

Aki Lehtinen

Tulisijojen lämmön talteenotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.2.2016

Tekijä Otsikko	Aki Lehtinen Tulisijojen lämmön talteenotto
Sivumäärä Aika	39 sivua 8.2.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja	yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää, minkälaisia tulisijojen ja hormien lämmön talteenottojärjestelmiä on olemassa. Työssä pyrittiin saamaan selville lämmön talteenottojärjestelmien hyötysuhteita, mitoitus tietoja ja niiden toimintaperiaatteita. Työssä selvitettiin myös kostean polttopuun vaikutusta lämpöenergia määrään.</p> <p>Työssä etsittiin tietoa itsenäisesti tulisijojen ja hormien valmistajien tulisijaesitteistä. Sähköpostin välityksellä saatiin asiantuntijoilta teknistä tietoa järjestelmistä. Lisäksi työssä tarkasteltiin VTT:n tekemää simulointitestiä kolmen erilaisen tulisijan hyötysuhteista ja lämmönluovutuksesta korjaus- ja uudisrakennuksessa.</p> <p>Vesikiertoisia lämmön talteenottojärjestelmiä on olemassa takoilte, kiukaille ja hormeille. Ilmakiertoisia lämmön talteenottojärjestelmiä löytyi tällä hetkellä ainoastaan takoilte. Hyötysuhteita ja mitoitus tietoja löytyi lähes jokaiseen tulisijaan ja hormiin. Lisäksi työssä on käytetty tulisijojen ja hormien kuvia sekä kytkentäkuvia selventämään niiden käyttöä.</p> <p>Työssä saatiin selville kosteuden vaikutus polttopuun lämpöenergiamäärään. Samoin havaittiin tulisijojen erilaisuuksia, ajallisen lämmönluovutuksen suhteen. Työssä selviää myös erittäin hitaan, hitaan ja nopean tulisijan lämmönluovutus aikojen eroavaisuuksia ja tulisijojen hyötysuhteita, nettotuotto kWh ja osuus lämmöntarpeesta korjaus- ja uudisrakennuksessa.</p>	
Avainsanat	tulisija, lämmön talteenottojärjestelmä, hyötysuhde, lämpöenergia

Author Title	Aki Lehtinen Fireplaces and heat recovery
Number of Pages Date	39 pages 8 February 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to find out what kind of heat recovery systems exists for fireplaces and chimneys. The study investigated researched heat transfer's technical details for fireplaces and chimneys. The study investigated what and how variables affect the efficiency of burning wood as fuel.</p> <p>Product information was gathered from brochures of the manufacturer and by contacting directly the manufacturer and the technical sales people. The project evaluated the efficiency and duration of heat radiation of three different kinds of fireplaces.</p> <p>Heat recovery systems with a water heat exchanger was available for fireplaces and for chimneys but air heat exchanger was found only for a fireplace. The efficiency of the heat transfer was found in every fireplace and chimney examined. The study also determined what variables affect the amount of the thermal energy efficiency of burning wood as fuel.</p> <p>The heat recovery systems reduced heating costs if the purpose of the fireplace was to warm up the house. The project gives information about the heat exchangers and what kinds of recovery systems are available in the market.</p>	
Keywords	fireplace, heat recovery system, efficiency, thermal Energy

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Puun lämpöenergia	2
2.1	Puun koostumus	2
2.2	Puun lämpöarvo	3
2.3	Puunpolton ilmakerroin ja ilmantarve	4
2.4	Puun kosteuden vaikutus lämpöenergiaan	4
	Lämpöarvon laskentakaavat	6
3	Tulisijat	8
3.1	Varaava takka	8
3.2	Metallitulisijat	9
4	Vesi- ja ilmakiertoiset tulisijat	10
4.1	Vesikiertoiset tulisijat	10
4.1.1	Tulikiven vesilämmitysjärjestelmä W10	11
4.1.2	Hoxter-tulisija	15
4.1.3	Vesikiertotakka Walltherm	17
4.1.4	Vesikiertoinen kiuas (Ekomax)	18
4.2	Ilmakiertoiset tulisijat	20
4.2.1	Tulilattia	20
4.2.2	Tulikiven Ilmalämmitystakka	21
4.2.3	Toiminta	21
4.2.4	Ilmakiertoinen pellettitakka	22
5	Lämpöä talteenottava hormi	23
5.1	Vesikiertoinen aktiivipiippu	23
5.2	Hormiproffa-lämpöhormi	25
6	Tulisijojen lämmönluovutus ja hyötysuhteet	26
6.1	Hyötysuhdekaavat	26
6.2	Tulisijat projektissa	27
6.3	Laskennassa käytetyt menetelmät	27
6.4	Projektin rakennukset	28

6.5	Simulointi	29
6.6	Tulokset	30
7	Tulisijojen päästö- ja hyötysuhdemääräykset	34
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

1 Johdanto

Ensimmäiset tulisijat maassamme olivat savupirttien ja saunojen avolakiset kiukaat. Savuhormillisen avotakan ja savu-uunin yhdistelmä takkauuni levisi talonpoikaistaloihin 1600-luvulla. Kaakeliuunit ja rapatut pystyuunit tulivat lämmönlähteiksi saleihin ja kammareihin 1700-luvulla, jolloin savukanaviin kehitettiin nykyaikainen vastavirrallinen savunkierto. (1, s. 2)

Suomessa puun pienpoltto on lämmityskäytössä hyvin merkittävä energiamuoto. Suomessa lämmittämiseen käytetään noin 2,2 miljoonaa tulisijaa. Pientalojen koko lämmitysenergiasta polttopuu muodostaa noin 40 %. Polttopuulla tuotetaan noin 15 TWh lämpöenergiaa vuodessa. Oikeaoppinen puun polttaminen on uusiutuvaa ja puhdasta lähienergiaa. (2, s. 1–3.)

Tämän insinööriyön tarkoitus oli selvittää erilaisten tulisijojen ja hormien lämmön talteenottojärjestelmiä ja niiden hyötysuhteita. Alkuun työssä kerrotaan tulisijojen polttoaineen eli puun lämpöarvoista ja puun kosteuden vaikutuksesta lämpöenergiaan. Sen jälkeen esitellään erilaisia lämmön talteenottojärjestelmiä. Työssä kerrotaan myös erään projektin tulisijojen lämmönluovutuksista ja hyötysuhteista simulointitestissä, jossa testattiin kolmea erikokoista tulisijaa kahdessa erilaisessa ympäristössä. Lopuksi esitellään tulevia tulisijojen päästö- ja hyötysuhdemääräyksiä.

Työn alussa kerrotaan puun kosteuden vaikutuksesta lämpöenergiaan. Tämän jälkeen kerrotaan yleisesti tulisijoista. Työn päätarkoituksena oli selvittää erilaisia tulisijojen lämmön talteenottojärjestelmiä ja niiden hyötysuhteita. Lämmön talteenottojärjestelmiä löytyi takoille, kiukaille ja hormoneille. Työssä eriteltiin tulisijat vesi- ja ilmakiertoisiin tulisijoihin. Työssä tarkastellaan VTT:n tekemää simulointitestiä, jossa testataan kolmen erilaisen tulisijan hyötysuhteita ja lämmönluovutusta korjaus- ja uudisrakennuksessa.

2 Puun lämpöenergia

Kuivana pidetään kosteudeltaan 15 % olevaa puuta. Kuivan puun kosteus lasketaan kaavalla (1). Kuivan puun (15 %) lämpöenergiasisältö on noin 4,3 kWh/kg. Poltettaessa tällaista puuta tulisijassa 75 %:n hyötysuhteella lämpöenergiaa saadaan 3,2 kWh/kg. Yhdestä pesällisestä saadaan siis panoskoosta (8-12 kg) riippuen lämpöenergiaa $(8...12)\text{kg} \cdot 3,2 \text{ kWh/kg} = 25,6...38,4\text{kWh}$. Omakotitalon lämmitysenergian tarve on noin 13 000 kWh. (3)

Kaavassa 1 lasketaan puun kosteus puun kuivumisen aikana tapahtuvan massamuutoksen mukaan. (5, s. 27)

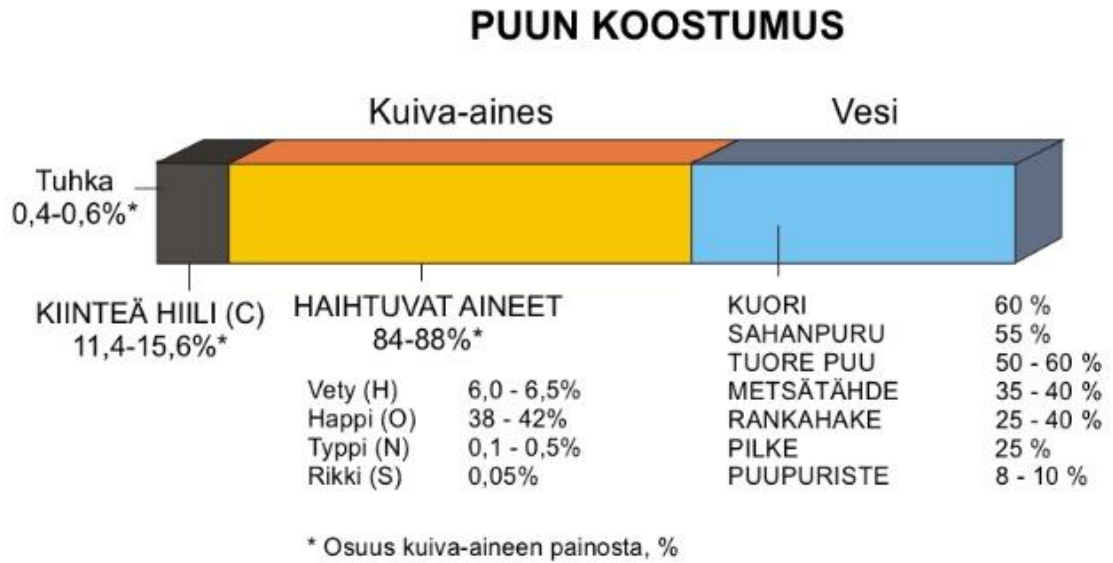
Kaava 1.

$$M_{ar} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

- M_{ar} on märkápainoa kohti laskettu kosteus saapumistilassa (%)
- m_1 on märän puun massa (g)
- m_2 on kuivuneen puun massa (g)

2.1 Puun koostumus

Puu sisältää kuiva-ainetta ja puuhun sitoutunutta vettä (kuva 1). Kuiva-aine sisältää 50 % hiiltä, 41 % happea, 6 % vetyä ja 0,05 % rikkiä. Palaessaan puun kuiva-aine haihduttaa ilmaan haihtuvia aineita ja palaa pitkällä liekillä vaatien suuren palotilan. Puun palamisessa vapautuu palavia ja lämpöenergiaa tuottavia alkuaineita, jotka ovat hiili 88 % ja vety 12 %. Hiilen lämpöenergiamäärä on 67 % ja vedyn 33 %. (4)



Kuva 1. Puun koostumus (5, s. 37)

2.2 Puun lämpöarvo

Puun lämpöarvo kertoo, kuinka tehokkaasti poltettava puu lämmittää. Lämpöarvoon vaikuttaa poltettavan puun kosteus. Mitä kuivempaa puu on, sitä suurempi on lämpöarvo. Kotimaisten puulajien ominaisuuksissa ei ole suurta eroa toisiinsa nähden, kun verrataan lämpöarvoa painoyksikköä kohden (kWh/kg). (5)

Puun tiheys (kg/m^3) vaikuttaa siihen, kuinka paljon energiaa on tilavuusyksikköä kohden (kWh/i-m^3 , kWh/p-m^3). Koska koivun puuainne on tiheämpää kuin esimerkiksi männyn tai kuusen, on sen lämpöarvo tilavuusyksikköä kohden vastaavasti suurempi. (6) Taulukossa 1 on esitelty kuivan puun lämpöarvot puulajeittain. Kuvassa 2 esitetään kiintokuution, pinokuution ja irtokuution tilavuuseroja.

Taulukko 1. Kuivan (kosteus 15 %) puun tehollinen lämpöarvo eri puulajille (4)

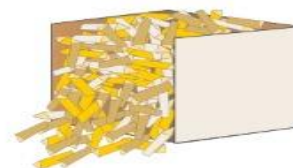
Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Paino kg/p-m ³	Paino kg/i-m ³	Energiasisältö kWh/p-m ³	Energiasisältö kWh/i-m ³
Koivu	4,15	410	243	1700	1010
Mänty	4,15	328	195	1360	810
Kuusi	4,10	322	193	1320	790
Leppä	4,05	304	183	1230	740
Haapa	4,00	333	198	1330	790



KIINTOKuutiometri



PINOKuutiometri



IRTOkuutiometri

Pilkkeiden mittayksiköiden väliset muuntokertoimet. Lähde: Työtehoseura

Mittayksikkö	Irto-m ³	Pino-m ³	Kiinto-m ³
Irtokuutiometri, pilke (33 cm)	1	0,60	0,40
Pinokuutiometri, pilke (33 cm)	1,68	1	0,67
Pinokuutiometri, halko (100 cm)	1,55	1	0,62
Kiintokuutiometri	2,50	1,50	1

Kuva 2. Puun tilavuuden mittayksiköt ja niiden muuntokertoimet (5, s. 26)

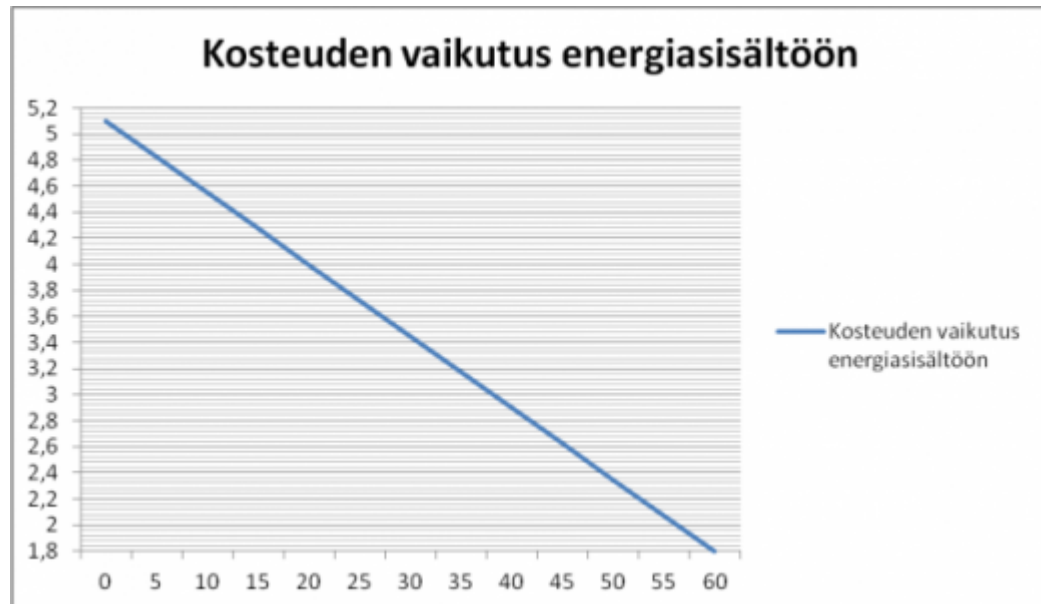
2.3 Puunpolton ilmakerroin ja ilmantarve

Puun polttamisen teoreettinen ilmantarve on 3,7 m³/kg. Käytännössä kuitenkin tarvitaan kaksinkertainen ilmamäärä eli n. 8 m³/kg, jotta puun palaminen olisi täydellistä. Jos vähemmällä paloilmalla selvittää, niin saadaan palokammioitten lämpötila korkeammaksi ja palaminen puhtaammaksi. (3, s. 12) Todellisen ja teoreettisen ilmamäärän suhdetta kutsutaan ilmakertoimeksi.

2.4 Puun kosteuden vaikutus lämpöenergiaan

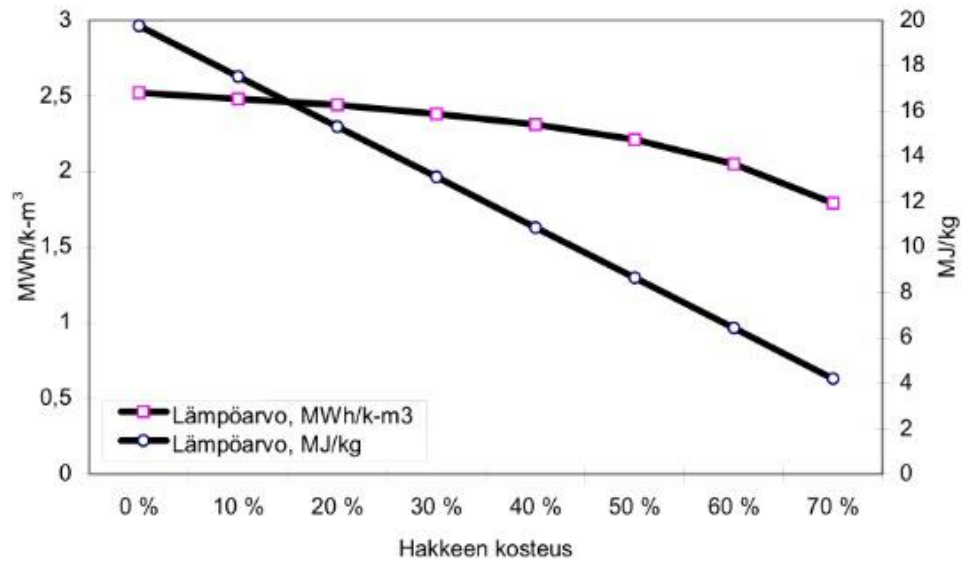
Puun kosteus vaikuttaa siihen, kuinka paljon lämpöenergiaa saadaan hyödyksi. Kaa-
viokuvassa 3 pystylukemat kuvaavat puun energiamäärää suhteessa painoon (kWh/kg

ja vaakanumerot kosteusprosenttia (%). Kuivan polttopuun kosteus on 15–20 % ja kaatotuoreen puun kosteus on noin 50 %. Kuivalla puulla on suurempi lämpöarvo. Kuiva puu palaa tehokkaammin ja haitalliset päästöt ovat pienemmät. Poltettaessa kuivaa (20 %) puuta 10 kg, vettä höyrystyy 2 kg ja 4 kg puun kosteuden ollessa 40 %. Kuivassa (20 %) 10 kg puupanoksessa on noin 30 % enemmän lämpöenergiaa.(6)



Kuva 3. Puun kosteuden vaikutus energiasältöön (6)

Kuvaajan 4 kuvaajasta nähdään, että 1 kg:n painoisen (20 %) puuklapin lämpöarvo on noin 15 MJ/kg, mutta kosteuden muuttuessa muuttuu myös 1 kg:n puuklapin paino, jolloin seuraamalla lämpöarvo käyrää MJ/kg saadaan väärä puuklapin lämpöarvo. Kuvaajasta nähdään, että lämpöarvon MWh/k-m³ kuvaaja muuttuu loivemmin. Lämpöarvon MWh/k-m³ kuvaaja osoittaa kiintokuution lämpöarvon muuttumisen kosteuden muuttuessa. Esimerkiksi 1 kg:n painoisen puuklapin kosteuden muuttuessa 20 prosentista 50 prosenttiin muuttuu lämpöarvo käyrän MWh/k-m³ mukaisesti lähtöpisteen ollessa noin 15 MJ/kg.



Kuva 4. Lämpöarvon kuvaaja (5, s. 53)

Lämpöarvon laskentakaavat

Kalorimetrinen lämpöarvo on puun täydellisessä palamisessa vapautuva lämpöenergia ja palamistuotteiden jäähtymisestä 25 °C:een vapautuva lämpöenergia yhteensä. Kaavassa 2 lasketaan Kalorimetrinen lämpöenergia. (5, s. 28.)

Kaava 2.

$$Q_{gr, d} = Q_{gr, ad} \times \frac{100}{100 - Mad}$$

- $Q_{gr, d}$ on kuiva-aineen kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo (MJ/kg)
- $Q_{gr, ad}$ on analyysikostean (ilmakuivan) puun kalorimetrinen lämpöarvo (MJ/kg)
- Mad on puun (ilmakuivan) analyysikosteus (%)
- $Q_{gr, d}$ is gross calorific dry value
- $Q_{gr, ad}$ is gross calorific analyse dry value
- Mad is moisture as received

Tehollinen lämpöarvo on vedyn palamisessa syntyvän veden ja palavan aineen sisältävän veden höyrystymisessä vapautuva lämpöenergia. Kaavassa 3 lasketaan tehollinen lämpöarvo. (5, s. 28.)

Kaava 3

$$Q_{net, d} = Q_{gr, d} - 0,02441 \times M$$

- $Q_{net, d}$ on kuiva-aineen tehollinen eli alempi lämpöarvo (MJ/kg)
- $Q_{gr, d}$ on kuiva-aineen kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo (MJ/kg)
- 0,02441 (MJ/kg) on veden höyrystymislämmöstä aiheutuva korjaustekijä (+25 C)
- M on polttoaineen kuiva-aineen sisältämän vedyn palaessa syntynyt vesimäärä prosentteina
- $Q_{net, d}$ is net calorific value
- $Q_{gr, d}$ is gross calorific dry value
- M is moisture

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on polttoaineen lämpöarvo tietyssä kosteudessa. Kaavassa 4 lasketaan saapumistilassa oleva lämpöarvo. (5, s. 29)

Kaava 4.

$$Q_{net, ar} = Q_{net, d} \times \frac{100 - M_{ar}}{100} - 0,02441 \times M_{ar}$$

Kaavaesimerkki $14,94 \text{ MJ/kg} \cdot \frac{100-0,4}{100} - 0,02441 \cdot 0,4$ $Q_{net, ar} = 14,87 \text{ MJ/kg}$

- $Q_{net, ar}$ on saapumistilaisen polttoaineen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg)
- $Q_{net, d}$ on kuiva-aineen tehollinen eli alempi lämpöarvo (MJ/kg)

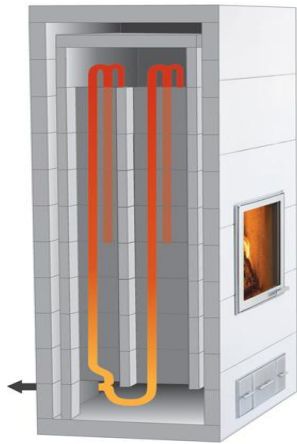
- M_{ar} on vastaavan polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa (%) painotettuna kostean polttoaineen massalla
- 0,02441 (MJ/kg) on veden höyrystymiseen kuluva lämpömäärä (+25 C).
- $Q_{net, ar}$ is net calorific as received
- $Q_{net, d}$ is net calorific dry value
- M_{ar} is moisture as received

3 Tulisijat

3.1 Varaava takka

Varaava takka (kuvat 5 ja 6) on kehitetty 1970-luvulla, ja se on nykyisin yleisimmin käytetty tulisija. Se pystyy suuren massan ansiosta varaamaan suuren määrän lämpöä ja luovuttamaan sen hitaasti. Varaavan takan lämpömäärää säädetään lämmityskertojen lisäksi niiden puumäärillä. Takka rakennetaan vuolukivestä, tiilestä tai tulenkestävästä valumassasta. (8)

Tulisijasta voidaan käyttää nimitystä varaava tulisija, kun sen lämmönluovutus maksimitehosta puolittuu yli neljässä tunnissa. Nykyään varaava takka hankitaan lähes kaikkiin uusiin pientaloihin. Parempien eristysten vuoksi niillä voidaan kattaa uusien pientalojen lämmitystarpeesta merkittävä osa. Varaavan tulisijan hyötysuhde on 80–85 %, jossa tulisijaan absorboituu 80–85 % tulipesässä vapautuvasta lämpöenergiasta. (8)



Kuva 5. Vastavirrallinen tulisija (7, s. 61)



Kuva 6. Varaava takka (9)

3.2 Metallitulisijat

Metallitulisijan massa on pieni ja se luovuttaa lämmön nopeasti huoneistoon. Metallitulisija lämmittää huoneilman nopeasti ja näin ollen sopii hyvin esimerkiksi vapaa-ajan asuntoon. Palamistapahtumaa tulisijassa hallitaan ohjaamalla palamisilmaa palamisen eri vaiheisiin. Taulukossa 2 ilmenevät erilaisten tulisijojen hyötysuhteet. Valmistakat, kiukaat ja kamiinat luokitellaan metallitulisijaksi. Kamiina on tulisija, jonka lämmönluovutus maksimitehosta puolittuu alle neljässä tunnissa. (11)

Taulukko 2. Tulisijojen hyötysuhteista (10, s. 14)

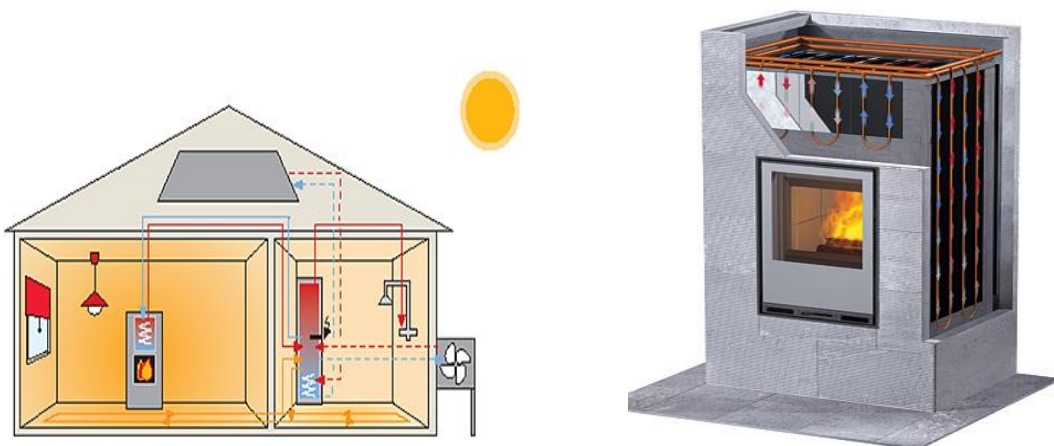
Tulisija	Hyötysuhde %
Avotakka	< 30
Takkauuni	80–85
Liesi, kiuas	50–70
Pellettitakka	75–90
Leivinuuni	80–85

4 Vesi- ja ilmakiertoiset tulisijat

4.1 Vesikiertoiset tulisijat

Vesikiertoisia tulisijoja on mahdollista yhdistää kiinteistön vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja lämminvesivaraajaan, mikä mahdollistaa myös lämpimän käyttöveden saannin tulisijan lämmityksestä. Tulisija luovuttaa aina lämpöä myös huoneistoon, joten tulisijalla veden lämmitys ajoittuu lämmityskaudelle. (12)

Vesikiertoisen takan lämmönsiirtimet (kuva 7) on asennettu takan sisälle ja näin ollen huoneistoon ei vapaudu niin paljon lämpöenergiaa kuin tavallisissa varaavissa takoissa. Tästä syystä vesikiertoiset takat sopivat paremmin matalaenergiataloihin kuin varaavat takat.(12)



Kuva 7. Vesikiertoinen tulisija lämmönsiirtoputkistoineen (12).

4.1.1 Tulikiven vesilämmitysjärjestelmä W10

Tulikivi Green W10 – lämmitysjärjestelmällä voidaan siirtää merkittävä osa tulisijalla tuotetusta lämmöstä käytettäväksi kodin muussa vesikeskuslämmityksessä ja näin leikata huomattavasti ostoenergiasta tulevia kuluja. (13)

Kuvassa 8 esitetään lämpöenergian siirtyminen. Kuva osoittaa tulisijan kokonaislämpöenergian jakautumisen kolmeen osaan: 17–20 kWh:n säteily- ja konvektiolämmönsiirrolla huonetilaan, 15–18 kWh:n lattialämmitysverkostoon ja 6,5 kWh:n savukaasujen mukana häviöksi. (15).



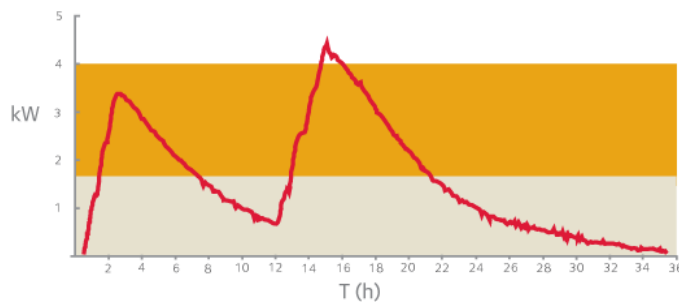
Kuva 8. Lämmön kulku vesilämmitysjärjestelmässä (15)

Green W10 -lämmitysjärjestelmällä varustettu varaava Tulikiven tai Kermansaven tulisija ja normaali tulisijan puulämmitys pystyy kattamaan merkittävän osan passiivi- ja matalaenergiatalojen lämmitystehontarpeesta. Se siirtää lämpöenergian käyttöveden esilämmitykseen tai vesikiertoiseen lattialämmitykseen ja samalla luovuttaa lämpöenergiaa tasaisesti huoneistoon. Koska järjestelmä toimii uusiutuvalla energialla, mahdollistaa tällainen tulisija rakennuksen E-luvun pienentämisen. E-luvulla tarkoitetaan eri energiamuotojen kertoimilla painotettua ostoenergian laskennallista ominaiskulutusta rakennustyyppin standardikäytöllä. (13)

Pelkästään Green W10 -lämmitysjärjestelmällä ei voida kattaa käyttöveden ja patterilämmityksen lämmöntarvetta, joten järjestelmä sopii hyvin lattialämmitykseen ja käyttöveden esilämmitykseen matalamman vedenlämmön tarpeen vuoksi. Käyttöveden lämmitykseen saadaan noin puolet vähemmän tehoa kuin lämmitysveteen, koska lämmitysvesi varaajassa lämmittää varaajan kierukassa olevan käyttöveden. (14)

Tulisija, jossa on Green W10 – lämmitysjärjestelmä, sopii tilaan, jossa lämpötehotarve on vähäinen, koska lämmönsiirrin vähentää takan lämpötehoa suoraan huonetilaan. Lämmönsiirrin sijaitsee takan sisä- ja ulkokuoren välissä eikä ole kosketuksissa savukaasujen kanssa. (15)

Esimerkkikuvaajassa (kuva 9) esitetään lämmönsiirtimen lämpöteho, kun takkaa on lämmitetty kahdesti vuorokauden aikana. Lämmityksen tuottamasta energiasta 41 % siirtyy lämmönsiirtimien kautta veteen, ja 59 % säteily- ja konvektiolämmönsiirrolla. Keskiarvo veteen siirtyneelle teholle on noin 1,6 kW. (13)



Kuva 9. Lämmönsiirtimen lämpöteho (13)

Tulikivellä on kaksi erilaista lämmönsiirrinpakettia (kuva 10). Hormin yläliitosta käytetään, kun hormi on liitetty tulisijan päälle. Silloin tulisija hyödyntää vain osaksi lämpöä veden lämmitykseen, koska osa lämmöstä vapautuu suoraan huoneistoon. Hormin alaliitospaketti valitaan, kun tulisija liitetään hormiin alhaalta. Tällöin tulisijan hyöty vesilämmitykseen on maksimaalinen. (14, s. 7.) Taulukossa 3 esitellään lämmönsiirtimien tehot.

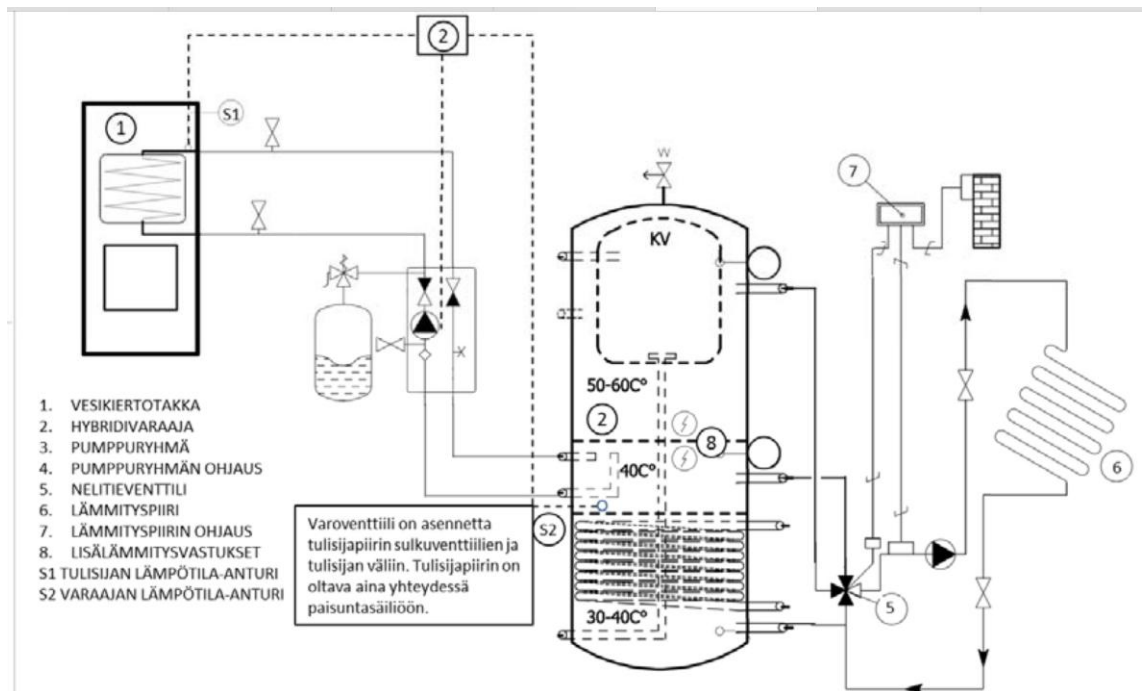


Kuva 10. Hormin yläliitos ja hormin alaliitos (14, s. 7)

Taulukko 3. Lämmönsiirtimien tehot (15)

	Lämmitysteho veteen (12 tunnin keskiarvoteho)	Energia veteen/ilmaan lämmityskerralla	Lämmönsiirrin
	kW	%	
Yläliitospaketti	0,8 - 1,5	30 / 70	
Alaliitospaketti	1,0 - 2,0	45 / 55	
Verkoston putkiliitos			Cu 22
Maksimi käyttöpaine			6 bar
Maksimi normaali käyttölämpötila			110 °C
Maksimi häiriölämpötila			160 °C
Veden painehäviö			< 20 kPa
Vedenmitoitusvirta			200 -400 l/h
Menoveden lämpötila-alue			20 -40 °C
Paluuv veden lämpötila-alue			30 -60 °C

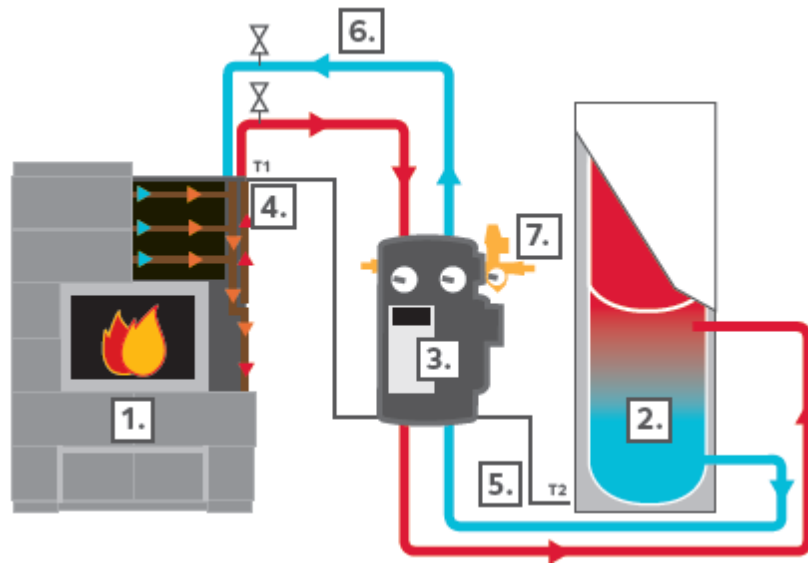
Lämpö siirtyy takan sisään asennettuun vettä sisältävään kupariputkistoon. Veteen siirtyy takan lämpöenergiaa ja lämmennyt vesi johdetaan putkistoa pitkin lämminvesivaraajaan, jota lämmennyt vesi lämmittää (kuva 11). (15)



Kuva 11. Vesikiertoisen tulisijan kytkentäkaavio (15)

4.1.1.1 Vesijärjestelmän pumppu

Tulikivellä on oma Tulikivi Green W10 -pumppuryhmä DN20, joka nopeuttaa vesijärjestelmän asentamista ja käyttöönottoa. Se sisältää integroidun säätimen ja säädin on suunniteltu toimimaan yhdessä tulisijan lämmönsiirtimen kanssa. Pumpun säädin säätelee lämpöenergian siirtymistä tulisijasta varaajaan pumpun pyörimisnopeutta muuttamalla. Pumppuryhmä sisältää vapaakierron eston, jolla estetään veden vapaakierto tulisijan ja varaajan välillä. Kun tulisijaa käytetään sähkökatkoksen aikana, jolloin pumppu ei toimi, pitää varmistaa varoventtiilin ja paisunta-astian toimivuus ja, että sulkuventtiili on auki. (14) Kuvassa 12 on esitelty pumppu ja kaaviokuva sen toiminnasta.



Kuva 12. Vesijärjestelmän pumppu (14)

1. Tulikivi W10 -vesilämmitysjärjestelmä
2. Esim. hybridivaraaja (sisältää käyttöveden tuoton sekä lämmityspiirin)
3. Pumppuryhmä (vähimmäisvarusteet: pumppu, yksisuuntaventtiili, virtaamamittari ja sulkuventtiilit)
4. Tulisija-anturi
5. Varaaja-anturi
6. Ilmaus
7. Varolaitteet pumppuryhmässä sekä paisuntasäiliö ja purkuputki tarvittaessa (katso laitteistokohtaiset ohjeet) (14)

Toimiakseen tulisijapiiri tarvitsee automaattiohjauksellisen pumpun, virtaamamittarin, tulisijan lämpötila-anturin (4), varaajan lämpötila-anturin (5) ja putkistotarvikkeet. Pumppu käynnistyy, kun tulisijan lämpötila-anturin mittaama lämpötila on 6 °C korkeampi kuin varaaja anturin mittaama lämpötila. Pumpun pyörimisnopeutta säättävä ohjausyksikkö pitää tulo- ja menoveden lämpötila eroa mahdollisimman vakiona tulisijan ja varaajan lämpötilan mukaan. (14)

4.1.2 Hoxter-tulisija

Hoxter (kuva 13) on vesikiertoinen lämpöenergiaa varaava tulisija. Tulipesän yläpuolella on vettä sisältävä lämmönsiirrin, jota kuuma savukaasu lämmittää. Lämpöenergiasta saadaan kaksoislasiluukulla ja hyvällä eristyksellä talteen 80 % ja siitä hyötäteho veteen on 80 %, takkasydämeen 6 % ja kaksoislasiluukkuun 14 %. Nimellisteho on 8 kW ja lämmönsiirtimen teho on 6,4 kW. Vesi lämpenee noin 70–80 °C:een ja siirtyy putkistoa pitkin lämminvesivaraajaan. Hoxterin vesikiertoisella takalla voidaan korvata muut

talon lämmönlähteet, koska lämpöenergia siirtyy lähes täysin lämminvesivaraajaan. Kuvassa 14 on kuvattu, miten lämmitettyä vettä voidaan hyödyntää pattereiden, lattia-
lämmityksen ja käyttöveden lämmitykseen. (16, s. 18)



Kuva 13. Hoxter-takka (16 s.19)



Kuva 14. Hoxter, kaaviokuva (16)

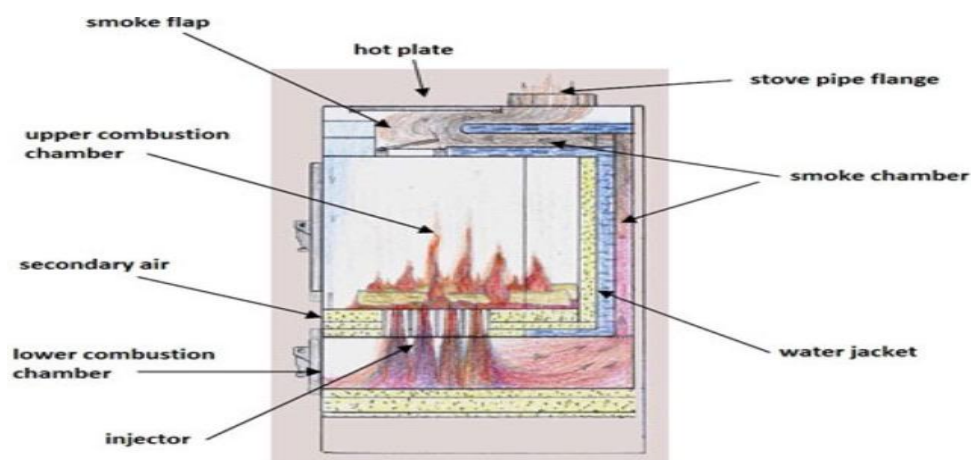
4.1.3 Vesikiertotakka Walltherm

Vesikiertoisen Walltherm Insert takan (kuva 15) hyötysuhde on laitetoimittajan mukaan jopa 93 %. Se on ekologinen ja sen lämmityssuhde veteen on 70 % ja huoneeseen 30 %. Takassa on tuplaluukut, joten sillä saadaan aikaiseksi hiljakseen palava yläpalotila sekä tehokas ja puhtaasti palava alapalotila. (17)



Kuva 15. Vesikiertotakka Walltherm (17)

Kuva 16 selvittää, miten alapalo saadaan aikaiseksi. Takkaa poltetaan ensin 30 minuuttia suoralla vedolla. Kun veto on varmasti riittävä, käännetään kiertopelti lähes kiinni, jolloin suurin osa savukaasuista kiertää alapaloretin kautta piippuun. (6) Tämän takan lämpöenergiaa voidaan käyttää huoneiston ja käyttöveden lämmittämiseen. Tulispesän yläpuolella on 16-litrainen vesisäiliö, josta lämmennyt vesi siirtyy lämminvesivaraajaan. (17)



Kuva 16. Alapalotekniikka (17)

4.1.4 Vesikiertoinen kiuas (Ekomax)

Ekomaxin vesikiertoisessa kiukaassa (kuva 17) on tulipesän sisällä lämmönsiirinyksikkö, joka toimii samalla savukaasujen ohjaimena. Kiuasta lämmitettäessä lämmönsiirrin lämpenee noin 400 asteen lämpötilaan, mikä estää noen kertymisen lämmönsiirtimeen. (18, s. 56.)

Kiukaan lämmönsiirtimestä lämmennyt vesi siirretään hybridivaraajaan ja talon lämmitysjärjestelmään kiertovesipumpun avulla. Veden kiehuminen estetään kiertovesipumpun avulla, jonka toimintaa ohjataan sekä kiukaassa, että lämminvesivaraajassa olevien antureiden perusteella. Kiertovesipumppu pysyy suljettuna, kun kiukaan veden lämpötila on alle 65 °C; näin estetään tilanne, jossa jo lämmennyt vesi kiertäisi kiukaaseen jäähtymään. (18, s. 56.)

200 litran varaaja tarvitsee 10–15 kg:n puupanoksen, jotta varaajan lämpötila nousee 40 °C:een. Ylikuumenemisen takia varaajan minimi koko on 200 litraa ja suositus koko on 300–500 litraa. Vesikiertokiukaalla voidaan täyttää kotitalouden koko vuoden lämpimän käyttöveden tarve saunomiskerroista riippuen. (18, s; 56, 19, s; 62.)

Vesikiertotakan lämmitysteho veteen on valmistajan mukaan 5-8 kW eli noin 1/3 kiukaan kokonaistehosta, vesikiertotakan hyötysuhde on 60 %. Omien arviointieni mukaan lämmitysteho veteen vaikuttaa hieman optimistiselta. Lämmönsiirrin siirtää veteen lämpöenergiaa, joka muuten menisi hormiin, joten lämmönsiirrin ei vaikuta saunan lämpöämiseen. Vesikiertokiuas mitoitetaan normaalin kiukaan mukaan eli 1kW/1m³. (19, s. 62)

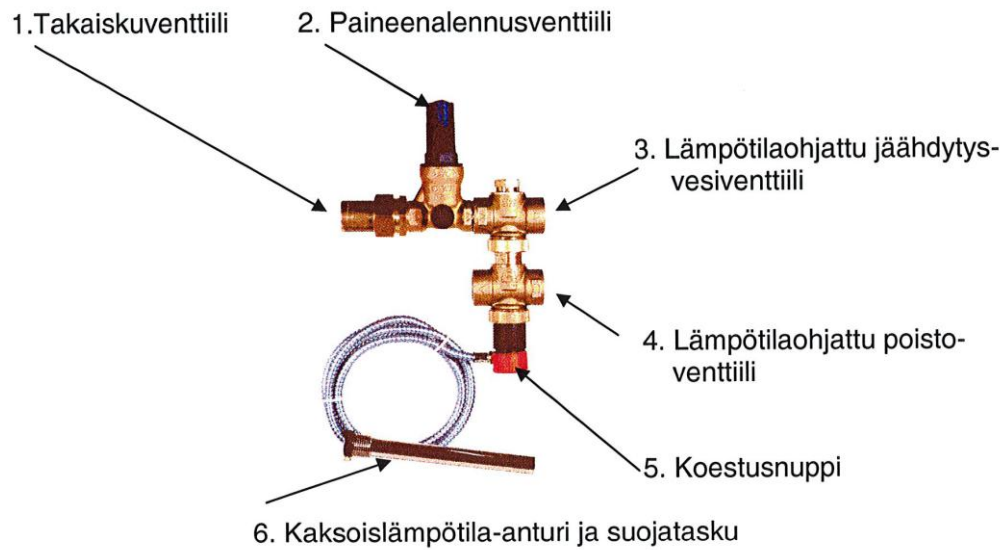


Kuva 17. Ekomax vesikiertoinen kiuas

Sähkökatkon tai toimintahäiriön aikana veden lämpötilan liiallisen kuumenemisen estää terminen venttiili (kuva 18). Jäähdytysvesiventtiili (3) alkaa jäähdyttää kylmällä vesijohdovedellä veden lämpötilan noustessa yli 92 asteen ja sulkeutuu lämpötilan ollessa 87 astetta. Veden lämpötilan noustessa yli 99 asteen ohjautuu päälle poistiventtiili, joka sulkeutuu veden lämpötilan laskiessa 94 asteeseen. (20)

Rakenne

Varolaite muodostuu seuraavasta kokonaisuudesta (virtaussuunnan mukaisesti)

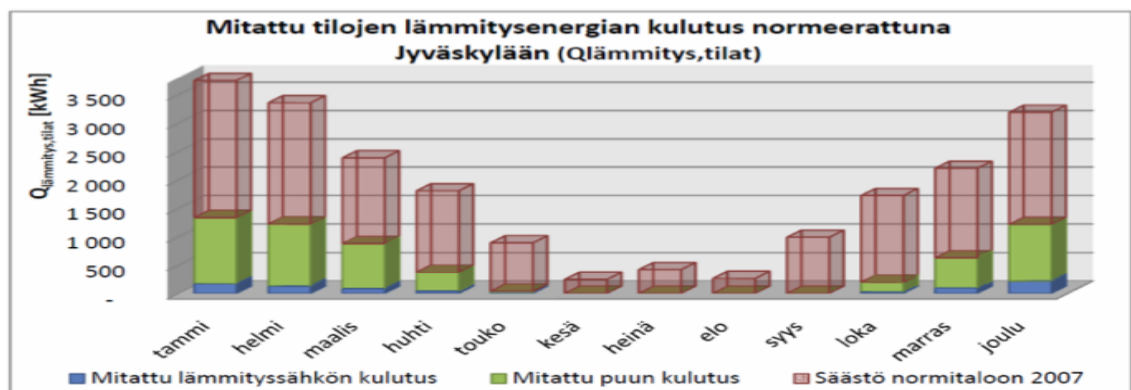


Kuva 18. Varoventtiili (20)

4.2 Ilmakiertoiset tulisijat

4.2.1 Tulilattia

Tulilattiassa tulisija on yhdistetty lattian sisässä olevaan suljettuun ilmapiiriin. Tulisija lämmitteää suljetussa ilmapiirissä olevaa ilmaa, joka ei ole yhteydessä savukaasuihin. Lattiapiiriä ympäröi suuri massa, johon lämpö varastoituu. Tulisijasta vapautuva lämpöenergia levittäytyy laajalle alueelle lattiaan, jolloin tulisijan ympäristö ei ylikuumene. Kuvassa 19 esitetään lämmitysenergian vuosikulutuksen jakauma. (21)



Kuva 19. Lämmitysenergian jakauma (21)

4.2.2 Tulikiven Ilmalämmitystakka

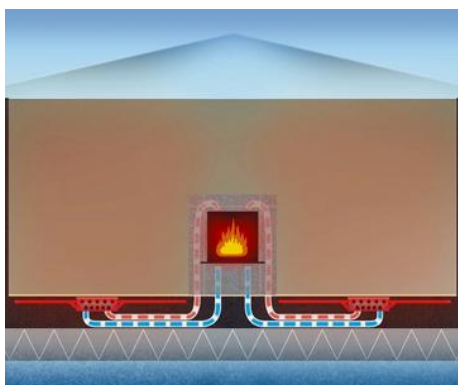
Tulikivi green -ilmalämmitystakalla voidaan ohjata tulisijan lämpöenergiaa 40-50 % lattialämmitykseen. Tulisija yhdistetään Legalett-ilmalattialämmitysjärjestelmään (kuva 20), jossa ilma kiertää lattiassa suljetussa kanavistossa samalla lämmittäen lattian massaa. (22)



Kuva 20. Legalett-lattialämmitys (23)

4.2.3 Toiminta

Tulikiven malliston modernit teholämmittäjät ovat liitettävissä ilmalattialämmitykseen. Tulisijan sisä- ja ulkokuoren välissä ilma lämpenee ja siirtyy tulisijan alta lämpimänä lattiakanavistoon (kuva 21) (22).



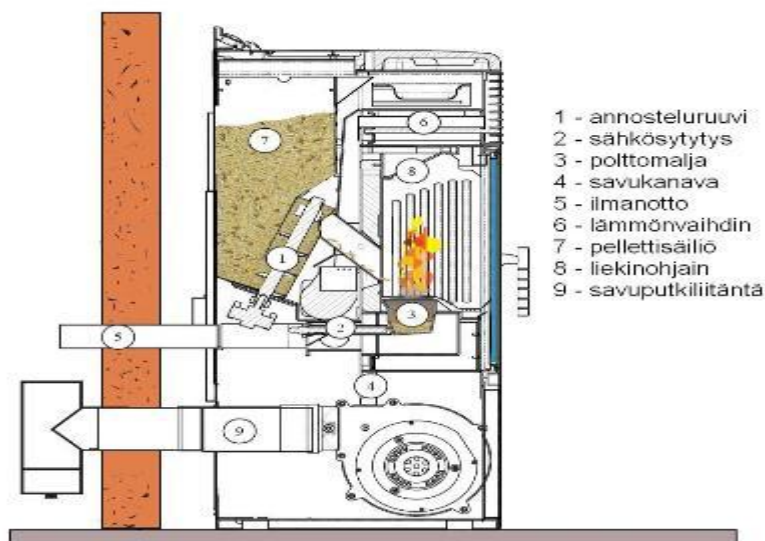
Kuva 21. Teholämmittäjät (22)

Ilmalattialämmityksen lämpöenergiämäärät kattavat merkittävän osan passiivi- ja matalaenergiatalojen lämmöntarpeesta, joten ne soveltuvat hyvin kyseisiin taloihin.

Lämpöä voi siirtää koko huoneiston alalle tasaisesti. Lämmön säätö toimii automaattisesti huonekohtaisilla termostaateilla. Koska tulisijaa lämmitetään puilla, hyödynnetään uusiutuvaa energiaa, joka voi pienentää rakennuksen E-lukua. Pintalämpötilat eivät nouse lämmönsiirtimien vuoksi suuriksi, joten vuotuinen käyttöaika pitenee, myöhemmän keväällä ja aikaisempaan syksyyn. Järjestelmä on kosteusturvallinen. (22)

4.2.4 Ilmakiertoinen pellettitakka

Pellettitakka on puupelleteillä automaattisesti useita päiviä toimiva tulisija, joka sisältää automaattisyyttöisen pellettisäiliön. Kuvassa 22 on poikkileikkauskuva pellettitakasta. Siinä numero 7 kuvaa pellettisäiliötä, joka automaattisesti työntää pelletit arinalle jossa ne syttyvät automaattisyytyksellä. Pelletit palavat, kunnes termostaatin tai tuntiohjelmoinnin ohjaamana poltin pysähtyy. (24)



Kuva 22. Pellettitakka (24)

Ilmakiertoinen pellettitakka kierrättää huoneilmaa puhaltimen avulla takan sisällä olevan lämmönsiirtimen kautta. Ilmakiertoisen pellettitakan virrankulutus on noin 50 W. Pellettitakan säiliöön mahtuu muutamia kymmeniä kiloja pellettejä eli noin 200–500 kWh lämpöenergiaa.

Ilmakiertoinen pellettitakka toimii pienellä sähkönkulutuksella ja voi vähentää sähkölämmitystalojen lämmityssähkön käyttöä yli 80 % ja puolittaa lämmityskustannukset. Se voidaan asentaa helposti kevyen painonsa ja pienen kokonsa ansiosta. (24)

5 Lämpöä talteenottava hormi

5.1 Vesikiertoinen aktiivipiippu



Kuva 23. Vesikiertoinen aktiivipiippu (25)

Härmä air on kehittänyt Finelmon kanssa moduulirakenteisen lämpöä talteenottavan vesikiertoisen aktiivipiipun (kuva 23). Siihen voidaan helposti liittää kaikki tulisijat. Vesi kiertää ja lämpenee savupiippumoduulissa, josta lämmennyt vesi siirtyy putkistoa pitkin lämminvesivaraajaan (kuva 24). Lämpöenergiaa siirtyy varaajaan jo muutaman minuutin kuluttua sytytyksestä, ja sitä voidaan hyödyntää lattia- ja patteriverkostoon ja käyttöveteen. Aktiivipiippu parantaa tulisijojen hyötysuhdetta ja vähentää ostoenergiakuluja. Hormi tuottaa 100–300 l (+58 °C) käyttövettä lämmityskerralla. Kuvassa 24 on havain-

nollistettu kolmen vesikiertoisen aktiivi-putken ja aurinkokeräimen liittämisen hybridivaraajaan ja lämpimän veden käyttökohteita. (25)



Kuva 24. Havainnekuva vesikiertoisesta aktiivi-putkusta paljussa, saunassa ja tulisijassa (25)

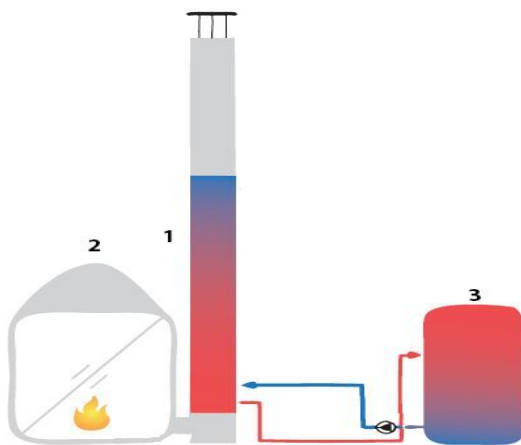
Kuvassa 25 esitetään Härmä airin vesikiertoisen aktiivi-putken kytkentä hybridivaraajaan.



Kuva 25. Vesikiertoisen aktiivi-putken kytkentä hybridivaraajaan (25)

5.2 Hormiproffa-lämpöhormi

Hormiproffa-lämpöhormi (kuva 27) on hukkalämpöenergiaa varastoiva hormi. Savukaasut lämmittävät lämpöhormin haponkestävän sisäpinnan, jonka toisella puolella vesisäiliö vastaanottaa lämpöenergian. Ohjausyksikkö käynnistää pumpun vesisäiliön veden lämmitessä asetusravolämpötilaan ja käynnistää siirron hybridivaraajaan. Tulisijan lämmityksen jälkeen hormin ja varaajan lämpötilat tasoittuvat ja kierto pysähtyy ohjausyksikön toimesta. Lämpöhormista lämpöenergia siirtyy hybridivaraajaan (kuva 26). Hormi hyödyntää lämpöenergiaa savukaasujen lämpötehosta noin 60–70 %. (26)



- 1) Lämmöntalteenottopiippu
- 2) Tulisija
- 3) Hybridivaraaja

Kuva 26. Hormiproffan kytkentäkaavio (26)



Kuva 27. Lämpöhormi (26)

6 Tulisijojen lämmönluovutus ja hyötysuhteet

VTT on tehnyt tutkimuksen tulisijojen lämmönluovutuksesta ja hyötysuhteista erilaisissa kohteissa. Projektin testien tavoitteena oli selvittää uusiutuvan energian hyödyntämismahdollisuuksia pientalojen varaavissa tulisijoissa ja määrittellä hyödyntämiselle uusia reunaehtoja. Projektissa selvitettiin tulisijan lämmitystehokkuutta ja lämmityshyötysuhdetta kolmella erilaisella varaavalla tulisijalla korjaus- ja uudisrakennuksissa, jotta tulisijoja voidaan huomioida luotettavammin energiamääräyksissä. (27)

6.1 Hyötysuhdekaavat

- Nettotuotto kWh on Q tulisijan puumäärä*tulisijan hyötysuhde
- Tulisijan hyötysuhde on palamisen hyötysuhde*lämmönluovutuksen hyötysuhde
- Palamisen hyötysuhde on 80 % standardin SFS-EN 15250 mukaan.

Lämmityksen hyötysuhde ottaa huomioon lämpöhäviön, joka on lämmön nousu yli huoneen tavoite arvon. Kerrostuman hyötysuhde ottaa huomioon lämmön nousun huoneen yläosiin yli oleskelu alueen. Rakenteen hyötysuhde ottaa huomioon rakenteiden läpi menevän lämpömäärän. Lämmönluovutuksen hyötysuhde lasketaan kaavalla 5 (27, s. 14) jossa

- lämmitys on yllilämmöstä muodostuva lämpöhäviö
- kerrostuma on lämpimän ilman nouseminen yli oleskelu alueesta muodostuva lämpöhäviö
- rakenne on rakenteiden läpi menevä lämpöhäviö

Kaava 5.

$$\eta_{\text{lämmönluovutus}} = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{\text{lämmitys}}} + \frac{1}{\eta_{\text{kerrostuma}}} + \frac{1}{\eta_{\text{rakenne}}} - 2}$$

6.2 Tulisijat projektissa

Projektissa on selvitetty seuraavanlaisia tulisijoja:

- 1) Kamiinat, eli nopeasti lämpöä luovuttavat tulisijat, lämmönluovutus maksimitehosta puolittuu alle neljässä tunnissa
- 2) Lämpöä hitaasti luovuttavat varaavat takat, lämmönluovutus maksimitehosta puolittuu yli neljässä, mutta alle 15 tunnissa.
- 3) Lämpöä erittäin hitaasti luovuttavat varaavat takat, lämmönluovutus maksimitehosta puolittuu 15 tunnissa tai yli. (27, s. 11)

6.3 Laskennassa käytetyt menetelmät

Projektin analyyseissä on käytetty VTT:n kehittämää simulointityökalua VTT Talon. Laskentasovellus ottaa huomioon konvektion, johtumisen ja säteilyn. Laskentatyökalua on käytetty useissa tutkimus- ja tuotekehityshankkeissa. Projektin laskentatyökalulla saadaan selville tulisijan käytön lämpötekniisiä vaikutuksia rakennuksen rakenteisiin erilaisissa käyttö- ja sääolosuhteissa. (27, s. 17)

Simuloinnissa laskettiin lämmityksen hyötysuhde kaavalla 6. Varaavan tulisijan hyötysuhde on seuraavanlainen: (27, s. 15)

Q_{ref} on rakennuksen lämmitysenergiankulutus ilman tulisijaa kWh

$Q_{tulisija}$ on rakennuksen lämmitysenergiankulutus tulisijan kanssa kWh

$Q_{polttoaine}$ on tulisijaan viety puun lämpömäärä kWh

η palaminen on tulisijan palamishyötysuhde

Kaava 6.

$$\eta_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{ref}} - Q_{\text{tulisija}}}{Q_{\text{polttoaine \eta palaminen}}}$$

6.4 Projektin rakennukset

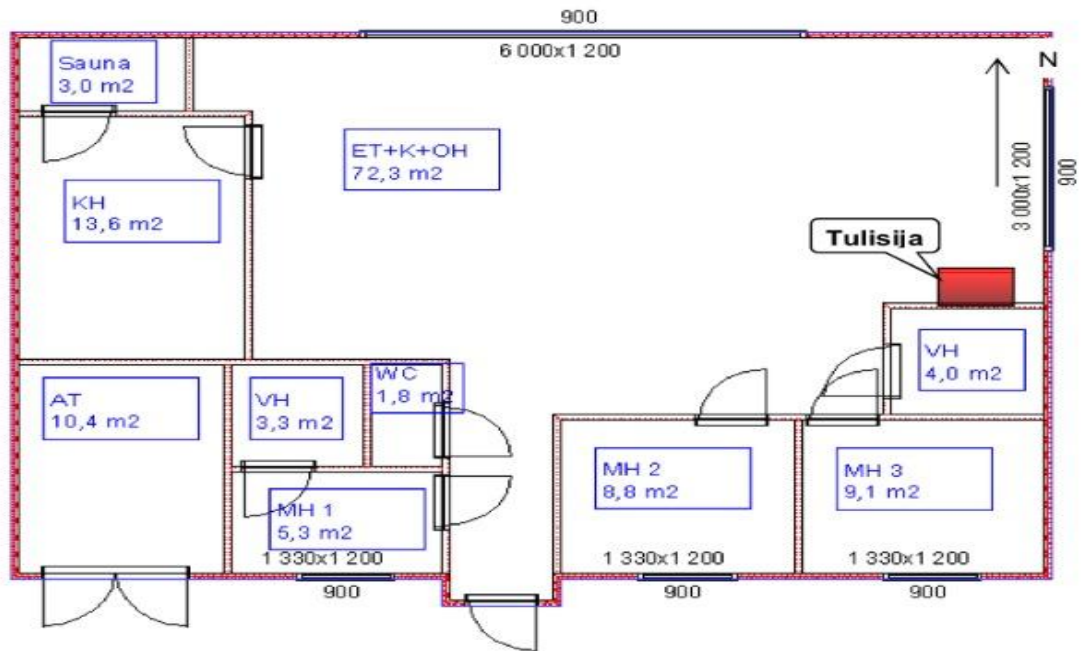
Korjaus- ja uudisrakennusten lämpödynaamista käyttäytymistä on analysoitu energiatehokkuustasoilla perustaso ja energiatehokas rakennus. Simuloinneissa on käytetty energiatehokkuuden kelpoisuuden osoittamiseen Helsingin säätietoja. (27, s. 19)

Uudisrakennus simuloitiin kaksikerroksisena omakotitalona. Energiatehokkuutta testattiin nykymääräysten (2013) mukaisissa rakenteissa ja passiivitaso rakenteissa. Rakennuksen energiatehokkuutta simuloitiin Helsingin sääoloissa ja Sodankylän sääoloissa herkkyystarkastelun vuoksi. Uudisrakennuksen pinta-ala on 165,2 m², Rakennustilavuus on 468 m³ ja ulkovaipan pinta-ala 363 m². Kuvassa 28 on esitetty uudisrakennuksen pohjapiirustus. (27)



Kuva 28. Kaksitasoisen uudisrakennuksen pohjapiirros (27)

Korjauskohde simuloitiin yksikerroksisena omakotitalona. Korjauskohteen energiatehokkuutta testattiin normien mukaisena ja energiatehokkuutta parannetussa rakennuksessa. Korjauskohteen rakennustilavuus on 352 m³, lattiapinta-ala 132 m² ja ulkoviipin pinta-ala 392 m². Kuvassa 29 on esitetty yksikerroksisen omakotitalon pohjapiirustus. (27)

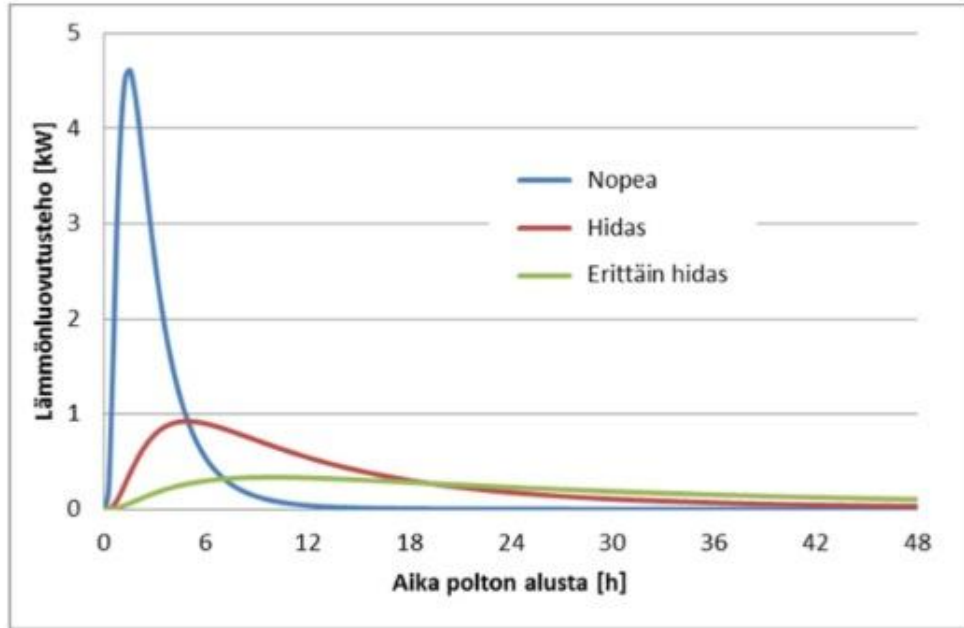


Kuva 29. Yksitasoisen omakotitalon pohjapiirros (22)

6.5 Simulointi

Simuloinnissa tulisijaa käytettiin lämmityskaudella 1.9–31.5 jokaisena päivänä. Tulisijoja ohjattiin niin, että huoneiston lämpötilan ollessa yli asetetun maksimilämpötilan uutta puupanosta ei lisätty, kuin vasta seuraavalla kerralla. Puupanoskokoina olivat 9 kg/panos ja 18 kg/panos. Simuloinneissa käytettiin kolmea maksimilämpötilaa 21,5 °C, 22 °C, ja 25 °C.

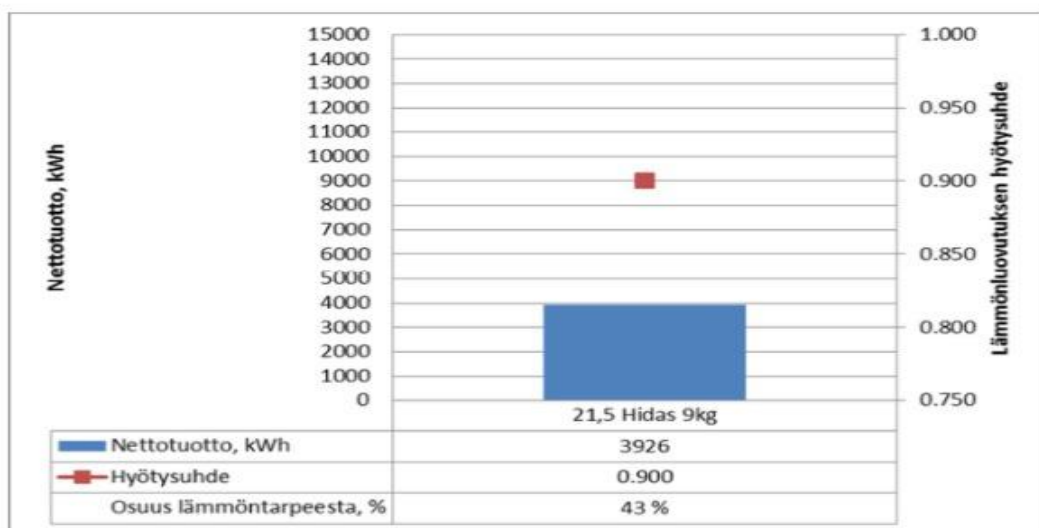
Kuvassa 30 on esitetty projektiin valittujen tulisijojen lämmönluovutusominaisuuksien ajallinen havainnointitesti 4 kg:n puupanoksella. Kaikkien tulisijojen nettoenergiamäärä on 48 tunnissa sama 14,5 kWh. (27, s. 23)



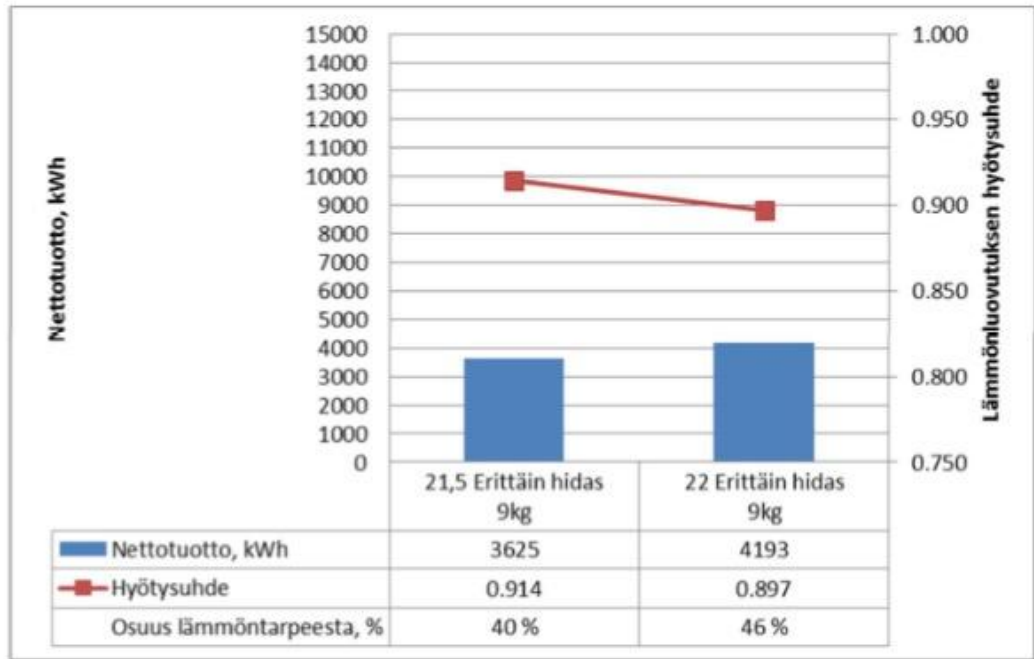
Kuva 30. Lämmönlvoutuksien ajallinen havainnointi (27, s. 23)

6.6 Tulokset

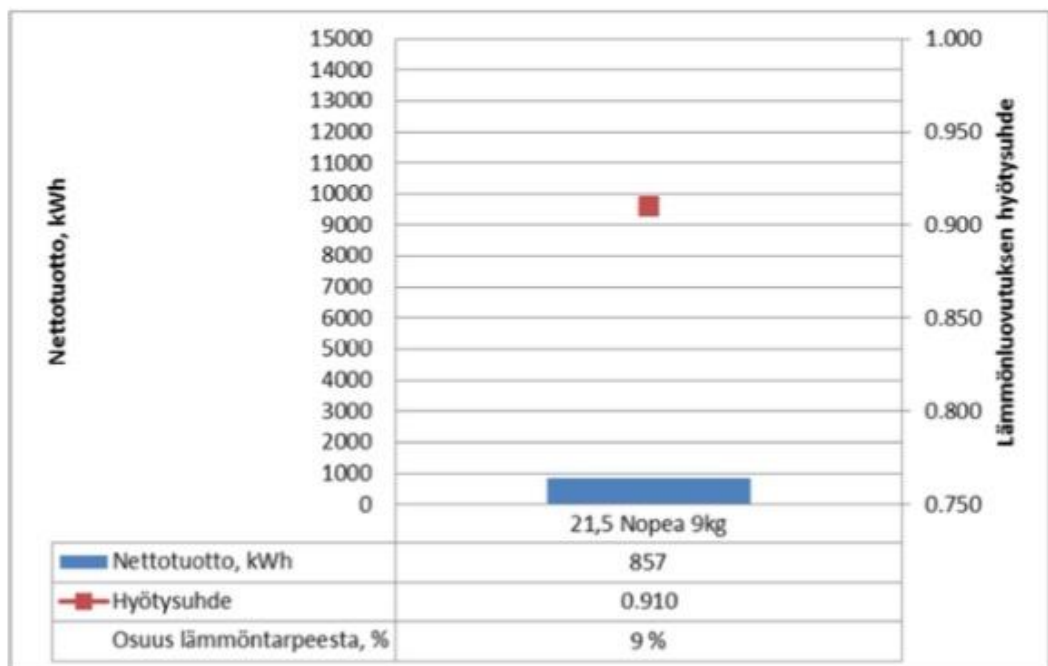
Kuvassa 31, 32 ja 33 esitetään hitaan, erittäin hitaan ja nopean tulisijan nettolämmöntuotto, lämmönlvoutuksen hyötysuhde ja tulisijan osuus lämmöntarpeesta kaksikerroksisessa uudiskohteessa.



Kuva 31. Hitaan tulisijan tulokset uudiskohteessa (27, s. 52)

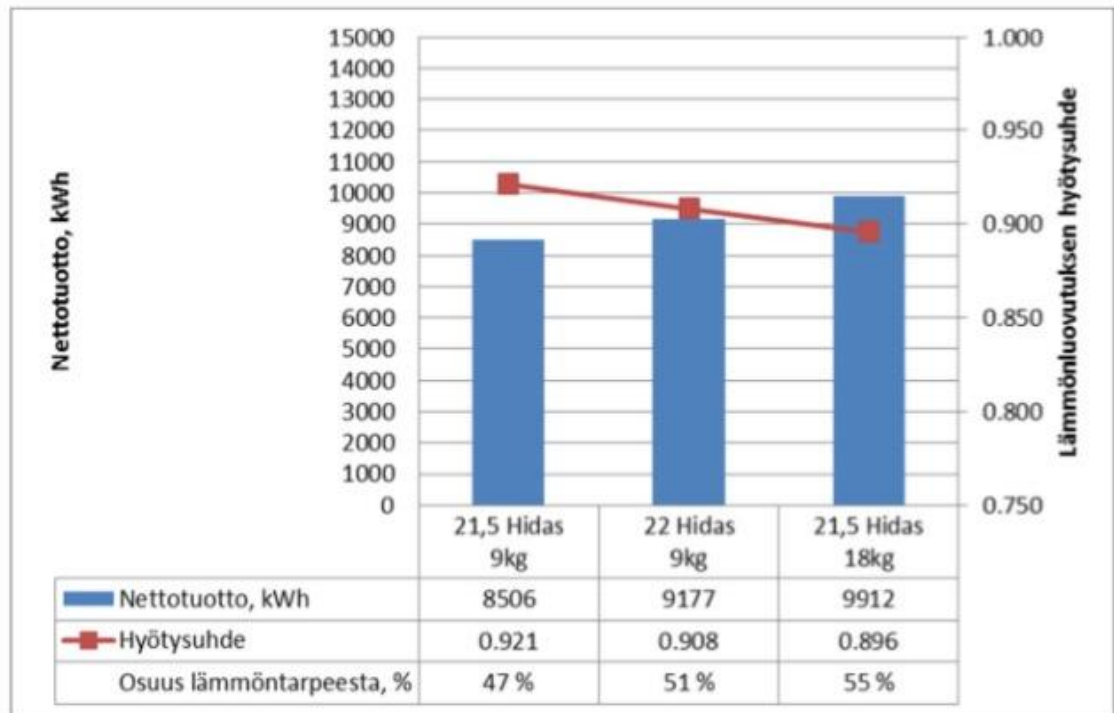


Kuva 32. Erittäin hitaan tulisijan tulokset uudiskohteessa (27, s. 51)

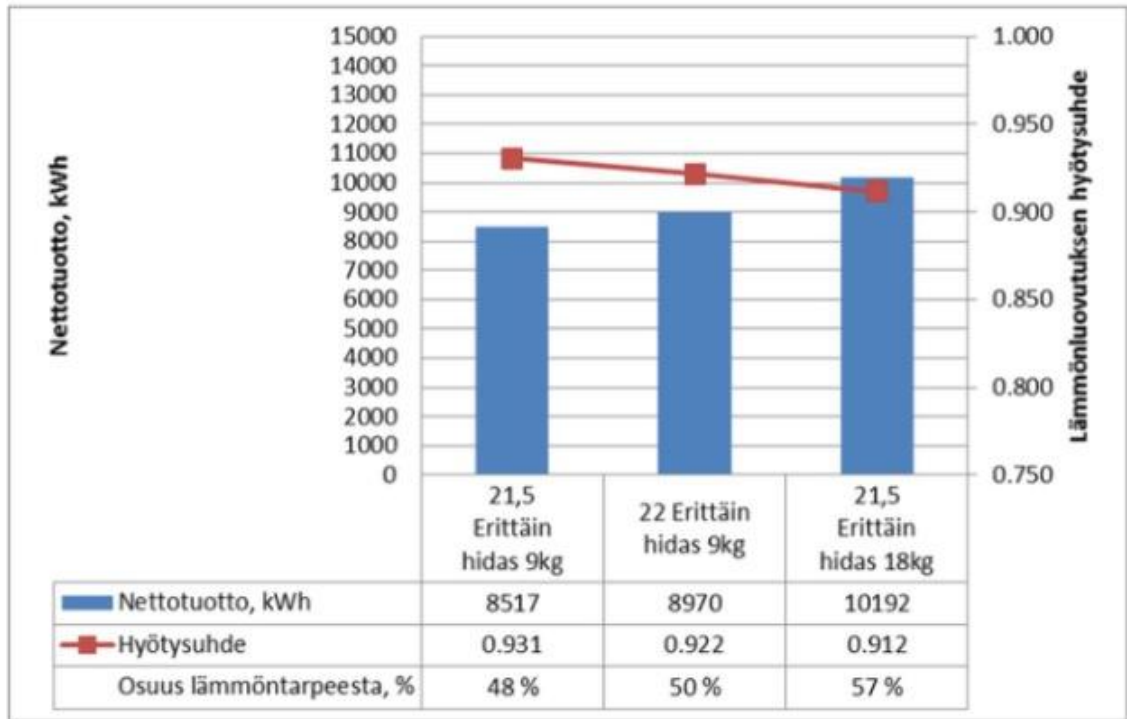


Kuva 33. Nopean tulisijan tulokset uudiskohteessa (27, s. 53)

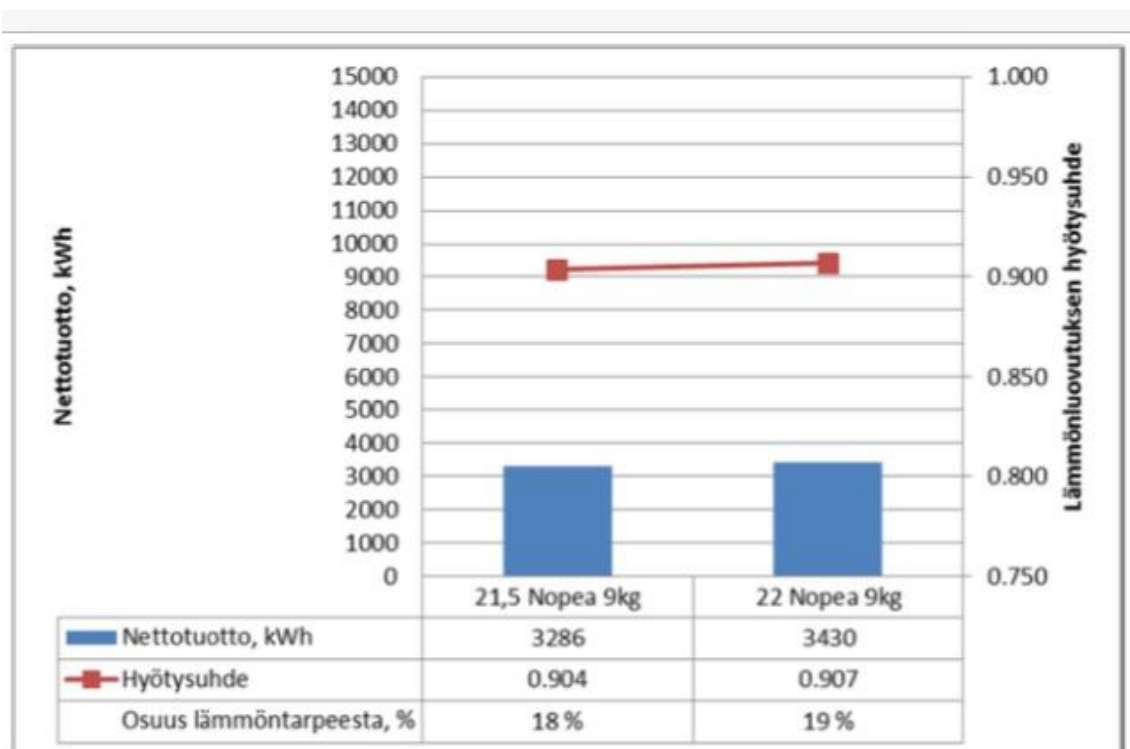
Kuvassa 34, 35 ja 36 esitetään hitaan, erittäin hitaan ja nopean tulisijan nettolämmöntuotto, lämmönluovutuksen hyötysuhde ja tulisijan osuus lämmöntarpeesta yksikerroksisessa korjauskohteessa.



Kuva 34. Hitaan tulisijan tulokset korjauskohteessa (27, s. 44)



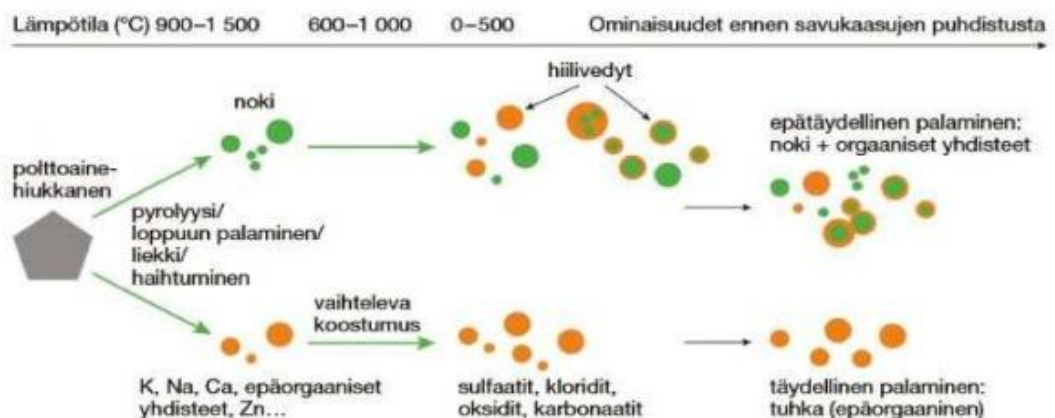
Kuva 35. Erittäin hitaan tulisijan tulokset korjauskohteessa (27, s. 44)



Kuva 36. Nopean tulisijan tulokset korjauskohteessa (27, s. 45)

7 Tulisijojen päästö- ja hyötysuhdemääräykset

Kun puuta poltetaan, syntyy hiilidioksidia ja joitakin päästöjä eli epäpuhtauksia. Jotta näitä epäpuhtauksia syntyisi mahdollisimman vähän, tulisi huomioida, että polttopuut olisivat riittävän kuivia ja puhtaita. Myös tulipesän muotoilu ja riittävä ilmansaanti vaikuttaa siihen, että puu palaa onnistuneesti, jolloin myös päästöt vähenevät. (11, s. 11) Kuva 37 osoittaa, miten päästöjä eli pienhiukkasia muodostuu puun tuhka-aineksesta ja palamisen lopputuotteista.



Kuva 37. Pienhiukkasten muodostuminen puun poltossa (30, s. 19)

Etenkin Suomessa puun poltto on merkittävä lähde hiukkaspäästöille. Puhtaampien tulisijojen Suomi-ohjelma ja EU:n komissio on asettanut tavoitteet vuodelle 2020 mennessä. Tavoitteena on vähentää päästöjä 28 prosentilla verrattuna vuoden 2000 päästöihin. EU:n tavoite on 59 prosenttia. (28, s. 27)

Suomessa on tehty kartoitus, jossa määriteltiin päästöjen ja hyötysuhteiden vaatimustasoa ja päästövaatimusten kustannusvaikutuksia. Näiden pohjalta on laadittu määräysluonnos D8, joka on tarkoitus julkaista Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. (11, s. 9) Taulukossa 4 on esitetty päästö- ja hyötysuhdevaatimukset pääasiallisen ja toissijaisen lämmitysjärjestelmän tulisijoille.

Taulukko 4. Pääasiallisen tulisijan päästö- ja hyötysuhdevaatimukset (31)

		Mitattava suure ja sille asetettavat vaatimukset	
	Nimellisteho Kw	CO-pitoisuus 13 % O2 kuivaa kaasua enintään %	Hyötysuhde vähintään
Pääasiallisen lämmitysjärjestelmän tulisija vaatimukset	P ≤ 50 Kw	0,17	70
Toissijaisen tulisijan vaatimukset	P ≤ 50 Kw	0,3	70

Uudet lämmitysjärjestelmät tulisi rakentaa ja suunnitella tänä päivänä niin, että päästöt pysyvät alhaisina ja energiatehokkuus on mahdollisimman hyvä. Kun tulisijaa lähde-tään suunnittelemaan ja rakentamaan, tulee valmistajan selvittää, että lämmityslaite on standardien mukainen ja se pitää osoittaa laitteen suunnittelu- ja asennusohjeissa. Tätä valvoo kunnan rakennusvalvontaviranomainen. (28, s. 9.)

8 Yhteenveto

Suomessa on noin 2,2 miljoonaa tulisijaa ja näin ollen lämpöenergiaa menee savukaasujen mukana paljon hukkaan. Erilaisilla lämmön talteenottojärjestelmillä tätä lämpöenergiaa on mahdollista hyödyntää. Tulisijat jaetaan kamiinoin, lämpöä hitaasti luovuttaviin varaaviin takkoihin ja lämpöä erittäin hitaasti luovuttaviin varaaviin takkoihin.

Työssä kartoitettiin markkinoilla olevia tulisijojen lämmön talteenottoratkaisuja. Tietoa etsittiin kirjallisuustutkimusten avulla sekä haastattelemalla sähköpostitse ja puhelimitse asiantuntijoita.

Puunpolto on ekologista ja uusiutuvaa energiaa. Näin vältetään ilmastoa enemmän kuluttavien energiamuotojen käytöltä. Tulisijojen hyötysuhteita selvittämällä ilmeni, että hukkalämpöenergiaa saadaan hyötykäyttöön talojen lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden valmistukseen.

Markkinoilta löytyi lämmön talteenottoratkaisuja, jotka eivät ole kosketuksessa tulisijan liekkiin. Näitä järjestelmiä ovat vesikiertoinen lämmönkeruuputkisto ja ilmakiertoinen lattiaa lämmittävä tulisija. Lisäksi käytössä on kamiinoiden lämmönsiirtimet, pellettitakka ja puulämmitteinen kiuas, jotka ovat kosketuksissa liekkiin.

Työssä selvitettiin myös puun kosteuden vaikutusta puun lämpöenergiamäärään. Lisäksi saatiin selville erittäin hitaan, hitaan ja nopean tulisijan hyötysuhteita ja lämmönluovutus aikojen eroavaisuuksia, nettotuotto kWh ja osuuslämmöntarpeesta korjaus- ja uudisrakennuksessa.

Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla perehtyminen käyttökustannuksiin ja järjestelmien takaisinmaksuaikoihin.

Lähteet

- 1 Seppälä, Anna-Leena. 2000. Tulisijat. Korjauskortisto. Helsinki Museovirasto. Julkaisu 1.1.2000.
- 2 Vähäpäästöiseen tulisijaan vaihtamalla pienhiukkaspäästöjä voi vähentää merkittävästi. 2015. Tiedote. TSY. Päivitetty 16.6.2015.
- 3 Polttopuun ominaisuudet - Halkoliiteri. 2015. Verkkodokumentti. Metsäkeskus. <<http://www.halkoliiteri.com/?id=587>> Luettu 3.5.2015
- 4 Puun koostumus. 2015. Verkkodokumentti. Bioenergianeuvoja.
- 5 Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo. Valtion tekninen tutkimuskeskus. VTT energia.
- 6 Alakangas – Erkkilä – Oravainen. 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. Polttopuun tuotanto ja käyttö. Espoo. Valtion tekninen tutkimuskeskus.
- 7 Tulisijakirja 2014. Verkkoesite. Uunisepät. <<http://web1.panic.fi/uunisepat/tulisijakirja2014/files/assets/basic-html/page61.html>> Luettu 3.5.2015
- 8 Varaava takka. 2014. Verkkodokumentti. Motiva oy. Päivitetty 28.3.2014. <http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/kodin_tulisijat/varaava_takka>luettu 12.5.2015
- 9 Takka Tupla-Lauri Classic läpiluukullinen varaava alaliittymä. 2004. Verkkodokumentti. Taloon yhtiöt oy. <<http://www.taloon.com/suoran-seinan-takka-tupla-lauri-varaava-alaliittymalla/TI-TLAURI-ALA/dp?openGroup=4093>> Luettu 4.6.2015
- 10 Tukilämmitysjärjestelmät. 2015. Tulisijojen lämmönluovutus ja hyötysuhteet erilaisissa käyttötapauksissa. Verkkodokumentti. Motiva oy. Päivitetty 30.7.2015.. <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjtuukilamm> Luettu 30.7.2015 .
- 11 Metallitulisijat. 2014. Tulisijojen lämmönluovutus ja hyötysuhteet erilaisissa käyttötapauksissa. Verkkodokumentti. Motiva oy. Päivitetty 28.3.2014. <http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/kodin_tulisijat/metallitulisija> Luettu 30.7.2015
- 12 Vesikiertoinen tulisija. 2014. Verkkodokumentti. Motiva oy. Päivitetty 28.3.2014. <http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/kodin_tulisijat/vesikiertoinen_tulisija> Luettu 4.6.2015

- 13 Vesilämmitysjärjestelmä W10. 2015. Uuden kodin älykäs ja tehokas lämmitysjärjestelmä. Verkkodokumentti. Tulikivi oy.
<http://www.tulikivi.fi/tuotteet/TulikiviGreen_W10-Vesilammitysjarjestelma> Luettu 5.8.2015
- 14 Tulikivi green-tuotteet. 2013. Verkkoesite. Tulikivi oy.
<http://www.tulikivi.fi/julkaisut/Tulikivi_green_072013_web.pdf> Luettu 6.9.2015
- 15 Suunnitteluluonnos. Tulikivi oy.
- 16 Takkasydämet. 2015. Vesikiertoiset takkasydämet. Linnatuli. Verkkoesite. Hoxter-katalog. <http://www.linnatuli.com/assets/files/hoxter/HOXTER-katalog_2015-FI.pdf> Luettu 6.9.2015
- 17 Vesikiertotakkasydämet. 2015. Walltherm insert. Verkkoesite. Tulituote oy.
<http://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/vesikiertotakat/walltherm/> Luettu 6.9.2015.
- 18 Jaakkola, Heikki. 2012. Vesikiertoinen puukiuas. TMI rakennusmaailma 11/2012, s. 56.
- 19 Susiluoto, Klaus. 2013. Kiukaasta lisäenergiaa pientalon lämmitykseen. Meidän sauna 1/2013, s. 62.
- 20 Puukattilan terminen varolaite. 2015. Kun kattilassa ei ole lämminvesikierukkaa. Primotherm oy.
- 21 Tulilattia oy. 2014 Verkkoesite. <<http://www.tulilattia.fi/Tulilattia/Tulilattia.html>> Luettu 1.11.2015
- 22 Ilmalämmitystakka. 2015. Tulikivi-tulisijat yhdistettävissä ilmalattialämmitykseen. Verkkodokumentti. Tulikivi. <<http://www.tulikivi.fi/tuotteet/Ilmalammitystakka>> Luettu 6.6.2015
- 23 Legalett-Air Heated Radiant Floors. 2012. Verkkodokumentti. Ottawa ICF. <<http://www.ottawaicf.com/img/hambro/image004.jpg>> Luettu 6.6.2015
- 24 Muutos on vapautta. Ilmakiertoinen pellettitakka. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.energiamuutos.fi/pellettitakat/>> Luettu 10.8.2015
- 25 Vesikiertoinen savupiippu uutuus. 2011. Verkkodokumentti. Härmä air. Päivitetty 11.11.2011.
<<http://www.harmaair.com/index.php?page=news&id=MG8YS2DCW6VNX>> Luettu 9.9.2015

- 26 Lämpö- ja teräshormien asiantuntija. 2015. Verkkodokumentti. Hormiproffa oy. <<http://hormiproffa.fi/lampohormit/>> Luettu 5.10.2015
- 27 Laitinen – Tuomaala – Virtanen. 2014. Tulisijojen lämmönluovutus ja hyötysuhteet erilaisissa käyttötapauksissa. Verkkojulkaisu. VTT. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/t191.pdf>> Luettu 12.9.2015
- 28 Puhtaampien tulisijojen Suomi. 2007. Verkkojulkaisu. Tulikivi oy. <<http://www.tulikivi.com/julkaisut/pr/pdf/2007/es1041.pdf>> luettu 12.9.2015
- 29 Visakova, Antti. 2015. Päästöjen vähentämistekniikat ja niiden sopivuus pienpolttolaitoksiin. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.
- 30 Lagus, Matti. 2008. Puupolttoaineita käyttävien lämmityslaitteiden päästöt ja hyötysuhteet. D8 määräysluonnos. Verkkodokumentti. Lapin ammattiopisto. <http://www3.lappia.fi/AO/tiedostot/luontoala/bioenergiahanke/bioenergiaseminaa ri/d8_luonnos.pdf> Luettu 15.9.2015

