Rettig Lämpö Oy
PL 16, Tupakankatu, 68601 Pietarsaari
Puh 06-786 9111, info@purmo.fi
www.purmo.fi

Asiakirja on laadittu mahdollisimman huolellisesti. Sitä ei saa toisintaa edes osittain ilman Rettig ICC:n nimenomaista kirjallista lupaa. Rettig ICC ei ole vastuussa mistään tässä asiakirjassa esitetyn tiedon käytöstä tai väärinkäytöstä johtuvista epätarkkuuksista tai seurauksista.

°CLEVER
LOW TEMPERATURE RADIATORS

PURMO
clever heating solutions

RADIAATTORIEN KÄYTTÖOPAS **MATALALÄMPÖJÄRJESTELMISSÄ**

RADIAATTORIEN KÄYTTÖOPAS MATALA-LÄMPÖJÄRJESTELMISSÄ

°CLEVER
LOW TEMPERATURE RADIATORS

PURMO
clever heating solutions

Miksi tämä opas on julkaistu?

Tässä oppaassa pyritään luomaan yleiskatsaus matalalämpö lämmitysjärjestelmiin, niiden etuihin, käyttöön ja energiankulutuksen vähentämiseen kaikkialla Euroopassa.

Monet tutkijat ja alamme mielipidejohtajat ovat myötävaikuttaneet tämän oppaan tekemiseen. Tässä oppaassa heidän tutkimustuloksiaan; miten radaattorit soveltuvat matalalämpöjärjestelmiin.

Valitse lämmönjakotapa tosiseikkojen pohjalta.

Tämä opaan avulla suunnittelija ja urakoitsija voi valita oikean lämmönjakotavan uusiin ja peruskorjattaviin rakennuksiin.

ENERGIAN MUUTTAMINEN **TEHOKKUUDEKSI**

	Miksi tämä opas on julkaistu?	3
	Hakemisto	5
A	Mikko Iivosen haastattelu	6
1	On aika muuttaa ajattelutapaa	10
2	Eristämisen vaikutus lämmitystehokkuuteen	20
B	Professori Christer Harrysonin haastattelu	34
3	Matalalämpövesikiertoisten lämmitysjärjestelmien yleistyminen	38
C	Professori Jarek Kurnitskin haastattelu	54
4	Tutkimustulokset	58
5	Lämmönluovuttimien valinta	72
D	Elo Dhaenen haastattelu	78
6	Edut loppukäyttäjälle	82

DI Mikko Iivonen,
Director R&D, Research and technical standards Rettig ICC

MUUTAN NUMEROT TULOKSIKSI

Rettig ICC:n tutkimuksesta, tuotehityksestä ja teknisistä standardeista vastaavana johtajana olen vastuussa näkemysten, innovaatioiden, uusien vastausten, tuotteiden ja tulosten toimittamisesta kaikkien markkina-alueidemme käyttöön. Tulokset perustuvat todelliseen itsenäiseen tutkimukseen joka on tehty tiiviissä yhteistyössä alan johtavien tutkijoiden kanssa. Heitä ovat esimerkiksi professori Leen Peeters Brysselin yliopistosta, professori Christer Harrysson Örebron yliopistosta, professori Jarek Kurnitski Aalto-yliopiston teknillsestä korkeakoulusta, tohtori Dietrich Schmidt saksalaisesta Fraunhofer-instituutista ja monet muut. Heidän avullaan sekä tutkimustulosten ja näkemysten perusteella muutan luvut tuloksiksi.

Älykkäät lämmitysratkaisut

Energiaa jopa 15 % säästävät ratkaisut

Investoimalla tutkimukseen ja tuotekehitykseen täytämme lupauksemme antaa käyttöön älykkäitä lämmitysratkaisuja. Niillä on suuri merkitys kustannuksille, mukavuudelle, sisäilmastolle ja energiankulutukselle. Ne säästävät energiakustannuksia jopa 15 %. Professori Harrysonin vuoden kestäneeseen tutkimukseen osallistui 130 pien- ja rivitalokiinteistöä. Ruotsalaisen tutkimustuloksen mukaan lattialämmitystalojen energiakulutus ylitti 15-25 % radiaattorilämmitteisten talojen kulutuksen. Tulokset osoittavat, että nykyaikaisten rakennusten parempi energiatehokkuus saa mielenkiinnon kohdistumaan matalalämpöjärjestelmiin.

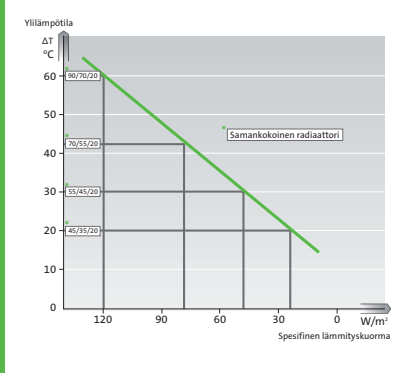
Määräysten tiukentaminen pienentää rakennnusten lämmöntarvetta, sillä lämpöä karkaa vähemmän.

Kuvissa 1.1 ja 1.2 on osoitettu, kuinka radiattoreiden mitoituslämpötilat ovat laskeneet vuosien mittaan, samalla kun rakennusten energiavaatimukset ovat tiukentuneet. Rakennusten lämmittämiseen tarvitaan vähemmän energiaa, sillä lämpöhäviöt ovat pienentyneet.

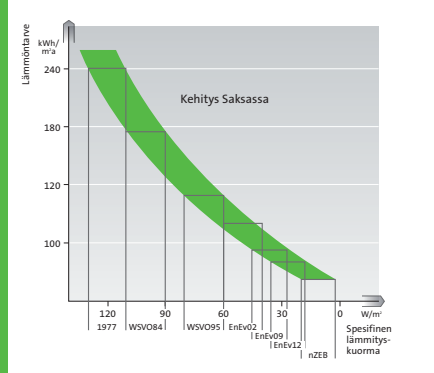
EU-jäsenvaltioit ovat jo asettaneet vuonna 2020 käyttöön otettavat energiatehokkuustavoitteet (direktiivi 20/20/20). Niiden mukaan energiankulutuksen täytyy laskea 20 % vuoden 2007 tasosta, kasvihuonepäästöjä on vähennettävä 20 % ja 20 % energian bruttokulutuksesta on oltava peräisin uudistuvista energialähteistä. Kiinteistöjen omistajien on hankittava niille energiasertifiointi. Siksi on tärkeämpää kuin koskaan valita energiatehokkuutta parantava matalalämpöradiaattorijärjestelmä. Nämä tavoitteet on asetettu varsinkin rakennusten vuoksi, sillä 40 % kaikesta Euroopasta käytettävästä energiasta kuluu niissä.

20/20/20

Tavoitteena on säästää energiaa 20 %, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 % ja että 20 % kaikesta käytettävästä energista on peräisin uusiutuvista lähteistä.



Rakennusten lämmitystehot W/m² ovat laskeneet vastaavasti kuin radiaattorien mitoituslämpötilat ΔT.



Rakennusten lämmitystehot W/m² ja lämmitysenergian tarpeen kWh/m²a kehitys saksalaisissa rakennuksissa.

LUKU 1

ON AIKA **MUUTTAA** AJATTELUTAPAA

- **Energiamääräykset >** Euroopassa on erilaisia kansallisia energiatehokkuusmääräyksiä.
- **Uudistuvan energian käyttötavoitteet >** Tiukat energiansäästötavoitteet kohdistavat painetta rakennusten omistajiin.
- **Radiaattori-innovaatiot >** Lämmönluovutusta on lisätty pienentämällä vesitilavuutta ja parantamalla konvektiotehoa. Teräsmateriaalin käyttötehokkuus on kasvanut 87 %.

Energiamääräykset

Energiamääräykset vaikuttavat kaikkiin rakennustyyppeihin. Asunnoilta ja toimistorakennuksilta kaikkialla Euroopassa vaaditaan yhä parempaa energiatehokkuutta. EU-direktiiveissä EPBD 2002/91/EU ja uusitussa 2010/91/EU-versiossa kiinteistöjen omistajat ja käyttäjät velvoitetan hankkimaan energia-sertifioinnit. EU-jäsenvaltiot ovat jo asettaneet vuonna 2020 käyttöön otettavat energiatehokkuustavoitteet (direktiivi 20/20/20).

Euroopassa on erilaisia kansallisia energiatehokkuusmääräyksiä.

Euroopassa on erilaisia samaan tavoitteeseen pyrkiviä kansallisia määräyksiä. Tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta yksittäisissä jäsenvaltioissa. Vaikka tavoitteissa ja mittausmenetelmissä on eroja, energiankulutusta Euroopassa halutaan vähentää.

Esimerkkejä uusiutuvan energian käyttämiselle asetetuista tavoitteista

Kuten **alta** ja seuraavilta sivuilta käy ilmi, osa tavoitteista on uskomattoman tiukkoja. Uusiutuvaan energiaan siirtymistä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä pidetään erittäin tärkeänä.

Suomi:	28,5 %:sta 39 %:iin
Ranska:	10,3 %:sta 23 %:iin
Saksa:	9,3 %:sta 18 %:iin
Iso-Britannia:	1,3 %:sta 15 %:iin
Ruotsi:	39 %:sta 49 %:iin

Tiukat tavoitteet kohdistavat energian säästämiseksi.

Kiinteistöjen omistajiin kohdistuu paineita vähentää energiankulutusta myös muista syistä (**kuva 1.4**). Kaikkialla Euroopassa halutaan tehokkuutta, sillä fossiilisten polttoaineiden hintojen nousu jatkuu. Lisäksi öljy-, hiili- ja kaasuvarat ovat hupenemassa.

Ympäristöä halutaan suojella. Kuluttajat suosivat ympäristöystävällisiä tuotteita ja prosesseja. Siksi on aika arvioida lämmitysalan toimintaa uudelleen, kuten Ecodesign-direktiivissä ErP 2009/125/EU edellytetään. Tehtävämme on toimittaa loppukäyttäjille mahdollisimman energia- ja kustannustehokkaita menetelmiä mukavan sisäilmaston aikaansaamiseksi. Vaikka käytettävissä on useita erilaisia lämmitysratkaisuja, valitseminen tuottaa päänvaivaa.

Loppukäyttäjät, asentajat ja suunnittelijat tarvitsevat tarkkoja tietoja, jotta he osaavat tehdä oikeita päätöksiä. Matalalämpöjärjestelmät yleistyvät. Tästä oppaasta selviää miksi Purmon radiaattorit soveltuvat erinomaisesti matalalämpöjärjestelmiin.

Esimerkkejä vähennys-tavoitteista

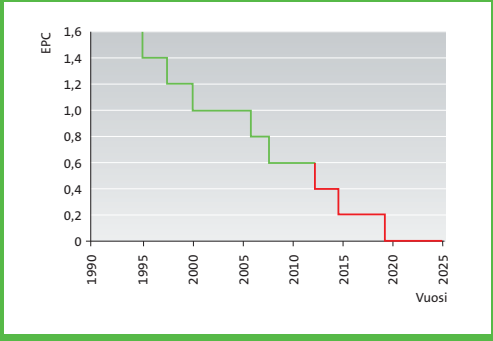
Tehtävämme on toimittaa loppukäyttäjille mahdollisimman energia- ja kustannus-tehokkaita menetelmiä mukavan sisäilmaston aikaansaamiseksi.

Kuva 1.4

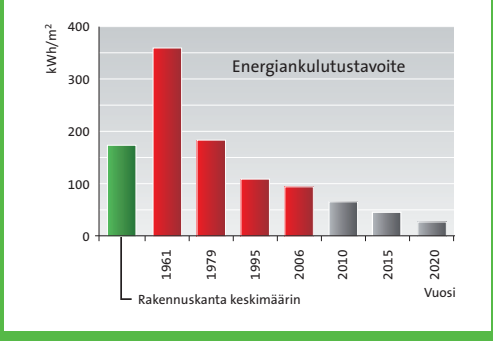
Monessa maassa suunnitellaan lähes nollaenergiarakennuksiin siirtymistä uusien kiinteistöjen energiatehokkuuden paranta-miseksi.

REHVA Journal 3/2011

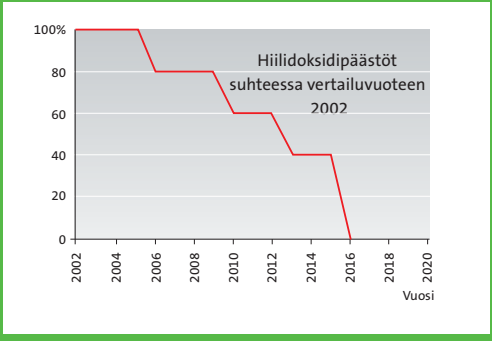
Alankomaat



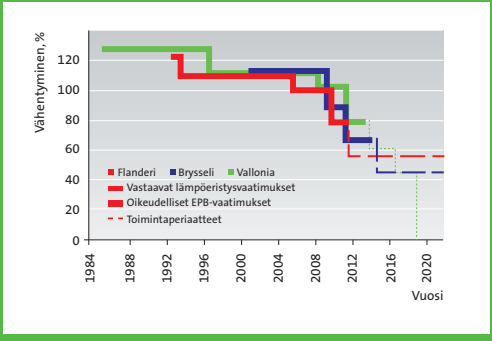
Tanska



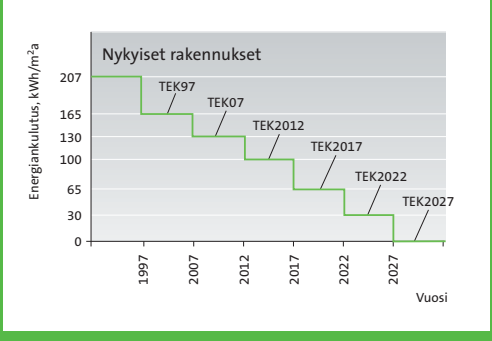
Iso-Britannia



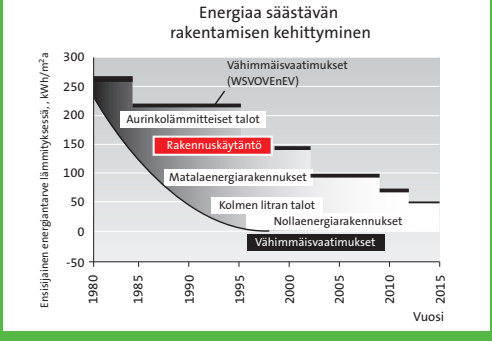
Belgia



Norja



Saksa



Innovaatio

Lämmöntuotantoa on lisätty pienentämällä vesitilavuutta ja asettamalla konvektoriosat kuumempiin kanaviin.

Radiaattorit ovat muuttuneet paljon 40 vuoden aikana (**kuvat 1.5 - 1.6**). Aikanaan käytettiin tasaista teräspaneelirakennetta ja suurta vesitilavuutta (A). Seuraavaksi vesikanavien väliin lisättiin konvektiolamelleja parantamaan tehoa (B). Vuosien kuluessa havaittiin, että lämmöntuotantoa voi lisätä pienentämällä vesitilavuutta ja asettamalla konvektiolamelleja kuumempiin kanaviin (C). Lämmöntuotanto optimoitiin tekemällä kanavista litteät ja kuusikulmaiset pinta-alan laajentamiseksi (D).

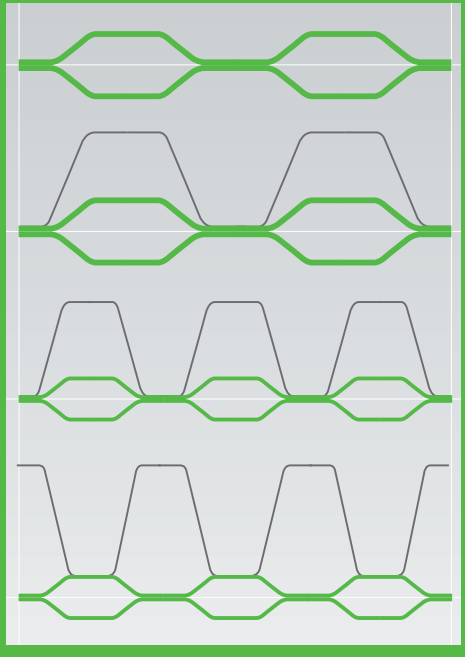
Kuva 1,5:
Innovaatio paneeliradiaattoreissa

A
tasainen paneelirakenne ja suuri vesitilavuus

B
Vesikanavien väliset konvektiolamelleja lisäävät tehoa.

C
Lämmöntuotantoa on lisätty pienentämällä vesitilavuutta kiinnittämällä lamellit kanavien päälle.

D
Litteät kuusikulmaiset kanavat laajentavat pinta-alaa ja optimoivat lämmönluovutuksen.



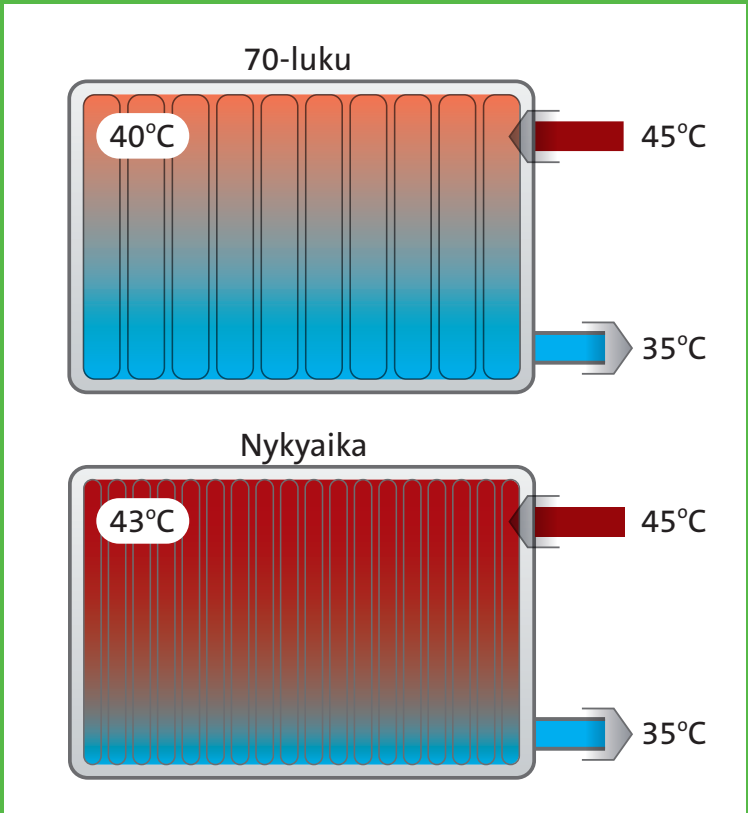
Jopa 87 % parempi

Viime vuosina tietokonesimulointi on auttanut parantamaan energiatehokkuutta. Kun veden virtaaminen radiaattorin läpi optimoidaan ja lämpöä siirtyy konvektiolamelleihin, huoneeseen siirtyy säteily- ja konvektiolämpöä. Nykyisissä Purmo radiaattoreissa teräsmateriaalia käytetään jopa 87 % tehokkaammin kuin ennen. (**kuva 1.7**.)

Kuva 1.7:
Innovaatio teräspaneeliradiaattoreissa

Enemmän kanavia, enemmän konvektoriosia ja pienempi terminen massa – nykyaikaiset radiaattorit tuottavat enemmän lämpöä pienemmällä vesimäärällä ja samassa lämpötilassa kuin perinteiset mallit.

Lisäksi materiaalin käytön tehokkuus on parantunut 87 % teräksen W/kg-arvolla mitattuna.



LUKU 2

ERISTÄMISEN VAIKUTUS LÄMMITYSTEHOKKUUTEEN

- **Eristäminen >** Eristämisellä on aina ollut suuri merkitys kotien pitämisessä lämpiminä.
- **Lainsäädännön muuttumisen myönteiset vaikutukset >** Parempi eristys tekee sisäilmastosta miellyttävämmän. Eron huomaa heti.
- **Lämpökuormat ja lämpöhäviöt uudenaikaisissa rakennuksissa >** Efektiivinen energiantarve voidaan määrittää ottamalla huomioon lämpökuormat ja lämpöhäviöt.
- On tärkeää, että lämmitysjärjestelmä reagoi tehokkaasti lämpökuormiin.
- Mitä pienempi lämmönluovuttimen terminen massa on, sitä tarkemmin huoneen lämpötilaa voidaan säätää.

Eristys

Lämpöhäviöitä aiheutuu kahdella tavalla. Lämpöä siirtyy rakennuksen rungon ja esimerkiksi ikkunoiden, sienien ja katon kautta. Lämpöä karkaa myös ilmanvaihdon mukana, ja jos ilmaa pääsee vuotamaan. Esityksen tarkoitus on vähentää lämmön siirtymistä mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Ihmiskehosta lähtee noin 20 litraa CO_2-kaasua ja noin 50 grammaa vesihöyryä tunnissa. Lisäksi huoneilmaan tulee kotitaloustöiden ja veden käytön seurauksena useita litroja vesihöyryä päivässä. Siksi ilmanvaihtoa tarvitaan. Ilmanvaihtoa ei voi vähentää voimakkaasti, sillä muutoin asukkaille aiheutuu terveysongelmia tai rakennus vaurioituu esimerkiksi homeen vuoksi.

Jos eristystä tehostetaan, rakennuksesta tulee ilmatiiviimpi. Tämän seurauksena ilmanvaihto pienee ja ilmanlaatu kärsii, ilmankosteus lisääntyy, CO_2-pitoisuus nousee ja rakenteisiin voi tiivistyä kosteutta. Siksi kunnolla eristetyissä rakennuksissa on oltava koneellinen ilmanvaihto. Onneksi poistoilmasta voidaan ottaa talteen energiaa.

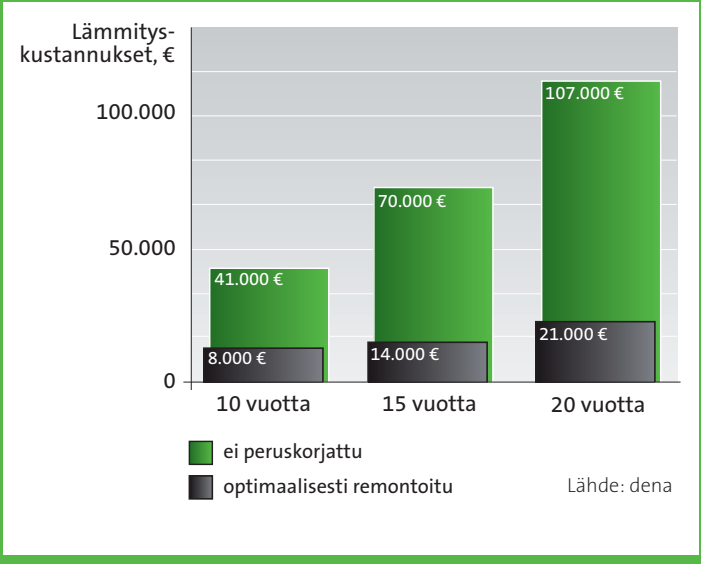
Eristämisellä on aina ollut suuri merkitys kotien pitämiseksi lämpiminä.

Eristämisellä on aina ollut suuri merkitys kotien pitämiseksi lämpiminä. Aikanaan käytettiin olkia, sahanpurua tai kaislaa. Nykyään käytetään esimerkiksi lasi- tai vuorivillaa, polystyreeniä sekä polyuretaanilevyjä ja -vaahtoja. Rakennusmenetelmät ovat muuttuneet.

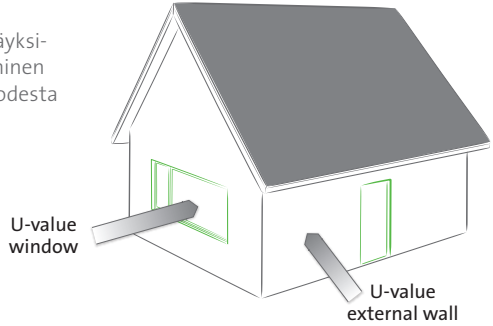
20 vuodessa säästyy 86 000 euroa

Energiatehokkaan talon lämpöhäviöt jäävät vähäisemmiksi, joten energiaa kuluu vähemmän. **Kuvassa 2.1** verrataan kahden pientalon arvioituja lämmityskustannuksia. Toinen on hyvin eristetty ja varustettu LTO:lla, ja toinen on eristetty huonosti. Niiden välinen ero korostuu ajan mittaan. 20 vuoden aikana säästyy huimat 86 000 euroa.

Kuva 2.1: Pientalon arvioidut lämmitys-kustannukset: hyvin eristetty verrattuna huonosti eristettyyn.



Kuva 2.2:
Eristysmääräyksien muuttuminen Saksassa vuodesta 1977 alkaen



		Ennen vuotta 1977	1977	WSVO 1984	WSVO1995	ENEV 2002	ENEV 2009
U-arvo, ikkuna	W/m²K	5	3,50	3,10	1,80	1,70	1,30
U-arvo, ulkoseinä	W/m²K	2	1,00	0,60	0,50	0,35	0,24
Spesifinen lämmityskuorma	W/m²	200	130	100	70	50	35
T_{MENO}/T_{PALUU}	°C	90/70	90/70	90/70 & 70/55	70/55	55/45	45/35

Uusia ja peruskorjattavia rakennuksia koskevia rakennusmääräyksiä on tiukennettu, sillä eristysmenetelmät ja niiden teho ovat parantuneet. Esimerkiksi Saksassa nämä määräykset ovat vähentäneet lämpöhäviötä jatkuvasti.

Vesikiertoisella keskuslämmityksellä varustetuissa kodeissa kiertoveden lämpötilaa on voitu muuttaa huomattavasti. Energiatehokkuus on tehnyt mahdolliseksi matalalämpöjärjestelmät.

Lainsäädännön muuttumisen myönteiset vaikutukset

Rakennusmääräysten kiristyminen ei pelkästään pienennä energiakustannuksia. Parempi eristys tekee sisäilmastosta miellyttävämmän. **Kuvissa. 2.3 - 2.5** viereisellä sivulla esitetään, millaisia muutoksia huoneessa tapahtuu, kun se eristetään muuttuneiden rakennusmääräysten vaatimalla tavalla. Vain yksi asia ei muutu: ulkolämpötila on jatkuvasti -14 °C. Ikkunan lämpötila **kuvassa 2.3** pysyy nollassa asteessa, sillä laseja on vain yksi. Hyväksyttävän huoneenlämpötilan (20 °) saavuttamiseksi WSVO 1977 -standardien mukaisesti eristetyssä kodissa kiertoveden lämpötilan tulee olla keskimäärin 80 °C. Näin kuumasta kiertovedestä huolimatta seinien lämpötila on vain 12 °C, joten asunnossa esiintyy merkittäviä lämpötilaeroja.

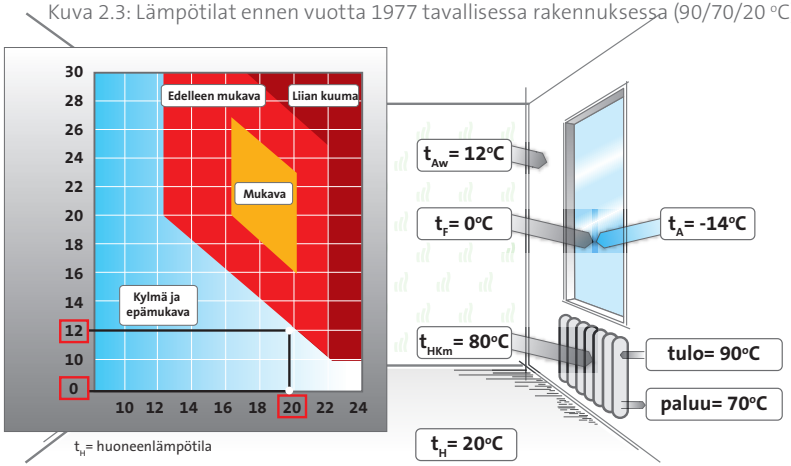
Parempi eristys tekee sisäilmastosta miellyttävämmän.

Sisäilmasto

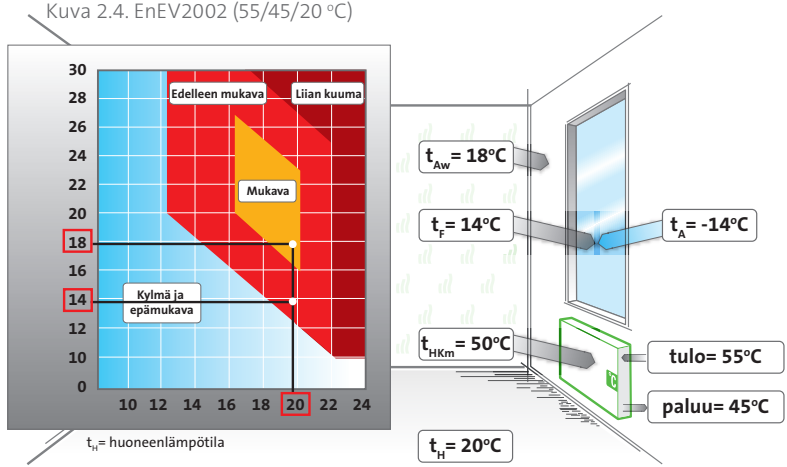
Rakennusmääräykset ovat muuttuneet ajan mittaan, joten sisäilmasto on parantunut huomattavasti, kuten **kuvassa 2.4** näkyy. Kun kaksinkertainen lasitus yleistyi, jäätävän kylmät ikkunat jäivät historiaan.

Ihanteellisen huoneenlämpötilan saavuttamiseksi kiertoveden lämpötilaksi riittää keskimäärin 50 °C. Tällöin seinien lämpötila on 18 °C, ikkunoiden 14 °C ja huoneilman 20 °C. Tilanne muuttuu vielä paremmaksi, kun EnEV 2009 -määräykset korvataan EnEV 2012 -määryksillä.

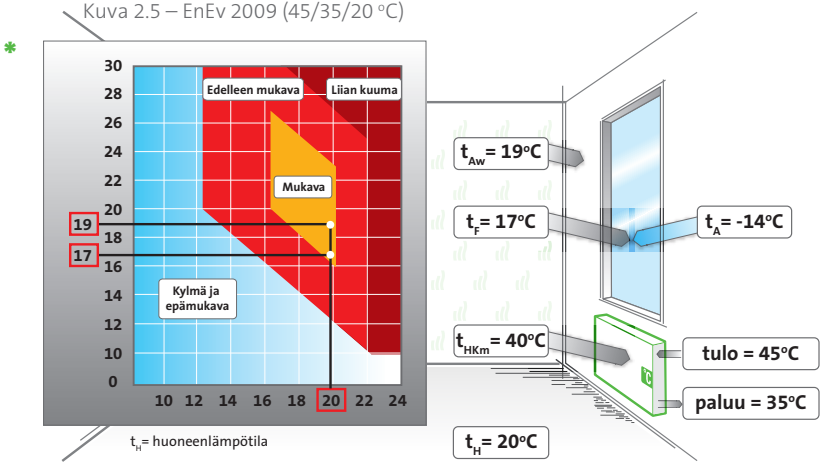
Kuva 2.3: Lämpötilat ennen vuotta 1977 tavallisessa rakennuksessa (90/70/20 °C)



Kuva 2.4. EnEV2002 (55/45/20 °C)



Kuva 2.5 – EnEv 2009 (45/35/20 °C)



Kuvassa 2.5 seinien lämpötila on lähes sama kuin muun huoneen. Myös ikkunat tuntuvat lämpimiltä, vaikka ulkona on kylmä. Nyt radiaattoriin saapuvan kiertoveden lämpötilaksi riittää keskimäärin 40 °C eli puolet vähemmän kuin **kuvassa 2.3** esitetyssä rakennuksessa.

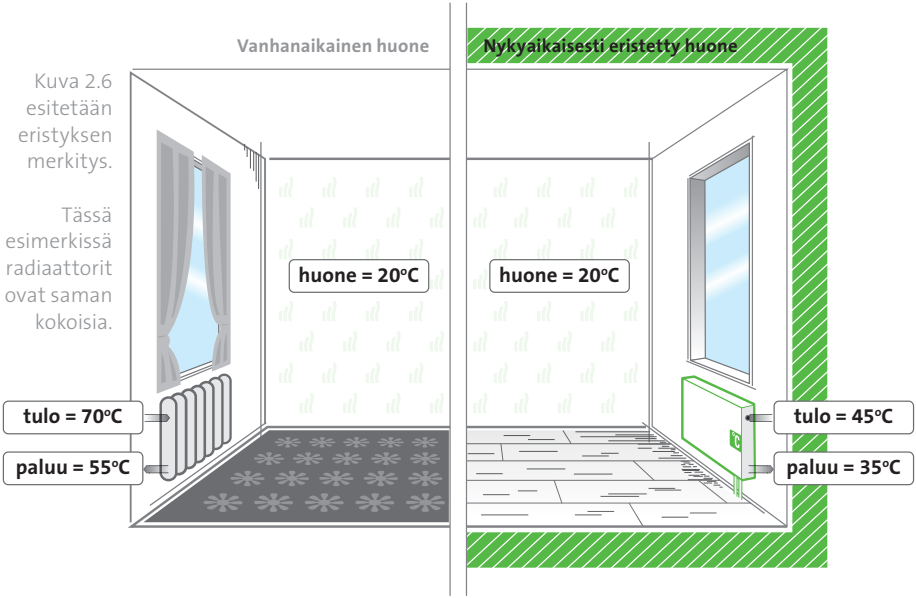
Pintojen keskimääräinen lämpötilaero vastakkaisissa suunnissa ei enää vaihtele enempää kuin 5 °C.

* Mukava lämpötila:
Vaatimuksia on useita. Tässä on esitetty muutamat niistä.

- Huoneilman ja pintojen keskimääräinen lämpötila on noin 21 °C.
- Huoneilman ja pintojen keskimääräinen lämpötila vaihtelee korkeintaan 3 °C.
- Pintojen keskimääräinen lämpötilaero korkeintaan 5 °C vastakkaisessa suunnissa.
- Lämpötila eroaa pään ja nilkkojen korkeudella keskimääräin enintään 3 °C.
- Ilmavirran nopeus huoneessa on enintään 0,15 m/s.

Kuva 2.6 esitetään eristyksen merkitys.

Tässä esimerkissä radiaattorit ovat saman kokoisia.



Spesifinen lämmityskuorma: **100 W/m²**
asuinhuoneissa **x** lämmityksen tarve:
11 m² x 100 W/m²= **1100 W**
Järjestelmän lämpötila: **70/55/20 °C**
Radiaattorien mitat:
k 580mm, l 1200mm, s 110mm
n*= **1,25**
Q= **1100 W**

Vanhanaikaisten valurautaradiaattorien haitat:

- Suuri vesitilavuus (suuri pumppu, suuri sähkönkulutus)
- Vaikea hallita (painavia, suuri vesitilavuus)
- Lämpiäminen ja jäähtyminen kestää kauan (eivät sovellu uudenaikaisiin matalalämpö-järjestelmiin)
- Näyttävät vanhanaikaisilta

Spesifinen lämmityskuorma: **50 W/m²**
asuinhuoneissa **x** lämmitystarve:
11 m² x 50 W/m²= **550 W**
Järjestelmän lämpötila: **45/35/20 °C**
Radiaattorien mitat:
k 600mm, l 1200mm, s 102mm (tyyppi 22)
n*= **1,34**
Q= **589 W**

Nykyaikaisten paneeliradiaattorien hyödyt:

- Pieni vesitilavuus
- Keveys
- Suuri lämmöntuotto
- Tehokkaasti hallittavissa
- Lämpiävät ja jäähtyvät nopeasti
- moderni ulkoasu, saatavana erilaisia malleja, värejä ja muotoiluvaihtoehtoja
- 10 vuoden takuu

*_n_ on eksponentti, joka ilmaisee lämmitystehon muutoksen, kun huoneen ja kiertoveden lämpötila eroavat arvoista, joihin θ_0 perustuu. Eksponentti _n_ selittää radiaattorin säteily- ja konvektiolämmityksen eron, joka vaihtelee muotoilun mukaan. Mitä matalampi tulolämpötila, sitä vähäisempi konvektio.

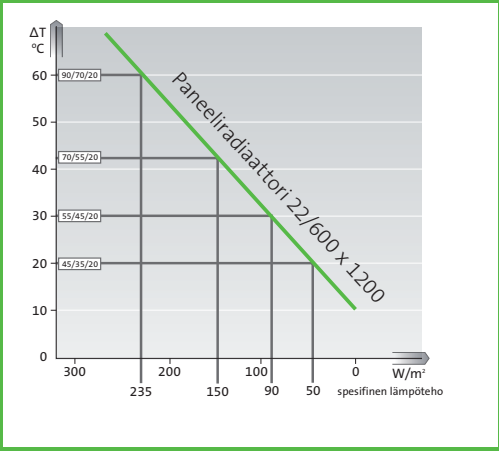
Rakennusten energiatehokkuuden paraneminen viime vuosikymmeninä on mahdollistanut kiertoveden lämpötilan madaltamisen radiaattorilämmitystä käytettäessä. Molempien kuvissa näkyvien radiaattorien mitat ovat suunnilleen samat. Molemmissa esimerkeissä halutaan pitää huoneilman lämpötila samalla tasolla. Huonosti eristetyssä talossa lämpötilan pitäminen haluttuna edellyttää paljon korkeampia tulo- ja paluulämpötiloja kuin hyvin eristetyssä talossa. Uudenaikaisissa rakennuksissa voidaan käyttää saman kokoisia radiaattoreita kuin vanhemmissa, sillä eristys vähentää lämmöntarvetta.

Radiaattorien koko

Pintojen keskimääräinen lämpötilaero vastakkaisissa suunnissa ei enää vaihtele enempää kuin 5 °C.

Kuva 2.7
Saman kokoiset radiaattorit riittävät rakennuksen energiatarpeiden muuttuessa.

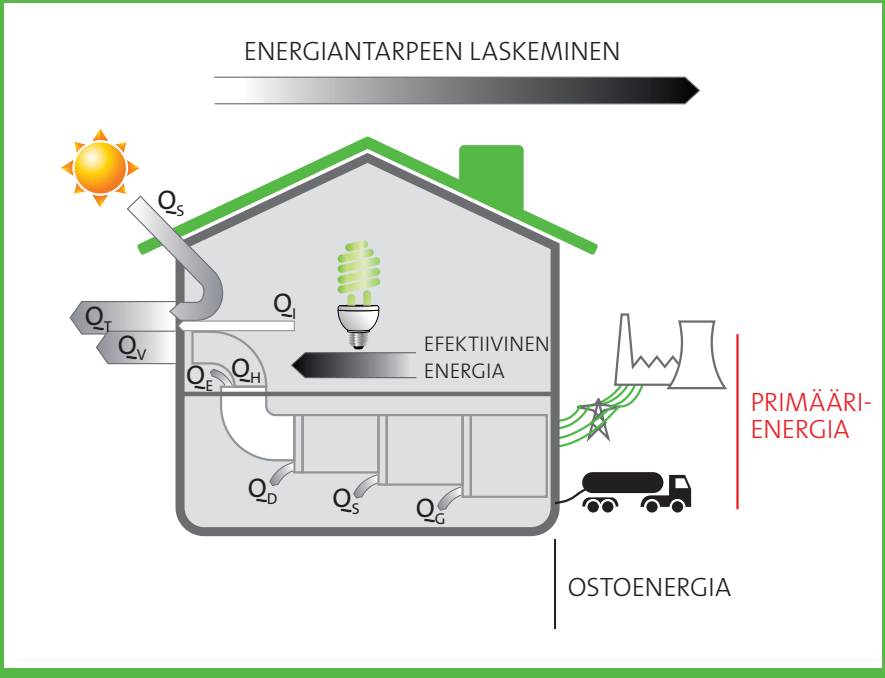
Lämmitysteho ja lämpötila ΔT näkyvät kaaviossa.



Lämmönlähde ja lämpöhäviöt

Rakennuksen asukkaiden tarvitsema lämpö tulee lämmitysjärjestelmästä. **Kuvassa 2.8** näkyy energian tuominen rakennukseen.

Kuva 2.8



Qt – Johtumisesta aiheutuva lämpöhäviöt
Qv – Ilmanvaihdosta aiheutuva lämpöhäviöt
Qs – Auringosta saatava lämpö
Qi – Rakennuksen sisäiset lämpökuormat
Qe, d, s, g – Lämmönluovutus, siirto, varastointi ja lämmöntuotannon häviöt
Qh – Lämmityskuorma

Lämpökuormien vaikutus nykyaikaisissa rakennuksissa

Lämpökuormat jätetään usein huomioon ottamatta, kun puhutaan efektiivisestä energiasta. Sähkölaitteet, ihmiset ja auringon säteily lämmittävät rakennusta.

Energiatehokkuus määräytyy pitkälti kahden tekijän perusteella.

Energiatehokkuus määräytyy pitkälti kahden tekijän perusteella: kuinka tehokkaasti lämmitysjärjestelmä hyödyntää lämpökuormia vähentäen energiankulutusta ja kuinka pienet järjestelmän lämpöhäviöt ovat.

Kuva 2.9

30 m²:n kokoisen olohuoneen lämmitystarve.
Rakennusmääräykset: EnEv 2009 ja EFH. Sijainti: Hannover, Saksa.

Lämpökuormitus lämpötilassa	-14 °C	= 35 W/m²	= 1050 W
Lämpökuormitus lämpötilassa	0 °C	= 21 W/m²	= 617 W
Lämpökuormitus lämpötilassa	+3 °C	= 18 W/m²	= 525 W

Rakennuksen sisäiset lämpölähteet, keskiarvot

DIN 4108-10 -keskiarvo	= 5 W/m²	= 150 W
Paikallaan makaava henkilö	= 83 W/hlö	
Paikallaan istuva henkilö	= 102 W/hlö	
Hehkulamppi, 60 W	= 60 W	
TFT-näytöllä varustettu tietokone	= 150 W (virta kytketty), 5 W (valmiustilassa)	
Plasmanäytöllä varustettu televisio	= 130 W (virta kytketty), 10 W (valmiustilassa)	

Esimerkki: 2 henkilöä, valaisin ja televisio = noin 360 - 460 W

Kehittyneen lämmitysjärjestelmän täytyy reagoida lämpölähteisiin nopeasti.

Professorl Tekn. Toht. Christer Harrysson luennoi Örebron yliopistossa ja toimii Bygg & Energiteteknik AB:n toimitusjohtajana.

KUINKA ENERGIA MUUTETAAN TEHOKKUUDEKSI

Professori Tekn. Toht. Christer Harrysson on tunnettu tutkija. Hän luennoi energiatekniikasta Örebron yliopistossa Ruotsissa. Hän on tutkinut energiankulutusta käytettäessä erilaisia järjestelmiä, energianlähteitä ja lämmitysjärjestelmiä.

Professorl Tekn. Toht.
Christer Harrysson

Tutkimus on yksi tärkeimpiä menetelmiä, kun halutaan enemmän tietoja ja selkeä näkemys erilaisten energiansiirtomenetelmien toiminnasta. Lisäksi tutkimus auttaa vertailemaan erilaisia ratkaisuja. Tutkimukseeni osallistui 130 kiinteistöä Kristianstadista yhden vuoden ajan. Siinä perehdyttiin energiankäyttöön Ruotsissa ja ympäristön huomion ottamiseen. Näissä kiinteistöissä käytettävän sähkön, lämpimän veden ja lämmitysenergian kulutusta tarkkailtiin tiiviisti. Kaikki talot oli rakennettu 1980-luvun puolivälissä ja 1990-luvulla. Ne jaettiin kuuteen ryhmään rakenteiden, ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmien perusteella. Tulokset vakuuttivat. Havaitsimme jopa 30 prosentin erot energiankulutuksessa erilaisten teknisten ratkaisujen mukaan.

Yksi tärkeimmistä tavoitteistani oli saada selville erilaisten lämmitysjärjestelmien energiatahokkuuden erot ja niiden tarjoama terminen mukavuus. Vertailimme radiaattori- ja lattialämmityksen tuloksia sekä haastettalimme asukkaita. Huomasimme, että radiaattorilämmitys kuluttaa merkittävästi vähemmän energiaa. Lämmitysjärjestelmän, lämpimän veden tuotannon ja käytetyn sähkön yhteinen määrä oli keskimäärin 115 kWh/m^2. Lattialämmityksellä varustetuissa taloissa määrä oli keskimäärin 134 kWh/m^2.

Tutkimustulosten mukaan lattialämmitystalojen lämmitysenergiankulutus ylitti 15-25% radiaattorilämmitteisten talojen kulutuksen. Mittaustulosten mukaan 15 % ero korreloi lattialämmitystaloissa betonilaatan alla käytettävään 200 mm:n EPS-eristykseen.

Yhteenveto

Toinen merkittävä havainto oli, että suunnittelijoiden ja ratkaisutoimittajien on osattava antaa selkeitä tietoja järjestelmän kustannuksista ja toiminnasta.

Huomautus: *Tähän tutkimukseen osallistuvat rakennukset on eristetty Saksassa käytettävien EnEV 2009 -määräysten mukaisesti.*

Professori Harryssonin tutkimustulosten tiivistelmä on osoitteessa ***www.purmo.fi/clever.***

LUKU 3

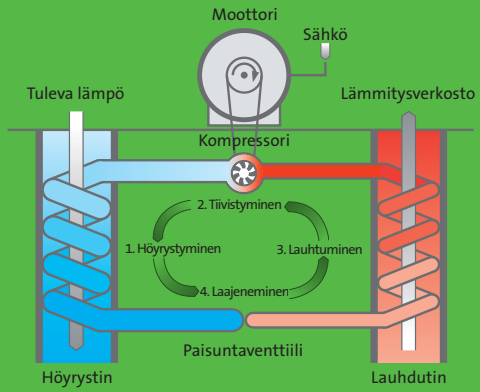
MATALALÄMPÖ-VESIKIERTOISTEN **LÄMMITYS-JÄRJESTELMIEN** YLEISTYMINEN

- **Lämpöpumppu ja kondenssikattila >** Molemmat lämmönlähteet toimivat tehokkaasti moderneissa ja hyvin eristetyidssä rakennuksissa
- **Lämmöntuoton tehokkuus >** Molemmat lämmönlähteet toimivat erinomaisesti matalalämpöradiaattorien yhteydessä.
- **Energiasaneeraus >** Radiattorilämmitteiset rakennukset kuluttavat vähemmän kokonaisenergiaa kuin lattialämmiteiset rakennukset.
- Vanhojen rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on tehokkain keino säästää energiaa.

Lämpöpumppu

Kun lämmitystä tarvitaan vähemmän, asunnot ja toimistot pysyvät lämpimänä vähemmällä energiankulutuksella. Siksi lämpöpumppu on oivallinen valinta uudenaikaiseen lämmitysjärjestelmään. Maalämpöpumput ottavat maasta lämpöä talteen 100–150 metrin syvyyteen porattavan lämpökaivon tai lähemmäksi maan pintaa asennettavan putkiston avulla. Putkiin pumpataan yleensä veden ja etanolin seosta. Kun lämmin neste palaa lämpöpumpulle, lämpö otetaan talteen. Myös ilma-vesi-lämpöpumput ovat toimivia ratkaisuja. Ne ottavat lämpöä talteen ulkoilmasta tai ilmanvaihdon poistoilmasta.

Kuva 3.1
Lämpöpumpun toiminta



Lähde:
Pro Radiator Programme

Kondensoiva lämmityskattila

Useimmissa lämmityskattiloissa on yksi palokammio. Kuumat kaasut kulkevat vedellä täytetyn lämmönvaihtimen läpi. Kaasut poistuvat lopuksi lämmityskattilasta hormiin noin 200 asteen lämpötilassa. Kondensoivissa lämmityskattiloissa lämpö nousee aluksi ensisijaisessa lämmönvaihtimessa, josta kaasut ohjataan toissijaiseen lämmönvaihtimeen.

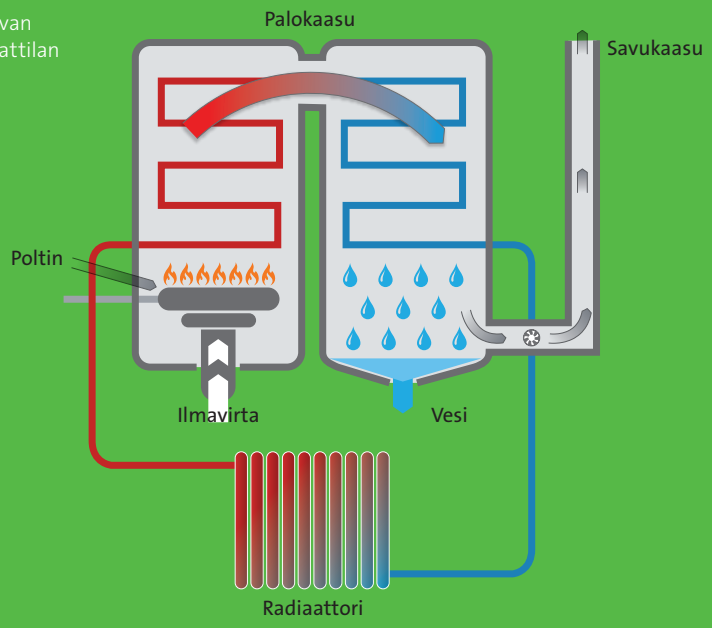
Kondensoivissa kaasulla tai öljyllä toimivissa lämmityskattiloissa vesi kiertää lämmönvaihtimessa. Kun polttoaine palaa, syntyy palokaasuja, jotka kondensoituvat ja luovuttavat energiaa. (**kuva 3.2**). Jos voidaan käyttää kaasua tai öljyä, kannattaa valita kaasu, sillä kaasujärjestelmissä kondenssi tiivistyy lämpötilassa 57 °C, mutta öljyä käytettäessä tiivistymispiste on jo 47 °C. Lisäksi kaasua poltettaessa syntyy enemmän kondenssivettä.

Kondensoivat lämmityskattilat säästävät huomattavasti energiaa, sillä polttoaine hyödynnetään tehokkaasti. Savukaasun lämpötila on noin 50 °C , mutta tavallisissa lämmityskattiloissa savukaasu poistuu 200-asteisena sisältäen käyttämätöntä energiaa.

Tällaiset lämmönlähteet ovat uudenaikaisissa eristetyissä rakennuksissa tehokkaita tuottamaan lämpöä vesikiertoisiin matalalämpöjärjestelmiin.

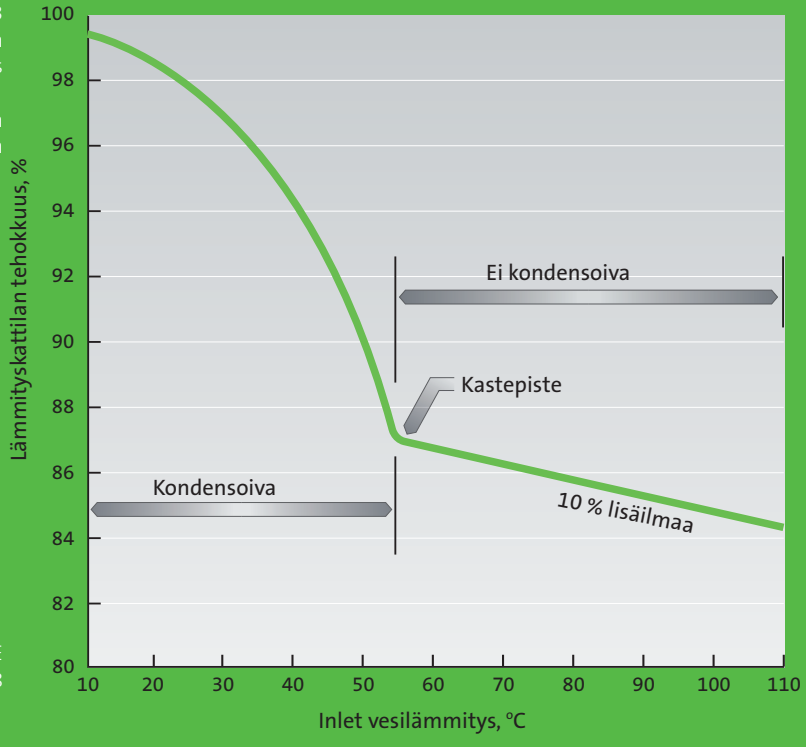
Molemmat lämmönlähteet toimivat tehokkaasti matalalämpö vesikiertoisissa järjestelmissä.

Kuva 3.2
Kondensoivan lämmityskattilan toiminta



Kuva 3.3
Tuloveden lämpötilan vaikutus

kondensoiviin lämmityskattiloihin



Lähde: ASHRAE Handbook 2008

Lämmöntuotannon tehokkuus

Tavalliseen lämmityskattilaan verrattuna tehokkuus paranee öljyä poltettaessa noin 6 % ja kaasua poltettaessa noin 11 %. (Lähde: ASUE 2006). Tästäkin syystä kannattaa valita matalalämpöradiaattorit.

Lämpöpumput toimivat erinomaisesti matalalämpö-radiattoreiden kanssa

Lämpöpumppuja pidetään usein parhaiten sopivina lattialämmitykseen, mutta itse asiassa ne toimivat mainiosti myös matalalämpö radiaattorijärjestelmässä. EN 14511-2 -standardissa kuvataan yksinkertaistettu menetelmä SPF-kertoimen (seasonal performance factor) laskemiseksi. Siinä otetaan huomioon vain lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötila. Tätä menetelmää käyttämällä saadaan suhteellisen tarkat lattialämmityksen SPF-arvot, sillä meno- ja paluuveden lämpötilaero on yleensä pieni, usein alle 5 K. Tämä yksinkertaistettu menetelmä ei sovellu radiaattorilämmitykselle, jossa meno- ja paluuveden lämpötilaero on yleensä suurempi. Siksi EN 14511-2 -standardissa kuvataan myös tarkka menetelmä, jossa myös paluuveden lämpötila otetaan huomioon. Usein käytetty termi COPa vastaa SPF-kerrointa. Lämpökerroin COPa on lämpöpumpun tuottama energiamäärä jaettuna lämpöpumpun käyttämällä energialla yhden vuoden aikana.

Kuva 3.4 COPa-arvot eri tavalla mitoitetuille veden lämpötiloilla yhdistetyssä lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuotannossa tai pelkässä lämmityksessä näkyvät taulukossa. Myös lauhdelämpötilat näkyvät siinä. Referenssirakennus on uudenaikainen Münchenissä sijaitseva maalämpöpumpulla varustettu pientalo. COP-arvot on tarkastettu laboratoriomittauksilla (Bosch 2009).

Kuva 3.4

Lämpökerroin COPa

Lämpökerroin COPa on lämpöpumpun tuottama energiamäärä jaettuna lämpöpumpun käyttämällä energialla yhden vuoden aikana.

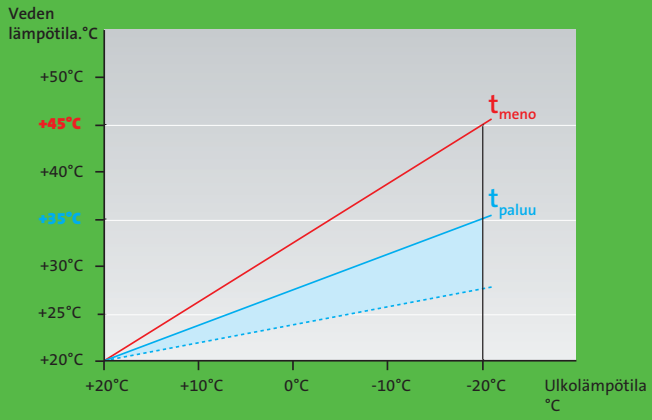
Mitoitus-lämpötila	Lauhteen lämpötila	COPa yhdistetty	COPa pelkkä lämmitys
70/55/20	62,4	2,8	3,0
55/45/20	49,2	3,2	3,6
60/40/20	49,0	3,2	3,6
50/40/20	44,0	3,3	3,8
45/35/20	38,8	3,5	4,1
50/30/20	38,7	3,5	4,1
40/30/20	33,7	3,6	4,4
35/28/20	30,2	3,8	4,6

Sähkötoiminen maalämpöpumppu. Referenssirakennuksen COPa-arvot. (IVT Bosch Thermoteknik AB)

Tulosten mukaan on erittäin kannattavaa käyttää matalalämpöisiä radiaattoreita, kun lämmönlähteenä on lämpöpumppu. Pientaloissa käytettävät lämpöpumput tuottavat usein myös lämmintä käyttövettä. Verrattaessa COPa-arvoja yhdistettyyn lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuotantoon huomataan, että tyypillisen LTR-järjestelmän kiertoveden lämpötila (45/35) lisää lämpöpumpun tehokkuutta noin 10 % verrattuna 55/45-järjestelmään. 45/35-järjestelmän ja lattialämmityksissä tyypillisen 40/30-järjestelmän ero on noin 3 % tai 9 % verrattuna 35/28-järjestelmiin.

On erittäin kannattavaa käyttää radiaattoreita matalalämpöjärjestelmissä, kun lämmönlähteenä on lämpöpumppu.

Kuva 3.5
Termostaatin toiminta alentaa radiaattorin paluuveden lämpötilaa, josta on hyötyä lämpöpumpun kannalta.



Rakennusten energiaremontit

Yhteenvetona: Rakennuksissa jossa käytetään matalalämpöradiaattoreita, kokonaisenergiankulutus jää pienemmäksi kuin lattialämmitystä käytettäessä, vaikka lämmönlähteenä olisi lämpöpumppu. COPa-arvojen erot kompensoituvat matalalämpöradiaattorien suuremmalla energiatehokkuudella.

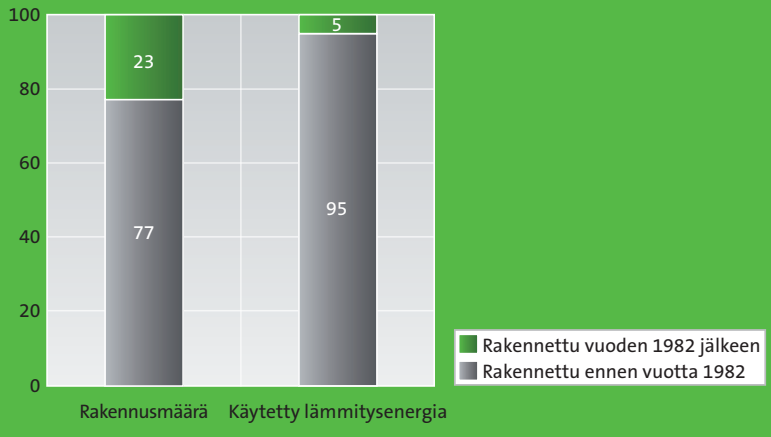
Rakennuksissa jossa käytetään matalalämpöradiaattoreita, kokonaisenergiankulutus jää usein pienemmäksi kuin lattialämmitystä käytettäessä.

Kiinteistöissä ja varsinkin asuinrakennuksissa on jouduttu energiankulutuksen noidankehään. 40 prosenttia Euroopassa kulutettavasta energiasta kuluu kiinteistöissä. Siksi energiankulutuksen vähentäminen on suunnattava rakennuksiin. Uudenaikaiset ja peruskorjatut rakennukset eivät muodosta energiankulutusongelman ydintä. Jos tarkastellaan esimerkiksi Saksan rakennuskantaa, siitä 23 % on valmistunut vuoden 1982 jälkeen, ja niissä kuluu vain 5 % lämmittämiseen käytettävästä energiasta. Toisin sanoen vanhempien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on tehokkain keino säästää energiaa.

Vanhojen rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on tehokkain keino säästää energiaa.

Kuva 3.6
Rakennusten energiankulutus numeroina, Fraunhofer 2011

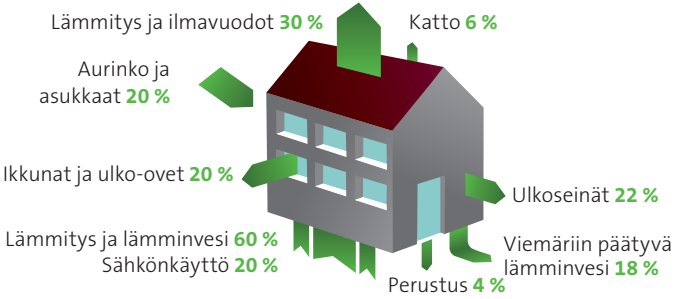
77 % saksalaisista kiinteistöistä on rakennettu ennen vuotta 1982. Niissä käytetään 95 % lämmitysenergiasta.



Rakennuksen kokonaisenergiatase koostuu siihen saapuvista ja siitä poistuvista energiavirroista.

Rakennuksen kokonaisenergiatase koostuu siihen saapuvista ja siitä poistuvista energiavirroista. Mahdollinen jäähdytysenergia ei sisälly näihin lukuihin. Esimerkkirakennuksen energiavirrat voidaan määrittää seuraavasti:

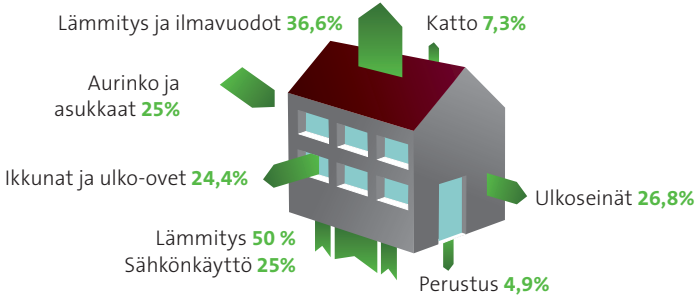
Kuva 3.7
Esimerkki kerrostalossa vallitsevasta kokonaisenergiatasapainosta



Rakennuksesta poistuva		
- Ilmanvaihto ja ilmavuodot	30 %	- Ilman vaihtuvuus = 0,5 1/h
- Kuuma vesi viemäriin	18 %	- 35 kWh/m2/vuosi
- Ulkoseinät	22 %	- U = 1,0 W/m2K
- Ikkunat ja ulko-ovet	20 %	- U = 3,5 W/m2K
- Katto	6 %	- U = 0,7 W/m2K
- Perustus	4 %	- U = 1,0 W/m2K
	Yhteensä 100 %	**- Uw keskimäärin = 1,3 W/m²K**
Rakennukseen tuleva		
- Lämmitys ja lämminvesi	60 %	
- Sähkönkäyttö	20 %	
- Aurinko ja asukkaat	20 %	
	Yhteensä 100 %	

Kuva 3.8
Esimerkki kerrostalossa vallitsevasta energiatasapainosta

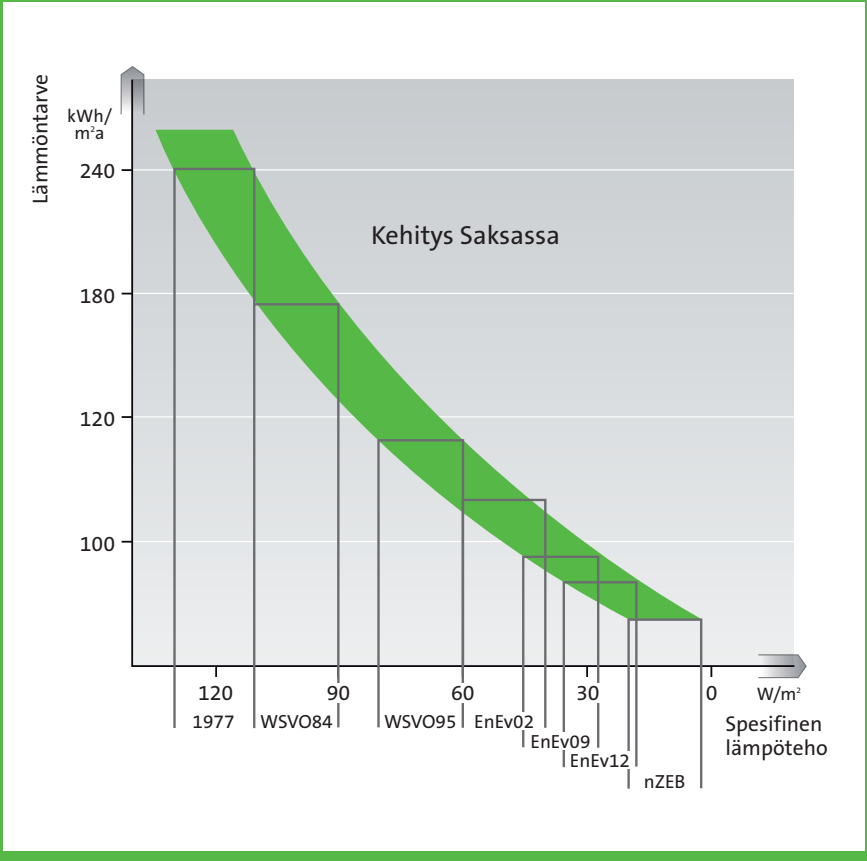
Jos ei oteta huomioon viemäriin päätyvää lämmintä käyttövettä, mikä on merkittävä energiansäästömahdollisuus, tarkastellaan vain numeroita, joihin voi vaikuttaa energiaremonteilla.



Rakennuksesta poistuva		**Rakennukseen tuleva**	
- Ilmanvaihto ja ilmavuodot	36,6 %	- Lämmitys	50 %
- Ulkoseinät	26,8 %	- Sähkönkäyttö	25 %
- Ikkunat ja ulko-ovet	24,4 %	- Aurinko ja asukkaat	25 %
- Katto	7,3 %		**Yhteensä 100 %**
- Perustus	4,9 %		
	Yhteensä 100 %		

Nämä esimerkkiluvut kuvaavat vanhoja kerrostaloja, joissa lämmitysenergiaa kuluu 240 kWh/m²/vuosi. Lämmön johtumisesta ja ilmanvaihdosta aiheutuva lämpöhukka on otettu huomioon. Muita rakennuksia arvioitaessa on otettava huomioon pinta-ala, U-arvot ja ilmanvaihto. Esimerkiksi yksikerroksisen rakennuksen suhteellinen lämpöhäviö on paljon suurempi katon ja perustuksen kautta kuin monikerroksisissa rakennuksissa.

Kuva 3,9



Rakennusten lämmitystehot W/m² ja lämmitysenergian tarpeen kWh/m²a kehitys saksalaisissa rakennuksissa.

Lämmitysenergian tarve ja spesifiset lämpötehot.

Lämmitystarpeen kWh/m²/vuosi ja spesifisen lämpötehon W/m² välinen korrelaatio saadaan selville tilastotiedoista, jotka kuvaavat saksalaisia rakennuksia erilaisten energiamääräysten ollessa voimassa.

Oletetaan, että esimerkissä kuvattu kerrostalo peruskorjataan. Alkuperäinen spesifinen lämmityskuorma voidaan laskea **kuvan 3.9** kaaviosta, kun lämmitystarve on 240 kWh/m²/vuosi. Lämmityskuorma on noin 120 W/m². Rakennuksen ulkokuori ja eristys peruskorjataan. Rakennuksen uudet U-arvot:

- Ulkoseinät	U = 0,24 W/m²K
- Ikkunat ja ulko-ovet	U = 1,3 W/m²K
- Katto	U = 0,16 W/m²K
- Perustus	U = 0,5 W/m²K
	$U_{w\ keskimäärin}$ =0,40 W/m²K

Parannetun eristyksen vaikutus voidaan laskea, jos oletetaan, että kiinteistöön ei tehdä rakenteellisia muutoksia ja ilmanvaihto pysyy ennallaan. Lämmön johtumishäviö vähenee 31 prosenttiin. Jos käytetään painotettuja U-arvoja, Uw. keskiarvo = 1,3 W/m²K laskee tasolle 0,40 W/m²K. Koska ilmanvaihto pysyy ennallaan, kokonaislämpöhäviö vähenee vain 44,3 %.

Huomautus: *Näin perusteellinen eristysremontti tehdään usein, kun halutaan peruskorjata ikkunat ja julkisivu tai kun tavoitteena on parempi terminen mukavuus ja terveellisempi sisäilmasto.*

Hävikin uusi jakautuma:

- Ilmanvaihto ja ilmavuodot	65.1 %
- Ulkoseinät	11.4 %
- Ikkunat ja ulko-ovet	16.1 %
- Katto	3.6 %
- Perustus	4.4 %
	Yhteensä 100 %

Lämmityskuorma vähenee 44,3 %. uusi spesifinen lämpöteho on noin 67 W/m². Kuten **kuvasta 3.9** näkyy, lämmitystarpeeksi tulee 100 kWh/m²/vuosi.

°C 45 35
MORE EFFICIENT AT LOW TEMPERATURES
SUITED FOR ALL CLIMATES
LOWER ENERGY COSTS
HIGHER COMFORT
COMPATIBLE WITH UNDERFLOOR HEATING
BETTER INDOOR CLIMATE CONTROL
READY FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES
100% RECYCABLE
HEALTHY LIVING CONDITIONS
°CLEVER
LOW TEMPERATURE RADIATORS

Dosentti Jarek Kurnitski
Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu

MUUTAN TIETEEN KÄYTÄNNÖKSI

Dosentti Jarek Kurnitski on yksi LVI-alan johtavista tutkijoista. Hän toimii nykyään Sitran johtavana energia-asiantuntijana. Hän on saanut eurooppalaisen REHVA-palkinnon ja julkaissut lähes 300 tutkimusta.

Isompi ei kuitenkaan ole parempi

Rakennusten lämmityksessä käytetään usein ylikorkeita lämpötiloja tarpeeseen nähden. Todellisuudessa suuret radiaattorit eivät ole tarpeen edes matalalämpötilajärjestelmissä. Tekemäni lämmönluovuttimien vertailevan tutkimuksen perusteella havaitsin, että myös sydäntalven kylmillä säillä tarvitaan nopeasti muuttuvaa lämmitystehoa, jotta huonelämpötila pysyy mukavana. Molempien järjestelmien huonelämpötilaksi asetettiin 21 °C eli ihanteellinen ja alhaisin hyväksyttävä huonelämpötila. **Kuva 4.2** osoittaa, että lämpökuormien vaikutus jää huonelämpötilassa 0,5 °C kevyen radiaattorijärjestelmän reagoidessa nopeasti ja pitäen näin huonelämpötilan lähellä asetusarvoa.

Raskas lattialämmitysjärjestelmä ei ehdi reagoimaan, kun lämpötila nousee. Siksi lattialämmitys lämmittää turhaan, jolloin lämpötila vaihtele paljon. Jos huonelämpötilana halutaan pitää ihanteelliset 21 °C, tutkimustulosteni mukaan ainoa ratkaisu on nostaa lattialämmityksen asetusarvoksi 21,5 °C.

Puoli astetta voi tuntua pikkujutulta. Mutta tuntien, päivien ja koko lämmityskauden aikana sen merkitys moninkertaistuu, joten energiatehokkuus heikkenee. Kun huoneenlämpötila muuttuu yhdellä asteella, energiankulutus muuttuu noin 5 % vuositasolla. Energiatehokkaat lämmitysjärjestemät

reagoivat nopeasti lämpötilan muutoksiin ja aiheuttavat vain vähäiset häviöt. Keskitetty säätäminen nostaa joidenkin huoneiden lämpötilan liian korkeaksi, jolloin tuhlataan energiaa. Saamieni tutkimustulosten mukaan matalalämpöjärjestelmät ja yksilöllisesti säädettävät lämmittimet vähentävät häviöitä. Siksi radiaattorit ovat oikea valinta.

LUKU 4

TUTKIMUS TULOKSET

- **Professori Jarek Kurnitski >** Tutkimukseni mukaan radiaattorit ovat noin 15 % tehokkaampia yksikerroksisissa ja jopa 10 % tehokkaampia monikerroksisissa rakennuksissa.
- **Professori Tekn. Toht. Christer Harrysson >** asuinrakennuksissa jossa käytetään lattia-lämmitystä, kuluu keskimäärin 15-25 % enemmän lämmitysenergiaa, kuin asuinrakennuksissa jossa on radiaattorijärjestelmät.

Rettig ICC:n tuotekehitysosastolla käynnistettiin uusi projekti vuonna 2008. Sen tavoitteena oli selkeyttää lämmitysalalla vellovaa keskustelua. Pro Radiator Programme -nimen saanut projeksi kesti kaksi vuotta. Tuona aikana kerättiin kolmenlaisia argumentteja: radiaattorilämmityksen puolesta, radiattorilämmitystä vastaan ja muiden lämmitysjärjestelmien puolesta.

Yhteensä 140 argumenttia ja väitettä tunnistettiin. Ne arvioitiin ja yhdistettiin. Lopputuloksena saatiin 41 käytännön tutkimuskohdetta analysoimista, testaamista ja johtopäätösten tekemistä varten. Puolueettomien itsenäisten tutkimustulosten saamiseksi pyysimme tutkimusapua ulkopuolisilta asiantuntijoilta. Monet johtavat kansainväliset asiantuntijat, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset tekivät tiivistä yhteistyötä kanssamme. Tuloksena saatiin valtavasti tutkimustietoja, suosituksia ja johtopäätöksiä.

Havaitsimme myös, että toimialalla liikkuu useita myyttejä ja harhaluuloja. Vaikka ne hallitsivat keskustelua, ne luokiteltiin merkityksettömistä epätosiin. Suurin uutinen oli kuitenkin, että kaikkien tutkimustulosten mukaan radiaattorit toimivat tehokkaasti uudenaikaisissa kunnolla eristetyissä rakennuksissa.

DI Mikko Iivonen,
Director R&D,
Research and
Technical Standards,
Rettig ICC

Yhdessä Aalto-yliopiston teknillisen korkeakoulun kanssa käynnistettiin uusi erillinen lämmitysjärjestelmien tutkimusohjelma. Erilaisten lämmitysjärjestelmien tarkka simulointi ja niiden toimintojen vertaaminen osoittivat, että aiemmat radiaattoreista tekemämme johtopäätökset pitivät paikkansa.

Konkreettiset tiedot

Tässä oppaassa on jo viitattu osaan tutkimustuloksista. On kuitenkin tärkeää huomata, että johtopäätökset eivät perustu tieteelliseen teoriaan vaan konkreettisiin tietoihin, jotka on saatu äskettäin valmistuneista Pohjoismaissa sijaitsevista vain vähän energiaa tarvitsevista rakennuksista. Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska ovat kulkeneet kunnollisen eristämisen ja energian säästämisen kärjessä jo vuosia. Kun huomioidaan yhteistyömme Brysselin yliopiston professori Leen Peetersin ja saksalaisen Fraunhofer-instituutin tohtori Dietrich Schmidtin kanssa tehty yhteistyö, uskallamme väittää, että saamamme tulokset ja johtopäätöksemme pätevät useimmissa Euroopan maissa.

Teoreettisten säästöjen lisäksi useissa tutkimuksissa mitattiin nykyaikaisten lämmitysjärjestelmien tehokkuutta ja verrattiin energiankulutusta erilaisia lämmönjakotapoja käytettäessä. Professori Jarek Kurnitski ja professori Christer Harrysson kertovat keskeisistä tuloksistaan haastatteluissaan.

Tässä oppaassa viitattujen tutkimustulosten mukaan matalalämpöradiaattorijärjestelmä voi parantaa energiatehokkuutta jopa 15 %. Tämä on varovainen arvio. Joidenkin tutkimustulosten mukaan tehokkuus voi parantua enemmänkin. Syynä on usein asukkaiden käyttäytyminen: esimerkiksi lämmityskaudet pitenevät ja huoneen lämpötilaa nostetaan. Lattialämmitys on herkkä rakennusvirheille, kuten kylmäsilloille.

Akateeminen yhteistyö

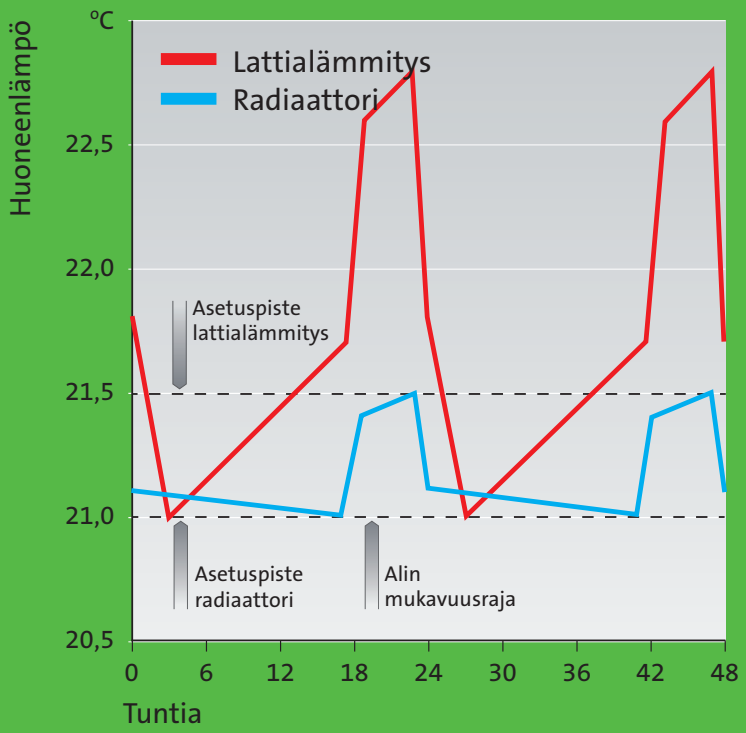
D.Sc Jarek Kurnitski: Terminen massa ja energiatehokas lämmitys

Tohtori Jarek Kurnitskin tutkimustulosten mukaan lämmönluovuttimen termisellä massalla on suuri vaikutus lämmitysjärjestelmän suorituskykyyn. Myös sydäntalven kylmillä säillä tarvitaan nopeasti muuttuvaa lämmitystehoa, jotta huonelämpötila pysyisi mukavana.

Pienimassainen radiattori reagoi nopeasti lämpötilan säätöön.

Lämmönluovutuksen ja lämpökuormien vaikutus talvella, kun lämpökuormat ovat alle 1/3 lämpötehon tarpeesta **kuvassa 4.1**, verrattaessa kahta lämmiysjärjestelmää. Perinteinen lattialämmitys on suurimassainen eikä ehdi reagoida lämpökuormiin. Seurauksena on huonelämpötilan nousu. Jos huonelämpötila halutaan pitää ihanteellisena 21 °C, tutkimustuloksieni mukaan ainoa ratkaisu on nostaa lattialämmityksen asetuarvoksi 21,5 °C.

Kuva 4.1
Esimerkki: Lämmönluovutuksen ja lämpökuormien vaikutus huonelämpötilaan talvella kun lämpökuormat ovat alle 1/3 lämpötehon tarpeesta.



Lämpökuormien tehokas hyödyntäminen hyvin eristetyissä rakennuksissa.

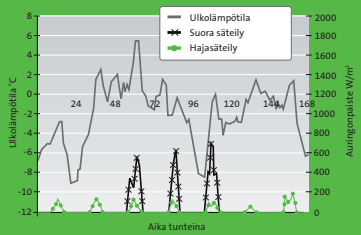
Kuvassa 4.1 näkyvät tulokset perustuvat dynaamisiin simulointeihin modernissa saksalaisessa rakennuksessa.

Kuvan 4.2 esimerkissä on nähtävillä huonelämpötilojen muutokset tammikuun ensimmäisellä viikolla. Auringosta ja rakennuksen sisäisistä kuormista tulevaa lämpöä ei voi ennakoida, joten lattialämmityksen suorituskykyä ei voida parantaa ennakoivasti. Lisäksi kun lämpökuormat nostavat huonelämpötilan lattian lämpötilaan, konvektiivinen lämmönluovutus pysähtyy, mutta lämpösäteily jatkuu lattiaa kylmempiin pintoihin ja huonelämpötila nousee edelleen.

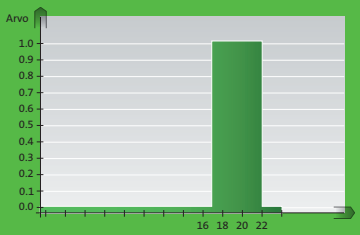
Kun huoneen lämpötila illalla alittaa asetusarvon 21,5 °C, lattialämmitys käynnistyy, mutta huonelämpötila jatkaa laskuaan ja alkaa nousta vasta tuntien kuluttua. Tämän ilmiön hallitsemiseksi lattialämmityksen asetusarvoa on nostettava.

Kyseiset tulokset on laskettu kehittyneen IDA-ICE-rakennussimulointiohjelmiston avulla.

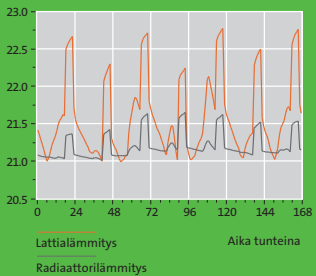
Kuva 4.2
Tammikuun ensimmäisen viikon huonelämpötilojen simuloiminen. Ulkolämpötila sekä auringosta ja rakennuksen sisäisistä ja ulkoisista lähteistä tuleva lämpö näkyy vasemmalla.



Ulkoiset lämpökuormat tammikuun ensimmäisellä viikolla säätietojen mukaan.



Sisäiset lämpökuormat esim. mukaan.



Ilman lämpötilat

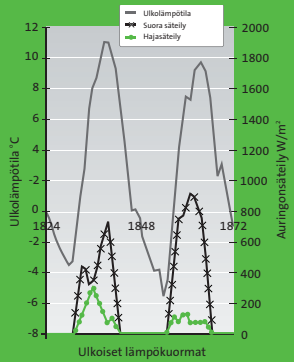
Keväällä ja syksyllä lämpökuormista saadaan ajoittain lähes kaikki tarvittava lämpö, jolloin huonelämpötilan hallitseminen muuttuu vaikeammaksi. Toiminta kahden maaliskuisen päivän aikana **kuvassa 4.3**. Aurinko lämmittää huomattavasti, ja ulkolämpötila vaihtelee voimakkaasti. Tällöinkin radiaattorilämmitys pitää huoneenlämpötilaa vakaampana.

Yhteenveto

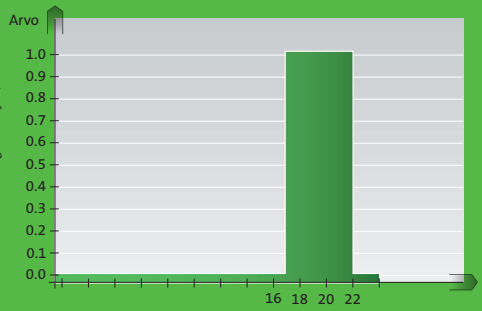
Energiatehokkaat lämmitysjärjestelmät reagoivat nopeasti lämpötilan muutoksiin ja aiheuttavat vain vähäiset häviöt. Lämpötilan säätäminen huonekohtaisesti on erittäin tärkeää, sillä huoneiden lämmitystarpeet vaihtelevat voimakkaasti. Keskitetty säätö voi aiheuttaa joidenkin huoneiden ylilämmittämistä ja energian tuhlaamista. Tutkimustulosteni mukaan järjestelmän aiheuttamia lämpöhäviöitä kannattaa pienentää valitsemalla matalalämpöjärjestelmä ja asentamalla huoneisiin nopeasti reagoivat lämmityslaitteet.

Siksi voidaan sanoa, että lattialämmitys on vähemmän energiatehokas verrattuna radiaattoreista saatuihin tuloksiin. Tutkimuksen mukaan **radiaattorit ovat noin 15 % tehokkaampia yksikerroksisissa** ja jopa 10 % tehokkaampia monikerroksisissa rakennuksissa.

Kuva 4.3
Maaliskuun aurinkoisina päivinä huoneenlämpötila vaihtelee vielä enemmän.



Ulkoiset lämpökuormat 17.-18. maaliskuuta säätietojen mukaan.



Sisäiset lämpökuormat esim. mukaan.

Huonelämpötilat.

Professori Tekn. Toht. Christer Harrysson, Örebron yliopisto ja Building and Energy Design Ltd, Falkenberg

Tutkimuksen keskeinen tavoite oli laajentaa tietämystä erilaisista lämmitysratkaisuista. Siinä vertailtiin erityisesti lattialämmitystä ja radiaattorijärjestelmiä. Aloite projektiin tuli AB Kristianstadsbyggeniltä ja PEAB:lta. DESS (Delegation for Energy Supply in Southern Sweden) ja SBUF (Development Fund of the Swedish Construction Industry) rahoittivat tutkimuksen.

Elintavoista johtuvat erot voivat aiheuttaa 10 000 kWh:n vaihtelut vuodessa sähkönkulutuksessa sekä lämpimän veden tuotantoon ja lämmitykseen tarvittavassa energiankulutuksessa, vaikka pientalot ovat teknisesti täysin samanlaisia. Teknisiä ratkaisuja on useita, esimerkiksi eristämisen ja tiivistämisen sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien parantaminen. Myös teknisen ratkaisun valinta voi aiheuttaa merkittäviä eroja energiankulutuksessa ja sisäilmaston laadussa.

Ruotsin asumisasioista vastaavan Boverketin tutkimuksessa verrattiin 10 sähkölämmitettyä rivitaloaluetta, joissa on 330 asuntoa. Niissä tutkittiin erilaisten teknisten ratkaisujen sekä sähkön ja veden kulutuksen mittaamista ja veloittamista asuntokohtaisesti. Tulosten mukaan erilaiset tekniset ratkaisut aiheuttivat noin 30 prosentin erot energiankulutuksessa. Ruotsista saatujen tilastotietojen sekä Boverketin tutkimuksen mukaan uusissa sarjatuotantona rakenne-

tuissa asunnoissa lämpimän käyttöveden tuottamiseen ja lämmitykseen voi kulua vuodessa jopa 130 kWh/m^2.

Boverketin tutkimuksen mukaan sarjatuotantona rakennetuissa taloissa voidaan käyttää energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja, jolloin energiaa kuluu vuodessa vain 90–100 kWh/m^2 ja sisäilmaston laatu pysyy hyvänä. Tämä on alin energiankulutustaso, jota nykyään pidetään teknisesti ja taloudellisesti järkevänä.

Lämmönjakelujärjestelmien rakenteella ja sijainnilla voi olla merkittävä vaikutus energiankulutukseen. Radiaattoreilla varustettu vesikiertoinen järjestelmä on havaittu toimivaksi. Lisäksi se mahdollistaa muidenkin energiamuotojen kuin sähkön käyttämisen. Jos käytetään lattialämmitystä, tulisi olla mahdollista käyttää esimerkiksi matalaenergiajärjestelmiä tehokkaammin eli alentaa siirtolämpötilaa. Viime vuosina on kiistelty siitä, onko radiaattori- vai lattialämmitysjärjestelmä kustannus- ja energiatehokkain ja asumisen kannalta mukavin.

Tutkimus kattoi kuusi AB Kristianstadsbyggenin rakentamaa pientaloaluetta, joilla on 130 pientaloa ja joissa käytetään erilaisia teknisiä ratkaisuja. Pientalojen määrä alueilla vaihtelee 12:sta 62:een. Talot ovat lähinnä yksi-

kerroksisia. Ne on rakennettu eristetylle pohjalaatalle. Kuudesta alueesta kahdella on radiaattori- ja neljällä lattialämmitys. Pientaloissa käytetään painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa.

Alueita verrattiin toisiinsa kerättyjen ja kirjallisten tietojen sekä laskelmien avulla. Mitatut energian ja veden kulutukset korjattiin vuosittaisten kulutuslukujen, asuinpinta-alan, eristyksen, ilmanvaihdon, mahdollisen lämmön talteenoton, sisälämpötilan, vedenkulutuksen, siirto- ja säätöhävikin, lämminvesivaraajan ja säätöyksikönsijainnin, talokohtaisen tai yhteisen mittaamisen, siirtoputkihävikin, mahdollisten muiden rakennusten lämmittämisen ja kiinteistökohtaisen sähkönkulutuksen mukaan.

Alueilla 3-6 rakenuksissa on lattialämmitys. Niillä kuluu keskimäärän 15-25 % enemmän energiaa (ilman kiinteistösähköä) kuin alueilla 1 ja 2, joilla on radiaattorijärjestelmät.

LUKU 5

LÄMMÖN LUOVUTTIMIEN VALINTA

- **Lämmönjakotapa >** Energianlähteellä, lämmitys-lähteellä ja lämmönjakotavalla on tietysti suuri merkitys. Mutta loppukäyttäjä ja hänen elintilansa tai työntekopaikkansa on tietysti otettava aina huomioon.
- Vain radiaattorit tuovat tullessaan tarvittavan monipuolisuuden, sillä koti ja toimisto ovat enemmän kuin pelkkiä laatikoita.

Lämmitysjärjestelmiä täytyy tarkastella kokonaisvaltaisesti. Energianlähteellä, lämmityslähteellä ja lämmönjakotavalla on tietysti suuri merkitys. Mutta loppukäyttäjä ja hänen elintilansa tai työntekopaikkansa on tietysti otettava aina huomioon.

Lämmönluovuttimet

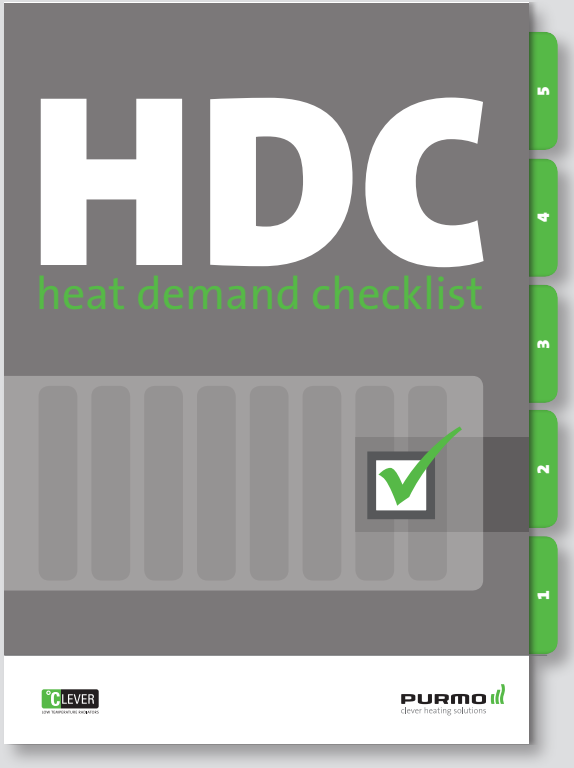
Olisi helppoa tarkastella rakennusta yhtenä yksikkönä eli pelkkänä lämmitystä tarvitsevana laatikkona. Yhden yksikön sisällä on kuitenkin useita pienempiä yksikköjä. Ne voivat olla toimistoja tai talon huoneita. Toimistoja käytetään vain kahdeksan tuntia vuorokaudessa. Olohuoneitakin käytetään vain tiettyinä aikoina, ja makuuhuoneita vain yöaikaan. Siksi lämmitystarpeet ja vaatimukset vaihtelevat.

Kun näiden tilojen toimintoihin perehdytään tarkemmin, huomataan, että toiminnot voivat muuttua ajan kuluessa. Kun perheen lapset lähtevät kouluun, asuntoa tarvitsee lämmittää koulupäivien aikana vähemmän. Ajan myötä opinnot päättyvät, siirrytään työelämään, muutetaan omaan asuntoon ja perustetaan perhe.

Energianlähteellä, lämmityslähteellä ja lämmönjakotavalla on suuri merkitys. Mutta loppukäyttäjä ja hänen elintilansa tai työntekopaikkansa on tietysti otettava aina huomioon.

Lämmitys-vaatimusten tarkistusluettelo

Tutustu tarkistusluetteloon osoitteessa **www.purmo.fi/clever**. Valitse lähtökohdaksi oma kotisi. On monta tärkeätä asiaa jota on huomioitava.



Yleisimpiä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä

Alhaisen pintalämpötilan radiaattori-järjestelmä 45/35

Keskuslämmitysjärjestelmä, jossa kiertoveden lämpötila on enintään 55 °C kaikissa sääolosuhteissa. Lämpö jaetaan huoneisiin radiaattoreista ja konvektoreista lähtevänä säteily- ja konvektiolämpönä. Ne varmistavat energiatehokkuuden ja mukavan lämmityksen vain vähän lämmitysenergiaa tarvitsevissa rakennuksissa.

Lattialämmitys-järjestelmät 35/28

Keskuslämmitysjärjestelmä, jossa kiertoveden lämpötila on yleensä alle 45 °C kaikissa sääolosuhteissa. Yleisin järjestelmä on lattialämmitys, jossa lämpö jaellaan lattiapinnan kautta. Lämpö jaetaan huoneisiin säteily- ja konvektiolämpönä. Lattialämmitys soveltuu rakennuksiin, joissa tarvitaan enemmän lämpöä ja termiset massat ovat suuret. Tämä menetelmä on erityisen mukava kylpyhuoneissa (**kuva 5.3**). Siitä on hyötyä eteisessä, kun ulkoa kantautuu kosteutta jalkineissa. Energiatehokkuus on vähäisempi kuin radiaattori matalalämpölämmityksessä.

Ilmanvaihto-lämmitys

Konnellinen tulo/poisto-ilmanvaihtoon perustuva ilmalämmitysjärjestelmä varustetaan usein lämmöntalteenotolla. Tuloilman lämpötilaa säädetään yleensä asunnon keskilämpötilan perusteella. Tällöin lämpötila vaihtelee, ja yksittäisten huonelämpötilan pitäminen tasaisena on vaikeaa.

Lisäksi ilman kerrostuminen on yleinen ongelma. Siksi rakennuksen rungon tulee olla ilmatiivis ja huolellisesti eristetty, jotta haluttu energiatehokkuus saavutetaan.

Raitisilmaradiaattori on ulkoilmansisäänotolla varustettu matalalämpöradiaattori. Se on hyvä korvausilmaratkaisu, kun käytössä on koneellinen poisto.

Vain radiaattorit tuovat tullessaan tarvittavan monipuolisuuden, sillä koti ja toimisto ovat enemmän kuin pelkkiä laatikoita

Vain monikäyttöinen lämmönjakojärjestelmä pystyy mukautumaan nykyaikaisen elämäntavan ja työnteon muutoksiin. Itsenäisesti säädettäviä lämmönjakolaitteita voidaan säätää yksittäisten tilojen lämmitysvaatimusten mukaisesti. Vain radiaattorit tuovat tullessaan tarvittavan monipuolisuuden, sillä koti ja toimisto ovat enemmän kuin pelkkiä laatikoita.

Kuva 5.3
Lattialämmitys parantaa mukavuutta kylpyhuoneissa, varsinkin käytettäessä yhdessä pyyhekuivaimen kanssa.

Elo Dhaene,
Brand Commercial Director, Rettig ICC

RADIAATTOREILLA ON **MERKITTÄVÄ** TEHTÄVÄ

Radiaattoreilla matalalämpöjärjestelmissä on suuri merkitys, kun kaikki tekijät otetaan huomioon. Nyt ja tulevaisuudessa. Tulevaisuus on jo alkanut, sillä kondensoivien lämmitys-kattiloiden ja lämpöpumppujen kaltaiset erittäin tehokkaat lämmönlähteet ovat tulleet. Ne tekevät matalalämpöradiaattoreista vielä nykyistäkin tehokkaampia, sillä ne reagoivat lämmitystarpeeseen erittäin nopeasti ja tehokkaasti. Mielestäni radiaattorit ovat ainoa todellinen vaihtoehto, kun halutaan toteuttaa energiatehokas lämmitysratkaisu, joka sisältää kaikki suunnittelijoiden, rakentajien ja asukkaiden haluamat edut.

Nykyisissä uudisrakennuskohteissa ja energiatehokkuutta parantavissa remonteissa käytetään kehittyneitä materiaaleja, noudatetaan tiukempia määräyksiä ja nostetaan vaatimustasoa. Mutta pelkkä tehokkuus ei riitä. Mukavuus on tärkeää, eli rakennuksiin halutaan miellyttävä sisäilmasto.

Purmo kehittää älykkäitä lämmitysratkaisuja tulevien vaatimusten täyttämiseksi, päästöjen pienentämiseksi ja kokonaiskustannusten hallitsemiseksi. Yleisistä uskomuksista huolimatta tehokkaat matalalämpölämmitysjärjestelmät toimivat parhaiten yhdessä radiaattorien kanssa.

Tässä lämmitysoppaassa on mielestäni todistettu aukottomasti, että radiaattoreita matalämpöjärjestelmissä ei voi sivuuttaa. Panostamisemme tutkimukseen ja tuotekehitykseen on tuottanut todella älykkäitä ratkaisuja. Kaikkien tutkimusten mukaan radiaattorit ovat lähes aina tehokkain lämmönluovutustapa, osana moderneja lämmitysjärjestelmiä. Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä on todettu energiatehokkaimmiksi moderneissa rakennuksissa. Ne eivät ole pelkästään energiatehokkaita. Lisäksi tuovat eniten mukavuutta riippumatta rakennuksen sijaintipaikasta ja sääolosuhteista.

Tiede on todistanut, että radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä ovat energiatehokkaampia kuin lattialämmitys.

- Noin 15 % tehokkaampia yksikerroksisissa taloissa.
- Jopa 10 % tehokkaampia monikerroksisissa taloissa.

Laajojen tutkimustemme ja kokeiden mukaan lattialämmitys on herkempi loppukäyttäjien toimille. Lämmityskausi pitenee ja huonelämpötilat nousevat. Lisäksi lattian ja ulkoseinien välisten kylmäsiltojen kaltaiset rakennusvirheet lisäävät energiankulutusta huomattavasti.

Väitämme, että radiaattorimme auttavat säästämään energiaa jopa 15 %, mutta tutkimusten mukaan luku voi olla paljon suurempi. **Haluatko vielä lisää todisteita? Olemme varmaan samaa mieltä yhdestä asiasta: radiaattorit muuttavat energian tehokkuudeksi. Sitä ei käy kiistäminen.**

LUKU 6

EDUT
LOPPUKÄYTTÄJÄLLE

- Energiatehokas myös matalalämpöjärjestelmissä
- Soveltuu kaikkiin ilmastoihin
- Alemmat energiakustannukset
- Mielyttävä sisäilmasto
- Yhteensopiva lattialämmityksen kanssa
- Tehokkaampi sisäilmaston hallinta
- Sopii käytettäväksi uusiutuvien energialähteiden kanssa
- 100-prosenttisesti kierrätettäviä
- Terveellinen sisäilmasto

Peruskorjaukset ja uudisrakennukset

Jos olet rakentamassa uutta tai kunnostamassa vanhaa, on hyvä tietää, että radiaattorit aiheuttavat elinkaarensa aikana vähemmän kustannuksia kuin muut lämmönjakotavat. Radiaattorit ovat näyttäviä sekä kustannus- ja energiatehokkaita. Radiaattorit voidaan yhdistää myös olemassa olevaan putkistoon.

Purmon radiattorit ovat lähes huoltovapaita ja niiden käyttöikä on useita vuosikymmeniä. Ne voidaan tietysti kierrättää kokonaan, joten ne ovat myös ympäristöystävällisiä.

Enemmän tehoa alhaisemmassa kiertoveden lämpötilassa
Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä lämmittävät huoneen yhtä tehokkaasti kuin perinteiset radiaattorit. Lisäksi ne tuovat tullessaan useita etuja: enemmän mukavuutta, paremman kokonaisenergiatehokkuuden, suuremman lämmitystehon ja pienemmän hävikin.

Soveltuvat kaikkiin ilmastoihin
Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä voidaan käyttää kaikkialla maailmassa. Vaikka sää muuttuisi miten kylmäksi, kunnolla eristettu talo saadaan aina mukavan lämpimäksi radiaattorien avulla.

Alemmat energiakustannukset
Matalalämpölämmitysjärjestelmät käyttävät vähemmän energiaa mutta toimivat silti tehokkaasti. Nykyaikainen asuin- tai toimistorakennus voidaan lämmittää mukavasti lämpötilaan 20 °C radiaattoreilla, jotka on suunniteltu 45/35-asteiselle kiertovedelle. Perinteisissä lämmitysjärjestelmissä käytetään jopa 75-asteista vettä saman huoneenlämpötilan saavuttamiseksi. Silloin samat tulokset saavutetaan kuluttamalla enemmän kallista energiaa.

Erittäin mukava
Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä pitää lämpötilan mukavana ainutlaatuisen konvektio- ja säteilylämmön avulla. Epämielyttävää vetoa ei esiinny, eikä ilma tunnu tunkkaiselta tai kuivalta.

Yhteensopiva lattialämmityksen kanssa

Jos radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä täydennetään lattialämmityksellä, tehokkuus ja mukavuus nousevat parhaalle mahdolliselle tasolle.

Tehokkaampi sisäilmaston hallinta

Radiaattorit reagoivat termostaatin lämmityspyyntöön nopeasti. Lämpö jaetaan nopeasti, äänettömästi ja tasaisesti. Huoneen lämpötila kohoaa yhtenäiseksi muutamassa minuutissa lattiasta kattoon.

Valmis uudistuvien energialähteiden käyttämiseen

Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä toimivat tehokkaasti riippumatta käytettävästä energianlähteestä. Tietyn energiamuodon, esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden, kustannukset ja saatavuus eivät vaikuta radiaattorien tehoon. Jos halutaan käyttää muita energianlähteitä, kuten uusiutuvaa energiaa, on vain tehtävä muutoksia lämmityskattilaan.

100-prosenttisesti kierrätettäviä

Radiaattorit on kehitetty siten, että kaikki osat voidaan erottaa toisistaan elinkaaren päättyessä. Kaikki metalliosat, varsinkin teräs, voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen. Ne ovat niin arvokkaita, että ne kannattaakin kierrättää.

Terveellisen elämän edellytykset

Radiaattorit matalalämpöjärjestelmissä ovat turvallisia. Huonepöly ei pala niissä, ilman ionitasapaino ei muutu eikä ilmaan tule epämiellyttävää hajua. Jos koskettaa matalalämpöradiaattoria, ei ole palovamman saamisen vaaraa.

CLEVER
HEATING SOLUTIONS

°CLEVER
LOW TEMPERATURE RADIATORS