Kannen kuvat: VTT ja Tage Fredriksson

Puu lämmön tuotannossa

– tilastot ja tekniikat

Bioenergia

Aluksi

Polttopuun, modernimmin sanottuna energiapuun, tuotanto ja käyttö Suomessa on noussut huipulle alan aktiivisen kehittämistyön ansiosta.

Bioenergia ry on dokumentoinut sekä metsä- että käyttöpuolen kokemuksia kahteen julkaisuun. Kirjoittajina on alan parhaita osaajia.

Metsänhoitaja **Esko Pakkanen** on kertonut julkaisemassamme *Halkojen Suomi* -kirjassa (2017) puun hankinnan ja käytön historiasta sekä kehityksestä aina nykypäivään asti.

DI **Eija Alakangas** kirjoittaa *Puu lämmön tuotannossa* -julkaisussa tiiviisti puun polton energiatehokkuudesta, ympäristövaatimuksista ja tekniikan kehityksestä niin pienkäytössä kuin huippumoderneissa kiertoleijupetikattiloissakin. Kiitämme Eija Alakangasta ansiokkaasta kirjoitustyöstä.

Tage Fredriksson
Bioenergia ry

Puuta käytetään kaikenkokoisissa laitoksissa

Suomen energiastrategian tavoitteena on turvata energian saanti kilpailukykyiseen hintaan ja samalla rajoittaa kasvihuonekaasu- ja muut ympäristöpäästöt kansainvälisten sitoumusten edellyttämälle tasolle.

Suomessa tuotetaan yli 2/3 (42 %) lämmöstä biomassalla. Noin 74 % biomassasta käytetään kaukolämmön ja prosessihöyryn tuottamiseen ja loput 26 % kotitalouksien ja julkisten rakennusten lämmittämiseen. Vuonna 2016 Suomessa käytettiin rakennusten lämmitykseen 329,7 PJ (91,55 TWh[1]) energiaa, mikä on 26 % energian loppukulutuksesta. Samana vuonna lämmitys aiheutti noin 30 % kasvihuonepäästöistä.

Pientalojen osuus rakennusten energian kulutuksessa on iso, 36,5 %. Viime vuosina pientalojen energia-asioiden tarkastelussa on otettu huomioon myös ympäristötekijät, erityisesti ilmastonmuutos ja koko elinkaaren ympäristökuormitus. Pientalon elinkaaren ympäristökuormituksesta 80–90 % aiheutuu käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Energiatehokas talo kuluttaa energiaa ja kuormittaa ympäristöä puolet vähemmän kuin tavallinen talo. Ympäristökuormitus vähenee edelleen, kun tarvittava energia hankitaan uusiutuvista energialähteistä, esimerkiksi puusta, auringosta tai maalämmöstä.

Ensimmäiset puupolttoaineilla toimivat yhdistetyt lämmön- ja sähköntuotantolaitokset (CHP-laitokset) rakennettiin metsäteollisuuteen 1960-luvulla. Kaupunkien lämmön- ja sähköntuotantoon alettiin rakentaa 1970-luvulla CHP-laitoksia, jotka käyttivät polttoaineena turvetta ja kivihiiltä. Monet kaupunkien turvelaitokset ovat lisänneet myös puupolttoaineiden käyttöä tekniikan sallimissa rajoissa ja uudet laitokset suunnitellaan yleensä yksinomaan puuta käyttäviksi laitoksiksi. Suomessa on 136 CHP-laitosta, joiden sähköntuotantokapasiteetti on yhteensä noin 7 000 MW_e ja lämmöntuotantokapasiteetti 8 000 MW_{th}. Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan kiinteitä puupolttoaineita käytettiin lämpö- ja CHP-laitoksissa 38,2 miljoonaa kiintokuutiometriä ja pientaloissa 6,9 miljoonaa kiintokuutiometriä. Tulevaisuuden haasteena on säilyttää CHP-tuotanto samalla, kun öljyn käyttöä vähennetään ja kivihiilestä luovutaan vuoteen 2030 mennessä.

1 TWh (terawattitunti) on 1 000 000 MWh (megawattitunti) ja 1 MWh on 1 000 kWh (kilowattitunti). 1 MWh on 3,6 GJ (gigajoule). 1 PJ (petajoule) on 1 000 TJ (terajoule) ja 1 000 000 GJ

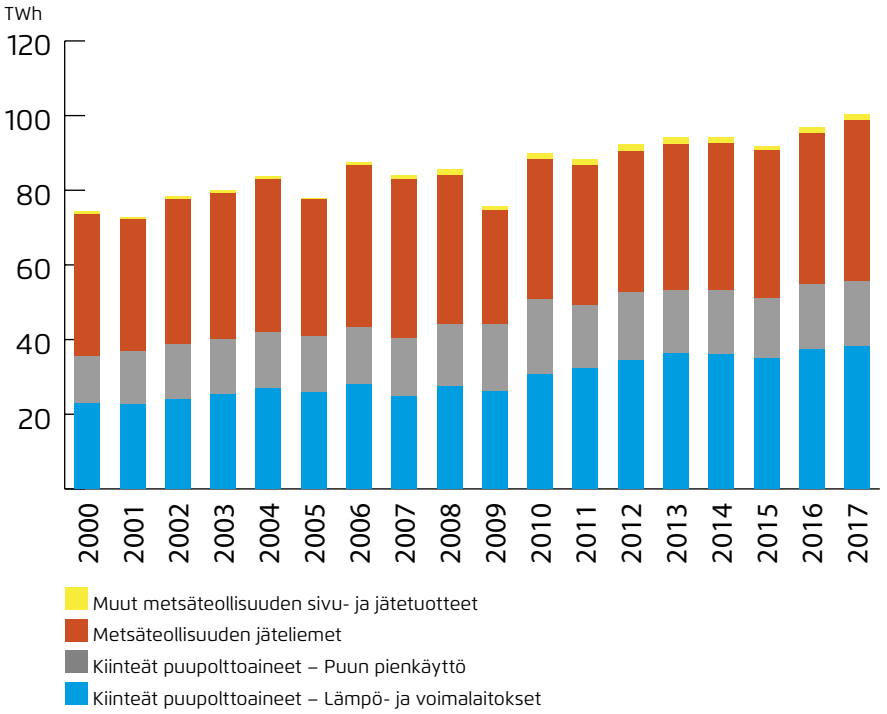
Hakkeella toimiva lämpöyrityskohde Hausjärvellä. Kuva: Tage Fredriksson

Ensimmäiset hakkeella toimivat lämpöyrittäjien lämmittämät pienet lämpölaitokset käynnistyivät 1990-luvun alussa Länsi-Suomessa. Nämä yritykset huolehtivat kuntien tai teollisuuskiinteistöjen lämmityksestä. Lämpöyrittäjä hankki polttoaineen ja huolehti lämpölaitoksen käytöstä. Yrittäjille maksettiin korvaus tuotetun lämmön perusteella. Työtehoseuran ja Bioenergia ry:n mukaan vuonna 2017 näitä lämpöyrittäjiä oli Suomessa 300, ja he lämmittivät 609 laitosta. Lämpöyrittäjäkohteet käyttivät 1,7 miljoonaa irtokuutiometriä puupolttoainetta, josta yli 80 % oli metsähaketta. Muutama kymmenen laitosta toimii puupelleteillä. Laitosten yhteenlaskettu teho on 470 MW ja laitosten keskikoko on 0,75 MW_{th}. Lämpöyrityksistä monet ovat osuuskuntia tai osakeyhtiöitä. Yrittäjät tuottavat lähienergiaa puupolttoaineilla.

Taulukossa 1 on ilmoitettu puupolttoaineiden käyttö Suomessa vuonna 2017 ja kuvassa 1 on puuperäisten polttoaineiden käyttö 2000-luvulla. Kuvassa 2 on kuvattu puupolttoaineiden kokonaiskäyttö sekä kokonaisenergian kulutus vuodesta 1960 lähtien. Vuonna 1960 puupolttoaineiden osuus oli noin kolmannes kokonaisenergiankulutuksesta, kun vuonna 2017 puupolttoaineiden osuus oli 25,5 %. Vuodesta 1960 vuoteen 2016 energiankulutus on 3,5-kertaistunut, ja puupolttoaineiden käyttö on 1,8-kertainen vuoteen 1960 verrattuna.

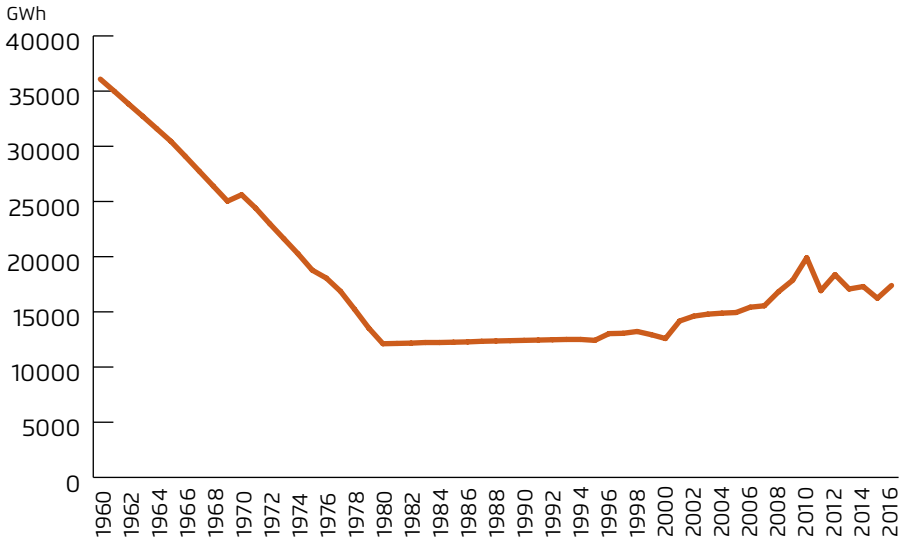
Kuvassa 3 on pienkäyttäjien puupolttoaineiden käyttö lämmitykseen vuosina 1960 - 2016. Vuonna 1960 käyttö oli 33,7 TWh, ja käyttö laski 1980-luvun alkuun. 1980 – 2000 käyttö oli runsaat 12 TWh. Käyttö kasvoi 2000-luvulla 5 TWh ja 2000-luvulla käyttö sisältää myös metsähakkeen, pellettien ja brikettien käytön polttopuun lisäksi.

Taulukko 1. Puupolttoaineiden käyttö vuonna 2017. Lähde: Tilastokeskus ja Luonnonvarakeskus			
Puupolttoaineet	**TJ**	**TWh**	**%**
Metsäteollisuuden jäteliemet	154 765	43,0	43
Teollisuuden ja energiantuotannon käyttämät teollisuuden puutähteet, josta	81 382	22,6	22
Puutähdehake	8536	2,4	
Sahanpuru ja muut	19854	5,5	
Kuori	47 671	13,2	
Pelletit- ja briketit	4 878	1,4	
Muu	443	0.1	
Muut metsäteollisuuden sivutuotteet	6 840	1,9	2
Kierrätyspuu, bio-osuus	5 123	1,4	1
Metsähake, teollisuus	51 937	14,4	14
Puun pienkäyttö, josta	62 280	17,3	18
Metsähake, maa- ja kotitalous	4 680	1,3	
Pelletit ja briketit	1 048	0,3	
Klapi	56 552	15,7	
Yhteensä, TJ	**362 362**	**100,6**	**100**



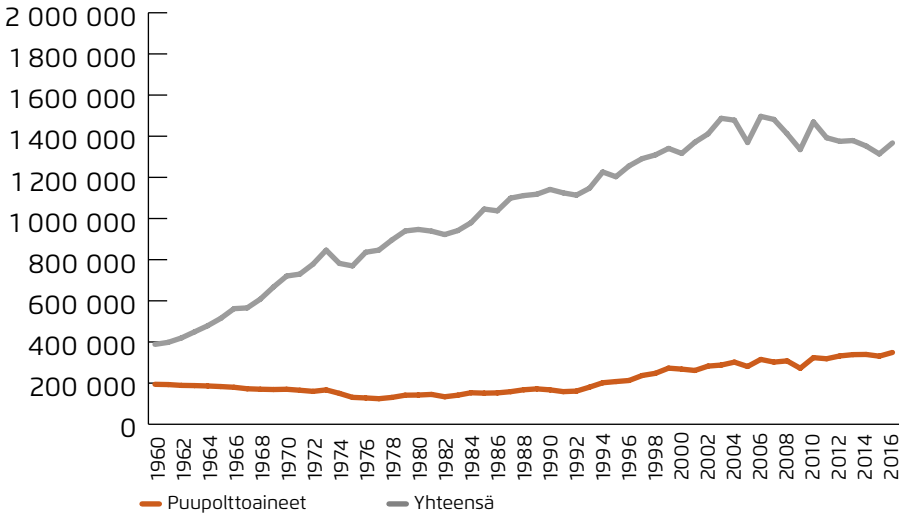
Kuva 1. Puupolttoaineiden käyttö 2000-luvulla. Lähde Luonnonvarakeskus

Puun pienkäyttö 1960 - 2016



Kuva 2. Puun pienkäyttö vuodesta 1960 lähtien.

Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (TJ) ja puupolttoaineiden käyttö vuodesta 1960 lähtien.



Kuva 2. Kokonaisenergiankulutus ja puupolttoaineiden käyttö vuodesta 1960 lähtien

Karsitusta rangasta valmistettu hyvälaatuinen hake. Kuva: Luonnonvarakeskus.

Polttotekniikka määrittää polttoaineen laadun

Puupolttoaineita käytetään Suomessa joko yksinään tai seospolttona turpeen ja kivihiilen kanssa. Puuta käytetään sekä kotitalouden kattiloissa ja tulisijoissa (< 50 kW), mutta myös suurissa CHP-laitoksissa jopa 550 MW:n laitoksissa. Mitä pienempi polttolaite, sitä laadukkaamman puupolttoaineen se vaatii. Isoissa leijukattiloissa voidaan polttaa monia kosteita polttoaineita samanaikaisesti hyvällä hyötysuhteella ja pienin päästöin. Pienissä laitteissa polttoaineen lisäksi myös käyttäjän lämmitystavat ja laitteen huolto vaikuttavat hyötysuhteeseen ja päästöihin. Näissä huoltotoimenpiteisiin kuuluvat tuhkanpoisto ja nuohouksesta huolehtiminen. Tuoretta puuta poltettaessa voidaan käyttää myös savukaasun lauhduttimia, jolloin polttoaineessa oleva kosteus lauhdutetaan savukaasuista ja lämpö otetaan talteen. Taulukossa 2 on kuvattu eri tekniikat ja puupolttoaineiden laatuvaatimukset.

Taulukko 2. Kiinteiden puupolttoaineiden keskeiset laatuvaatimukset eri käyttäjäryhmille eri tekniikoilla.

Käyttäjäryhmä	Polttoaine	Käytetty teknologia	Polttoaineen tärkeimmät laatuvaatimukset
Kotitaloudet (< 50 kW)	Puupelletit	Pellettikattilat ja -takat	Hyvä mekaaninen kestävyys (97,5 p-%) ja alhainen tuhkapitoisuus (< 0,7 p-%)
	Polttopuu, puubriketit	Tulisijat Halkokattilat	Alhainen tuhkapitoisuus (< 0,7 p-%) briketeille ja alhainen kosteus 15–20 p-% polttopuulle
	Karsittu rankahake	Stokerikattilat	Alhainen kosteus < 35 p-% ja homogeeninen palakoko, 30–45 mm
Maatilat, isot kiinteistöt (< 1 MW)	Kokopuu- tai rankahake, palaturve	Stokerikattilat Arinapoltto	Alhainen kosteus < 35 p-% ja homogeeninen palakoko, 30–45 mm
	Puupelletit	Pelletti- ja stokerikattilat	Hyvä mekaaninen kestävyys (97,5 p-%) ja alhainen tuhkapitoisuus (< 0,7 p-%)
Kaukolämpö-laitokset (< 5 MWth) tai pienet CHP-laitokset	Metsätähde- tai kokopuuhake, palaturve	Arinapoltto Leijupoltto	Kosteus < 40 p-% arina- ja leijupolttoon
	Erittäin hyvät, puhtaat polttoaineet	Myötävirtakaasutus (< 2 MW)	Kosteus < 25 p-%, palakoko 10–100 mm, tuhkapitoisuus < 1 p-%, korkea tuhkan sulalämpötila, suuri irtotiheys > 200 kg/m³
Lämpö- ja CHP-laitokset (5–10 MW)	Metsätähde-, kokopuu- tai rankahake	Arinapoltto (Leijukerrospoltto)	Kosteus < 50 p-%, (alkalit ja kloori) ja savukaasulauhduttimen kanssa > 50 %
	Suhteellisen laaja polttoainepohja	Vastavirtakaasutus (< 10 MW)	Palakoko 10–100 mm, kosteus < 50 %
Lämpö- ja CHP-laitokset (10–50 MW)	Metsätähdehake, kantomurske, sahanpuru, kuori, jyrsinturve ja peltobiomassat	Leijupoltto	Kosteus 40–60 p-%. Selvitettävä alkuainepitoisuudet erityisesti alkalit ja kloori. Seospoltossa polttoaineseoksen ominaisuudet ratkaisevat, ei yksittäisten polttoaineiden.
	Kierrätyspuu (C-laatu)	Leijupoltto	
	Joustava polttoaineiden suhteen: myös vaikeat biomassat ja jätepolttoaineet	Kupliva/kiertoleiju-kaasutus (20–100 MW)	Palakoko < 30–50 mm, kosteus < 50 p-%. Kaasun puhdistustarve määräytyy polttoaineen epäpuhtauksien ja kattilatyypin mukaisesti.
Voima- ja CHP-laitokset (> 50 MW)	Metsätähde- ja rankahake, kantomurske, sahanpuru, kuori, kierrätys-polttoaineet, jyrsinturve, lietteet	Leijupoltto	Kosteus < 50 p-%. Selvitettävä alkuainepitoisuudet erityisesti kloori, alkalit, raskasmetallit (jätepolttoaineet), tuhka. Seospoltossa polttoaineseoksen ominaisuudet ratkaisevat, ei yksittäisten polttoaineiden.
	Puupelletit, sahanpuru kivihiilen kanssa	Pölypoltto	Kattilakohtaiset laatuvaatimukset
	Kierrätyspuu	Leijupoltto	Kattilakohtaiset laatuvaatimukset
	Joustava polttoaineiden suhteen: myös vaikeat biomassat ja jätepolttoaineet	Kupliva/kiertoleiju-kaasutus (20–100 MW)	Palakoko < 30–50 mm, kosteus < 50 p-%. Kaasun puhdistustarve määräytyy polttoaineen epäpuhtauksien ja kattilatyypin mukaisesti.
Teollisuuden prosessiuunit (mm. meesauuni)	Metsätähde- ja rankahake, kantomurske, sahanpuru, kuori	Kiertoleijukaasutus (20–100 MW)	Palakoko < 30–50 mm, kuivattava < 15 p-%. Selvitettävä tuhkan alkuainepitoisuudet (kuorma uunille rajoittaa)

Tulisijat päälämmitysjärjestelmästä lisälämmön lähteeksi

Tulisijalämmitys oli vallitseva lämmitysjärjestelmä omakotitaloissa 1950-1960-luvuilla. Huonekohtaisia tulisijoja käytettiin päälämmitysjärjestelmänä ja esimerkiksi keittiössä sijainnut keskuslämmitysliesi oli yleinen keskuslämmitysjärjestelmä rintamamiestaloissa 1950-luvulla. Keskuslämmitysliesi on tulisija, jossa on yhdistetty keskuslämmityskattila ja puuliesi. Vesi kiertää ja lämpenee lieden sisälle vedetyissä putkissa. Keskuslämmitysliesi sopii päälämmityslähteeksi, kun asunnon pinta-ala on enintään 100 – 120 m^2. Liettä voidaan käyttää myös ruuan valmistukseen. Keskuslämmitysliesi toimi kaksikerroksissa omakotitaloissa, ja lämpö siirrettiin painovoimaisesti pattereihin. Lämmityspatterit olivat nykyisiä pattereita järeämpiä. Keskuslämmitysliesi ei tarvitse sähköä, mutta sitä on lämmitettävä useasti päivän aikana, jotta huoneiden lämpötila pysyy tasaisena. Yläkerran huoneet olivat kuitenkin yleensä alakerran huoneita lämpimämpiä. Keskuslämmityslieden hyötysuhde kattilaveteen on 45–55 %.

Avotakat olivat suosittuja 1970-luvulla, mutta alhaisen hyötysuhteensa vuoksi ne olivat lähinnä tunnelman luojia. Nykyiset varaavat tulisijat varustetaan lasiluukuin, joten sekä liekeistä että hyvästä lämmitystehosta voi nauttia. Erityisesti 1990-luvulta lähtien tehdasvalmisteisten tulisijojen tuotekehitykseen on panostettu ja varaavien tulisijojen hyötysuhteet ovat 80 % luokkaa ja pölypäästöt pieniä. Tulisijojen hyötysuhteita on kuvattu taulukossa 3.

Varaava takka. Polar laattapinta ja kivikehys.
Kuva: Uunisepät

Pientaloissa tulisija on nykyisin harvoin ainoa lämmönlähde, mutta sen merkitys lisälämmönlähteenä on entistä tärkeämpi. Klapi tai pelletti on päälämmönlähde, jos käytetään kattilaa tai kattilaa, johon on liitetty poltin pelletin tai hakkeen polttoa varten. Pellettitakkaa voidaan käyttää myös varaajaan liitettynä ja yleensä varaaja on varustettu myös aurinkolämpöjärjestelmällä. Suomessa on saatavilla myös massiivitakkaan liitettävä aurinkolämpöjärjestelmä.

RTS Tutkimus Oy:n mukaan pientaloista noin 41 000 lämpiää puupolttoaineella. Puupellettejä käytetään lähes 30 000 pientalossa. Lähes 95 % uudisrakentajista ilmoittaa hankkivansa taloonsa tulisijan. RTS Tutkimus Oy:n mukaan Suomessa on (ilman puukiukaita) noin 2,9 miljoonaa tulisijaa, joista 1,55 miljoonaa omakotitaloissa, 0,8 miljoonaa vapaa-ajan asunnoissa, 0,1 miljoonaa rivitaloissa, 0,15 miljoonaa kerrostaloissa ja 0,3 miljoonaa muissa rakennuksissa. Noin 86 %:lla omakotitaloista on tulisija. Suomessa on puukiukaita 1,1 miljoonaa, joista noin 0,6 miljoonaa vapaa-ajan asunnoilla. Patojen määrästä ei ole tietoa. Vuosittain hankitaan 70 000 uutta tulisijaa.

Tavallisimpia muurattuja tulisijoja ovat lämmitysuunit, varaavat takat, avotakat, keittiöliedet, liesileivinuunit ja leivinuunit. Harvinaisempia ovat muun muassa muuratut padat ja kiukaat. Viime vuosina on tehty muuraamalla myös takkaleivinuuneja. Tehdasvalmisteisia tulisijoja ovat esimerkiksi saunan kiukaat, vesipadat, lämmityskamiinat, takat, takkasydämet, keittiöliedet, leivinuunit ja takkaleivinuunit. Varaavat tulisijat ovat suosituimmat tulisijat. Tulisija sijoitetaan yleensä olohuoneeseen, josta lämpö siirtyy myös muihin huoneisiin.

Taulukko 3. Eri tulisijojen hyötysuhde (palamis- ja lämmönsiirron hyötysuhde). Lähde: VTT, Työtehoseura ja tulisijavalmistajat

Tulisija	Hyötysuhde
Avotakka	< 30 %
Takkauuni	80 – 85 %
Leivinuuni	80 – 85*
Liesi, keskuslämmitysliesi, kiuas	45 – 70 %
Pellettitakka	75 – 90 %

* jos vain paistossa talteen saatu lämpö katsotaan hyötylämmöksi, hyötysuhde on 5 – 10 %

Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan puupolttoaineiden pienkäyttö lämmityskaudella 2016/2017 oli yhteensä 6,9 miljoonaa kiintokuutiometriä (m^3). Klapin käyttö oli 4,7 miljoonaa m^3, halkoina käytettiin 1,2 miljoonaa m^3 ja hakkeena 0,6 miljoonaa m^3. Lisäksi poltettiin erilaista kierrätys- ja sivutuotepuuta sekä pellettejä yhteensä 0,4 miljoonaa m^3. Maatilat käyttävät vuodessa polttopuuta keskimäärin 18 m^3 kiinteistöä kohden ja omakotitalot hieman yli 5 m^3 kiinteistöä kohden.

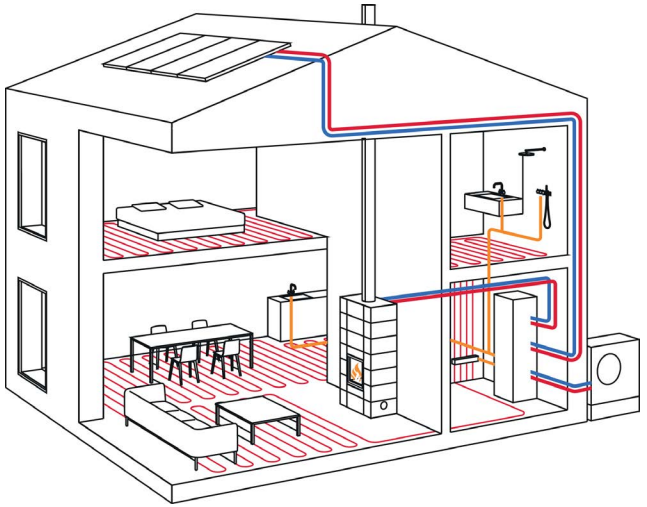
Taulukossa 4 on eri tulisijatyypeissä käytetty polttopuun määrä lämmityskaudella 2016/2017. Taulukosta 4 nähdään, että varaavat tulisijat ovat suosituimpia. Saunan tulisijojen osuus kokonaismäärästä oli 19 % ja leivinuunien ja yhdistelmäuunien 14 %.

Taulukko 4. Polttopuun käyttö lämmityskaudella 2016/2017 eri tulisijatyypeissä. Lähde: Luonnonvarakeskus.

	Varaavat takat, pönttöuunit, kaakeliuunit	Klapikattila lämminvesi-varaajalla	Kevyttakat, kiertoilmatakat, takkasydämet	Kamiinat, valurautatakat	Avotakat
Kokonaismäärä, 1 000 m^3	1 968	1 222	138	109	86
Keskikulutus puuta käyttäneillä, m^3/vuosi	1,37	0,85	0,1	0,08	0,06

Tulisija tarvitsee kuivan (kosteusprosentti 15-20%) polttopuun. Kuva: VTT

Lämmityskamiina La Nordica-TEA. Kamiinan teho on kahdeksan wattia ja lämmitysala 80 m³.
Kuva: Tulituote Oy



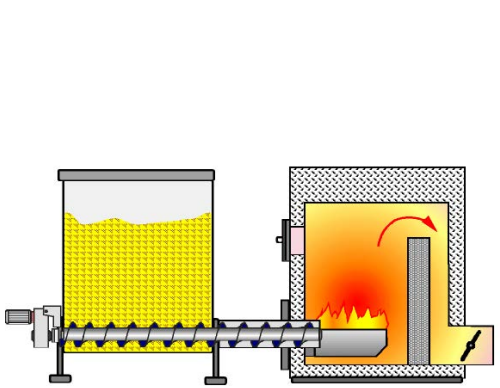
Tulisijan ja aurinkolämpöjärjestelmän yhdistäminen. Kuva: Tulikivi Oyj

Puukattilat pientaloissa

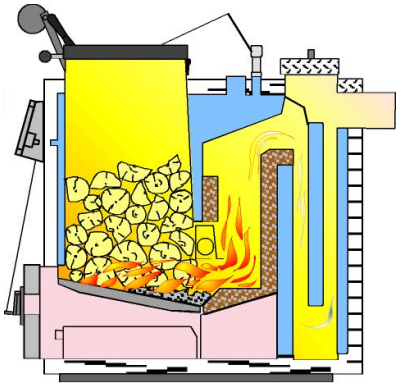
Asumismuotojen muuttuessa ja tekniikan kehittyessä koettiin tarpeelliseksi järjestää kiinteistöjen lämmitys keskitetysti. Tähän auttoi tekniikka, jolla polttoaineesta vapautuva energia voitiin siirtää putkistojen avulla ja väliaineen välityksellä pitkiäkin matkoja. Keskuslämmitysjärjestelmässä väliaineena käytetään vettä suljetussa verkostossa, jossa veteen varastoituu lämpöenergiaa. Lämmitysverkoston pattereista lämpöenergia vapautuu huonetilaan lämpösäteilynä. Keskuslämmitysverkosto on varsinkin isoissa rakennuksissa yleinen lämmitysmenetelmä.

Kattilat valmistetaan joko levyistä hitsaamalla tai teräsvalusta. Omakotitaloissa käytettävät kattilat ovat yleensä tehtaalla asennusvalmiiksi tehtyjä paketteja, joissa on valmiina lämpömittarit, termostaatit ja sekoitusventtiili sekä käyttöveden valmistamista varten kierukka vesitilassa tai pieni vaihdin peltikuoren alla eristetilassa. Isompiin kiinteistöihin toimitettavat valurautakattilat kuljetetaan osina pannuhuoneeseen ja kootaan siellä valmiiksi.

Kiinteällä polttoaineella toimivat kattilat jaetaan polttoaineen palamissuunnan perusteella pääpiirteissään ylä- ja alapalokattiloihin. Yläpalokattilassa polttoainekerros palaa yläosastaan, ja palamisen edistyessä kaikki tulipesässä oleva polttoaine syttyy. Polttoaine lisätään palavan kerroksen päälle, jolloin palaminen on epätäydellistä. Paras hyötysuhde saadaan vaihtelemalla polttoaineen määrää, kun kattilaa käytetään koko ajan tasaisesti täydellä teholla. Tällöin puita on lisättävä kattilaan muutaman tunnin välein, mikä vaatii käyttäjältä aikaa. Myös tulisijat toimivat yläpaloperiaatteella.



Yläpalokattila. Kuva: VTT

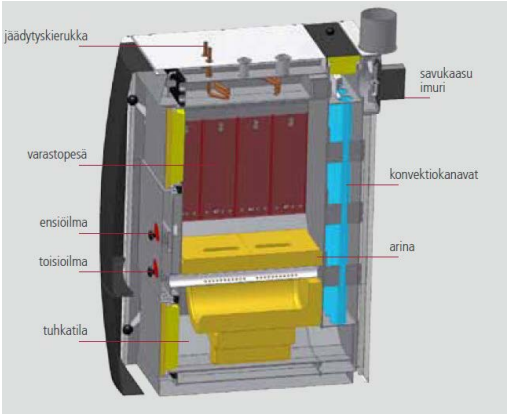


Alapalokattila. Kuva: VTT

Alapalokattilassa polttoainekerros palaa alaosastaan, joten polttoaineen lisäys ei vaikuta palamiseen niin paljon kuin yläpalokattilassa. Palamistapahtuma on tulipesässä tasainen koko lämmityksen ajan. Mikäli puuta poltetaan säännöllisesti lämmityskattilassa, on hyödyllistä käyttää kattilan yhteydessä varaajaa.

Varaajan avulla suurennetaan lämmitysjärjestelmän vesitilavuutta ja samalla myös lämmityskapasiteettia. Varaajan avulla lämmitys on huomattavasti tehokkaampaa ja ympäristöpäästöt pienempiä kuin ilman varaajaa. Lämmittäminen helpottuu, kun lämmityskertoja on harvemmin. Puuta voidaan myös polttaa isommalla tulella, jolloin lämmityksen tuottamat noki- ja pienhiukkaspäästöt sekä nuohoustarve vähenevät. Omakotitaloissa kattilan yhteyteen asennettavat lämminvesivaraajat ovat tilavuudeltaan 500–3 000 litraa. Varaajan tilavuus määräytyy lämmitettävän kuutiomäärän ja sen mukaan, kuinka usein kattilassa pidetään tulta vuorokauden aikana. Varaajaan kytkettävät kattilat ovat vesitilavuudeltaan pieniä. Yleensä kattilassa kiertävä vesimäärä on alle 100 litraa. Putket kytketään kattilan ja varaajan välillä siten, että kattilan lämpötila pysyy vakiona koko lämmityksen ajan.

Käänteispalokattila on uusin, alapalokattilasta kehitetty pienkattilatyyppi. Palamiskaasut johdetaan kattilan polttoainekerroksen alla olevan pienen arinan läpi keraamiseen jälkipalotilaan, jossa kaasut palavat korkeassa lämpötilassa (900–1 100 astetta). Käänteispalokattila tarvitsee yleensä savukaasujen poistoimurin. Useimmiten savukaasujen poistoimuri on kattilan rakenteessa.



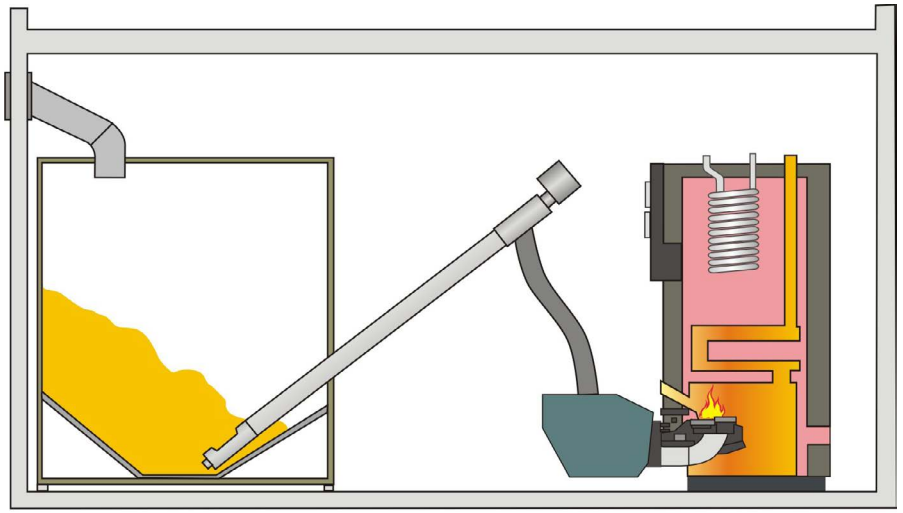
Käänteispalokattila. Kuva: Ariterm

Pellettikattilassa käytetään lähes samaa polttoainetta kuin puukattilassa, mutta pelletillä lämmittäminen ei sido käyttäjää samalla tavoin kuin puulla lämmittäminen. Kattilaan asennetaan pellettipoltin, joka siirtää automaattisesti lämmöntarpeen mukaan ruuvikuljetinta myöten polttoainetta tulipesään, jossa se palaa polttimen palopäässä. Lähes automaattisesti toimivan lämmityksen ansiosta pelletistä saatava energia on tasaista. Markkinoilla on myös pellettipoltin-kattilayhdistelmiä.

Paras hyötysuhde on pellettikäyttöön suunnitelluilla kattiloilla. Niissä on yleensä pystymallinen tulipesän jatke, eli konvektio-osa, jolla lisätään lämmön talteenottoon tarkoitettua pinta-alaa. Konvektio-osan ansiosta lentotuhkan kertyminen on vähäistä. Myös kattilan puhdistettavuus ja polttimen huolto on vaivattomampaa kuin puukattilassa. Pelletti varastoidaan pellettisiilossa, jonka tilavuus on omakotitalossa noin 6–10 kuutiometriä. Pellettisiilo voi sijaita huonetilassa, maan alla tai jopa ulkona. Ulkovarastoinnissa esimerkiksi kosteus saattaa heikentää pellettien laatua. Pellettisiilo ja kuljetinruuvit asennetaan jokaiseen kiinteistöön tilan mukaisesti. Pellettipolttimien ohjauslaitteet sijaitsevat joko polttimessa tai erillisessä ohjauskeskuksessa. Pellettikattilan termostaatti käynnistää tai sammuttaa polttimen kattilassa olevan veden lämpötilan mukaisesti. Ohjauskeskus annostelee pellettiä siilosta ruuvikuljetinta pitkin polttimelle energiatarpeen mukaan.

Pellettilämmitysjärjestelmä vaatii kokonaisuutena suuremman laitetilan kuin esimerkiksi maalämpölaitteisto. Pellettijärjestelmiä on saatavana myös valmiina lämmityskontteina, jotka sisältävät kaikki tarvittavat laitteet ja pellettivaraston. Kontin voi asentaa esimerkiksi omakotitalon yhteyteen. Tarvittavien sähkö- ja vesiliitäntöjen jälkeen laitekokonaisuus on toimintavalmis.

Kattilan tulipesään asennetaan palopää, johon johdetaan ruuvikuljettimella haketta kattilan viereen asennetusta säiliöstä tai erillisestä purkulaittein varustellusta hakesiilosta. Joidenkin mallien palopää ja kuljettimet mahdollistavat pelletin ja turpeen käytön. Hakekattiloihin asennetaan erillinen ohjauskeskus, joka säätää polttoaineen ja ilman suhdetta palamistapahtuman aikana kattilan lämpötilan mukaan. Hakkeen palamisen hyötysuhteen optimoimiseksi käytetään jäännöshapen mittaavia antureita. Omakotitalojen käyttöön asennetut hakekattilat on yleensä varustettu kattilahuoneeseen asennetulla polttoainesäiliöllä, johon hake kannetaan käsin erillisestä hakevarastosta. Hakkeelle on mahdollisesti kattilahuoneen ulkopuolella erillinen säiliö, josta hake johdetaan ruuvikuljetinta pitkin kattilahuoneen välivarastoon ja edelleen palopäälle. Paloturvallisuusvaatimukset ovat erittäin tarkat. Hakkeen pöly ei saa levitä kattilahuoneeseen aiheuttamaan palovaaraa. Pienemmissä kiinteistöissä hakekattilat on varustettu laitteilla, jotka valmistavat kuumaa käyttövettä. Kattilan vesitilavuus on useita satoja litroja. Kuumaa vettä käytettäessä saadaan veteen sitoutunutta energiaa riittävästi, mikä on suhteutettu vesipisteillä kulutettavan veden enimmäismäärään. Kun käyttöveden ja lämmityksen tarvitseman energian määrä vaihtelee lyhyellä ajanjaksolla paljon, on tarpeen asentaa hakekattilan yhteyteen puskurivarastoksi vesivaraaja tasaamaan hetkellisiä enimmäiskäyttömääriä.



Pellettijärjestelmä. Kuva: VTT

Arinapoltto, pölypoltto ja puukaasutus kaukolämmön tuotannossa

Arinapoltto on perinteinen puupolttoaineiden polttotapa pienemmissä laitoksissa. Pienemmät kaukolämpölaitokset (< 1 MW) on varustettu ruuvisyöttöisellä arinapolttimella, stokerilla, joka syöttää polttoaineen tulipesään. Arina on yleensä liikkuva. Polttoaine syötetään tavallisesti arinan yläpäästä, jossa se kuivuu. Polttoaine palaa arinan alapäässä. Polttoaine voidaan syöttää myös arinan alta. Arina-poltto on käytetyin ja taloudellisin teknologia alle 5 MW_{th}:n puukattiloissa.

Arinapoltossa voidaan käyttää polttoaineita, jotka vaativat vähän esikäsittelyä, mutta ne ovat herkkiä isoille metallikappaleille, lasille ja kiville. Ne eivät kärsi polttoainepedin agglomeroitumisesta eli partikkelien tarttumisesta toisiinsa, kuten leijupoltossa. Arinapolton haittoja ovat alhaisempi hyötysuhde ja korkeammat päästöt, koska polttoaine ja palamisilma sekoittuvat huonommin kuin leijupoltossa. Arinapoltolla on myös huonommat lämmönsiirto-ominaisuudet ja korkeampi lämpötila polttoalueella, koska lämpötilaa ei mitata tai säädetä. Lämpötila on tyypillisesti 1 200 – 1 400 °C. Arinapoltossa hyvään palamiseen tarvitaan palakooltaan ja kosteudeltaan tasalaatuinen polttoaine.

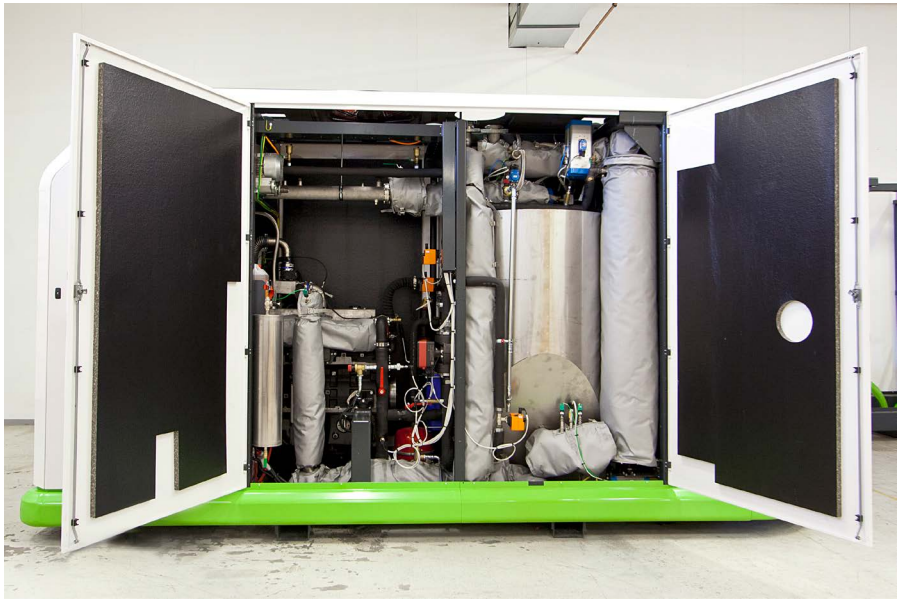
Yli 5 MW_{th} kattilat voidaan varustaa savukaasujen lauhduttimella, jolloin lämpöä otetaan talteen lauhduttamalla savukaasut vedeksi. Tällöin voidaan käyttää myös tuoreita, kosteita puupolttoaineita.

Suomessa on viime vuosina alettu käyttää pölypolttoa myös pellettien polttoon kaukolämmön tuotannossa. Pääsääntöisesti pölypolttoa käytetään kivihiilikattiloissa. Pelletit jauhetaan pölyksi, joka syötetään kattilaan polttimella. Pelleteillä toimivat pölypolttolaitokset ovat kattilateholtaan 1 – 100 MW_{th}. Pienimmät pellettien pölypolttokattilat voivat toimia myös huippukuorman aikana ja näin korvata öljyä. Kivihiilikattiloissa pelletit voidaan jauhaa kivihiilimyllyillä ja syöttää kivihiilen joukossa pölypolttokattilaan. Yleensä pelleteillä voidaan korvata vajaa 10 % kivihiilen energiasta.

Toinen vaihtoehto on lisätä kattilan yhteyteen metsähakkeella toimiva kaasutin ja syöttää tuotekaasu kivihiilikattilaan. Maailman suurin biomassan kaasutin on polttoaineteholtaan 140 MW, ja se on kytketty kivihiilikattilaan. Kaasutin voidaan myös kytkeä sellun tuotannossa kemikaalien talteenottoon käytettävään meesauuniin, jolloin sellutehtaalla voidaan luopua fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Markkinoilla on myös pieniä (< 2 MW) hakkeella toimivia kaasuttimia, joilla tuotetaan lämmön lisäksi sähköä.

Polttoaineen syöttö Unicon Biograte -kattilan arinalle arinan alapäästä. Kuva: KPA Unicon

MetsäFibre biotuotetehdas käyttää 100 % uusiutuvia energialähteitä. Kuva: Metsä Group



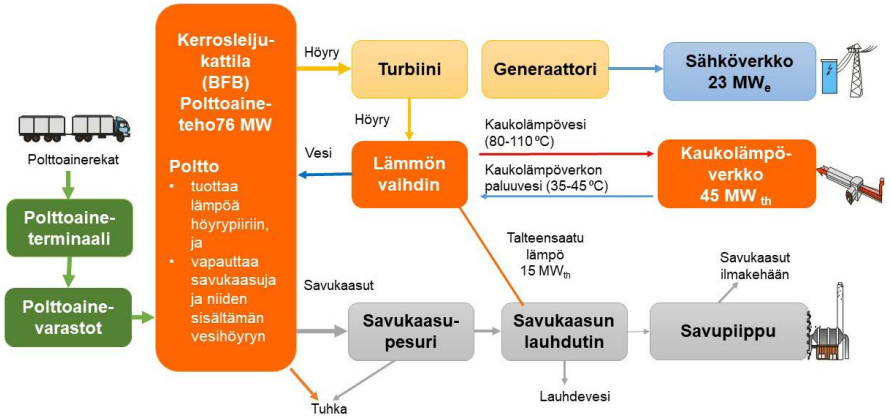
Pieni kaasutusteknologialla toimiva CHP-laitos. Kuva: Volter

Leijukattilat mahdollistavat useiden polttoaineiden käytön suurissa kattiloissa

Leijukerrospoltossa käytetään kahta teknologiaa: kerrosleiju (BFB) ja kiertoleiju (CFB). Tekniikka kehitettiin lietteen polttoon 1970-luvulla ja seuraavalla vuosikymmenellä biomassan ja turpeen polttoon. Suomalaiset kattilavalmistajat hallitsevat tällä hetkellä noin puolta leijukerroskattiloiden maailman markkinoista.

Poltossa palamisilma syötetään eri vaiheissa kattilaan. Leijukerrospoltossa polttoaine palaa hiekkapedissä, joka saadaan leijumaan syöttämällä pää- eli primääri-ilmaa pedin alle. Haihtuvat aineet palavat pedin yläpuolella, johon johdetaan sekundääri-ilmaa, jonka avulla poltetaan valtaosa muodostuneista savukaasuista. Hyvä palaminen varmistetaan tulipesän ylimpään osaan johdettavalla tertiääri-ilmalla. Leijupedin suuri, kuuma massa mahdollistaa hyvän polton, vaikka polttoaineen laatu vaihtelee. Hyvä polttoaineen sekoittuminen ja lämmönsiirto-ominaisuudet tekevät leijupoltosta hyötysuhteeltaan erinomaisen verrattuna arinapolttoon. Lisäksi leijupoltto mahdollistaa arina- tai pölypolttoon verrattuna alhaisemmat polttolämpötilat (800 – 900 °C). Alhaisemmat polttolämpötilat vähentävät kattilan lämpöpintojen likaantumista ja korroosiota, koska polttoaineiden tuhkansulamislämpötilat ovat korkeampia kuin polttolämpötilat. Leijupolton riskejä ovat pedin agglomeroituminen tietyillä, alkalimetalleja (mm. kalium ja natrium) ja klooria sisältävillä polttoaineilla. Agglomeroitumisessa hiekkapedin partikkelit tarttuvat yhteen. Haastavia polttoaineita ovat peltobiomassat ja erilaiset jätepolttoaineet, muun muassa kierrätyspuu. Agglomeroitumiseen vaikuttaa myös pedin materiaali ja yleensä valitaan petimateriaaleja, jotka eivät sisällä kvartsia. Leijupolton tutkimus on keskittynyt viime vuosina erilaisten haastavien polttoaineiden palamisen tutkimukseen sekä puupolttoaineiden osuuden lisäämiseen turvekattiloissa.

Järvenpään CHP-laitos



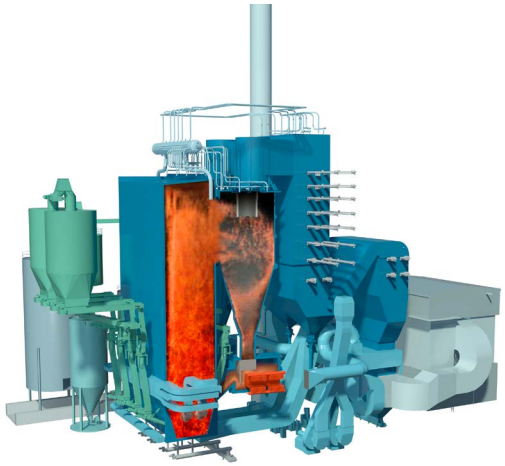
Useita paikallisia biopolttoaineita käyttävä kerrosleijukattila, joka on varustettu myös savukaasulauhduttimella. Kuva: VTT

Kerrosleijukattilaa käytetään pienemmissä kattiloissa ja saneerattaessa pölypolttokattila monipolttoainekattilaksi. Kattilan polttoaineteho on tyypillisesti 20 – 200 MW, mutta pienempiäkin laitoksia on rakennettu Suomeen. Kerrosleijukattiloiksi saneeratut pölypolttokattilat ovat olleet polttoaineteholtaan 100 – 200 MW. Kerrosleijukattilan leijutusnopeus on 1 – 3 m/s, jolloin leijupeti pysyy kattilan alaosassa. Kattilan hyötysuhde on tavanomaisesti > 90 %.

Kiertoleijukattilaa käytetään suuremmissa laitoksissa (polttoaineteholtaan 50 – 1 000 MW), ja ne suunnitellaan yleensä siten, että voidaan käyttää 100 % fossiilisia ja 100 % biopolttoaineita. Kiertoleijukattilan leijutusnopeus on 3 – 8 m/s, jolloin pedin partikkelit ”karkaavat” pedistä, ja ne palautetaan savukaasusuodattimien eli sykloonien kautta takaisin petiin. Kattilan hyötysuhde voi olla jopa 95 %. Suomen suurin kiertoleijukattila on polttoaineteholtaan 550 MW. Taulukossa 5 on kuvattu näiden tekniikoiden ominaispiirteet ja taulukossa 6 on verrattu eri polttotekniikoiden etuja ja haittoja.

Kuopion Energian uusi kiertoleijupetikattila, Haapaniemi 3. Kuva: Tage Fredriksson

Taulukko 5. Kerrosleiju- ja kiertoleijukattilan tekniikoiden soveltuvuus. Lähde Valmet

Kerrosleijukattila	
Joustava polttoainevalikoima • Voidaan käyttää useita erilaisia polttoaineita samassa kattilassa • Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa 5–14 MJ/kg • Voidaan yhdistää öljyn ja kaasun polttoon Kuorman vaihtelun kapasiteetti • Samat säätöperiaatteet kuin öljyn ja kaasun poltossa • Nopea palaminen, polttoaine ei kasaannu arinalle Korkea hyötysuhde • Vähäinen lisäilman tarve • Korkea palamishyötysuhde • Käytetään tyypillisesti 20 – 300 MW:n kattiloissa	 *Kerrosleijukattila. Kuva: Valmet*
Kerrosleijukattila	
Joustava polttoainevalikoima • Voidaan käyttää korkean lämpöarvon omaavia (6,5–32 MJ/kg) sekä kosteita polttoaineita (60 %) ja korkean tuhkapitoisuuden omaavia polttoaineita Laaja kattilakokovalikoima • Polttoaineteho 1000 MW (sähköä 300+MW_e) Mahdollisuus käyttää polvitulistinta • Mahdollisuus saavuttaa korkeammat höyryn arvot ja korkeampi sähköntuotannon hyötysuhde haastavilla polttoaineilla	 *Kiertoleijukattila. Kuva: Valmet*

Taulukossa 6 on kuvattu eri polttotekniikoiden edut ja haitat käytettäessä kiinteitä polttoaineita.

Taulukko 6. Voimalaitoskattiloiden edut ja haitat eri teknologioilla. Lähde: VTT

Edut	Haitat
Arinapoltto (kattilan polttoaineteho tyypillisesti < 100 MW)	
• kestävä ja luotettava • alhaiset investointi- ja käyttökustannukset • alhainen eroosio ja pölykuorma, koska ei tarvita leijuhiekkaa • voidaan käsitellä monia haastavia polttoaineita mm. jätepolttoaineita	• alhainen hyötysuhde • korkeat päästöt • rajoitettu monipolttoainepoltto • vaatii tasaisemman polttoainelaadun kuin leijupoltossa
Kerrosleijupoltto (BFB) (kattilan polttoaineteho tyypillisesti 20 – 300 MW)	
• soveltuu monille biomassapolttoaineille joilla on vaihteleva palakoko ja kosteus • hyvä polton hyötysuhde • alhaiset NO_x- ja SO_2-päästöt fossiilisten poltossa • kuumalla alueella ei ole liikkuvia osia	• pedin agglomeroitumisen riski alkaaleja sisältävillä polttoaineilla • rajoitettu kyky toimia osakuormalla • monipolttoaine käytössä pieni hiilen tai turpeen osuus • eroosio
Kiertoleijupoltto (CFB) (kattilan polttoaineteho tyypillisesti (50 – 1 000 MW)	
• paras polttoainevalikoiman joustavuus (0 – 100 % biomassaa tai kivihiiltä) • hyvin korkea polton hyötysuhde • alhaisimmat NO_x- ja SO_2 -päästöt fossiilisten poltossa • korroosion estoon käytetään erityisiä lämmönvaihtimia • kuumalla alueella ei ole liikkuvia osia	• korkea omakäyttösähkön kulutus • korkeat investointi- ja käyttökustannukset • pedin agglomeroituminen lämmönvaihtimissa ja pedissä • rajoitettu kyky toimia osakuormalla • eroosio
Pölypoltto (PF) (kattilan polttoaineteho tyypillisesti 100 – 2 000 MW)	
• korkea hyötysuhde • saatavilla myös suurina laitoksina • hyvä kuorman vaihtelun seuranta • monia seospolttomahdollisuuksia tarjolla mm. kaasuttimen liittäminen kattilaan tai pölymäisen polttoaineen seospoltto	• korkeat NO_x- ja SO_2 -päästöt fossiilisten poltossa • tarkat polttoaineen laatuvaatimukset • polttoaineen joustavuus rajoitettu

Päästömääräykset kiristyvät tulevaisuudessa

Euroopan unioni on valmistellut kolme direktiiviä erikokoisille polttolaitteille. Nämä ovat:

- Ecodesign-direktiivi (2009/125) tilalämmittimille (tulisijoille) ja pienkattiloille (≤ 500 kW)
- Keskisuurten polttolaitosten direktiivi (MCP) 2015/2193. Laitoksen teho 1 – 50 MW
- Teollisuuspäästödirektiivi (2010/75) ja BAT BREF (2017/1442). Laitoksen teho yli 50 MW

Uudet direktiivit ja niiden soveltamiseen laadittu kansallinen lainsäädäntö asettavat uusia, tiukempia vaatimuksia myös puuta käyttäville lämmityslaitteille ja kattilalaitoksille.

Ecodesign-direktiivin piiriin kuluvat tilalämmittimet sekä pienkattilat, joiden teho on korkeintaan 500 kW. Vaatimukset energiatehokkuudesta sekä päästöistä sisältyvät määräyksiin. Lisäksi edellytetään laitteiden testaamista eurooppalaisten standardien mukaan.

Paikallinen tilalämmitin on lämmityslaite, joka käyttää kiinteää polttoainetta ja muuntaa sen yhdellä tai useammalla lämmönkehittimellä suoraan lämmöksi. Tilalämmitin voi säteillä lämpöä myös suoralla lämmönsiirrolla yhdistettynä lämmönsiirrolla nesteeseen. Laite

voi olla lisäksi yhdistettynä lämmöntuottoverkostoon, jolla lämmitetään useampia tiloja. Tilalämmittimellä saadaan esimerkiksi huoneilmasta miellyttävän lämmintä.Tilalämmittimien kausittaista energiatehokkuutta koskevat erityiset ekosuunnitteluvaatimukset eivät koske saunan kiukaita eivätkä paikalleen muurattuja tulisijoja.

Liitteessä 1 on kuvattu Ecodesign-direktiivin vaatimukset tulisijoille ja pienkattiloille.

MCP-direktiivin mukaan olemassa olevista ja uusista polttoaineteholtaan 1 – 50 MW:n polttolaitoksista peräisin olevat ilmaan joutuvat rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästöt eivät saa ylittää taulukossa 7 esitettyjä päästöjen raja-arvoja. Direktiivi on toimeenpantu ns. uudella Pipo-asetuksella (Valtioneuvoston asetus 1065/2017) ja koskee Suomessa useita satoja vanhoja, teholtaan 1 – 50 MW:n laitoksia.

Taulukko 7. Päästöjen raja-arvot (mg/Nm³) puuta käyttäville polttoaineteholtaan 1 MW – 50 MW:n laitoksille Suomessa (O2 = 6 %). Lähde: Valtioneuvoston asetus 1065/2017.

Päästö	Olemassa oleva laitos, 1- 5 MW	Olemassa oleva laitos, > 5 – 50 MW	Uusi laitos, 1 – 50 MW (19.12.2018 jälkeen rakennetut)
Rikkidioksidit, SO_2	200[1]	200[1]	200[1]
Typen oksidit, NO_x (laskettuna NO_2)	450	450	375 ($1 < P^2 \leq 5$) 300 (P > 5 MW)
Hiukkaset, TSP	50	50 ($5 < P^3 \leq 20$) 30 (P > 20 MW)	50 ($1 < P^2 \leq 5$) 30 ($5 < P^2 \leq 20$) 20 (P > 20 MW)

[1] ei sovelleta yksinomaan puuta käyttäville laitoksille.
[2] P on kokonaispolttoaineteho (MW).
[3] P on polttoaineteho (MW).

Valtioneuvoston asetuksessa (1065/2017) on säädetty siirtymäkauden päästöraja-arvot, joita yli 5 MW:n laitokset noudattavat 2025 vuoden alkuun ja alle 5 MW:n laitokset vuoden 2030 alkuun. Rikkidioksidien päästörajat ovat 200 mg/Nm³ ja typen oksidit (laskettuna NO_2) ovat 450 mg/Nm³ kaikille laitoksille. Hiukkaset ovat 1 – 5 MW:n laitoksille 300 mg/Nm³, 5 – 10 MW:n laitoksille 100 mg/Nm³ ja 10 – 50 MW:n laitoksille 50 mg/Nm³.

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kuvaavat BAT-päätelmät (BAT, Best Available Techniques) ovat vuonna 2010 hyväksytyn teollisuuspäästödirektiivin (ns. IE-direktiivi 2010/75) kulmakivi. Direktiivin edellyttämä BAT-päätelmien sitovuus on pantu täytäntöön Suomessa ympäristönsuojelulailla. Direktiivi ja siihen liittyvät BAT-päätelmät koskevat yi 50 MW:n laitoksia.

Komissio antoi kesällä 2017 täytäntöönpanopäätöksen päätelmien (2017/1442) hyväksymisestä ja päätelmät julkaistiin EU:n virallisessa lehdessä 17.8.2017 (212/1-64). Suomessa on noin 250 päätelmien soveltamisalaan kuuluvaa polttolaitosta. Näistä useimpien ympäristöluvat tulee tarkistaa ja toiminta muuttaa BAT-päätelmien mukaiseksi neljän vuoden kuluessa. Päätelmissä on määritelty päästörajat vaihteluväleineen – Suomessa ollaan hyväksymässä yläraja lähtökohtaisesti riittäväksi. Euroopan muihin maihin verrattuna Suomessa on hyvä ilmanlaatu. BAT-vaatimukset ovat kuitenkin samat Euroopan laajuisesti. Kivihiilellä on silti lievemmät vaatimukset kuin puulla ja turpeella.

Päästöjen lisäksi BAT-päätelmät edellyttävät polttoaineen laadun tarkkailujärjestelmää.

Lähteet

Alakangas, E., Lindroos, T.J., Koljonen, T., Skeer, J. 2018. Bioenergy from Finnish forests: Sustainable, efficient and modern use of wood. International Renewable Energy Agency, ISBN 978-92-9269-012-9. 36 s. www.irena.org/publications/2018/Mar/Bioenergy-from-Finnish-forests

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT Technology 258 http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf.

Alakangas, E., Erkkilä, A. & Oravainen, H. 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. Polttopuun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä, VTT,EU/Intelligent Energy. ISBN 978-951-38-71 2 -0 http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf

Engström, F., 2016. Fluidized bed boilers A Finnish world success, Tekes, Review 331/2016. 100 s. https://www.businessfinland.fi/globalassets/julkaisut/fluidized_bed_boilers.pdf?_t_id=1B-2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d&_t_q=folke+engstrom&_t_tags=language%3afi%2csiteid%3a53b34a16-7ce7-4ab0-8c7e-f06c83547e28&_t_ip=194.111.136.1&_t_hit.id=Finpro_Web_Features_MediaData_GenericMediaData/_83d2ef6d-4542-406c-b2b2-9e751f428476&_t_hit.pos=11

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/2193, annettu 25 päivänä marraskuuta 2015, tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L313/1 – 19

Hurskainen, M. & Vainikka, P. 2016.Technology options for large-scale solid-fuel combustion. Oakey, J. (toim) Fuel Flexible Energy generation, Solid, Liquid and Gaseus Fuels, Woodhead publishing series in Energy, Number 91, UK, s. 177 – 199

Keskuslämmitysliesi lämmityksessä ja ruokataloudessa, 1986. Työtehoseura, Kotitalousosasto, opaslehtinen, 4 s.

Komission asetus (EU) 2015/1189, annettu 28 päivänä huhtikuuta 2015, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanemisesta kiinteän polttoaineen kattiloiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta. Euroopan virallinen lehti L193/100-114.

Komission asetus (EU) 2015/1185, annettu 27 päivänä heinäkuuta 2015, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanemisesta kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta, Euroopan virallinen lehti L193/1-19

Komission asetus (EU) N:o 813/2013, annettu 2 päivänä elokuuta 2013, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanemisesta tilalämmittimien ja yhdistelmälämmittimien ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta, Euroopan virallinen lehti L239/126-161

Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2017/1442, annettu 31 päivänä heinäkuuta 2017, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU mukaisten parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta suuria polttolaitoksia varten. Euroopan unionin virallinen lehti, 212/1-64.

Korri, J. 2018. Lämpöyrittäjyys – poistumaa enemmän kuin uusia kohteita. Bioenergia 1/2018 s. 12 – 13.

Nuohoojan käsikirja. 2009. Opetushallitus ja Nuohousalan Keskusliitto, Keuruu. 171 s.

Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja – laitosten ympäristösuojeluvaatimuksista (1065/2017). Helsinki 19.12.2017. 21 s.

Liite 1. Ecodesign direktiivin vaatimukset tulisijoille ja kattiloille

Tulisijat

Kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien on täytettävä 1 päivästä tammikuuta 2022 seuraavat vaatimukset.

Energiatehokkuus

a) edestä avointen, kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 30 %;
b) muuta kiinteää polttoainetta kuin pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 65 %;
c) pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 79 %;
d) liesien tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 65 %.

Päästöt mitataan komission asetuksen 2015/1185 liitteen III, kohdan 4, kuvaamalla menetelmällä. Hiukkaspäästöjen mittauksessa sallitaan kolme menetelmää, joilla kullakin on omat vaatimuksensa, mutta vain yhtä menetelmää tarvitsee käyttää:
1) Hiukkaspäästöjen mittaus ottamalla näytteitä kuivan savukaasun osanäytteestä kuumennetun suodattimen yläpuolella. Hiukkaspäästöt mitataan laitteen palamistuotteista, kun laite tuottaa nimellistehonsa, ja tarvittaessa osakuormalla;
2) Hiukkaspäästöjen mittaus ottamalla näytteitä laimennetun savukaasun osanäytteestä koko palamisjakson aikana luonnollisella vedolla käyttäen täysvirtalaimennustunnelia ja suodatinta huonelämpötilassa;
3) Hiukkaspäästöjen mittaus ottamalla näytteitä laimennetun savukaasun osanäytteestä 30 minuutin jakson aikana kiinteällä 12 Pa:n hormivedolla käyttäen täysvirtalaimennustunnelia ja suodatinta huonelämpötilassa tai sähköstaattista suodatinta.

Hiukkaset

a) edestä avointen, kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien hiukkaspäästöt saavat olla enintään 50 mg/m³ 13 % happipitoisuudella (menetelmä 1) tai 6 g/kg (kuiva-ainetta) (menetelmä 2);
b) muuta kiinteää polttoainetta kuin pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ja liesien hiukkaspäästöt saavat olla enintään 40 mg/m³ 13 % happipitoisuudella (menetelmä 2) tai 5 g/kg (kuiva-ainetta) tai 2,4 g/kg (kuiva-ainetta) biomassalla (menetelmä 3);

c) pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien hiukkaspäästöt saavat olla enintään 20 mg/m³ 13 % happipitoisuudella (menetelmä 1) tai 2,5 g/kg (kuiva-ainetta) (menetelmä 2) tai 1,2 g/kg (kuiva-ainetta) (menetelmä 3).

Orgaanisesti sitoutuneen hiilen päästöt (OGC, orgaaniset kaasumaiset hiilipäästöt):
a) edestä avointen, kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien, muuta kiinteää polttoainetta kuin pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ja liesien orgaanisesti sitoutuneen hiilen päästöt saavat olla enintään 120 mgC/m³ 13 % happipitoisuudella;
b) pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien orgaanisesti sitoutuneen hiilen päästöt saavat olla enintään 60 mgC/m³ 13 % happipitoisuudella.

Hiilimonoksidipäästöt (CO):
a) edestä avointen, kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien hiilimonoksidipäästöt saavat olla enintään 2 000 mg/m³ 13 % happipitoisuudella;
b) muuta kiinteää polttoainetta kuin pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ja liesien hiilimonoksidipäästöt saavat olla enintään 1 500 mg/m³ 13 % happipitoisuudella;
c) pelletteinä olevaa puristettua puuta käyttävien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien hiilimonoksidipäästöt saavat olla enintään 300 mg/m³ 13 % happipitoisuudella.

Typen oksidien päästöt (NO_x):
a) biomassaa käyttävien, edestä avointen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ja liesien typen oksidien päästöt saavat olla enintään 200 mg/m³ 13 % happipitoisuudella typpidioksidina ilmaistuna;
b) kiinteää fossiilista polttoainetta käyttävien, edestä avointen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien, edestä suljettujen kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ja liesien typen oksidien päästöt saavat olla enintään 300 mg/m³ 13 % happipitoisuudella typpidioksidina ilmaistuna.

Kattilat

Korkeintaan 500 kW:n tehoisten, kiinteää polttoainetta käyttävien kattiloiden on täytettävä seuraavat Ecodesign-direktiivin vaatimukset 1.1.2020 alkaen:

a) nimellislämpöteholtaan enintään 20 kW:n kattiloiden tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 75 %;
b) nimellislämpöteholtaan yli 20 kW:n kattiloiden tilalämmityksen kausittaisen energiatehokkuuden on oltava vähintään 77 %;
c) tilalämmityksen kausittaiset hiukkaspäästöt saavat olla enintään 40 mg/m³ automaattisyöttöisillä kattiloilla ja enintään 60 mg/m³ käsisyöttöisillä kattiloilla;
d) orgaanisesti sitoutuneen hiilen (OGC, orgaaniset kaasumaiset hiilipäästöt) tilalämmityksen kausittaiset päästöt saavat olla enintään 20 mg/m³ automaattisyöttöisillä kattiloilla ja enintään 30 mg/m³ käsisyöttöisillä kattiloilla;
e) hiilimonoksidin tilalämmityksen kausittaiset päästöt saavat olla enintään 500 mg/m³ automaattisyöttöisillä kattiloilla ja enintään 700 mg/m³ käsisyöttöisillä kattiloilla;
f) typpidioksidina ilmaistut typen oksidien tilalämmityksen kausittaiset päästöt saavat olla enintään 200 mg/m³ biomassakattiloilla.

Vaatimukset on täytettävä ensisijaisella polttoaineella ja kaikilla muilla kiinteään polttoaineen kattilaan sopivilla polttoaineilla.

Kiinteän polttoaineen kattiloiden parasta markkinoilla saatavilla olevaa teknologiaa (BAT) asetuksen voimaantuloajankohtana edustavat ohjeelliset viitearvot ovat seuraavat:

a) Tilalämmityksen kausittainen energiatehokkuus: 96 % kiinteän polttoaineen yhteistuotantokattiloilla, 90 % kondenssikattiloilla ja 84 % muilla kiinteän polttoaineen kattiloilla.
b) Tilalämmityksen kausittaiset päästöt:
   a. hiukkaspäästöt 2 mg/m³ biomassakattiloilla;
   b. orgaanisesti sitoutuneen hiilen päästöt 1 mg/m³;
   c. hiilimonoksidipäästöt 6 mg/m³;
   d. typen oksidien päästöt 97 mg/m³ biomassakattiloilla.