mikäli kyseessä on uuteen teknologiaan perustuva hanke. Metsähaketta käyttävälle lämpökeskukselle uuden teknologian käyttö on tuen saamisen ehto. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014)

Voimalaitoshankkeet ovat yleensä koettu hyvin vähäriskisiksi investoinneiksi. Siksi niille on yleensä helppo saada vieraan pääoman ehtoista rahoitusta. Tässä hankkeessa Virolahden kunta olisi mitä ilmeisimmin pääomistajana. Kunta saisi suhteellisen edullista lainaa rahoituslaitoksilta hankkeen osarahoitukseen. Osa hankkeesta rahoitettaisiin oman pääoman ehtoisesti joko suoraan kunnan tai ulkopuolisen yhtiön toimesta. Investointikustannuksista noin viidennes voitaisiin kattaa TEM:n energiatuen avulla.

14 ARVIO TUOTETUN ENERGIAN HINNASTA

Kun hankkeen suorat investointikustannukset on määritetty, arvioidaan laitoksen vuotuiset kustannukset ja tuotot, jonka jälkeen voidaan tehdä laskelma hankkeen kannattavuudesta ja laitoksen tuottaman energian hinnasta.

Laitoksen investointikustannus on laskelmassa jaettava laitoksen käyttöiän ajalle, jotta laskelmassa huomioitaisiin investointiin sitoutunut pääoma ja pääomalle asetettu tuottovaatimus. Lämpölaitoksen taloudellisena pitoaikana on laskennassa käytetty 20 vuotta. 20 vuotta on yleisesti lämpölaitoksilla käytetty taloudellinen pitoaika. Varovaisuuden periaatetta soveltaen 20 vuotta todetaan sopivaksi taloudelliseksi pitoajaksi, sillä se on noin puolet laitoksen teknisestä käyttöiästä ja laitoksen pitäisi pystyä toimittamaan kilpailukykyisen hintaista lämpöä seuraavat 20 vuotta. Laskentakorkokantana on käytetty viittä prosenttia, sillä lämpölaitoshankkeet mielletään yleensä vähäriskisiksi, joten 5 % tuotto sijoitetulle pääomalle voidaan nähdä hyväksyttävänä. Laitoksen omistajapohja ei ole selvillä, mutta oletettavasti osa hankkeesta rahoitetaan oman pääoman ehtoisesti ja osa velkarahalla. Lainan kustannus voidaan olettaa olevan alle 5 % ja oman pääoman tuottovaatimus jonkun verran yli 5 %, joten hankkeen WACC (weighted average cost of capital, pääoman keskimääräiskustannus) on myös lähellä viittä prosenttia. Annuiteettimenetelmällä laskettuna pääoman kustannukset ovat vuositasolla 38 115 €.

Laitoksen käyttämä polttoaine on mitä todennäköisimmin metsähaketta, jonka kustannus on viimeisimmän tilastotiedon mukaan 21,35 €/MWh. Kunnan kiinteistöt lämpiävät nykyisin maakaasulla, jonka hinta on 43,8 €/MWh. 3800 tunnin huipunkäyttöajalla laitoksen vuotuisiksi polttoainekustannuksiksi tulisi noin 90 000 €. Vastaavan lämmöntuotannon polttoainekustannus maakaasulla olisi noin 100 000 euroa suurempi. (Tilastokeskus 2014)

Yhden megawatin tehoinen lämpölaitos on teknisesti täysin mahdollinen toteuttaa täysin automaattikäyttöisenä ts. vakituista käyttöhenkilökuntaa ei tarvita. Laitoksen vuotuisiksi kunnossapitokustannuksiksi on arvioitu 2,5 % suorista investointikustannuksista eli 11875 €/vuosi. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002; 33, 48) Laitoksen vuotuisiin kuluihin on tämän lisäksi arvioitu muita yleisluontoisia kuluja (omakäyttösähkö, satunnaiset kulut) 10 000 euron verran. Kun laitoksen vuotuisiin käyttökustannuksiin lisätään aikaisemmin laskettu pääoman vuosikustannus 38 115 €, saadaan laitoksen

vuotuisiksi kokonaiskustannuksiksi noin 150 000 euroa. Laitoksen tuottaessa 3800 MWh lämpöä vuodessa break-even- tasoksi kaukolämmön hinnalle saadaan 39,5 €/MWh.

Laitoksen kannattavuutta arvioitaessa ei ole varovaisuuden periaatetta noudattaen otettu huomioon mahdollista verkon laajentamista muihin kiinteistöihin. Uusien kiinteistöjen lisääminen lämpölaitoksen piiriin lisäisi oletettavasti laitoksen ja verkon tehokkuutta ja siten myös kannattavuutta sekä laskisi tuotetun energian hintaa. Mikäli lämpöverkkoon liitettäisiin muita kuin kunnan omistuksessa olevia kiinteistöjä, voitaisiin näiltä asiakkailta periä markkinaehtoisesti määräytyvää hintaa kaukolämmöstä. Markkinahinta olisi huomattavasti korkeampi kuin edellä mainittu 39,5 €/MWh, joten tämä parantaisi laitoksen kannattavuutta entisestään. Edellä esitetyn laskelman mukaan lämmön hinta olisi laitosinvestoinnin toteuduttua 4,3 euroa megawattitunnilta edullisempaa kuin maakaasulla tuotettu lämpö.

Alustavien ja hyvinkin karkeiden investointilaskelmien perusteella laitos olisi taloudellisesti kannattava. Etenkin uusien kiinteistöjen lisääminen kaukolämpöverkkoon parantaisi kannattavuutta entisestään. Lisäksi valtion myöntämä energiatuki uusiutuvan energian hankkeille pienentäisi investointiin liittyvää riskiä. Tässä työssä tarkasteltujen mittareiden perusteella hanke on kuitenkin kannattavuuden alarajoilla. Poikkeamat oletetusta investointikustannusarviosta, korkotasosta, polttoaineiden hinnasta, kaukolämmön hinnasta tai muista kustannuksiin liittyvistä tekijöistä voi saada hankkeen muuttumaan tappiolliseksi. Hankkeen tarkempi kannattavuusarviointi vaatisi enemmän lähtötietoja ja selvitystyötä.

LÄHTEET

Alakangas E.. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Espoo.

Bioenergia-lehti 3/2010

Energiateollisuus. Kaukolämpöverkko, [viitattu 30.10.2014]. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko>.

FINLEX valtion säädöstietopankki. Valtioneuvoston asetus 445/2010. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. [verkkojulkaisu]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100445>. [Viitattu 30.11.2014].

FINLEX valtion säädöstietopankki. Valtioneuvoston asetus 750/2013. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. [verkkojulkaisu]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130750>. [Viitattu 30.11.2014].

FINLEX valtion säädöstietopankki. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 953/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta. [verkkojulkaisu]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990953> [Viitattu 30.11.2014].

FINLEX valtion säädöstietopankki. Valtioneuvoston päätös 993/1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. [verkkojulkaisu]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>. [Viitattu 30.11.2014].

Jalovaara J., Aho J., Hietämäki E. & Hyytiä H.. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5 – 50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Helsinki. Suomen ympäristö 649. Suomen ympäristökeskus.

Koskelainen et al. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki. 566 s. ISBN 952-5615-08-1.

KPA Unicon Oy. 2011. Unicon Bio, [viitattu 30.10.2014]. Saatavissa: <http://www.kpaunicon.fi/tuotteet.asp?tuotesivu=esitteet>.

MicrE. Biomassakattilat. [verkkajulkaisu]. <http://www.micre.eu/fi/energiantuotanto/biomassakattilat/>. [Viitattu 30.11.2014]

Motiva. 2014. Uusiutuvan energian kuntakatselmus. [Verkkajulkaisu] Viitattu 30.11.2014. Saatavissa: www.motiva.fi/kuntakatselmus

Nuutila, Matti (2008) Kaukolämpöyhtiöiden ja lämpöyrittäjien yhteistyömahdollisuudet. Energiateollisuus ry. PowerPoint-esitys. Saatavilla: <http://www.motiva.fi/files/709/energiateollisuus-kunnat-ja-alueelampo.pdf>

Partanen Esa. Kotkan kaupungin energia ja ilmastoasiantuntija. Sähköpostikeskustelu 2014.

Pöyry. 2010. Laskelma lämmityksen päästöistä, [viitattu 30.10.2014]. Saatavissa: http://www.oil.fi/sites/default/files/sivut/sisaltosivu/liitetiedostot/7_3_2_lammitysmuotojen_paastot.pdf

RakennusFakta. [Verkkosivusto] Viitattu 30.11.2014. Saatavissa: <http://www.rakennusfakta.fi/virojoen-paloasema/project.html>

Teknologian tutkimuskeskus (VTT). Flyktman M., Impola R. & Linna V.. Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5...30 MW kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta [verkkajulkaisu]. 2012. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B200B1E69-09BB-4654-8DBC-F67274431193%7D/30742>. [Viitattu 30.11.2014].

Tilastokeskus. Voimalaitospolttoaineiden hinnat lämmöntuotannossa, [viitattu 28.10.2014]. Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2014/02/ehi_2014_02_2014-09-18_kuv_003_fi.html.

Tilastokeskus. 2014. Polttoaineluokitus 2014, [viitattu 28.10.2014]. Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html.

Tilastokeskus (2014) Energian hintatilasto, 2014/2. vuosineljännes. Viitattu 9.12.2014. Saatavilla: <http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2014/02/>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2014) Energiatuki. Viitattu 1.12.2014. Saatavilla <http://www.tem.fi/energia/energiatuki>

Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2002. Hakelämpökeskuksen hankinta. ISBN 951-755-783-3.

Uski Markku. Virolahden kunnan tekninen johtaja. Sähköpostikeskustelu 2014.

Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen [verkkójulkaisu]. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ohje 1/1995. Helsinki. Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojeluosasto. [Viitattu 25.11.2014]. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=592>.