

Harry Pihlaja

# 1970-luvun asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumppu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakennustekniikka

Opinnäytetyö

19.12.2015

Tekijä Otsikko	Harry Pihlaja 1970-luvun asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumppu
Sivumäärä Aika	74 sivua + 6 liitettä 19.12.2015
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Korjausrakentaminen
Ohjaaja	Yliopettaja Hannu Hakkarainen
<p>Opinnäytetyö käsittelee 1970-luvun korkean asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumpun taloteknistä suunnittelua. Asuinkerrostalot on rakennettu suomalaisen rakentamisen vilkkaampaan aikaan, 1970-luvulla ennen ensimmäistä energiakriisiä.</p> <p>Opinnäytetyössä esiteltiin lämpöpumpun historiaa ja peruseriaatetta. Tässä käytiin läpi kerrostalojen rakentamista ja viranomaisvaatimuksia 1970-luvulla, talotekniikan viranomaisvaatimuksia nykypäivän saneerauskohteessa, sekä esitettiin suunnittelumallia esimerkkikohteen avulla, tueksi saneerauskohteen talotekniikkasuunnittelijalle.</p> <p>EURES-direktiivin veloitteet Suomelle vuoteen 2020 mennessä lisäävät rakennusten tarvetta omavaraisuuteen ja energiansäästöön.</p> <p>Lämpöpumppuratkaisut tulevat olemaan vanhojen asuinkerrostalojen tulevaisuuden vaihtoehtoja, kuitenkin lukitsematta ratkaisut pelkästään poistoilmalämpöpumppuihin.</p>	
Avainsanat	poistoilmalämpöpumppu, vanha asuinkerrostalo, ilmanvaihto, lämmöntalteenotto

Author Title Number of Pages Date	Harry Pihlaja Exhaust air heat recovery with a heat pump in multi-store apartment buildings in Finland in the 1970s. 74 pages + 6 appendices 19 December 2015
Degree	Master's Degree in Engineering
Degree Programme	Master's Degree Programme in Engineering (Civil Engineering)
Specialisation option	Renovation
Instructor	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer
<p>This Thesis is about exhaust air heat recovery with a heat pump in a multi-store apartment buildings in Finland, built in the 1970s. The apartment buildings were built during the busiest time of Finnish construction before the first energy crisis in 1970s.</p> <p>In this Thesis, the history and basic principles of the heat pump are discussed. Building practices of apartment buildings and regulatory requirements of the 1970s are also considered as well as today's requirements set for building services in contemporary renovation. A design model is presented based on the renovation target, to provide support for the HVAC-designer.</p> <p>The obligations set for Finland by the EURES directive by 2020, will increasingly require the buildings to be self-sufficient and energy saving.</p> <p>The heat pump will be the futures solution for old apartment buildings, limited not only to exhaust air heat recovery.</p>	
Keywords	exhaust air heat pump, mechanical exhaust systems, old apartment building, ventilation

# Sisällys

## Lyhenteitä ja käsitteitä

1	Johdanto	1
2	Rakentaminen 1960- ja 1970-luvuilla	3
2.1	Asuinkerrostalorakentaminen	3
2.1.1	Kerrostaloarkkitehtuuri	4
2.1.2	1960- ja 1970-lukujen kerrostaloalueita	6
2.1.3	Ilmanvaihto	6
2.1.4	Sähkö	8
2.1.5	Energiankulutus	9
2.2	Suunnitteluohjeita ja viranomaismääräyksiä	11
2.2.1	Lämpötilat	11
2.2.2	Ilmanvaihto	12
2.3	Ensimmäinen energiakriisi 1973	13
3	1970-luvun asuinkerrostalo 2010-luvulla	14
3.1	Asumisen vaatimustasot	14
3.1.1	Euroopan unioni	14
3.1.2	Suomen ympäristöministeriö	15
3.1.3	Asuntojen sisäilmasto	17
3.2	Korjaustarve	18
3.3	Mittaustuloksia asuinkerrostalon painesuhteista	20
3.4	Asuinkerrostalon korjaushanke	21
4	Poistoilmalämpöpumppu	26
4.1	Yleistä	26
4.1.1	Lämpöpumppujen historiaa lyhyesti	26
4.1.2	Asuinrakennusten lämmönlähteenä	27
4.1.3	Lämpöpumpun termodynamiikka	28
4.1.4	Lämpökerroin COP	29
4.2	Lämpöpumput Suomessa	31
4.3	Asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumppu ja kaukolämmitys	32
4.3.1	Asuinkerrostalojen kaukolämmityksen kehitys	32
4.3.2	Kaukolämmön hintakehitys	32
4.3.3	Poistoilmalämpöpumput kaukolämmön myyjän näkökulmasta	33

4.4	Asuinrakennuksen energianhallinta	35
4.5	Energia-avustukset	40
4.6	Poistoilmalämpöpumpun suunnittelu	41
4.6.1	Korjaustoimenpiteiden kokonaisuus	41
4.6.2	Suunnittelun aloitus	43
4.6.3	Mitoitustilanne	44
4.7	Esimerkkejä	64
5	1970-luvun asuinkerrostalojen tulevaisuus	67
5.1	Sähkönkulutus Suomessa	67
5.2	Omavaraisuuden hinta	69
6	Yhteenveto	69
	Lähteet	71
	Liitteet	
	Liite 1. Kostean ilman i-x diagrammi	
	Liite 2. Asuinrakennusten ilmanvaihtonormit 1966	
	Liite 3. Asuinrakennusten keskusilmanvaihtolaitosten paloturvallisuusmääräykset 1966	
	Liite 4. Ilmanvaihdon lämmitystehon laskenta 1960- ja 1970-luvulla	
	Liite 5. Vuosina 1960-1975 rakennetut asuinkerrostaloalueet	
	Liite 6. Laitekortti: Poistoilmalämpöpumppu	

## Lyhenteitä ja käsitteitä

**COP** Coefficient Of Performance, lämpökerroin. COP-arvo on lämpöpumpun hyötysuhde, joka kertoo kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi.

**EER, SEER** Energy Efficiency Ratio, Seasonal Energy Efficiency Ratio, kylmäkertoimia, jotka ilmoittavat laitteen jäähdytyksen energiataloudellisuuden.

### Hybridilämmitysjärjestelmä

Poistoilmalämpöpumpun ja kaukolämmön yhdistelmää voi kutsua hybridilämmitykseksi, järjestelmäksi, jossa keskeisessä osassa on energiavaaraaja, johon eri lämmönlähteet varastoivat energiaa tulevaa käyttöä varten.

### Ilmanvaihtokerroin

Tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti,  $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$

### Ilmanvuotoluku

$q_{50}$  ( $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ ), Kuvaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja.

**Jäteilma** Poistoilmaa, jota johdetaan rakennuksesta ulos.

### Koneellinen poistoilmajärjestelmä

Järjestelmä, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen kehittämällä alipaineella, jonka myötä tilalle saadaan ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina.

**Korvausilma** Ulkotiloista sisälle tuotava käsittelemätön ulkoilma.

PILP Poistoilmalämpöpumppu on lämpöpumppu, joka ottaa kiinteistön ulos puhallettavasta jäteilmasta lämpöä talteen ja luovuttaa sen lämmöntalteen-ottoverkostoon, jossa sitä käytetään kiinteistön lämmitykseen ja/tai lämpimän käyttöveden kehittämiseen.

Poistoilma Ilmaa, joka johdetaan huonetilasta pois.

SCOP Seasonal Coefficient of Performance, lämmityskauden lämpökerroin, joka lasketaan erikseen kullekin määrätulle lämmityskaudelle.

SFP-luku Puhaltimen ominaissähköteho kW/(m<sup>3</sup>/s)

SPF-luku Lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin, suhde vuotuisen lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian välillä. Käytetään vain silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta.

Tekninen käyttöikä

Ikä, jona aikana laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät.

Yhteiskanavajärjestelmä

Järjestelmä, jossa eri huonetilojen poistoilmat yhdistetään samaan nousuhormiin tai -kanavaan, jota myöten ne johdetaan vesikatolle, poistoilmapuhaltimelle. Asuinhuoneiden kanavat ovat eritelty kellarikerrosten kanavista ja myös siten, että likaisten tilojen poistoilmat kulkevat eri kanavissa kuin muiden tilojen poistoilmat.

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on LVIA-suunnittelijan tukena, kun suunnitellaan korkean 1970-luvun asuinkerrostaloon poistoilmalämpöpumppua. Kaikkia aiheeseen liittyviä seikkoja ei aikataulun puitteissa ole tässä voitu kovin tarkkaan käsitellä, opinnäytetyön ollessa oma yksityinen hanke.

Esimerkkikohteena on säävyöhykkeellä I sijaitseva 8-kerroksinen asuinkerrostalo, joka on rakennettu 1970-luvun vaihteessa. Rakennus lämmitetään kaukolämmöllä ja on varustettu koneellisella poistoilmavaihdolla. Rakennuksessa on kahdeksan asuinkerrosta, kolme porrasta, 72 kpl asuntoa ja 140 asukasta. Rakennustilavuus on hieman yli 15 000 m<sup>3</sup>, ja käyttöveden mitoitusvirtaamana käytetään arvoa 2 dm<sup>3</sup>/s.

Sisäilmastovaatimukset edellyttävät määrättyä ilmanvaihtoa asuinkerrostalojen asuntojen osalta. Merkittävä osa rakennuksen ostoenergiasta kuluu ilmanvaihdon raitisilman lämmittämiseen. Poistoilmalämpöpumpulla on mahdollisuus vähentää ostoenergian määrää ja tavoitella omavaraisempaa energiataloutta.

1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostaloihin ei pelkästään lisätä poistoilmalämpöpumppuja, vaan ne ovat osa muita samaan aikaan tehtäviä korjaustoimenpiteitä, joita tehdään käyttöiän päättymisen tai vaurion vuoksi. Saneerauksista yleisemmät käsittävät linjasaneerauksia ja hissien uusintaa.

Asuinrakennusten energiankulutuksen lisäksi ilmanvaihdon perusparannuksella parannetaan sisäilman laatua, suunnittelussa huomioiden LVI-laitteiden äänitasot ja veto.



Taulukko 1. Rakennuskanta Suomessa 31.12.2014 [1].

RAKENNUSKANTA	Rakennusten lukumäärä	Osuus kaikista rakennuksista (%)
Kaikki rakennukset	1 497 534	100,0
Asuinrakennukset yhteensä	1 277 699	85,3
Erilliset pientalot	1 139 290	76,1
Rivi- ja ketjutilat	79 362	5,3
Asuinkerrostalot	59 047	3,9
Muut kuin asuinrakennukset yhteensä	219 835	14,7
Liikerakennukset	42 868	2,9
Toimistorakennukset	10 846	0,7
Liikenteen rakennukset	56 363	3,8
Hoitoalan rakennukset	8 606	0,6
Kokoontumisrakennukset	13 977	0,9
Opetusrakennukset	8 867	0,6
Teollisuusrakennukset	42 799	2,9
Varastorakennukset	29 833	2,0
Muut rakennukset	5 676	0,4

## 2 Rakentaminen 1960- ja 1970-luvuilla

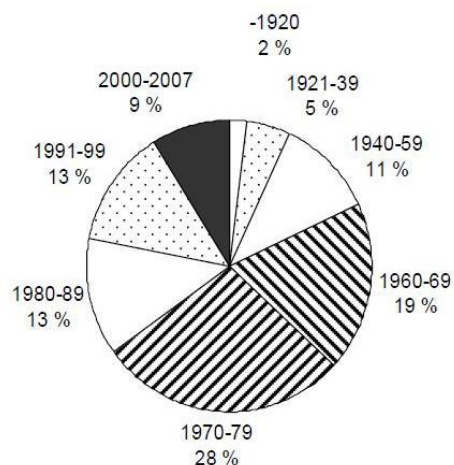
### 2.1 Asuinkerrostalorakentaminen

1960- ja 1970-luvuilla oli suomalaisessa yhteiskunnassa suuri rakennemuutos. Silloin syntyi kerrostalolähiötä, kun väestö muutti maaseudulta taajamiin. Asuntotuotanto kasvoi ja kerrostaloja rakennettiin suuria määriä. Rakennusliikkeiden ja pankkien toimesta ryhdyttiin asunto-ongelmaa ratkaisemaan rakentamalla kaupunkien keskustojen ulkopuolelle suuria kerrostaloalueita. Aivan 1970-luvun alussa rakennettiin kerrostaloja erityisen paljon. Ennätysvuonna 1974 valmistui Suomeen 46 200 kerrostaloasuntoa. [2.]

Sen aikaiset Asuntohallituksen ohjeet olivat, että rakentamisessa oli pyrittävä niin pitkälle vietyyn teolliseen sarjatuotantoon kuin mahdollista. Se alkoi ohjata elementtirakentamisen kehitystä, ensin suurmuottitekniikalla ja sitten osaelementtijärjestelmällä. 1970-luvun alusta lähtien rakennettiin täyselementein. [2.]

Suomen nykyisestä kerrostalokannasta on melkein puolet rakennettu vuosien 1960 ja 1980 välisenä aikana (kuva 1). 1974 saavutettiin asuntojen vuosituotannon huippu, joka oli 73 000 asuntoa (kuva 2, sivulla 4).

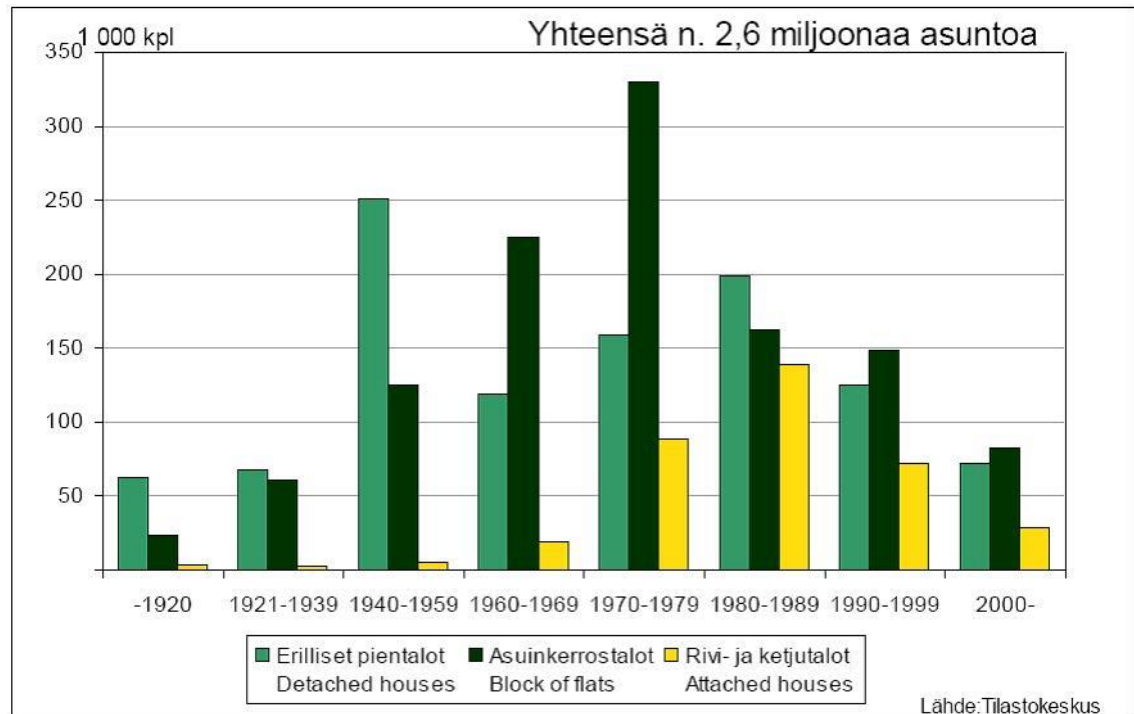
RAKENNETUT KERROSTALOT ERI VUOSIKYMMENINÄ



Lähde: Tilastokeskus

Kuva 1. Suomessa rakennetut kerrostalot eri vuosikymmeninä [3].

Voidaan todeta että vuosina 1960-1979 rakennettiin lähes 550 000 kerrostaloasuntoa [4]. Niistä suurin osa oli betonirunkoisia taloja lähiöissä, ja niiden lämmitysmuotona oli kaukolämpö [2].



Kuva 2. Suomen asuntokanta eri vuosikymmeninä [4].

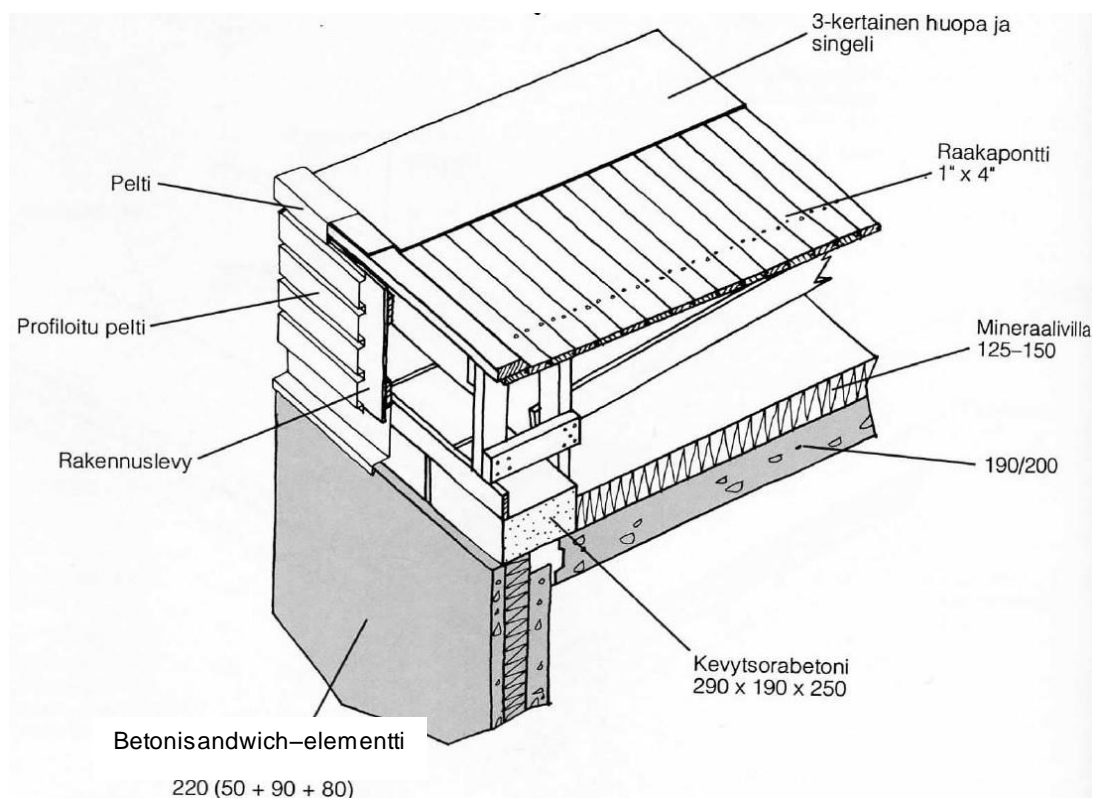
1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostaloissa asuu tällä hetkellä noin miljoona suomalaista odottamassa korjaustoimenpiteitä [5].

### 2.1.1 Kerrostaloarkkitehtuuri

Kun asunnoissa monistettiin hyväksi koettuja ratkaisuja elementtitekniikalla, niin tuli yleisesti käsitys ettei asuinkerrostalosuunnittelussa arkkitehtia tarvitakaan. Kuitenkin massatuotantoon kopioitavia pohjaratkaisuja oli huolellisesti suunniteltuja arkkitehtien mallien mukaan. Erilaisten huoneistojen lukumäärää piti rajoittaa, tarpeettomia ulokkeita ja mutkia, sekä esivalmisteisia osia, jotta saavutettaisiin säästöjä ja etuja sarjatuotannossa. Asuntotuotannossa tehokkuus, joka saavutettaisiin teollisella sarjatuotannolla, esivalmistetuin rakenneosin, moduulimitoituksin ja standardein, oli avainsana. [2.]

1960-luvulla olivat kerrostalojen ikkunat enimmäkseen kaksipuitteisia, ja 1970-luvulta lähtien olivat ne sisään aukeavia ja kolmipuitteisia. Sarjatuotannon johdosta piti ikkunatyypin määrää rajoittaa, silloisten Arava-ohjeiden mukaan. Asuinhuoneet tuli varustaa avattavin tuuletusikkunoin tai -luukuin lukuun ottamatta niitä tiloja, jotka avautuivat parvekkeelle. Ulko-ovet olivat enimmäkseen ikkunallisia metalliovia, parvekkeiden kaksiovisia ikkunallisia puuvia. [2.]

Kattomuodot vaihtelivat 1960-luvun alussa. Yleisiä olivat loivat harjakatot sekä erilaiset porrastetut harja- ja pulpettikatot. Käyttöullakot alkoivat poistua käytöstä ja vesikaton alle jätettiin tuuletettu yläpohjaontelo. Lastuvillalevy oli silloin yleisin lämmöneriste, pelti käytetyin katemateriaali. Tasakatot yleistyivät 1960-luvun lopulla, 1970-luvun alussa oli se yleisin kattotyyppi. Tasakatot rakennettiin suoraan lämmöneristeen, esimerkiksi kevytsoran, mineraalivillan tai vaahтомуovin varaan. Kattorakenteet voitiin tukea myös puihin alusrakenteisiin. Kattorakenteet ovat karkeasti jaettavissa tuuletettuihin ja tuulettamattomiin. [6.]



Kuva 3. Esimerkki 1970-luvun kerrostalon tasakattorakenteesta [2, s. 162].

Portaat ja kerros- ja lepotasot rakennettiin enimmäkseen elementeistä. Rikkakuilujen ja tuuletusparvekkeiden rakentaminen porrashuoneen yhteyteen loppui 1960-luvulla. [2.]

### 2.1.2 1960- ja 1970-lukujen kerrostaloalueita

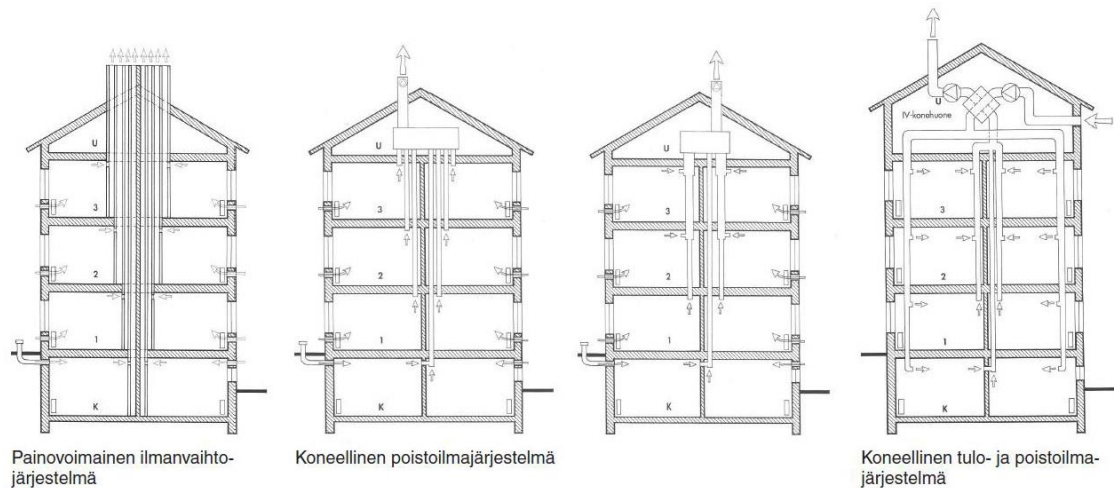
Liitteessä 5 on esitetty kerrostaloalueita jotka ovat rakennettu vuosina 1960-1975.

Rakennukset sijoitettiin lähiöissä edullisiin ilmansuuntiin 1960-luvun alussa, avoimesti maastonmuotojen mukaan. 1960- ja 1979-lukujen vaihteen lähiöt ovat kaavamaisesti rakennettuja, ja eroavat 1960-luvun alun lähiöistä huomattavasti. 1970-luvulla sijoitettiin asuinkerrostalot järjestelmällisesti suorakaiteen muotoisiin ryhmiin, ruutukaavan tapaisesti. Näin saatiin suurempi rakennustehokkuus kuin edellisten vuosikymmenten metsälähiöissä tai suursommitelmissa. Torninosturien liikeratojen perusteella on syntynyt pahimpia ruutukaavoja. Liikenneverkostojen, sosiaalisten kontaktien ja uusien palvelujen suunnittelu on saanut aikaan Helsingin Itä-Pasilan, Espoon Olarin, Vantaan Koivukylän ja Tampereen Hervannan asuinkerrostaloalueet. [2.]

### 2.1.3 Ilmanvaihto

Taulukko 2. Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmien yleisyys eri aikakausina [7].

Rakentamisvuosi	Ilmanvaihtojärjestelmä % rakennustilavuudesta		
	Painovoimainen poisto	Koneellinen poisto	Koneellinen sisäänpuhallus ja poisto
– 1939	80	20	–
1940 – 1959	80	20	–
1960 – 1969	29	71	–
1970 – 1979	6	91	3



Kuva 4. Asuinkerrostalon ilmanvaihtojärjestelmät [8.]

1970-luvun asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmät ovat enimmäkseen koneellisia poistoilmajärjestelmiä, yhteiskanavajärjestelmällä. Pääosin olivat ne samanlaisia kuin 1940–1960 rakennettujen asuinkerrostalojen, paitsi että painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää ei enää rakennettu. 1960-luvulla oli painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä käytössä ainoastaan kolmikerroksisissa asuinrakennuksissa. Erilliskanavajärjestelmiä rakennettiin vähäisessä määrin.

Yhteiskanavajärjestelmässä yhdistettiin eri asuinkerrosten huoneet poistoilmaventtiilien avulla yhteisiin nousukanaviin.

Erilliskanavajärjestelmässä jokaisesta poistoventtiilistä johdettiin oma nousuhormi katolle. Kummassakin järjestelmässä yhdistettiin ullakolle nousevat kanavat yhteisiin kokoojakammioihin. Kokoojakammioiden sisällä oli kammiopuhallin tai kammiosta oli liitos vesikaton huippumuriin. Ilmanvaihtuventtiilit olivat säädettäviä, mutta niiden äänen- vaimennuskyky oli huono. Yksi yhteiskanavajärjestelmän ongelmista oli äänen leviäminen asuntojen välillä. Kellaritiloista johdettiin poistoilma erillishormeilla ullakolle.

Poistoilmailmapuhaltimia ohjattiin kello-ohjauksella ja puhaltimet toimivat energian säästämiseksi  $\frac{1}{2}$ -teholla suurimman osan ajasta. Tilakohtaiset ilmavirrat ovat suunniteltu  $\frac{1}{1}$ -teholla ja ovat pari tuntia kerrallaan arkipäivisin aamuin, päivisin ja iltaisin. Ilmanvaihdon  $\frac{1}{2}$ -teholla ei voida poistaa tehokkaasti ruuanlaiton hajuja.

Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä toimii siten, että poistopuhaltimen avulla kehitetään poistoilmakanavaan alipaine, jolla saadaan aikaan ilmavirta asunnon poistoilmaventtiin. Poistoilmaventtiilit sijoitettiin asuntojen keittiöön, kylpyhuoneeseen, WC:hen ja vaatehuoneeseen. Korvausilma suunniteltiin johdettavan ulkoa ikkunoiden tiivisteiden kautta vuotoilmana asuntoon, mutta sitä tuli myös satunnaisista epätiiviyshkohdista. Kun ulkoilmaventtiilit tulivat asunnoissa käyttöön vasta 1980-luvulla, niin sitä ennen korvausilma jakaantui sattumanvaraisesti huoneiston sisällä, ja huoneiston muoto sekä huonejärjestelyt vaikuttivat merkittävästi siihen tuliko korvausilmaa lainkaan makuuhuoneisiin. Kun asuntoja jouduttiin tuulettamaan, niin se aiheutti veto-, melu-, haju-, ja pölyhaittoja. Pystyhormit ja osa ullakkokanavista on rakennusaineisia, eikä niiden tiiviys täytä nykypäivän vaatimuksia. Ne olivat epätiivitä jo 1970-luvulla. Hissikuilujen ilmanvaihto suunniteltiin painovoimaiseksi.

Yleensä asbestia käytettiin 1970-luvun asuinkerrostalojen ilmanvaihtokanavissa vain erikoistilanteissa, ja lähinnä kanavavedoissa paloalueelta toiselle sekä raitisilmakanavissa. Asbestityyppejä olivat krysotiili ja amosiitti (10 - 15 %). [2, s.223.]

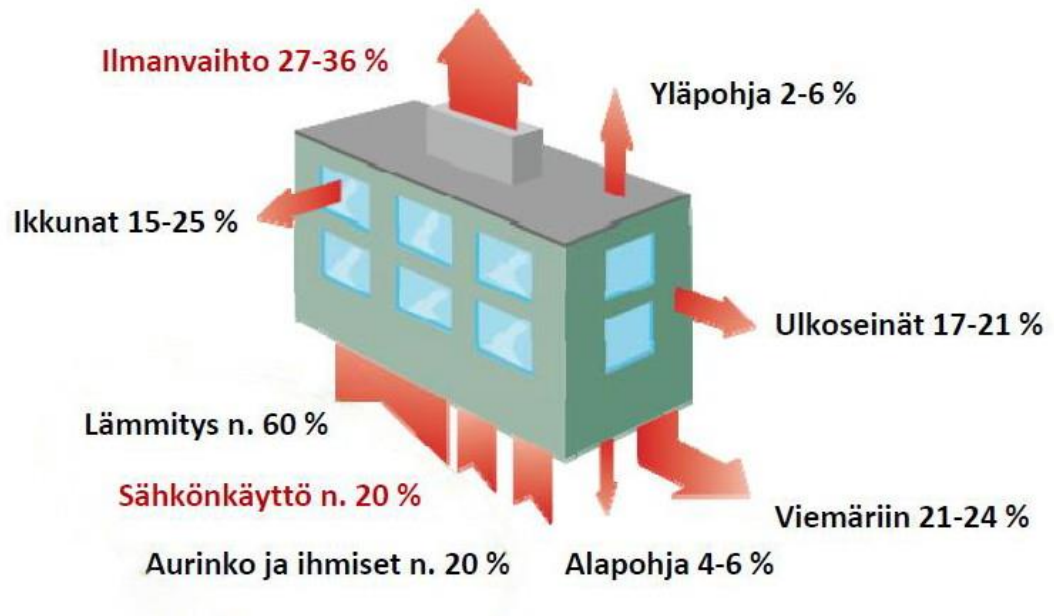
Usein vanhat talotekniikan LVI- ja sähkösuunnitelmat löytyvät, mutta asennusten toteutus poikkeaa suunnitelluista. Eivätkä piirustukset ole sähköisessä muodossa.

#### 2.1.4 Sähkö

Sähkön osalta olivat määräykset ja käyttötottumukset säilyneet jokseenkin samoina aina 1970-luvun puoleen väliin saakka, jolloin ensimmäiset sähköturvallisuusmääräykset astuivat voimaan. Poistopuhaltimista puuttui turvakytkimet, ja nykytekniikkaan verrattuna on sähkönsyötön soveltuvuus puutteellista. [2.]

Vuonna 1976 alettiin periä sähkövero. Kun sähkölaki uusittiin vuonna 1979, niin kaikki merkittävät määräykset muuttuivat. Muuttuvat määräykset koskivat muun muassa rakentamista, käyttöä, huoltoa, suunnittelua sekä tarkastamista. Siitä lähtien on sähkön käyttö sekä sähkölaitteet kehittyneet huimaa vauhtia. Myös määräyksiä on tarkennettu usein. 1990-luvulla on otettu käyttöön ensimmäiset yhteiseurooppalaiset standardit. [2.]

## 2.1.5 Energiankulutus

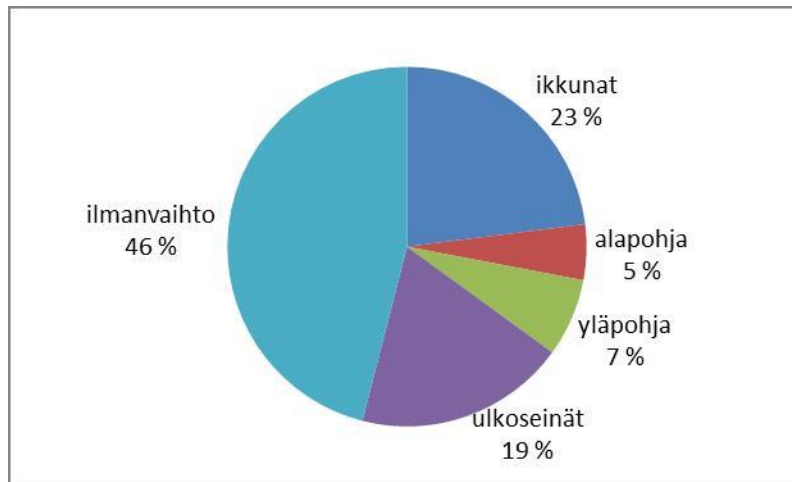


Kuva 5. 1950–1970 lukujen asuinkerrostalojen keskimääräinen lämpöenergiatase [5].

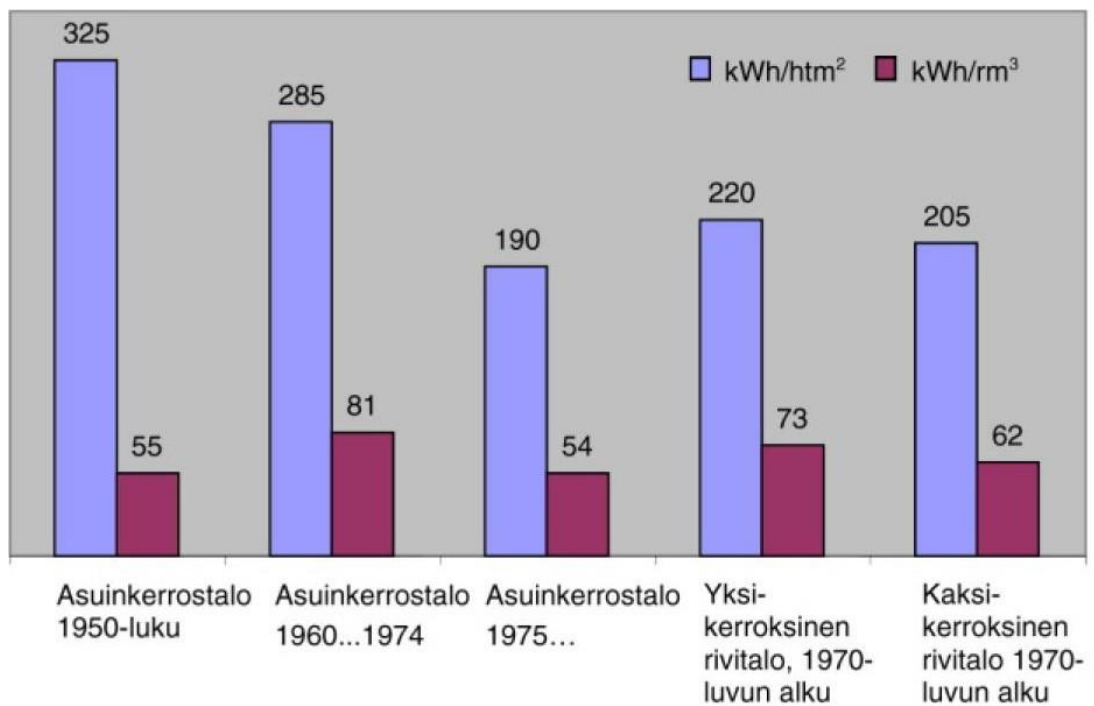
Rakennuksen lämpöenergiatase [6].

- + Lämmöntuotantojärjestelmän tuottama lämpö
- + Sähkön käytöstä aiheutuva lämpö
- + Auringosta ja ihmisistä aiheutuva lämpö
- Ikkunoiden kautta poistuva lämpö
- Alapohjan kautta poistuva lämpö
- Yläpohjan kautta poistuva lämpö
- Ulkoseinien kautta poistuva lämpö
- Ilmanvaihdon ja vuotoilman kautta poistuva lämpö
- Viemäriin kautta poistuva lämpö
- 
- = Rakennukseen varastoitava lämpö



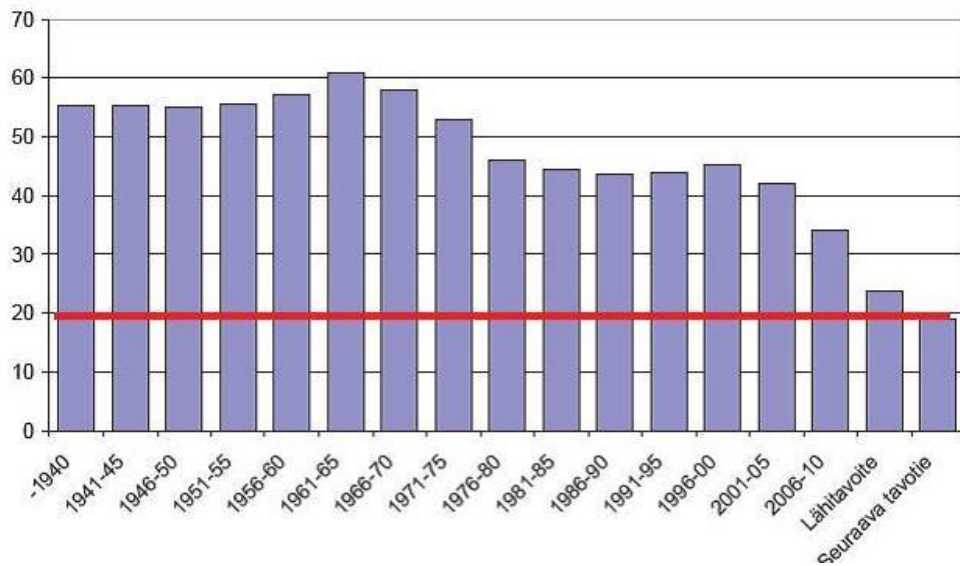


Kuva 6. 1970-luvun kerrostalon lämpöhäviöt [4].



Kuva 7. Asuinkerrostalojen lämpöenergian kulutuksia pääkaupunkiseudulla, rakennuksissa joissa ei ole tehty energiataloutta parantavia toimenpiteitä [9].

## Asuinkerrostalon lämmitysenergiatarve vuodessa - kWh/m<sup>3</sup>



Kuva 8. Asuinkerrostalojen ominaislämmönkulutus eri ajanjaksoina [4].

## 2.2 Suunnitteluohjeita ja viranomaismääräyksiä

Asuntojen muuttaminen ei yleensä edellyttänyt rakennuslupaa tai muuta yhteydenpitoa viranomaisiin. Rakennuksen tyylin ja muiden ominaisuuksien huomioiminen jäi taloyhtiöiden, isännöitsijöiden ja asukkaiden vastuulle. 1970-luvulla sallivat Arava-ohjeet hissien rakentamisen vain viisikerroksiseen tai sitä korkeampaan taloon. [2.]

### 2.2.1 Lämpötilat

Suomessa on suunnittelussa käytetty, vuoteen 1985 saakka, mitoitusulkolämpötilaa joka perustui toiseksi kylmimpään kahden vuorokauden mittaisen jaksoon 60 vuoden aikana [10].

Taulukko 3. Vuoden 1966 määräykset ja ohjeet, huonetilojen suunnittelulämpötilat [2].

Asuinhuone, sen eteinen tai halli, keittiö, vaatehuone, WC, kellarikerroksen pesutupa	+20°C.
Kylpyhuone, kellarikerroksen pesuhuone	+25°C.
Kellarikerroksen pukuhuone	+18 – 22°C.
Porraskäytävä	+15 – 20°C
Urheiluvälinevarasto, autotalli	+10 – 20°C

### 2.2.2 Ilmanvaihto

Taulukko 4. Vuoden 1966 määräykset ja ohjeet; vähimmäisilmanvaihtomäärät [2].

Asuinhuone yli 8 m <sup>2</sup>	45 m <sup>3</sup> /h
Asuinhuone alle 8 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h
Keittiö, keittokomero	80 m <sup>3</sup> /h
Kylpyhuone	60 m <sup>3</sup> /h
WC	30 m <sup>3</sup> /h
Kellarikerroksen pesutupa	80 m <sup>3</sup> /h
Kellarikerroksen kuivaushuone	160 m <sup>3</sup> /h
Kellarikerroksen sauna	20 m <sup>3</sup> /h·hlö
Kellarikerroksen pesuhuone	30 m <sup>3</sup> /h·hlö, tai 15 m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>
Talouskellari, kellarivarasto	1.5 m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>

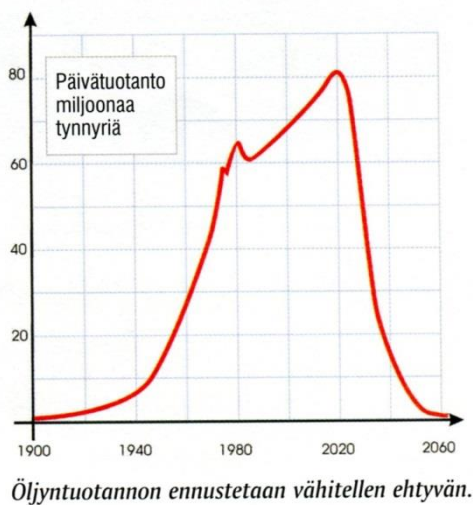
1970-luvun ilmanvaihdon suunnitteluohjeiden mukaan tuli kerrostaloasuntoa kohti ilmanvaihtomääräksi karkeasti 170 m<sup>3</sup>/h = 47 dm<sup>3</sup>/s [2.] Asuntoon tulevan korvausilman lämmittäminen otettiin huomioon lämmityspattereita mitoittaessa. Käytännössä tuli osa korvausilmasta asuntoon porraskäytävästä, postiluukun kautta.

### 2.3 Ensimmäinen energiakriisi 1973

1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen suunnittelun ja rakentamisen aikaan oli lämmitykseen käytetty energiaa halpaa. 1960-luvulla kevyt polttoöljy maksoi 6 penniä litra, joka nykyrahaksi muutettuna on alle 10 senttiä litra (2014). Öljyllä oli tuotettu 1950-luvun puolivälissä noin 15 % energiantarpeestamme ja 20 vuotta myöhemmin oli se jo yli 50 %.

Yhdistyneet arabimaat (OPEC) nostivat öljyn hintaa roimasti syksyllä vuonna 1973 so-  
tiessaan Israelin kanssa Jom Kippur-sodan aikana. OPEC-maat supistivat myös tuo-  
tantaan Lähi-idän voimatasapainoon liittyvistä kansainvälispoliittisista syistä.

Se oli ensimmäinen öljy- ja energiakriisi, ja se jätti jälkensä suomalaiseen rakentami-  
seen 1970-luvulla. Yksi tuntuva jälki tuli esille Suomen Rakentamismääräyskokoelman  
1976 kautta.



Kuva 9. Öljyn päivätuotantoennuste [11, s.10].

### 3 1970-luvun asuinkerrostalo 2010-luvulla

#### 3.1 Asumisen vaatimustasot

##### 3.1.1 Euroopan unioni

Energiansäästön sekä energiankäytön merkittävä tehostaminen ovat Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikan keskeisiä sitoumuksia. Mikäli ilmaston lämpenemistä halutaan hillitä, niin tulevaisuudessa tulee rakennusten olla enemmän omavaraisia kuin nyt ovat. Marraskuussa 2015 arvioi Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan professori Peter Lund Yleisradion TV-uutislähetyksessä, että tulevaisuudessa tulevat omakotitalot olemaan aurinkopaneelien avulla lähes kokonaan omavaraisia.

Valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategiassa vuonna 2008 on Suomen strategiseksi tavoitteeksi asetettu energian loppukulutuksen kasvun pysäyttäminen ja kääntäminen laskuun siten, että energian loppukulutus vuonna 2020 olisi n. 310 TWh, kun se vuonna 2011 oli 386 Twh [12.]

## Uusiutuvan energian vuosikymmen

EURES-direktiivin velvoitteet Suomelle 2020 (TEM 30.6.2010)

Energialähde	Uusiutuvan energian lisätarve vuonna 2020	Tarkoittaa käytännössä
Bio	18 TWh/a	Lämpö- ja voimalaitosten muuttamista fossiilisilta hakkeelle tai pelletille.
Tuuli	6 TWh/a	700-1000 kpl lisää tuulivoimaloita teholtaan 3 MW kukin
Lämpöpumput	6 TWh/a	Lämpöpumppujen määrä 400 000 -> 1 000 000 (2 TWh/a => 8 TWh/a)
Muut	2 TWh/a	Vesivoiman lisäys, puun ja pellettien pienkäyttö, aurinko, biokaasu
Liikenne	6 TWh/a	Etanolin ja biodieselin sekoittaminen liikennepolttoaineisiin (20%)
Yhteensä	38 TWh/a	Uusiutuvien osuus nostetaan 28,5% -> 38%. Tämä vastaa n. kymmenen Loviisan voimalaitosyksikön (470 MW) tuotantoa vuodessa.

Kuva 10. Velvoitteet Suomelle vuoteen 2020 [13].

### 3.1.2 Suomen ympäristöministeriö

Ympäristöministeriön asuntojen ilmanvaihtoa koskevien ohjeiden mukaan tulee ilmanvaihtokertoimen olla vähintään 0,5 1/h [14]. Pienissä asunnoissa voidaan ohjearvoista poiketa siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tarpeen mukaan [14]. Teppo Lehtinen: Näkökantoja energiatehokkuuteen rakentamisessa [15].

*”Lämmönkulutuksen säästöistä vuoteen 2050 mennessä on arvioitu että asuin-, liike- ja julkisten rakennusten osalta voidaan säästöä tavoitella vuosina 1961–1970 rakennettujen osalta n. 3 000 GWh vuodessa ja saman verran vuosina 1971–1980 rakennettujen rakennusten osalta, lämmönkulutuksen tarkoittaessa vaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä.”*

Suomessa kuluu n. 40 % energian loppukulutuksesta sen rakennuksissa, ja siitä on asuinkerrostalojen osuus on 19 % eli vajaat 8 % Suomen energian loppukulutuksesta. Asuinkerrostaloissa muodostuu energiankulutus lämmityksestä, jäähdytyksestä, lämpimän käyttöveden tuottamisesta ja jakelusta, sekä valaistuksesta. [16.]

Asuinrakennusten energiankulutusta, energiatehokkuuden parannustyössä, on tavoitteena pienentää ympäristöministeriön asetuksella n. 25 % vuoteen 2050 mennessä. Lyhyemmän aikavälin pyritään sitä pienentämään n. 6 % vuoteen 2020 mennessä. 1970-luvun asuinkerrostalon osalta tähän päästään lisäämällä ilmanvaihtoon tehokas lämmöntalteenotto, vaihtamalla ikkunat uudisrakentamisen tasoisiksi, ja puolittamalla julkisivun U-arvot alkuperäiseen verrattuna. [16.]

Mikäli asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantamisen suunnittelun tarkoitus on pienentää energiankulutusta, tulee rakennuksen noudattaa asuinkerrostaloille annettua vaatimusta energiakulutukselle  $\leq 130 \text{ kWh/m}^2$ , ja asuinkerrostalon kulutus tulee laskea kaavalla  $E_{\text{VAADITTU}} \leq 0,85 \times E_{\text{LASKETTU}}$  [16].

Asuinrakennuksen poistoilmasta tulee ottaa lämpöä talteen vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä [16]. Omaissa sähköteho saa koneellisessa poistoilmajärjestelmässä olla korkeintaan  $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  [16].

Energiatehokkuuden parannustöiden ollessa rakennuksen vaipan tai sen merkittävän osan lisälämmöneristäminen, ilmanpitävyyden parantaminen, tai ikkunoiden uusiminen, tulee niiden yhteydessä varmistaa lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokas ja oikea toiminta sekä tarpeen mukaan tasapainotus ja säätö [16].

Koko asuinrakennuksen sähköenergiankulutus saadaan varustamalla se sähkönmittauksin [17, kohta 2.8.1.1].

Ostoenergia saadaan varustamalla lämmitysjärjestelmä kulutuksen mittauksella [17, kohta 2.8.1.2].

Ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella sekä rakentaa siten, että sen ominaissähköteho saadaan mitattua [17, kohta 2.8.1.4].

Taulukko 5. Rakentamismääräyskokoelman energiamääräysten pääpiirteet 1976–2010 [4].

	1976	1978	1985	2003	2007	2010
ulkoseinä $U \text{ W/m}^2\text{K}$	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
yläpohja $U \text{ W/m}^2\text{K}$	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
alapohja $U \text{ W/m}^2\text{K}$	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16
ikkuna $U \text{ W/m}^2\text{K}$	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1
ovi $U \text{ W/m}^2\text{K}$	-	-	-	1,4	1,4	1
muut energialaskennan lähtötiedot						
ilmavuotoluku $n_{50} \text{ 1/h}$	6	6	6	4	4	2
lämmön talteenoton hyötysuhde %	0	0	0	30	30	45

Asuinrakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys saadaan selville tiiviysmittauksella, jossa ulko- ja sisätilojen välille kehitetään 50 Pascalin paine-ero ja mitataan ilmamäärä joka tarvitaan paine-eron synnyttämiseen. Rakennusten tiiviyttä kuvataan ilmavuotoluvulla  $q_{50}$ . Se kuvaa mitattua ilmamäärää 50 Pascalin ali- ja ylipaineen keskiarvona. [17.]

Rakennusvaipan osalta saa ilmanvuotoluku  $q_{50}$  saa olla korkeintaan  $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$ . Mikäli rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat ilmanpitävyyttä merkittävästi, niin ilmanvuotoluku voi ylittää arvon  $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$ . [17, kohta 2.3.2.]

Vuotoilmavirta  $q_{v,vuotoilma}$  ( $\text{m}^3\text{/s}$ ) lasketaan kaavalla [17, kohta 4.3.3]:

$$q_{v,vuotoilma} = q_{50} \cdot A_{vaiippa} / (3600 \cdot x)$$

$q_{50}$ , rakennusvaipan ilmanvuotoluku,  $\text{m}^3\text{/(h m}^2\text{)}$

$A_{vaiippa}$ , rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna),  $\text{m}^2$

$x$  kerroin; 1 krs:  $x=35$ , 2 krs:  $x=24$ , 3 – 4 krs:  $x=20$ , 5 – krs:  $x=15$

3600 on kerroin jolla muunnetaan  $\text{m}^3\text{/h} - \text{m}^3\text{/s}$ .

$$q_{50} = n_{50} \cdot V / A_{vaiippa}$$

$n_{50}$ , rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla,  $1/\text{h}$

$V$ , rakennuksen ilmatilavuus,  $\text{m}^3$

Asuinkerrostalossa voidaan luokitella ilmanvuotoluvut seuraavasti [18, taulukko 3.5]:

$q_{50} = 1,0 - 4,0$ , hyvä ilmanpitävyys

$q_{50} = 4,0 - 8,0$ , keskimääräinen ilmanpitävyys

$q_{50} = 8,0 - 20,0$  heikko ilmanpitävyys

### 3.1.3 Asuntojen sisäilmasto

Helsingissä vuonna 2015 pidetyssä Sisäilmastoseminaarissa esitteli professori Olli Seppänen eurooppalaisen EPBD-standardin, joka käsittelee pääosin sisäilmaston tavoitearvoja suunnittelun ja energialaskennan kannalta. Sisäilmastandardi on saanut myös uuden numeron, myös sen nimi on hieman muuttunut. Vanhan EN 15251:2007 standardin aihepiirin kattaa siis uusi standardiluonnos:

- prEN 16798-1:2014 Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings.

ja sitä täydentävä tekninen raportti;

- prEN 16798-2 TR:2014 Technical report. Guideline for using indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings.



Taulukko 6. Asuintilojen operatiivisen lämpötilan suunnitteluarvot [19].

Sisäilmastokategoria	Talvella	Hyväksyttävä alue talvella	maksimi kesällä	hyväksyttävä alue kesällä
I	21	21,0 – 25,0	25,5	23,5 – 25,5
II	20	20,0 – 25,0	26	23,0 – 26,0
III	18	18,0 – 25,0	27	22,0 – 27,0
IV	16	17,0 – 25,0	28	21,0 – 28,0

Melutasojen määrittely on siinä tarkentunut. Vuoden 2007 standardissa ne olivat ilmoitettu A-painotettuna melutasoina [20]. Uudessa standardissa määrittely on tarkennettu ekvivalenttiseksi A-melutasoksi, samoin eri sisäilmastokategorioille on annettu melutason enimmäisarvot [19].

Taulukko 7. Asuntojen melutasovaatimukset [19].

	Jatkuva ääni $L_{eq,nT,A}$			Melutaso vuoden dB(A)	vuoden 2007 standardissa
	I	II	III	Typical r	Default
Oleskelutilat	≤ 30	≤ 35	≤ 40	25 – 40	32
Makuuhuoneet	≤ 25	≤ 30	≤ 35	20 – 35	26

### 3.2 Korjaustarve

Betonirakenteisissa ulkoseinäelementeissä, joista 1960- ja 1970-luvuilla käytettiin nimitystä betonisandwich, voi nyt olla ulkokuoren kuntoon liittyviä ongelmia, joko pakkasvaurioita tai mahdollisia korroosio-ongelmia. Pakkasvauriot liittyvät betonin koostumukseen. Korroosio-ongelmia tulee kun betonin karbonatisoituminen saavuttaa raudoitusteräksen tason.

Mikäli ikkunoiden tiivisteitä ei ole uusittu, ovat ne huonossa kunnossa, ja seurauksena on ilmavuodoista aiheutuva vedon tunne. Ulko-ovien alkuperäiset tiivisteet ovat nyt huonossa kunnossa ja niissä on myös oven kulumisesta johtuvia tiiviysongelmia. Ulko-ovien lämmöneristävyys on ovien rakenteesta johtuen huono.

Julkisivu voidaan korjata purkamalla vanha lämmöneristys ja rakentaa uusi lämmöneristys sekä julkisivu tai korjaamalla julkisivun ulkopinnoite asentamalla lisälämmöneristys ja uusi julkisivu nykyisen rakenteen ulkopinnalle. Se edellyttää, että rakenteen ulkokuori on raudoituksineen niin hyvässä kunnossa, että se voidaan säilyttää. Ikkunoiden ja ovien vaihto uusiin on mukana julkisivuremonteissa.

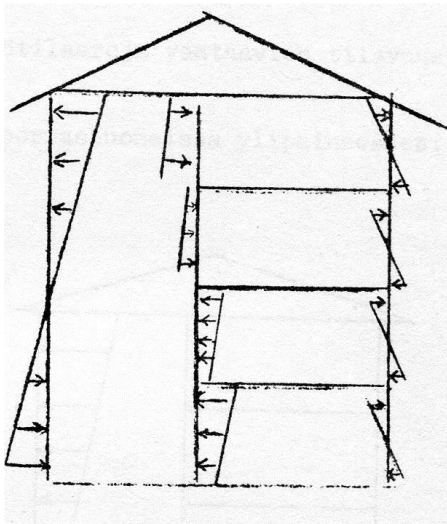
Vesikattojen uusimiseen on pääasiallinen syy kosteus, ja vähintään osasyynä siihen. Kosteuslähteenä sadevesi joka joko katevuotona tai tuulen mukana pääsee rakenteisiin. Suurimpia syitä vesivuotoihin ovat alkuperäisten vedeneristysten laatu ja vanhenemisesta johtuvat vauriot, liian pehmeistä vedeneristysten alustoista johtuvat katevauriot tai puutteelliset yläpohjien liikuntasuomarakenteet. Alkuperäiset yläpohjien vedeneristykset on nyt jo vähintään kertaalleen uusittu. Korjausten periaatteet eri kattotyypeillä poikkeavat merkittävästi toisistaan.

Sähkönsyötön tulisi soveltua nykytekniikkaan, ja poistopuhaltimet tulee varustaa turvakytkimin. Vanhojen turvakytkimien kunto tulee tarkistaa.

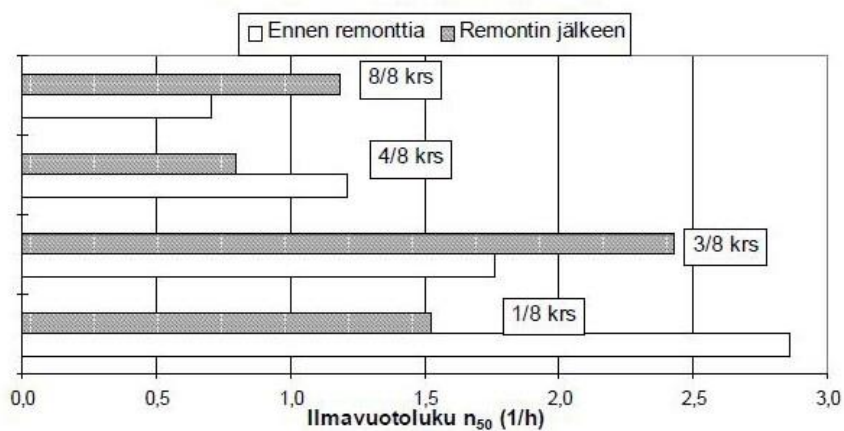
Mikäli vanhojen poistopuhaltimia säätää sähkömoottorien jännitettä laskemalla, vievät ne enemmän virtaa jännitteen pudotessa kuin uudet sähkömoottorit. Samalla teholla saadaan vanhasta puhaltimesta oikea ilmavirta, kuten uudella puhaltimellakin, mutta vanhan sähkömoottorin nimellisvirrat kasvavat ja sulakkeet tulee suurentaa. Tämän vuosituhannen puhallinkanta on melkein kokonaan toteutettu AC-moottoreilla ja jos niissä on pyörimisnopeuden säätömahdollisuus, on se toteutettu taajuusmuuttajan avulla. Lyhenne AC tulee sanoista alternating current eli vaihtovirta. Markkinoilla yleistyneet EC-moottorit eivät tarvitse taajuusmuuttajaa ja kuluttavat vähemmän sähköenergiaa kuin perinteiset AC-moottorit. Lyhenne EC on lyhenne sanoista electronically commutated eli elektronisesti kommutoitu.

### 3.3 Mittaustuloksia asuinkerrostalon painesuhteista

Porvoossa tehdyt mittaukset huoneistojen ilmanvaihdosta ja painesuhteista kahdessa 8-kerroksisessa 1970-luvulla rakennetussa asuinkerrostalossa, jossa oli koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, selvitti että ilmanvaihto oli riittämätöntä. Asunnoissa ei ollut ulkoilmaventtiileitä ja ylimpien kerrosten huoneistot olivat ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Ilmaa virtasi niissä asunnoissa ulkoseinästä ulos, joka mm. sai pakkasella kosteuden tiivistymään ikkunoihin. Alimpien kerrosten huoneistot olivat ylipaineisia porrashuoneeseen nähden ja hajut tunkeutuivat niistä asunnoista rappukäytävään. Kun ylimpien kerrosten huoneistot olivat alipaineisia rappukäytävään nähden, kulkeutuivat hajut niihin asuntoihin. [21.]

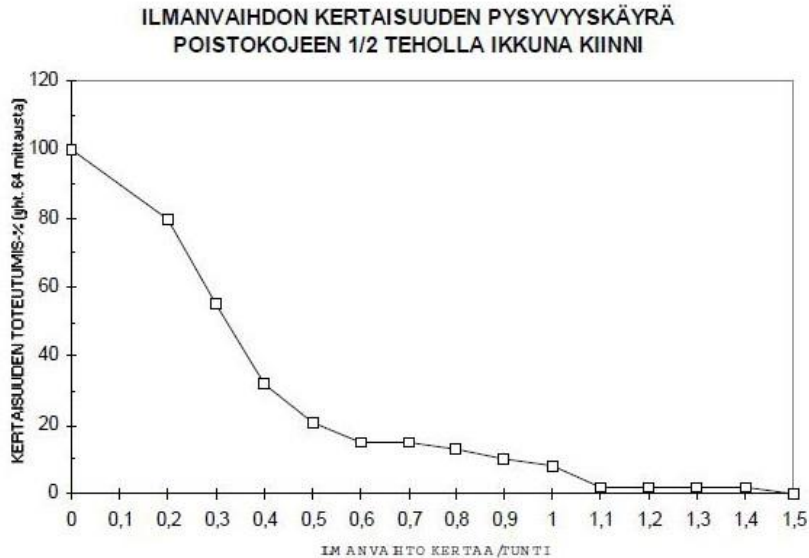


Kuva 11. Porrashuoneen painesuhteet.



Kuva 12. Esimerkki 1970-luvun asuinkerrostalon huoneistojen kokonaistiivyydestä [21].

Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto mittasi 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihtoa. Ilmavirtoja mitattiin vain poistoilmaventtiileistä jolloin tuuletukset ja vuotoilmanvaihto eivät tulleet mukaan tuloksiin. [21.]



Kuva 13. Asuinkerrostalojen ilmanvaihtomittauksia. Rakennusvalvontavirasto, Helsinki [21].

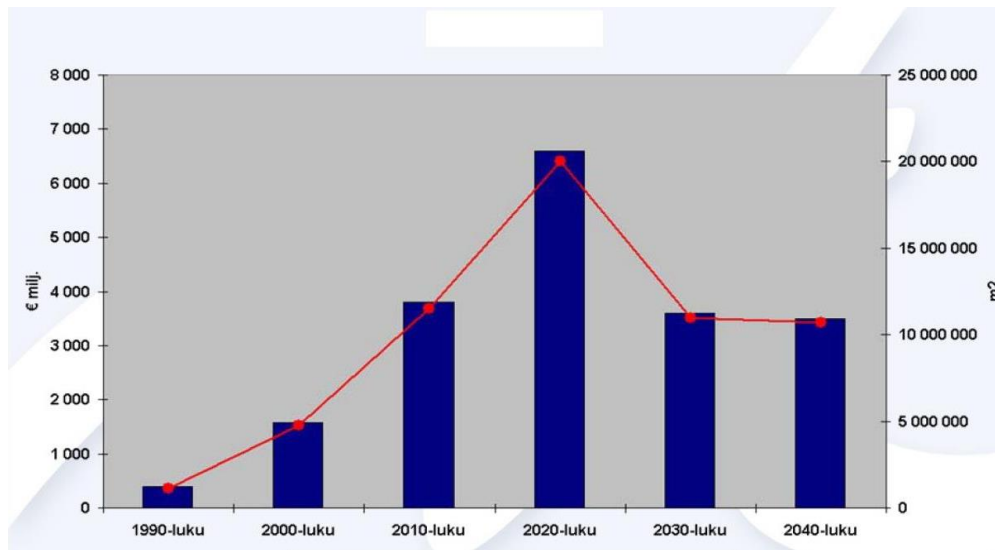
### 3.4 Asuinkerrostalon korjaushanke

Tämän päivän talotekniikkasuunnittelijalla on paremmat vaihtoehdot valita asuinkerrostaloihin hyvä sisäilmasto ja äänenvaimennus, ääniteknisesti vaimeampi talotekniikka ja vähentää CO<sub>2</sub>-päästöjä 1970-luvun suunnittelijoihin verrattuna.

Mikäli korkeiden asuinrakennusten lämmitysenergiakustannukset olisivat olleet rakennusaikana nykypäivän tasoa, olisi poistoilman lämmöntalteenotto huomioitu jo silloin rakennusten suunnitteluvaiheessa. Ratkaisut eivät olisi olleet tämän päivän saneerausohjelman näköisiä. Oletettavasti olisi käytetty puhdistettavia neulaputkipattereita huippuimureiden tai kammiopuhaltimien imuaukoissa, glykolia lämmönsiirto-putkistoissa, sekä isoa varaajaa käyttöveden esilämmitykseen ennen kaukolämmön lämmönsiirintä.

Rakentamiseen ryhtyvän on ennen rakentamistapahtumaa suoritettava rakennuskohdessa asbestikartoitus (Valtioneuvoston päätös asbestityöstä 1380/1994), mikäli sitä ei ole aikaisemmin kiinteistössä tehty.

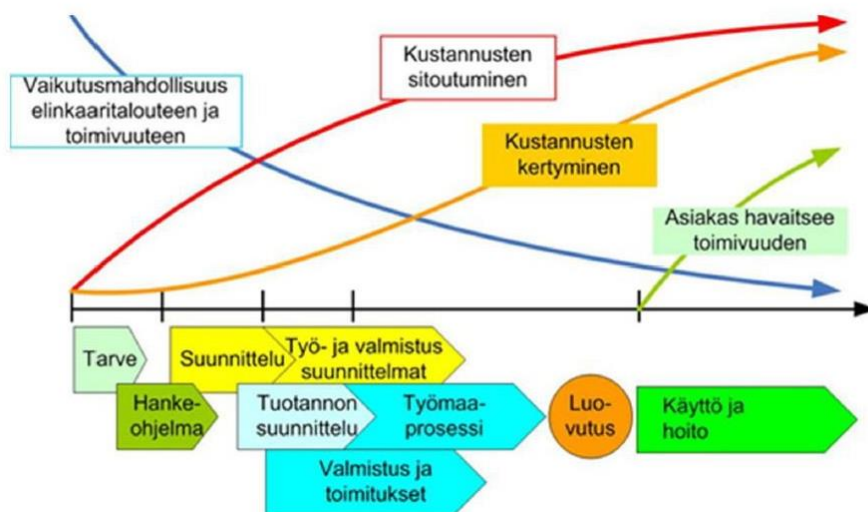
Saneeraushanke on parasta saada liikkeelle silloin kun korjaus- ja kunnossapitokustannukset ovat nousussa, ja olleet sitä vain vähän aikaa.



Kuva 14. Asuinrakennusten linjasaneeraukset moninkertaistuvat [22].

Asuinkerrostalojen perusparantamistarve on melkein 800 M € vuodessa, käsittäen 26 000 kerrostaloasuntoa [22].

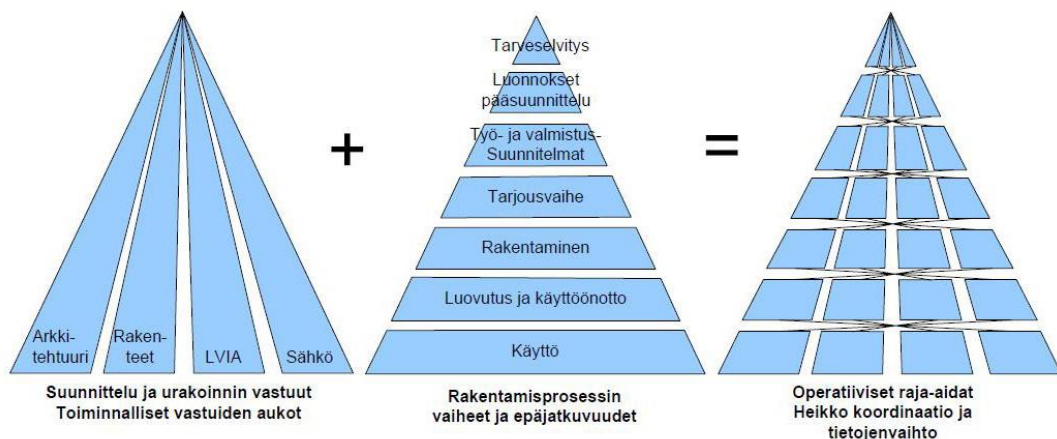
Suosittelavaa on tehdä taloudellisuusarviointi elinkaarianalyysin perusteella, jolloin voidaan eri toimenpidevaihtoehtojen keskinäiset erot esittää joko nykyarvona tai vuosikustannuksina.



Kuva 15. Vaikutusmahdollisuudet elinkaaritalouteen korjaushankkeen eri vaiheissa [23].

Asuinkerrostaloissa ei korjauksiin ryhdytä vain energiatalouden parantamisen vuoksi. Taustalla on oltava korjaustarve, jolloin korjauksen yhteydessä voidaan nostaa asuminen laatutasoa ja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Poistoilmalämpöpumput parantavat asuinkerrostalojen energiaomavaraisuutta.

Rakennushankkeessa hajaantuvat energiatehokkuuteen ja järjestelmän toimivuuteen liittyvät vastuut monelle eri osapuolelle. Kun rakennuksen suunnittelu on jakautunut monelle eri suunnittelijalle, niin yleensä nämä työskentelevät eri suunnittelutoimistoissa. Työmaalla on monia eri asennustyön tekijöitä, jotka ovat eri urakointiyrityksistä. On harvinaista että toimitetaan kokonaistoimituksina taloteknisiä järjestelmiä, ja urakoitsijoiden hankinnat ovat usein hajaantuneet eri laitetoimittajille. Suunnittelijoiden valinta tehdään hankekohtaisesti, eikä samaa suunnittelijaryhmää tavata peräkkäisissä hankkeissa. Tilaajille syntyy epäjatkuvia alihankintasuhteita, kun urakoitsijoita kilpailutetaan hankekohtaisesti. Asuinrakennuksen toimivuutta ja energiatehokkuutta mietittäessä tulee vastuunjaon hajanaisuus merkittäväksi ongelmaksi.



Kuva 16. Rakennushankkeen prosessin hajaantuminen merkitsee toimivuusvastuun hajanaisuutta (Lee Siew Eang 2005) [24].

Heikentävänä tekijänä energiatehokkuuden ja toimivuuden kannalta on epäselvät, dokumentoidut tavoitteet. Hankeasiakirjoissa voi olla paljon yksityiskohtaista tietoa, mutta kun etsitään jälkikäteen tilaajan vaatimuksia ja suunnittelutavoitteita tai muutoksia niihin, on ne hankala löytää. Kun rakennus on käytössä, niin se hankaloittaa energiankulutuksen ja olosuhteisiin liittyvän mittausdatan arviointia.

”Toimivuuden varmistamiseen liittyvät toimenpiteet on tarpeellista aloittaa jo hankkeen tavoitteenasettelun yhteydessä ja toteuttaa niitä läpi rakennushankkeen laadunhallinnan yleisten periaatteiden mukaisesti. Tämä toimintamalli koostaa hajanaisen hankeprosessin osapuolet työskentelemään yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi.” [24.]

Jotta varmistettaisiin energiatehokas toimivuus ja saataisiin helposti selvitettyä syy energiankulutuksen poikkeamiin suunnitellusta, on nykyisen tavanomaisen LVI-järjestelmän mittarivarustuksen lisäksi suunniteltava ja asennettava testattuja ja tarkastettuja antureita myös pääkanavien ilmavirtojen mittauksiin ja jäteilmän lämpötilan mittaukseen. Tavanomaiseen LVI-järjestelmän mittarivarustukseen kuuluu lämpötilaantureita, ilma- ja vesivirta-antureita, sekä paine-antureita. Ilmanvaihdon osuus energiankulutuksesta on merkittävä ja jäteilmän lämpötila kuvaa poistoilman lämmöntalteenoton tehokkuutta ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä.

Suunnittelun alussa tulee arvioida ja varmistaa, että tilaajan vaatimukset ja rakenne- ja talotekniikan suunnitteluperusteet ovat yhteisesti tiedossa ja asennus-, huolto- ja ylläpitotilat ovat riittävät. Tilaajan vaatimuksista voidaan mainita käyttöikätaavoite, käyttövarmuustavoite ja eri energialähdenvaihtoehdot. Suunnitteluajankäytön on varmistettava, että vastaanotto- ja käyttöönottoaiheessa toimivuutta todentaville mittauksille on riittävästi aikaa. Tilaajan on pystyttävä toteamaan että järjestelmät ja niiden toiminta on tavoitteiden mukaisesti hyväksyttäviä. [24.]

Sisäilmaston ja energiatehokkuuden päämittareista on selvittävä havainnollisesti sisäilmaston taso (S1, S2 tai S3) ja energiatehokkuus (A, B, C, D ja E). Muita mittareita on oltava käytettävissä analysoinnin tarkentamiseksi tarpeen mukaan.

Mittausten laajuus ja hinta ovat riippuvaisia siitä halutaanko mitata ainoastaan kokonaisenergian kulutus. Tarvitaan alamittauksia mikäli halutaan selvittää mihin energiaa kuluu, kuten myös silloin kun energian kulutus on suunnitellusta poikkeavaa. Silloin tarvitaan lämpötila-, virtaus- ja painemittauksia. Näin saadaan viiheitä energiankulutuksen vaihteluun rakennuksen eri osien ja aikojen välillä.

Rakennusautomaatiojärjestelmässä tulee olla graafinen regressiosuora, kuukausikohtaisen lämmitysenergian ja astepäiväluvun tai keskilämpötilan välillä. Tällä tavoin on mahdollista saada kuukausikohtaisia eroja verrattua eri kulutusten välillä. Samoin saadaan selville lämmitysenergian pohjakulutus, lämpimän käyttöveden kulutus, ja niiden poikkeamat, ja päästään selvittämään tekijöitä jotka poikkeaman aiheuttivat.

Energian ja veden kulutusseuranta on yksi valvontajärjestelmän tärkeimmistä hyötykäytöistä. Menekiseurannassa mittarit luetaan kiinteistövalvonnan kautta automaattisesti, jolloin kiinteistöhoitajan on helppo hallita energian- ja vedenkäyttöä. Esimerkiksi lämpöenergian seurantaan voidaan tehdä erilaisia ohjelmia, jotka laskevat kulutusarvion vuositasolla. Ohjelmat voivat sisältää myös opastusta kulutustavoitteiden saavuttamiseksi. [24.]

Hankitun laitteiston tulee olla luovutuksessa kaikilta osin urakkasopimuksessa määritellyn mukainen, ja samoin käyttöönoton varmistuksessa. Vastaanottomenettely tulee olla suoritettu asianmukaisesti ennen kuin rakennusautomaatiojärjestelmä otetaan käyttöön. Laite- ja asennustapatarkastukset, toimintakokeet, koekäyttö sekä vastaanotto-tarkastus ovat vastaanotossa tärkeimpiä.

Sähkönkulutuksen ja -kuormituksen seuranta edellyttää verkostorakennetta, jossa pystytään mittaamaan helposti jälkikäteen. Jotta saadaan laiteryhmäkohtainen kulutus- ja kustannustieto, on siinä oltava jatkuvia mittauksia ja siihen soveltuva verkostorakenne. Sähköenergian kulutus jakautuu yksilöllisesti ja ajoittuu eri kuormiin, ja sen seuranta on hankalampaa kuin lämpöenergian seuranta ja kustannusanalysointi. Asuinkerrostalon suunnitteluvaiheessa on mahdollista asetella järjestelmiä käyttötarpeiden mukaan, ja samalla arvioida niiden kulutustasot, ja mahdollisuus valvoa energiankäyttöä sekä taloudellisuutta. [24.]

Kun rakennusten saneeraukset tehdään usein nopeassa tahdissa, niin suunnitelmien tulee olla niin selkeitä, että kokenut pääurakoitsija saa niiden perusteella tehtyä pitävän aikataulun, ja kaikilla on tiedossa, milloin laitetoimitukset ovat työmaalla.



## 4 Poistoilmalämpöpumppu



Kuva 17. Esimerkkikohteen julkisivu

### 4.1 Yleistä

#### 4.1.1 Lämpöpumppujen historiaa lyhyesti

Lordi Kelvininä tunnettu fyysikko William Thompson esitti vuonna 1852 ajatuksen lauhduttimesta vapautuvan lämmön hyödyntämisestä. Lämpöpumppu nostaa lämpöä matalammalta korkeammalle lämpötilatasolle. Ensimmäinen käytännön sovellus lämpöpumpusta tuli ilmastointia varten vuonna 1927 Kaliforniassa USA:ssa. [25, s.385.]

Lämpöpumput otettiin kohtalaisen laajaan käyttöön Sveitsissä toisen maailmansodan aikana, kun oli pulaa lämmityshiilestä. Lämpöpumpun käyttö hiipui sodan jälkeen, mutta nousi taas kiinnostuksen kohteeksi toisen öljykriisin aikaan vuosina 1979 ja 1980. Silloin lähinnä sähkölämmitteisissä asuinrakennuksissa. [11, s.29.]

Ruotsin valtio on ollut 1980-luvulta lähtien tukemassa maalämpöpumppujen rakentamista omakotitaloihin. Suhtautuminen lämpöpumppuihin on Ruotsissa ollut aatteellista, kun Suomessa on katsottu lähinnä taloudellisia perusteita.

Poistoilmalämpöpumpuissa käytössä olevat Scroll- eli kierukkakompressorit ovat kompressorityyppiä, joissa paine tuotetaan kahdella sisäkkäisellä kierukalla, joista toinen on kiinteä, jonka sisällä pyörii toinen kierukka epäkeskeisesti. Sillä on hiljainen käyntiääni. Scroll-kompressoreissa ei ole venttiilejä ja niillä saavutetaan lähes 100 % tehokkuus kaasun tilavuuden siirrossa, säästäten energiaa. Muissa kompressorityypeissä joissa on liikkuvia mäntiä, ei tämä tehokkuus ole teknisesti mahdollista. [11.]

Energiansäästörintama on tuottanut sellaisia kierukkakompressoreita, joiden sähkön ottotehoa voidaan moduloida toimimaan osatehoillaan paremmin. Tässä on kolme tekniikkaa kehitysjärjestyksessä lueteltuna vanhimmasta tuoreimpaan: kuuman kaasun ohitus kahdella kompressorilla, invertterit, sekä digitaaliohjatut kompressorit. Energiansäästöä syntyy siitä, että osapuristustehoillaan sähköä kuluu kompressorissa suhteessa vähemmän kuin mitä puristustyön lopputuotetta kuumakaasua virtaa prosessista ulos. [11.]

Kuuman kaasun ohitustekniikassa saadaan säätöportaita neljä kappaletta: 44 %, 50 %, 88 %, 100 %. Invertterissä kierukkakompressorin kierrosnopeutta säädellään ohjaus-elektronikan avulla portaattomasti alueella 40 - 100 %. 40 % alueella on ympäristömelu myös alhainen. Digitaaliohjatuisissa kompressoreissa moduloidaan suoritettavaa puristustyötä päälle ja pois digitaalisesti antamalla kahden toisiaan vasten puristuneen kierukan hieman liikkua irti toisistaan. Puristuskammiot vuotavat läpi lepotilassa, eikä uutta puristustyötä synny, kompressorit jatkaa pyörimistään täydellä nopeudella ilman vastusta. Antotehoja voidaan säätää portaattomasti alueella 10 - 100 %. [11.]

#### 4.1.2 Asuinrakennusten lämmönlähteenä

Auringonsäteilyn teho maapallolle ilmakehän ulkopuolella on melkein  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , ja ilmakehästä johtuen on se maanpinnalla enää  $0.8 \text{ kW/m}^2$ . Aurinkoenergiaa kerääntyy ilmaan, maahan ja veteen. Tätä energiaa ja osittain myös maan sisäosan omaa geotermistä energiaa voidaan lämpöpumpulla hyödyntää rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen.

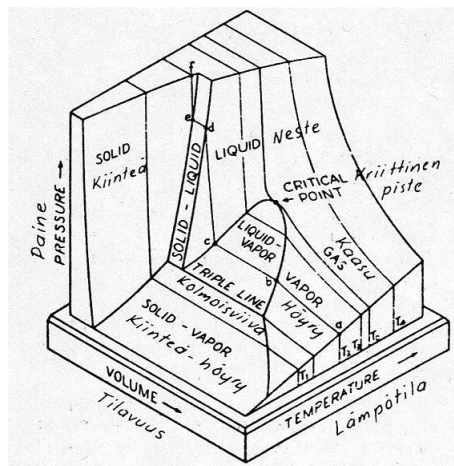
Aurinkoenergiaa pidetään tällä hetkellä yhtenä mahdollisena ratkaisuna globaalin energiantarpeen tuottamiseen maapallolla.

Asuinkerrostalon poistoilman mukana poistuu jätelämpöä joka kasvattaa rakennuksen energiankulutusta. Poistoilmalämpöpumppu hyödyntää rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman jätelämpöä. Sisäilmastovaatimukset edellyttävät että asuntojen ulkoilma lämmitetään oleskelutiloihin sopivan lämpöiseksi. Lämmitys tehdään ostoenergialla, 1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostalojen osalta lähinnä kaukolämmöllä. Hyötykäyttöön kerättävästä lämpöenergiasta ovat asukkaat jo kertaalleen maksaneet, poiketen muiden lämpöpumppujen lähteiden energiasta, joka on ilmaista, vaikka kerääminen ei sitä olekaan.

Asuinkerrostalossa, jossa on koneellinen poistoilmavaihtojärjestelmä, saadaan poistoilmalämpöpumpulla jätelämpöä tarkemmin poistoilmasta talteen kuin pientalon tulo- ja poistoilmavaihtokojeen regeneratiivisen tai levylämmönsiirtimen avulla. Lämpöpumpua on taloudellista käyttää koska lauhtumuksesta luovutettu lämpömäärä on suurempi kuin prosessin ylläpitämiseen käytetty energia. [25.]

#### 4.1.3 Lämpöpumpun termodynamiikka

Lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen ominaisuuksia voidaan kuvata pVT-tilapiirroksella, joka saadaan vain kokeellisesti tai molekyyli-teorian avulla [26]. Esimerkkitalon poistoilmalämpöpumpussa on kylmäaineena käytetty R407C.



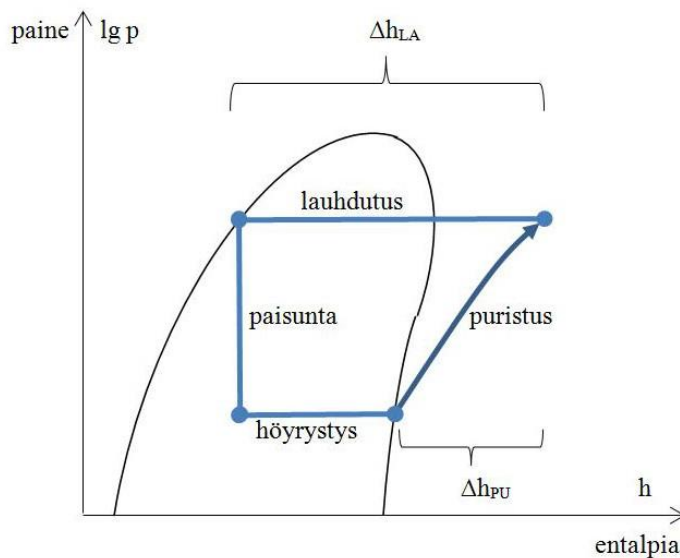
Kuva 18. Esimerkki kylmäaineen pVT-tilapiirroksesta [26, s.28].

Lämpöpumpun toimintaa, sen prosessin eri vaiheita ja tehtyä työtä, voidaan kuvata paine-entalpia piirroksella. Entalpia on termodynamiikan tilasuure, joka kuvaa sisäenergiaa ja prosessissa tehdyn työn kokonaisuutta.

Termodynamiikassa lämpöpumpun kierto-prosessia kutsutaan käänteiseksi Carnot-prosessiksi [26]. Sisäenergiaa tarkastellaan makroskooppisella tasolla, ja lähinnä termistä energiaa, jolla on läheinen yhteys lämpötilaan. Sisäenergian komponenteiksi voidaan luokitella myös molekyylien pyörimis- ja suoraviivainen liike sekä värähtely, elektronien ja alkeishiukkasten spin, sähkömagneettisten kenttien sidokset.

#### 4.1.4 Lämpökerroin COP

Poistoilmalämpöpumpun tehokkuudesta kertoo sen lämpökerroin COP (Coefficient Of Performance) [11]. COP-arvo on hyötysuhde, joka kertoo kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi. Entalpi-an avulla on helppo laskea lämpöpumpun lämpökerroin.



Kuva 19. Lämpöpumpun paine-entalpia piirros, lämpökerroin  $\varepsilon = \frac{\Delta h_{la}}{\Delta h_{pu}}$  [26, s.206].

Lämpöpumpun kierto-prosessissa syntyy sähköisiä, mekaanisia ja termisiä häviöitä. Häviöttömässä prosessissa saadaan lämpöpumpun tehokertoimeksi [25]:

$$\varepsilon = \frac{Q}{E} = \frac{T_{la}}{T_{la} - T_{hö}}$$

$Q$ , lauhduttimessa luovutettu lämpöenergia

$E$ , prosessin ylläpitämiseen käytetty energia

$T_{la}$ , lämpötila lauhduttimessa (K)

$T_{hö}$ , lämpötila höyrystimessä (K)

Yhtälöstä nähdään lämpöpumpun edullisin käyttöalue. Tehokerroin kasvaa kun voidaan käyttää matalampaa lämpötilaa lauhduttimessa, esimerkiksi lattialämmityksen yhteydessä, sekä kasvaa silloin kun poistoilman lämpötila on korkea.

Kokemusperäisen tiedon perusteella, häviöt huomioon ottaen, saadaan lämpöpumpun lämpökertoimeksi suunnilleen [26, s.206]:

$$\varepsilon \approx 0.45 \cdot \frac{T_{la}}{T_{la} - T_{hö}} + 0.25$$

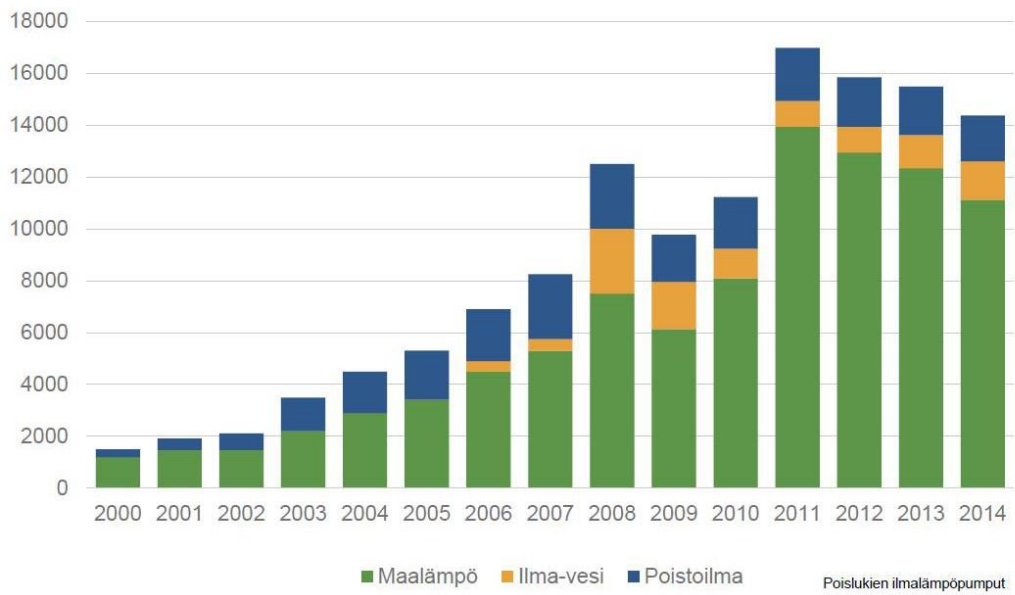
Ilmalämpöpumpuilla COP-arvo mitataan aina +7 °C ulkolämpötilassa, eikä siitä yksistään voida päätellä laitteen energiataloutta paikkakunnan mitoitusulkolämpötilassa. Ilmalämpöpumpuilla käytetään myös lämmityskauden lämpökerrointa, SCOP, sekä jäädytykseen kylmäkertoimia EER (Energy Efficiency Ratio) ja SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio).

Poistoilmalämpöpumpuilla COP-arvo vaihtelee siis poistoilman lämpötilasta ja kosteudesta, sekä lämmöntalteenottoverkoston lämpötiloista johtuen.

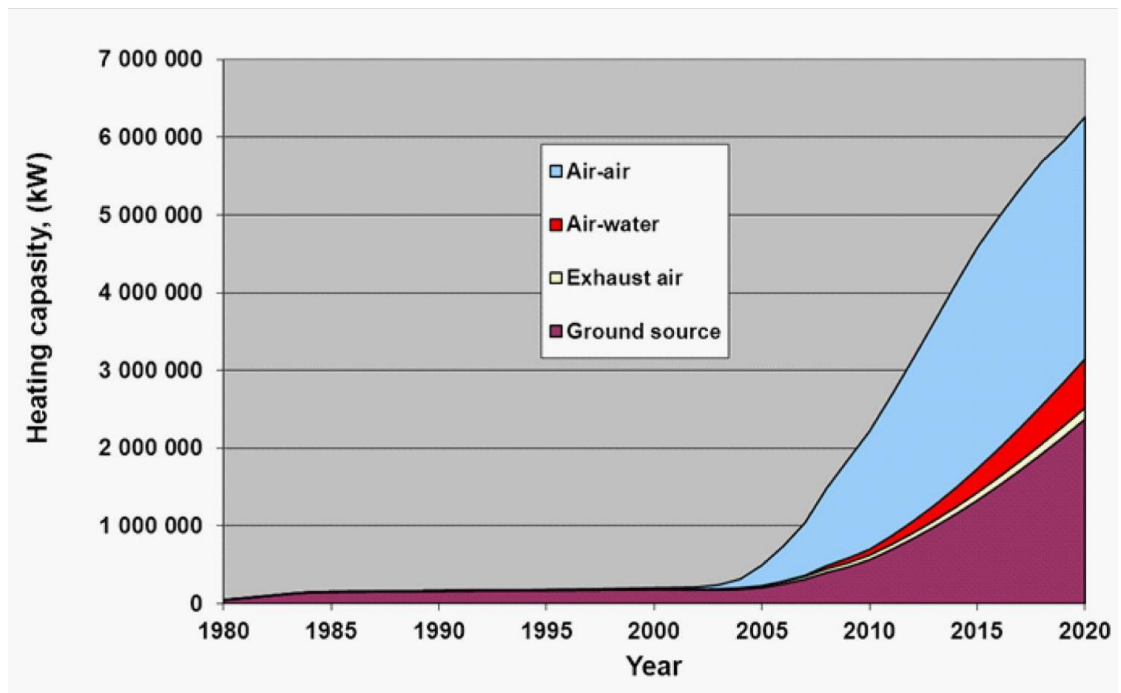
Esimerkkikohteessa, jossa poistoilman mitoituslämpötila on 21 °C ja sen kosteus 30 % rH, sekä lämmöntalteenottoverkoston lämpötilat ovat 45/40 °C, on poistoilmalämpöpumpun COP-arvo valmistajan mukaan noin 4, ilmanvaihdon ollessa normaali-käytössä ilmamäärällä 1.6 m<sup>3</sup>/s, ja COP-arvo noin 3.7 ilmanvaihdon ollessa tehostuskäytössä ilmamäärällä 3.2 m<sup>3</sup>/s. COP-arvolla 4 saadaan poistoilmalämpöpumpusta lämpötehoa siirrettyä 1 kW sähkökulutuksella 4 kW lämmöntalteenottoverkkoon. Tässä valmistajan antamassa COP-arvossa ei ole huomioitu lämmöntalteenottoverkoston kiertovesipumpun kuluttamaa sähkö-energiaa, eikä laskettu mukaan poistoilmalämpöpumpun poistopuhaltimen kuluttamaa sähköenergiaa. Liitteessä 5 on esitetty laitevalmistajan taulukko eri COP-arvoista poistoilman lämpötilan ja kosteuden sekä lämmöntalteenottoverkoston lämpötilan suhteessa.

Lämpöpumpun SPF-luku ottaa huomioon mahdollisiin sulatusjaksoihin kuluvaan energian sekä lämpöpumpun säätölaitteiden ja puhaltimen sähkökulutuksen standardin SFS EN 14511-3 mukaan.

## 4.2 Lämpöpumput Suomessa



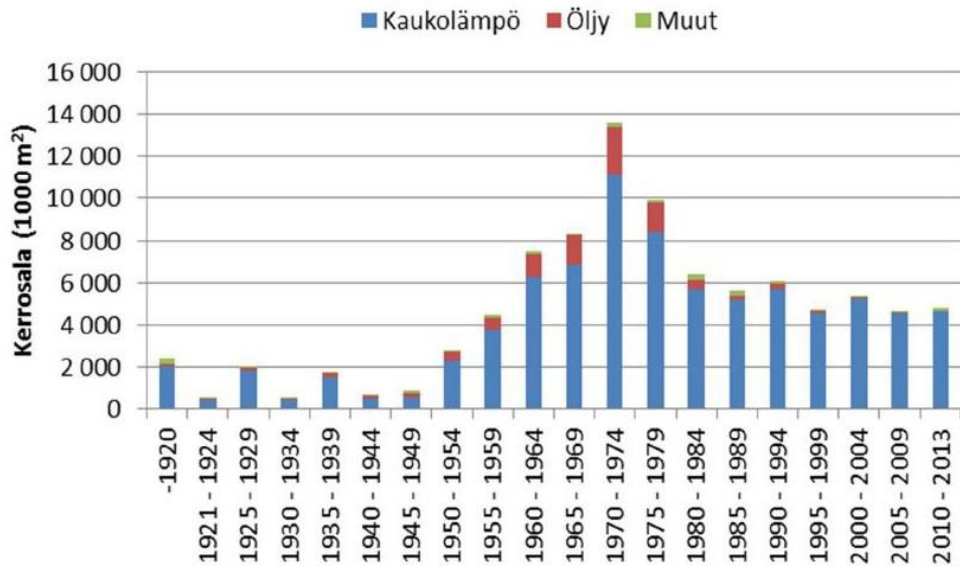
Kuva 20. Vesikiertoiset lämpöpumpputjärjestelmät Suomessa [27].



Kuva 21. Lämpöpumpputkapasiteetin kehityssuunnuste Suomessa [13].

### 4.3 Asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumppu ja kaukolämmitys

#### 4.3.1 Asuinkerrostalojen kaukolämmityksen kehitys

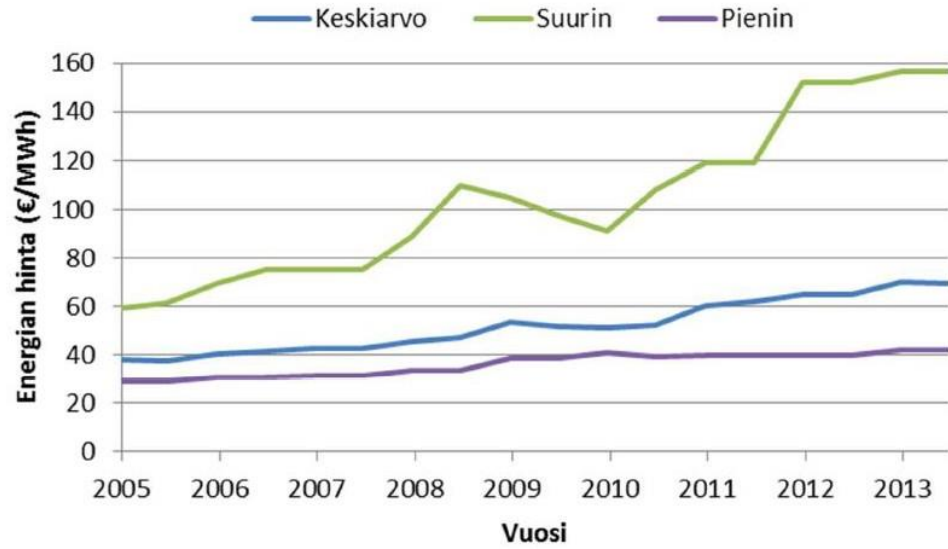


Kuva 22. Suomen asuinkerrostalojen kerrosala lämmitystavoittain ja rakennusvuosittain. Tilastokeskus 2014 [28].

#### 4.3.2 Kaukolämmön hintakehitys

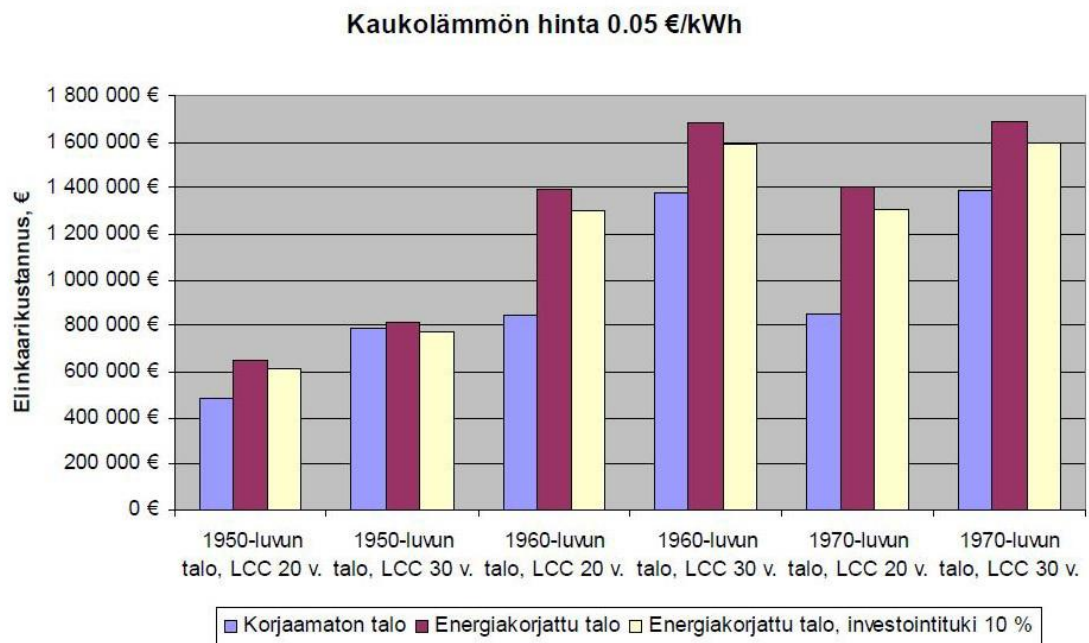


Kuva 23. Kaukolämmön reaalihinnan kehitys vuosina 1981–2005. Elinkustannusindeksillä korjattuna 1.1.1981 =100. Hintamuutoksissa on huomioitu veron muutokset. [7.]



Kuva 24. Kaukolämmön hintakehitys Suomessa [28].

#### 4.3.3 Poistoilmalämpöpumput kaukolämmön myyjän näkökulmasta



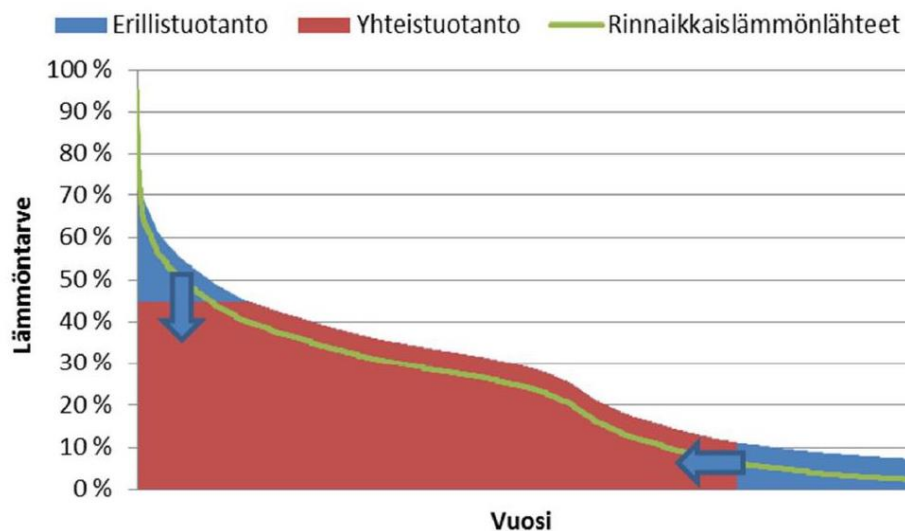
Kuva 25. Elinkaarikustannukset energian nykyhinnalla [7].



Taulukko 8. Mittaustietoa asuinrakennusten PILP-järjestelmien säästöpotentiaalista [28].

Jyväskylä	Lahti	Lahti	Tampere	Jyväskylä	Jyväskylä	Jyväskylä	
1971	1972	1967	1971	1974	1971	1974	rak.vuosi
		8	6			4	4 krs
	33	60	60			26	huoneistoa
10000	7500	16100	14000	15000	15000	9500	m <sup>3</sup> rakennustilavuus
440	370	560	500	380	730	280	MWh Kaukolämmön kulutus ennen PILP
190	230	220	340	220	315	110	MWh Kaukolämmön kulutuksen vähenemä
43	61	39	68	57	43	39	% Kaukolämmön kulutuksen vähenemä
19	31	14	24	15	21	12	kWh/rak-m <sup>3</sup> Kaukolämmön vähenemä rakennustilavuutta kohti
27	39	68	7	42	60	60	MWh PILP kompressorin sähkönkulutus
3,4	3,5	2,7	3,7	4,2	3,8	3,6	COP

Kaukolämpöyhtiöiden liiketoiminnan kannattavuuteen vaikuttavat asuinrakennusten poistoilmalämpöpumppujärjestelmät negatiivisesti. Lämpöä myydään tällöin vähemmän ja tarvittavan lämmöntuotannon ajalliset muutokset ovat epäsuosiollisia. Poistoilmalämpöpumpun käyttö lisää lämmön erillistuotannon osuutta, ja se myös vähentää kaukolämmön huipun käyttöaika yhteistuotannolta (kuva 26).



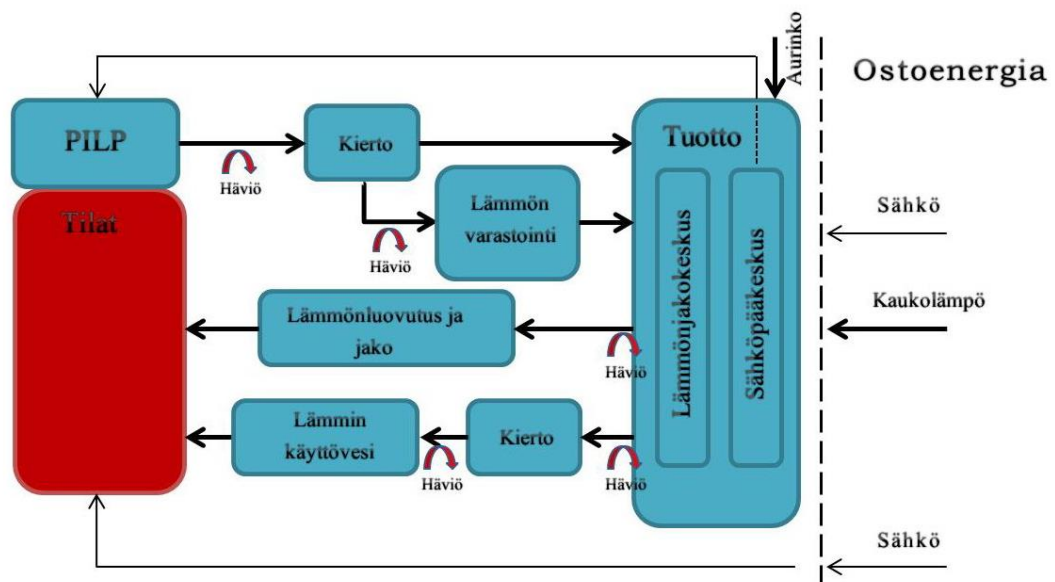
Kuva 26. Kaukolämmön tuotantomuotojen osuudet pysyvyyskäyrän muodossa [28]. Nuoliilla esitetty PILP-järjestelmien aiheuttamat muutokset.

Poistoilmalämpöpumppujärjestelmien vaikutus kaukolämpöverkkoihin tapahtuu kahdella eri tavalla; kaukolämmön kulutus pienenee sekä kaukolämmön paluulämpötila nousee. Paluulämpötilan nousu pienentää jäähtymää ja vähentää sähköntuotantoa.

Mikäli poistoilmalämpöpumpujen osuus tulevaisuudessa kasvaa merkittävästi, niin kaukolämmön kulutuksen mukaan mitoitettujen yhteistuotantolaitosten kannattavuus on vaarassa, jolloin erillistuotanto voi kokonaan korvata yhteistuotannon. Korkeammat kaukolämpöverkon paluulämpötilat ovat ongelmallisia myös tuotantolaitosten savukaasun lämmön talteenotolle, ja samalla kasvavat myös kaukolämpöverkon lämpöhäviöt.

Asuinrakennuksessa ennen poistoilmalämpöpumpua, alkoi kaukolämmön kulutus kasvaa ulkolämpötilavälillä 10 - 20 °C. Poistoilmalämpöpumpun asennusten jälkeen alkaa tämä nousu välillä 0 - 10 °C, yleisesti lähempänä 0 °C. Tässä käänneasteessa järjestelmän tuoma lämmitysenergian säästö on myös suurimmillaan. [28.]

#### 4.4 Asuinrakennuksen energianhallinta

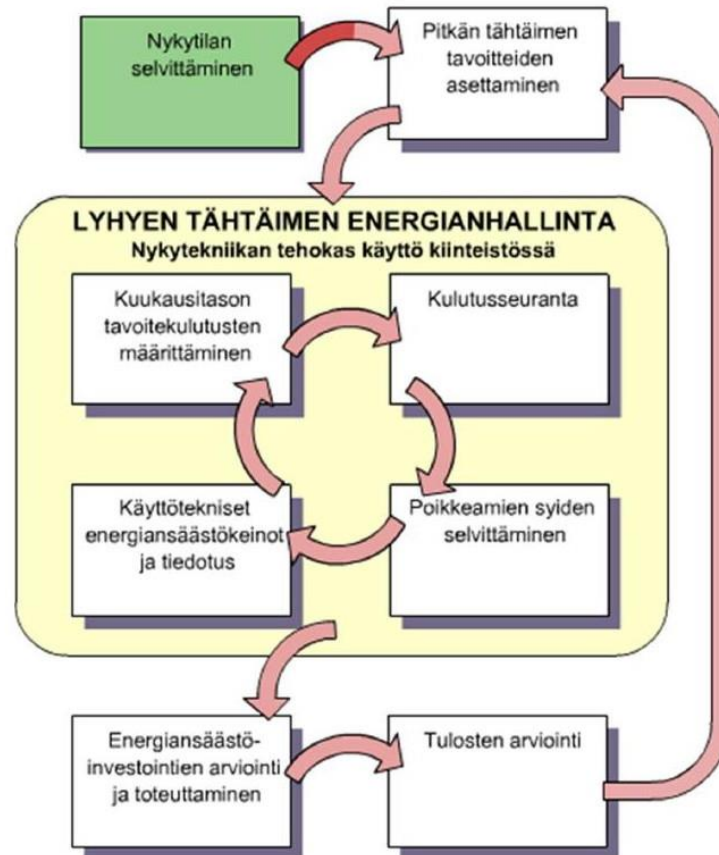


Kuva 27. Asuinkeuhastalon energiatase poistoilmalämpöpumpulla.  
Muokattu lähdeä [18. Kuva 6.1.]

Energiataseessa on ostettu energia mitattavissa ja lämpöhäviöt sekä auringon säteily laskettavissa. Erot tulevissa ja lähteissä energiavirroissa on merkki siitä että rakennuksen toiminnassa voi olla puutteita, jotka tulisi selvittää.

Mikäli mitatun ja sääkorjauksella lasketun energiankulutuksen ero on jatkuvasti 5 - 10 %:n välillä, voidaan rakennuksen energiatehokkuuden tarkkuus todeta suunnitelmien mukaiseksi.

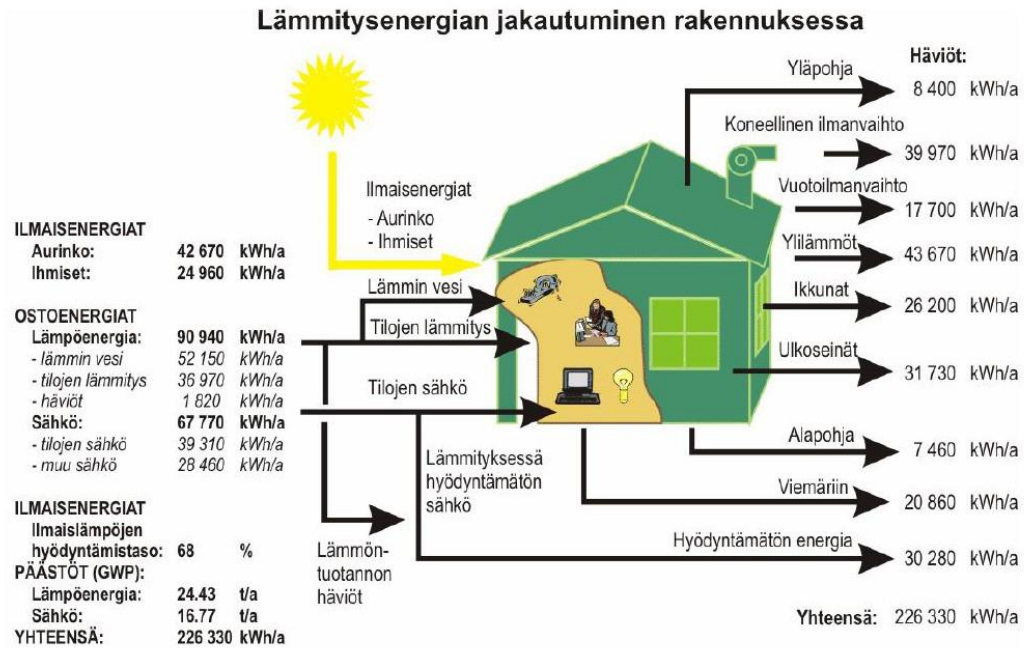
Energiansäästön edellytyksenä on että energiankulutusta ja olosuhteita seurataan. Seurannan avulla päästään helpommin puuttumaan ongelmakohtiin ja selvittämään ne.



Kuva 28. Asuinrakennuksen energiahallinnan tasot [23].

Luotettavan analyysin ja toimivuuden kannalta tulee mittausten olla riittävän yksityiskohtaisia. Mittaukset voidaan luokitella jatkuviin rekisteröiviin mittauksiin tai sitten kertamittauksiin. Rekisteröiviä mittauksia tulisi olla riittävästi toimivuuden kannalta.

Rakennuksen energiatase esittää toiminnan kannalta tehokkaasti sisälle tulevat energiat ja häviöenergiat, ja mittaukset tulisi suunnitella siten että ne saadaan mitattua. Kuvassa 29 on esimerkki kerrostalon laskennallisesta energiataseesta vuositasona.



Kuva 29. Esimerkki kerrostalon energiataaseesta vuositasolla [24].

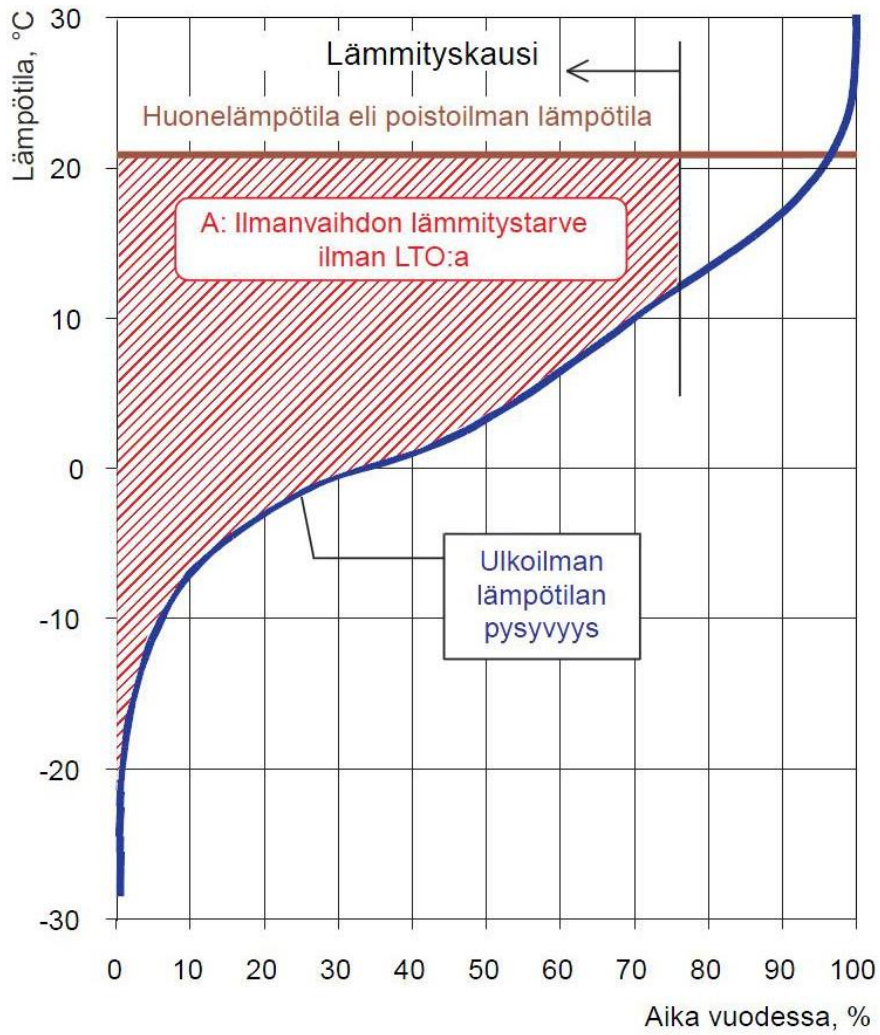
Energiatasehokkuuden kannalta ovat keskeisiä lämmön ja sähkön energiamittausten jaottelu alamittauksiin. Mittausmerkinnöissä tarkoittaa (v) välttämätöntä ja (h) hyödyllistä.

Lämmityksen osalta: huonetilat (h), käyttövesi (h), ilmanvaihto (h).

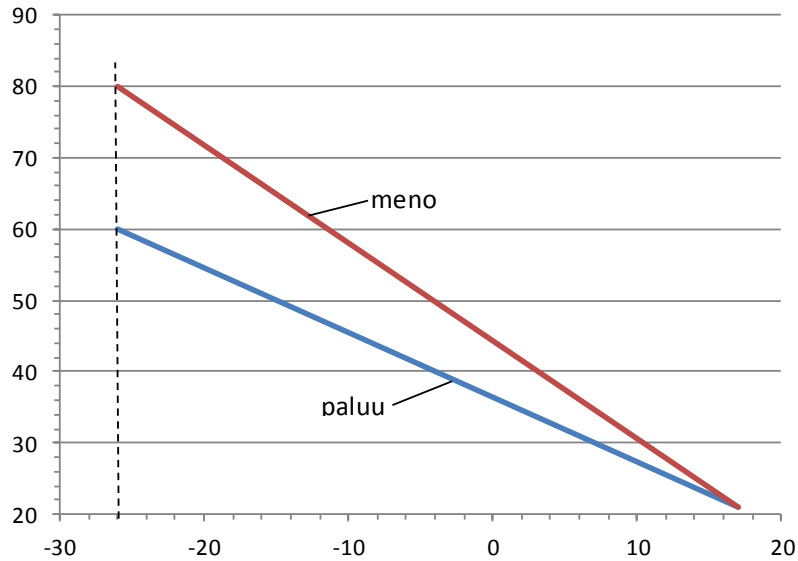
Lämpötilamittausten osalta: ulkoilman lämpötila (v), poistoilman lämpötila ennen ja jälkeen lämmön talteenoton (v), keskeisten tai kriittisten tilojen sisälämpötilat (v).

Sähkön osalta: LVI-sähkö (h), lämpöpumpun ja lämmöntalteenottoverkoston kierto-vesipumpun sähkö (v), jäähdytyskoneiden sähkö (h), valaistussähkö (v/h), muu kiinteistö-sähkö (h).

Puhaltimien, joiden tilavuusvirta vaihtelee, on sähköteho mitattava tilavuusvirran funktiona, jotta saataisiin kuva puhaltimien toiminnasta, ja tietoa siitä onko ilmanvaihtokanavisto oikein mitoitettu. Niiden puhaltimien käyntiajat, jotka eivät ole jatkuvasti käytössä, tulisi aina rekisteröidä, kuten esimerkiksi allastilan poistopuhaltimen käyntiajat.

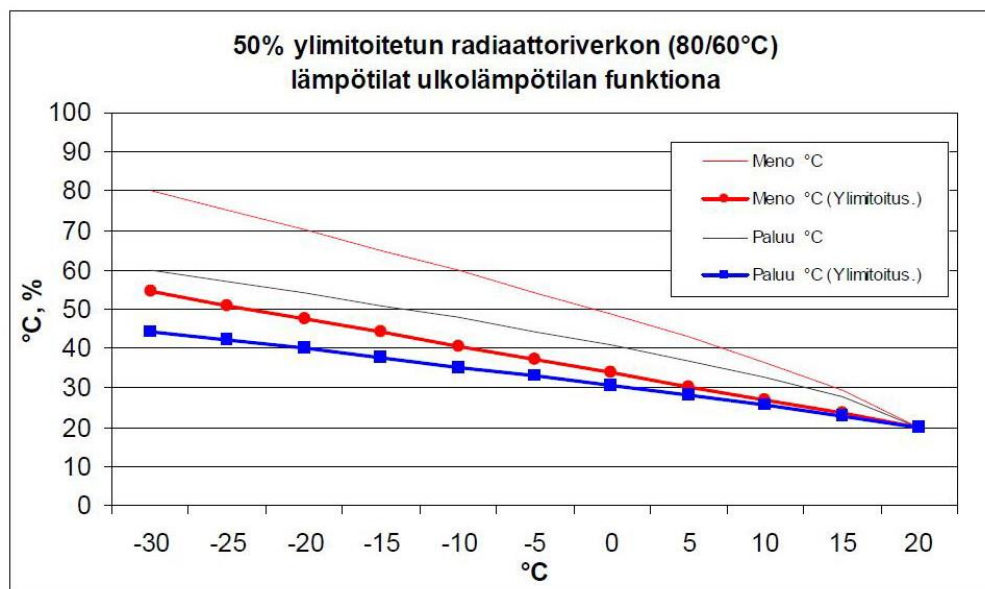


Kuva 30. Ulkoilman ja sisäilman välinen viivoitettu alue (A) on ilmanvaihdon vuotuinen lämmitystarve, ilman lämmöntalteenottoa. Lämmityskausi päättyy kun ulkoilma lämpötila ylittää 12 °C. [29.]



Kuva 31. Lämmitysverkoston meno- ja paluuvien lämpötilan riippuvuus ulkolämpötilasta.

Radiaattoriverkon paluulämpötila laskee energiakorjausten yhteydessä, koska radiaattoriverkon tasapainotus ja kosteiden tilojen varustaminen lattialämmityksellä pienentää lämmitystehontarvetta. Radiaattoriverkon ollessa jo suunnitteluvaiheessa +20...+30 % ylimitoitettu, niin energiakorjausten myötä vanhojen rakennusten lämmitystehontarve pienenee vähintään 30 %.



Kuva 32. Lämmöntarpeeseen nähden 50 % ylisuuren radiaattoripinta-alan mahdollistama menoveden lämpötilakäyrä ja vastaava paluulämpötila [30. s.8].

Kun poistoilmalämpöpumpulta tulevan veden lämpötila on esimerkkitapauksessa 45 °C, on se sama kuin energiasaneerauksen jälkeisen radiaattoriverkoston paluulämpötila mitoitusulkolämpötilassa, ja poistoilmalämpöpumpun lauhdutinlämpöä saadaan käytettyä esimerkkikohteen rakennuksen lämmitykseen melkein mitoittavaan ulkolämpötilaan -26 °C saakka. Ilman energiasaneerausta, lämmitysverkoston paluueden mitoituslämpötilalla 60 °C, joudutaan lisälämmittämään kaukolämmöllä jo -5 °C ulkolämpötilassa.

#### 4.5 Energia-avustukset

Asuinkerrostalon energiatalouden parantamiseen on saatavana energia-avustusta. Se edellyttää energiakatselmusta tai avustuksen myöntäjän hyväksymää energiataloudellista tarkastelua. Erilliseen energiakatselmukseen voidaan myöntää avustusta, jonka suuruus perustuu asuinrakennuksen huoneistoalaan, ja se voi olla enintään 40 % katselmuksen kokonaiskustannuksista.

Avustusmääristä sekä hyväksyttävistä toimenpiteistä löytyy tarkempaa tietoa ympäristöministeriön asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen ARA:n internetsivuilta, sekä sivulta: <http://www.taloyhtio.net/hoku/energia/avustukset/>. Kyseisiltä sivuilta löytyy lisätietoa siitä, mitä avustuksia on mahdollisuus hakea. Avustuksia voidaan hakea mm. rakennuksen ulkovaipan ikkunoiden uusimiseen ja kunnostukseen sekä lisälasiensaennukseen tai etuikkunoiden asentamiseen, ulkoseinän lisäeristämiseen ulkopuolelta, yläpohjan yläpuoliseen lisäeristämiseen, ilmanvaihdon perussäätöön, korvausilma- ja poistoilmaventtiilien asennukseen ikkunoiden uusinnan tai ulkoseinän lisäeristämisen yhteydessä, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentamiseen, kauko- tai aluelämmityksen liittymiin, kaukolämmön lämmönjakokeskuksen uusimiseen, huoneistokohtaisten vesimittareiden asentamiseen, lämmitysverkoston perussäätöön, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusimiseen.

## 4.6 Poistoilmalämpöpumpun suunnittelu

### 4.6.1 Korjaustoimenpiteiden kokonaisuus

Lähtökohtaisesti tehdään energiatehokkuuteen vaikuttavia korjaustoimenpiteitä muista syistä tehtävien korjaustoimenpiteiden yhteydessä, kuten esimerkiksi vaurion tai käyttöiän päättymisen vuoksi. Toimenpiteet joilla parannetaan energiatehokkuutta merkittävästi liittyvät rakennuksen ulkovaippaan ja ilmanvaihtoon tehtäviin muutoksiin. Asuinrakennuksen ollessa varustettu koneellisella poistoilmanvaihdolla, parantaa ilmanvaihdon peruskorjaus sisäilman laatua ja pienentää energiankulutusta, nostaa asumisen laatutasoa. Samanaikaisesti on edullista toteuttaa linjasaneeraus.

Eri korjausvaihtoehdoin on mahdollista saavuttaa eri energialuokkien lämmön vuosikulutukset, F-tason ollessa 200 kWh/huone-m<sup>2</sup>, B-tason 100 kWh/huone-m<sup>2</sup> ja A-tason 50 kWh/huone-m<sup>2</sup> [4].

Melko usein on 1970-luvun asuinkeuhkotalon asuntojen ilmanvaihtolaitteille jo tehty kuntokatselmus. Mikäli ei ole, niin se on tehtävä tässä yhteydessä. Vanhojen poistoilmaventtiileihin soveltuvuus nykykäyttöön, kuten esim. ääniominaisuudet tai paloluokka, tulee varmistaa. Mikäli halutaan parantaa äänenvaimennusta, on alkuperäisten poistoilmaventtiilien vaihto uusiin edullisempaa.

Ilmanvaihdon uusimisen avulla paranevat asuinrakennuksen sisäilmasto, mutta haluttua energiansäästöä ei aina saavuteta, koska korjaamattoman asuinrakennuksen ilmanvaihto on normitasoa heikompaa korjattuun rakennukseen verrattuna. Terveellinen sisäilmasto edellyttää ilmanvaihdon oikeaa mitoitusastetta.

Huomioitaessa energiankulutuksen aleneminen, hiilijalanjäljen pienentäminen, investointikustannusten nousu, elinkaarikustannussäästöt sekä jälleenmyyntiarvon kohottaminen, samalla kun mietitään julkisivun purkamista ja uusimista edullisimmalla tavalla, on paras vaihtoehto eristepaksuuden optimaalinen valinta.

Vanhan huippuimurin tai hihnakäyttöisen kammiopuhaltimen keskimääräinen tekninen käyttöikä on noin 25 vuotta laitteen ollessa jatkuvasti käytössä. Käyttöikä on 25 vuotta myös uuden poistoilmalämpöpumpun poistopuhaltimelle, ja 15 vuotta sen kompressorikoneikolle. [31.]

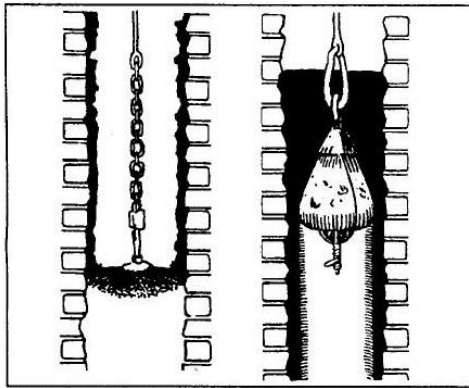


Kun julkisivuremontin yhteydessä on tarkoitus puolittaa ulkoseinän lämmönläpäisykerroin eli U-arvo, tarkoittaa se sitä että 1970-luvun asuinkerrostalon alkuperäisen seinän U-arvo  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  pienenee arvoon  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kun ikkunat vaihdetaan uusiin, merkitsee se U-arvoissa muutosta  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  arvoon  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Asuinkerrostaloissa yläpohjan lisälämmöneristäminen ei ole tavoitteen saavuttamiseksi välttämätöntä. Sen vaikutus on noin 2 %, mutta vesikatekorjausten yhteydessä lisäeristäminen on luonnollisesti mielekästä.

Linjasaneerausten yhteydessä uusitaan vesi- ja viemäriputket, vaihdetaan hanat vettä säästäviin vesikalusteisiin ja alennetaan vesijohtopainetta. Tällöin on arvioitu lämpimään veteen kohdistuvan energiankulutuksen pienenevän 25 %. Talotekniikan suunnittelijan tulee aina varmistaa ylimmän kerroksen vesijohtopaine, korkeiden asuinkerrostalojen osalta.

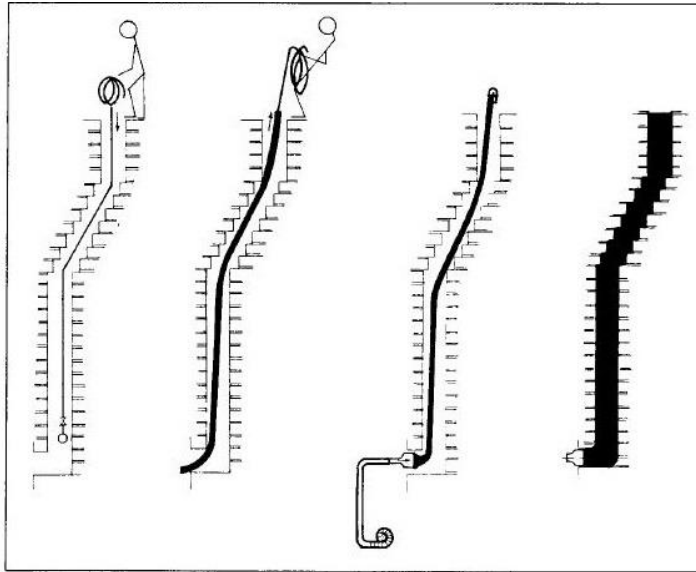
Olemassa olevaa ilmanvaihdon hormisto on oltava riittävän tiivis, jotta asuntojen välillä ei siirtyisi epäpuhtauksia, ja saataisiin poistoilmaventtiileistä oikea poistoilmavirta eikä tuhlattaisi energiaa vuotoilmavirtoihin.



Mitä hormin sisällä tapahtuu? Ensin hormin sisäpinta puhdistetaan huolellisesti nuohouksesta tutuilla välineillä. Sitten hormin pintaan vedetään juuttikan-  
kaalla päällystetyllä teräsharjalla laastia, joka tiivistää hormin halkeamat ja pinnoittaa rapautuneet seinämät sileiksi.

Kuva 33. Esimerkki vanhan ilmanvaihtohormin massauksesta [21].

Massauksella (käytetään myös nimitystä betonointitekniikka tai Schädler-menetelmä) tiivistetään tiilestä ja sementtiharkoista muuratut tai betonista valetut ilmanvaihtohormit.



Vuorausletku katkaistaan sopivan pituiseksi. Jos kanava on epätasainen tai siinä on mutkia, varustetaan letku suojasukalla niin, ettei se vahingoitu sisään vedettäessä.

Vetonaru viedään kanavaan esim. painon avulla.

Vuorausletku ja siinä mahdollisesti oleva suojasukka kiinnitetään vetonaruun, ja se vedetään kanavan läpi niin, että molemmat päät jätetään hieman näkyviin.

Mahdollinen suojasukka vedetään pois.

Vuorausletkun toinen pää tiivistetään. Toiseen päähän kiinnitetään suukappale. Ilmakompressorilla puhalletaan letku niin täyteen että vuoraus täydellisesti seuraa kanavan pintaa.

Tiivistys ja suukappale poistetaan, ja letkun päät leikataan tasaisiksi. Letkun päät varmistetaan.

Ulosjohtavaan suorakaiteenmuotoisen kanavan päähän asennetaan sinkitetystä tai ruostumattomasta teräspeltistä tehty joustava kehys.

Pyöreään kanava-aukkoon kiinnitetään letkun kiristäjä.

Kuva 34. Esimerkki hormin tiivistämisestä sujutusmenetelmällä [21].

Sujutusmenetelmällä ilmanvaihtokanava vuorataan sisäpuolelta taipuisalla alumiinifoliolla. Sitä kutsutaan myös ALFO-menetelmäksi, ja sillä voi tiivistää muuratut, teräspelti-, betoni-, kipsi- ja asbestikanavat.

Vuoden 2020 jälkeen tehtävissä ilmanvaihtoremonteissa tulee ilmanvaihtoon aina lämmöntalteenotto [32].

#### 4.6.2 Suunnittelun aloitus

Tarvittavat pohjapiirustukset, leikkaukset ja asemapiirros tulee saattaa sähköiseen muotoon talotekniikan suunnitteluohjelmia varten. Alkuperäiset kytkentäkaaviot ja kojeuettelot uusitaan, mikäli niihin on tulossa muutoksia.

Käyttöveden ja lämmitysverkoston mitoitus tilanne, lämpötilat, mitoitusvirtaamien suuruusluokat lämmönsiirtimissä ja pumpeissa, tulee aina tarkistaa riippumatta siitä tehdäänkö muutoksia lämmitys- tai käyttövesiverkostoihin. Mikäli muutoksia ei verkostoihin tehdä, tulee poikkeavuudet mitoitus tilanteesta olla kiinteistön isännöitsijän tiedossa.

Tarkistuslistalle tulee olla ilmanvaihtohormit ja -kanavat varusteineen. Niiden kunto ja tiiviys tulee selvillä, sekä mahdollinen puhdistustarve.

Kaikki vanhat käyttöön jäävät palopellit ja niiden paloluokka on esitettävä ilmanvaihtopiirustuksissa ja luetteloissa, myös tarvittaessa pelastussuunnitelmassa. Palopeltien sulakkeet tulee varmistaa; niiden kunto ja lämpötila. Käyttöön jäävien puhaltimien osalta turvakytkimien tarkastus ja tarvittaessa uusiminen.

Asuntojen ilmanvaihdon korvausilman saanti on varmistettava mitoitusilanteen mukaisesti. Oviraot tulee varmistaa; kunnostaa ja puuttuvia lisätä. Poistumistiet on pidettävä savuttomina palotilanteessa, ja parhaiten se onnistuu ylipaineistamalla porraskäytävä ja hissikuilu tuomalla sinne puhdasta ilmaa.

#### 4.6.3 Mitoitusilanne

1970-luvun asuinkerrostalon lämmönjakokeskuksen tekninen käyttöikä on jo kulunut umpeen [31]. Sen uusinnassa voidaan mitoitus-tehoja tarkastella käytetyn energiankulutuksen perusteella. Vanhat kaukolämpölaitteet ovat usein ylimitoitettuja, ja uudet tulee mitoittaa vastaamaan rakennuksen todellista lämmöntarvetta. Vanha asuinkerrostalo jossa on koneellinen poistoilmanvaihto, voidaan lämmönjakokeskuksen lämmityksen mitoitus-teho laskea seuraavalla kaavalla [34].

$$\Phi_{\text{mit}} = \frac{(Q - Q_{\text{lkv}}) \cdot (17^{\circ}\text{C} - t_u)}{24 \cdot S}$$

$\Phi_{\text{mit}}$ , lämmityksen mitoitus-teho (kW)

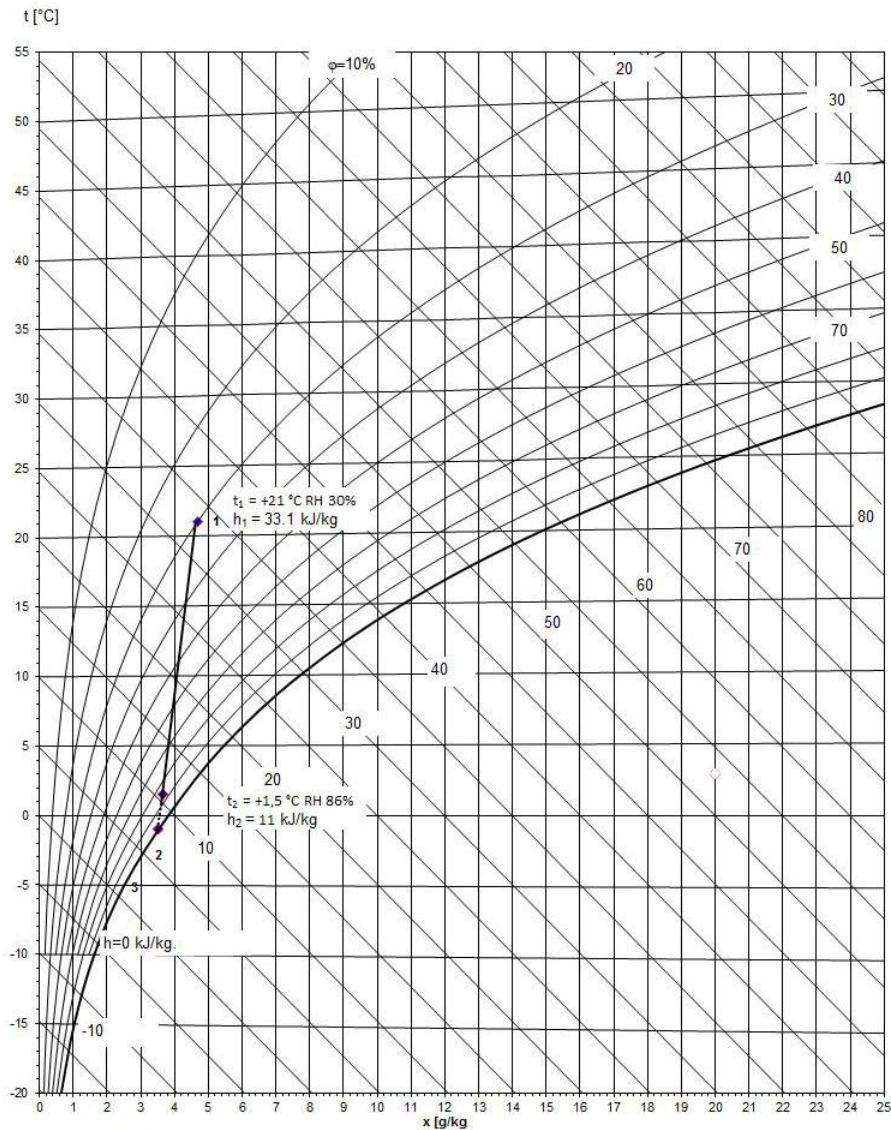
S, lämmitystarveluku tarkasteluaikana ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )

$t_u$ , paikkakunnan mitoitusulkolämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )

Q, lämmönjakokeskuksen energiankulutus tarkasteluaikana (MWh)

$Q_{\text{lkv}}$ , käyttöveden lämmittämiseen käytetty lämmitysenergia tarkasteluaikana (MWh)  
tarkasteluajan kulutus voidaan arvioida kesäkuukausien (kesä-, heinä-, elokuu) kulutusten perusteella.

Suomessa on käytetty vuoteen 1985 saakka mitoitusulkolämpötilaa joka perustui toiseksi kylmimpään kahden vuorokauden mittaisen jaksoon 60 vuoden aikana. Se oli esimerkkikohteessa ennen  $-28^{\circ}\text{C}$ , ja tänä päivänä  $-26^{\circ}\text{C}$ , kun käytetään mitoittavana ulkoilman lämpötilana säävyöhykkeen I lämpötilaa. [17, taulukko L2.1.]



Kuva 35. Mollier-diagrammi, ilmanpaine 101,3 kPa

Mollier-diagrammissa kuvaa piste 1 esimerkikohteena olevan asuinkerrostalon poistoilmaa ennen poistoilmalämpöpumpun höyrystintä. Poistoilman lämpötila on 21°C ja suhteellinen kosteus 30% (ja sen entalpia  $h_1 = 33.1$  kJ/kg). Diagrammissa piste 2 kuvaa poistoilmaa höyrystimen jälkeen. Ilman lämpötila on 1,5 °C ja suhteellinen kosteus 86% ( $h_2 = 11$  kJ/kg). Piste 3 kuvaa poistoilmalämpöpumpun höyrystimen pintalämpötilaa, lämpötila on -1°C ja suhteellinen kosteus 100%.

Ilmanvaihdon toimiessa normaalikäytössä on poistoilmavirta  $q = 1.7$  m<sup>3</sup>/s ja tehostuskäytössä  $q = 3.4$  m<sup>3</sup>/s. Ilmanvaihdon käyntiajat kesäaikana normaalikäytössä paitsi 'ma-pe' tehostuskäytössä ajalla 6 – 8, 11 – 13, 16 – 18, sekä 'la-su' tehostuskäytössä ajalla 11 – 13, 16 – 18. Talvisin (tu  $\leq -11$  °C) toimii ilmanvaihto normaalikäytössä.

Poistoilmasta höyrystimeen siirtynyt lämpöteho saadaan tunnetusti kertomalla massavirta entalpiamuutoksella.

$$\Phi = m \cdot (h_1 - h_2) = q \cdot \varphi \cdot (h_1 - h_2)$$

$$\varphi = 1.2 \text{ kg/m}^3, \text{ ilman tiheys}$$

$$\Phi = 3.4 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot (33.1 - 11) \text{ kJ/kg} = 90.2 \text{ kW (ilmanvaihto tehostuskäytössä)}$$

Poistoilmasta höyrystimeen luovutettu lämpömäärä vuorokaudessa saadaan laskettua seuraavalla kaavalla kun ulkolämpötila on yli  $-11^\circ\text{C}$  ja ilmanvaihto tehostuskäytössä.

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= Q_N + Q_T = \Phi_N \cdot 18 \text{ h} + \Phi_T \cdot 6 \text{ h} \\ &= (1.7 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 18 \text{ h} + 3.4 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 6 \text{ h}) \cdot 1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot (33.1 - 11) \text{ kJ/kg} \\ &= 1352.52 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Tulos on suuntaa antava, lämmöntalteenottosuunnittelijalle.

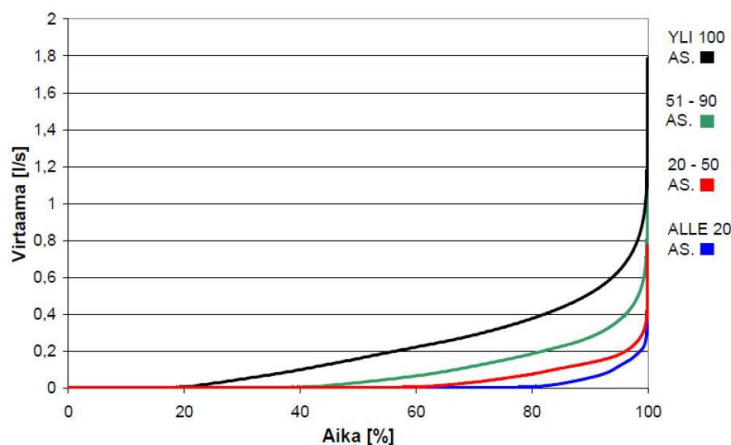
Standardin SFS-EN 15316-3-1:2007 mukainen lämpimän käyttöveden lämmitystarpeen laskentamenetelmä; Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia:

$$Q_w = 4.182 \cdot V_w \cdot (55 - 5) / 3.6 \text{ kWh / vuorokausi}$$

$V_w$  lämpimän käyttöveden kulutus,  $\text{m}^3$  / vuorokausi

Lämpimän käyttöveden lämpötila  $55^\circ\text{C}$ . Kylmän käyttöveden lämpötila  $5^\circ\text{C}$ .

Erikokoisten asuinrakennusten lämpimän käyttöveden käyttöä tutkivassa diplomityössä on keskikulutukseksi saatu  $57,9 \text{ dm}^3/\text{vrk}/\text{asukas}$ . Kuvassa 36 on esitetty erikokoisten kerrostaloasuntojen lämpimän käyttöveden tilavuusvirtojen käyttömäärien keskiarvoja. Asunnot ovat jaettu ryhmiin asuntomäärien perusteella. [33.]



Kuva 36. Lämpimän käyttöveden kiinteistökohtaisen virtaaman pysyvyyskäyrät asuntomäärien perusteella [33, s. 60].

Lämmöntalteenottoverkoston varaajan varauskyky mitoitetaan yleisesti vastaamaan vuorokauden kulutusta. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös varaajan lämpöhäviöt ja varaajan käyttöveden lämmitysverkoston lämpöhäviöt.

Esimerkkikohteessa on asuntoja 72 kpl, ja asukaslukumäärä on 140. Kun keskikulutus on arviolta  $57,9 \text{ dm}^3/\text{vrk}/\text{asukas}$ , tulee vuorokausikulutukseksi  $V_W = 57,9 \cdot 140 \text{ dm}^3 = 8\,106 \text{ dm}^3 = 8,1 \text{ m}^3$ .

Käyttöveden lämmitykseen tarvittava lämpöenergia on vuorokaudessa silloin

$$Q_w = 4,182 \cdot 8,1 \text{ m}^3 \cdot (55-5)/3,6 \text{ kWh / vrk} = 470,8 \text{ kWh / vrk}$$

Varaajasta ei kuitenkaan saada latauslämpötilaa  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  korkeampaan lämpötilaa käyttöön.

Kun kaukolämmön suosituskytkenässä (kuva 57, sivulla 64) on käyttöveden esilämmityssiirrin ennen lämmöntalteenoton siirrintä on käyttöveden lämpötila ennen siirrintä noin  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ja siirtimen jälkeen korkeintaan  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Varaajaan varastoitu lämpöenergia käyttöveden lämmitykseen on korkeintaan  $Q_{W,LTO-VAR} = 4,182 \cdot V_{LTO-VAR} \cdot (45-15)/3,6 \text{ kWh}$ .

Mikäli  $V_{LTO-VAR} = 1 \text{ m}^3$  niin  $Q_{W,LTO-VAR} = 282,5 \text{ kWh}$ , joka on 60 % käyttöveden lämmityksen vuorokausitarpeesta.

Kuitenkin käyttöveden lämmittämiseen tarvittava lämmönsiirrinteho on esimerkin mitoitusvirtaamalla  $418 \text{ kW}$  ( $= 4,182 \cdot 2 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot (55-5) \text{ kW}$ ). Lämpötila-alueella  $45 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$  on varaajan osuus siitä  $251 \text{ kW}$ .

Kaukolämmön käyttöveden lämmitysteho tulee mitoittaa teholle  $418 \text{ kW}$ , mutta lämmöntalteenoton laskelmissa on kaukolämmön osuus  $167 \text{ kW}$ , 40 % käyttöveden lämmitystehosta.

Käyttöveden lämmityksen vuorokausitarve on esimerkkikohteessa  $470,8 \text{ kWh}$ , josta kaukolämmön osuus 40 % on  $188,3 \text{ kWh}$  ja varaajan osuudeksi jää  $282,5 \text{ kWh}$ .

470,8 kWh vastaa lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamalla yhden tunnin ja kahdeksan minuutin (1,13 h) lämpimän käyttöveden kulutusta. Se on myös varaajan latauksen purkaus-aika.

$$282,5 \text{ kWh/var-m}^3 / 1,13 \text{ h} = 250,5 \text{ kW/var-m}^3$$

Varaajasta saatavan lämmöntalteenoton osuuden ollessa 251 kW, saadaan varaajan tilavuudeksi  $1 \text{ m}^3$  ( $=251/250,5 \text{ m}^3$ )

Varaajalaskelmista puuttuu varaajan ja putkiston lämpöhäviöt.  $1 \text{ m}^3$  lämpövaraajan (100 mm eristeellä) häviötehona voidaan pitää varastoinnin vuotuista häviötä 1100 kWh [18, taulukko 6.3b].

Varaajasta lämpimän käyttöveden esilämmitykseen tarkoitetun kiertovesipumpun sähköenergian kulutus voidaan laskea seuraavalla kaavalla [18, kaava 6.6].

$$W_{\text{lkv}} = P_{\text{lkv}} \cdot t_{\text{lkv}} \cdot 0.365$$

$W_{\text{lkv,pumppu}}$  kiertovesipumpun sähköenergian kulutus, kWh/a

$P_{\text{lkv,pumppu}}$  kiertovesipumpun sähkömoottorin ottoteho, W

$t_{\text{lkv,pumppu}}$  kiertovesipumpun käyttöaika, h/vrk.

Pumpun käyttöaikana  $t_{\text{lkv,pumppu}}$  käytetään arvoa 24h/vrk, ja  $P_{\text{lkv,pumppu}}$  arvona 200 W jokaista pumpun virtaaman  $\text{dm}^3/\text{s}$  kohti.

Vuorokautta kohti saadaan varaajan ja putkiston lämpöhäviöiksi sekä kiertovesipumpun sähköenergian kulutukseksi yhteensä noin 12 kWh, joka huomioidaan varaajan mitoituksessa mutta ei ole siinä merkittävä.

Varaajan vallinnassa on huomioitava sen varauskykyyn vaikuttava lämpötilojen kerrostuneisuus. Kahdella  $0,5 \text{ m}^3$  varaajalla ei saada niin paljon lämpöä purettua käyttöön kuin  $1 \text{ m}^3$  samanmuotoisella varaajalla. Myös suuri lämmöntalteenottoverkoston varaajan latausteho saattaa sekoittaa varaajan vettä tasalämpöisemmäksi ja huonontaa sen pyrkauskyyä.

Kun poistoilmalämpöpumpun maksimiteho on esimerkkikohteessa luokkaa 90 kW, jää varaajan purkaustehon osuudeksi kesäaikaan sekä lämmityskauden alkuihin ja loppuihin 161 kW (= 251 - 90 kW). varaajakooksi tulisi tällöin 0,64 m<sup>3</sup> (161/250,5 m<sup>3</sup>). Suurempi varaajakoko kasvattaa poistoilmalämpöpumpun kompressorien käyttöikä.



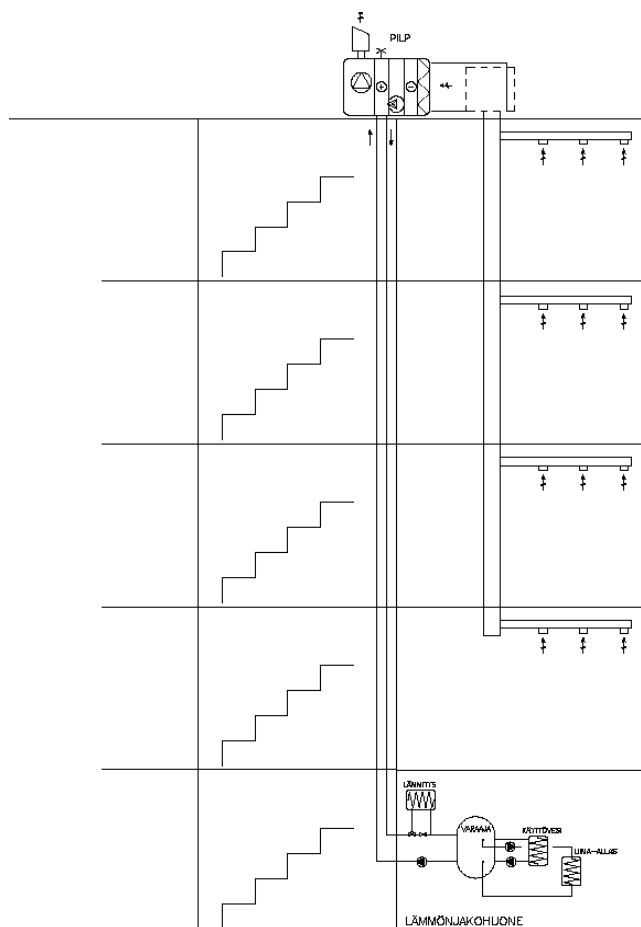
Kuva 37. 1 m<sup>3</sup> PILP-varaaja asuinkerrostalon lämmönjakohuoneessa.

Lämmityssiirtimien uusimisen yhteydessä tehdään lämmitysverkoston tasapainotus. Menoveden lämpötilan ja ulkolämpötilan tuntoelimien sijoitukset on syytä tarkistaa. Lämmitysverkoston tasapainon säilyttämiseksi tulee pumput mitoittaa todellisten toiminta-arvojen mukaan. Vanhojen pumppujen toiminta ja kunto pitää tarkastaa. Pumpun oikean virtaaman ja paine-eron aikaansaaminen oikealla mitoituksella on energiataloudellisempaa kuin kuristussäätö. Muutostyön yhteydessä tulee myös uusia lämpömittarit ja mittataskut sekä painemittarit sulkuineen.



Poistoilmalämpöpumpusta saatu hyötylämpöä käytetään ensisijaisesti rakennuksen lämmitykseen lämmityskaudella. Lämpöä siirretään rakennuksen lämmitysverkostoon lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimien avulla. Lämmityskauden ulkopuolella, sekä silloin kun lauhdutinlämpöä jää yli rakennuksen lämmityksestä, siirretään hyötylämpöä lämpövaraajaan, jota käytetään käyttöveden lämmitykseen sekä mahdolliseen muuhun kuten esimerkiksi uima-allasveden lämmitykseen. Uima-allasveden lämmitys sopii siihen hyvin sen ympärivuotisen lämmitystarpeen ja matalan lämpötilan johdosta.

Käyttöveden lämmitykseen saadaan lämpövaraajasta suurempia hetkellisiä tehoja käyttöön kuin lauhdelämpöä olisi hetkellisesti poistoilmalämpöpumpusta tarjolla. Vaikkakin lämpövaraajan purkausteho olisi suurempi hetkellisesti kuin käyttöveden lämmitys edellyttäisi, ei varaajaveden lämpötila ole riittävän korkea ja käyttövettä joudutaan aina jälkilämmittämään kaukolämmöllä sen käyttölämpötilaan. Poistoilmalämpöpumpulla saavutetaan myös 55 °C varaajan latausveden lämpötila, huonommalla COP-arvolla, samalla lyhentäen lämpöpumpun teknistä käyttöikä.

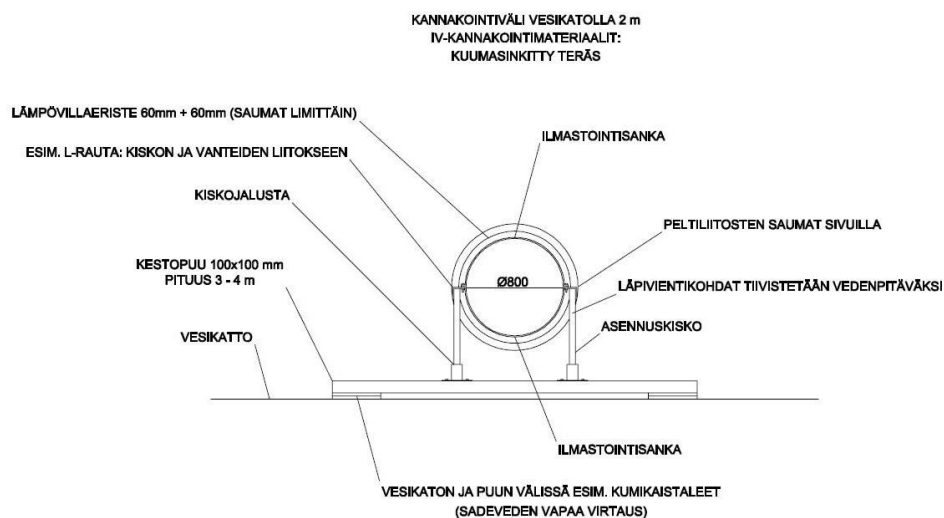


Kuva 38. Asuinkerrostalon poistoilmalämpöpumpujärjestelmän periaatepiirros

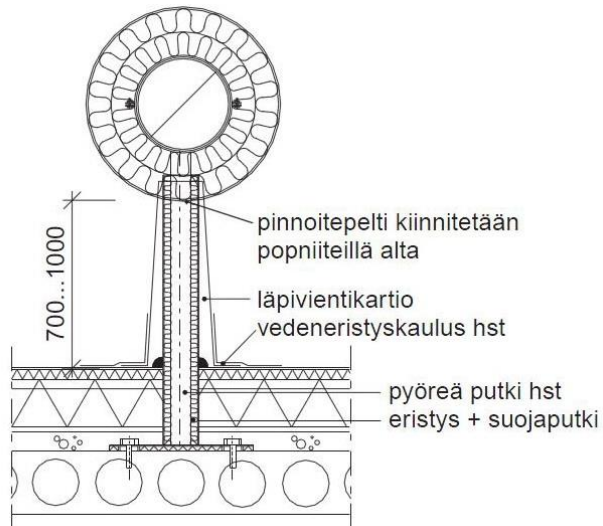
Rakennuksen poistoilmavirrat tulee kerätä vesikatolla yhteen. Vesikatolta ja vesikaton IV-konehuoneista puretaan vanhat poistoilmapuhaltimet. Niiden sähköjohdot puretaan. Uudella ilmanvaihtokanavistolla kerätään asuntojen poistoilmavirrat vesikatolla yhteiseen kokoojakammioon josta liitos poistoilmalämpöpumppuun. Uudet poistoilmakanavat asennetaan irti vesikatosta, eristetään lämpövillaeristein ja päällystetään kuumasinkityin teräslevyin. Ilmanvaihtokanavat varustetaan säätöpellein.



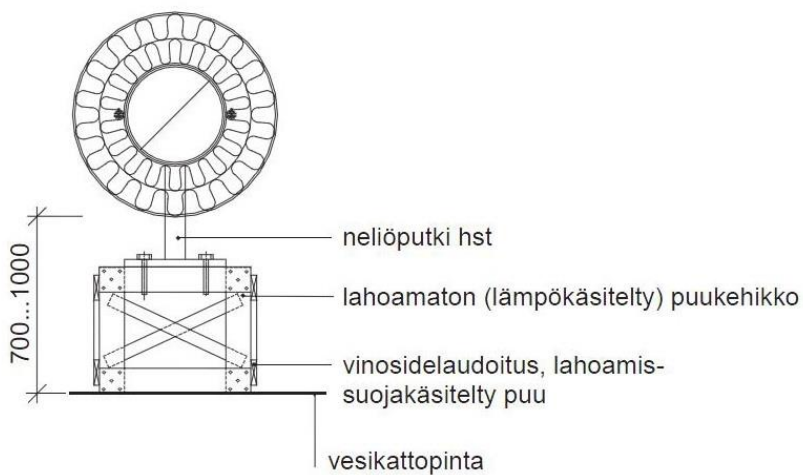
Kuva 39. Ilmanvaihtokanava vesikatolla. Kammion tilalla on ollut vanha huippumuri.



Kuva 40. Ilmanvaihtokanavan kannakointi vesikatolla.

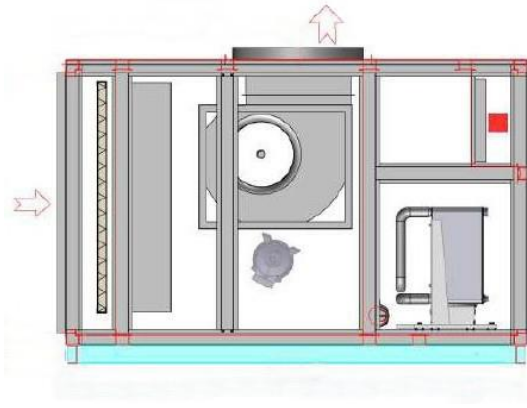


Kuva 41. Ilmanvaihtokanavan kannakointi vesikatolla [36, kuva 46].



Kuva 42. Vesikaton ilmanvaihtokanavan kannakointivaihtoehto [36, kuva 47].

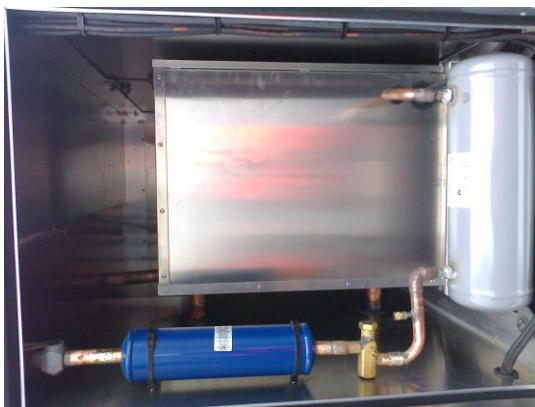
Vanhojen muurattujen ullakkokanavien tiiviys on syytä tarkistaa. Ilmavuodot voivat olla yllättävän suuria, ja viileä ilma jäädyttää poistoilmaa, sekä kasvattavat ullakkokerroksen lämpöhäviötä.



Kuva 43. Periaateleikkaus poistoilmalämpöpumpusta. Vasemmalla on liitos ilmanvaihtokanaviin, suodatin ja höyrystin. Oikealla alaosassa ovat kompressorit ja lauhtutin (lämmönsiirrin). Oikealla yläosassa (punainen ruutu) on laitteen ohjauspaneeli. Laitteen korkeutta kasvattaa kuvasta puuttuva ulospuhallushajottaja.



Kuva 44. Poistoilmalämpöpumpun poistopuhallinkammio



Kuva 45. Poistoilmalämpöpumpun kompressorit ja lauhtutin (levylämmönsiirrin).



Kuva 46. Poistoilmalämpöpumpun ohjauspaneeli

Poistoilmalämpöpumpun sähkönsyöttö johdetaan erillisenä kellarinkerroksen sähköpääkeskuksesta omaan alakeskuksen kautta jossa myös sähkömittari.

Uudet laitteet ja kanavat suunnitellaan 500 – 700 mm irti vesikattopinnasta. Asennuksissa huomioidaan sadeveden keruu vesikatolta sekä vesikattopinnan uusinta tulevaisuudessa.

Höyrytimen, kompressorien ja lauhduttimen tulee olla painelaitelakien mukaisia.

Poistoilmalämpöpumppu aiheuttaa värähtelyllään runkoääntä, aivan kuten ilmanvaihtokoneet ja kompressorit. Laite asennetaan vesikaton asennusjalustalle tärinäeristimien varaan, irti vesikaton runkorakenteista. Asennusjalusta tuetaan yläpohjan ontelolaatasta, ja sen suunnittelu kuuluu rakennesuunnittelijalle. Esimerkkilaitteen nettopaino on 800 kg, pituus 2.5 m ja leveys 1.5 m.

Tärinän-eristys suunnitellaan käyttäen laitteen alinta kierrosnopeutta sekä laitteen kokonaismassaa. Suunniteltaessa tärinäeristimiä muutetaan laitteen alin kierrosnopeus (1/min) taajuudeksi (Hz) jakamalla se 60:llä. Tästä arvioidaan laitteen ominaistajuus, joka tulee olla 2.5 – 3 kertaa matalampi kuin kierrosluvun mukainen taajuus. Laitteen ominaistajuus on neliöjuuri käänteisluvusta: neljä kertaa vähimmäispuristuma. Vaimentimien toimittajan mitoitusdiagrammeista selvitetään tärinäeristinten vähimmäispuristuma lähtötietojen perusteella.

Laitevalmistaja tarjoaa valmiiksi suunniteltuja tärinäneristimiä, laitteen ja asennusjalustan väliin. Ne on tilattava erikseen.



Kuva 47. Esimerkki tärinäneristimestä, joita asennetaan 4 – 6 kpl asennusjalustaa kohti.

Poistoilmalämpöpumpun ja kokoojakammion välinen ilmanvaihtokanavaliitos tehdään joustavalla liitoksella ns. rätilaippaliitoksella. Se ei kuulu laitetoimitukseen. Liitoksen sääsuojaus tulee suunnitella erikseen. Korkeiden talojen ollessa kyseessä tulee sen suunnittelussa minimoida mahdollisuus lintujen pesinnälle. Hyvän sääsuojan tulee olla kestävä, tiiviisti lämpöeristetty, ja sen tulee estää lumen sulaminen ja jäätyminen joustavan liitoksen kohdalta.

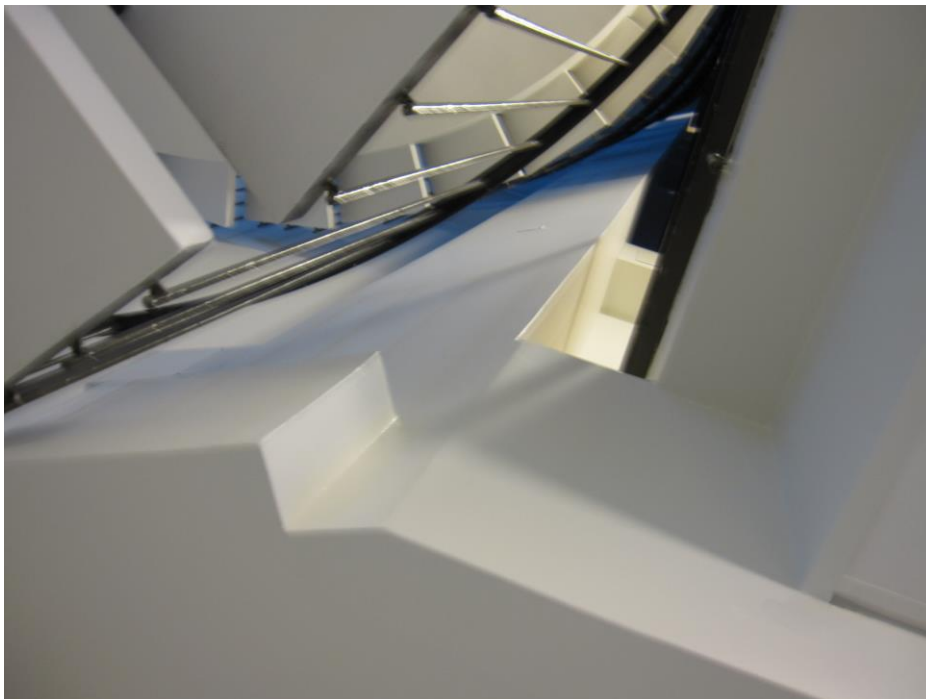


Kuva 48. Esimerkki poistoilmalämpöpumpun ja kokoojakammion välisen joustavan kanavaliitoksen sadesuojuksesta.

Poistoilmalämpöpumpusta johdetaan jäteilma ulos ulospuhallushajottajalla. Se ei kuulu lämpöpumpputoimitukseen ja sitä valittaessa on syytä huomioida sen ympäristöön vesikatolla aiheuttama ilmaääni, lisäänilähteenä poistoilmalämpöpumpun lisäksi. Mikäli ulospuhallushajottaja valitaan pelkästään poistoilmalämpöpumpun jäteilman liitoskoon perusteella, tulevat sallitut äänitasot ylittymään. Lopputulos on suositeltavaa varmistaa äänitasomittauksin.

Kun energiasaneerauksen yhteydessä vaihdetaan ikkunat avattaviin, niin on huomioitava että LVIS-laitteiden aiheuttama keskiäänitaso  $L_{A,eq,T}$  saa olla enintään 45 dB saman tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella, parvekkeella [37, kohta 4].

Poistoilmalämpöpumpusta saatu lauhdutinlämpö johdetaan putkiston avulla kellarikerroksen lämmönjakohuoneeseen. Putkista tulee helposti suurikokoisia, esimerkkikohteessa hitsattavia teräsputkia kokoa Dn80, virtaaman ollessa 4,4 dm<sup>3</sup>/s. Parhaimmat reitit kellarista vesikatolta löytyvät porrashuoneen seinustalta. Linjasaneeraushankkeessa voidaan lämmöntalteenotto-putkisto yhdistää vesi- ja viemärijohtojen kanssa samaan koteloon.



Kuva 49. Lämmöntalteenotto-putket portaikossa samassa kotelossa vesijohtojen kanssa.



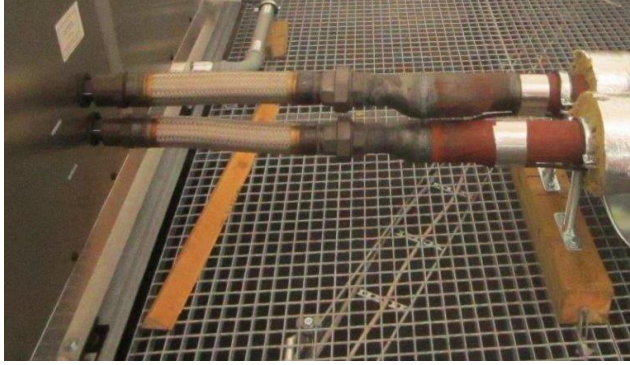
Kuva 50. Lämmöntalteenottoputket kellarikerroksessa samassa kotelossa vesijohtojen kanssa.

Reittejä vesikatolta kellarikerrokseen voi löytyä myös mahdollisista palokunnan kuivatusjohtokuiluista. Roskakuilut voisivat olla reittejä pienille lämmöntalteenottoputkille, mutta ne ovat ahtaita ja huonoja reittejä isoille. Halkaisijaltaan hieman yli 300 mm olevat kuilut ovat käyttökelpoisia reittejä kellarista vesikatolle kulkeville uusille sähkö- ja automaatiojohdoille. Roskakuilut ovat eri palo-osastoa portaikon kanssa.

Poistoilmalämpöpumpun kondenssivesipisteet varustetaan vesilukoin tyhjentymisvaaran vuoksi. Kondenssivesiviemärit varustetaan sähkösaatolla. Vaikkakin poistoilmasta kondensoituva vesi on itsessään riittävän puhdasta johdettavaksi sadevesiviemäriin, tulee se johtaa jätevesiviemäriin lämpöpumpun huollon sekä vuotoriskin vuoksi.

Lämmöntalteenottoputket eristetään sisätiloissa eristyssarjalla 24 ja vesikatolla eristyssarjalla 25 ja lisäksi vielä sähkösaatetaan. Putket asennetaan vesikatolla nouseviksi poistoilmalämpöpumpun liitosta kohti, jotta verkostosta saada ilma poistettua lämpöpumpun kautta. Liitos poistoilmalämpöpumpun tehdään joustavalla liittoksella (teräspunosletkuin). Liitospaikka on ahdas ja urakoitsijan voi valitsemiensa säästöleikkaustensa johdosta valita joustavat liittimet samaa putkikokoa kuin putkiliitokset lämpöpumpun. Näin kasvaa putkiston painehäviöt ja urakasta saatava kate.





Kuva 51. Lämmöntalteenottoputkiston Dn80 liitos poistoilmalämpöpumppuun Dn50.

Rakennusautomaatiolla vaikutetaan asuinrakennusten sisäilmastoon, valaistukseen ja turvallisuuteen. Ohjaamalla teknisiä laitteita pyritään minimoimaan energiankulutusta, laitteiden kulumista, ja laitteiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvaa haittaa asukkaille.

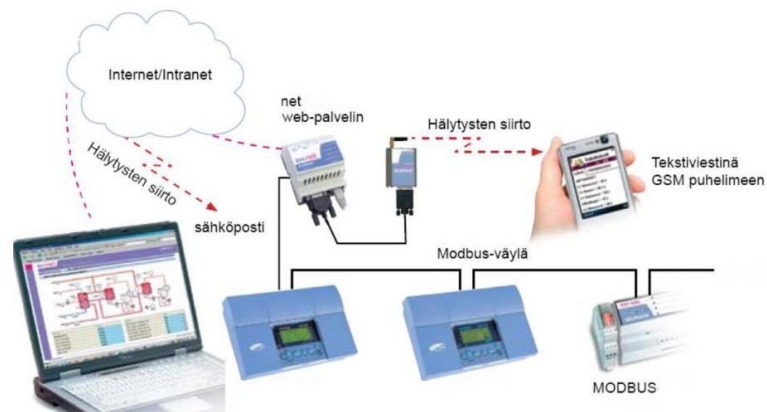
Rakennusautomaation puutteita on joissakin tapauksessa erittäin vaikea havaita katselmuksissa, ja toimivuuden selvittäminen kuuluu laajempiin katselmuksiin. Rakennusautomaation puutteellinen toiminta, tai virheet ja puutteet asennuksessa, voivat vaikuttaa merkittävästi energiatehokkuuteen. On havaintoja asuinkerrostaloista joissa asennus ei vastaa suunnittelua ja toimintaselostusta, sekä dokumentaatio on puutteellista. [23.]

Poistoilmalämpöpumpun mukana tulee ulkoilma-anturi valmiiksi kytkettynä, ja sen anturiosa asennetaan laitteen ulkopuolelle säältä suojattuun paikkaan. PILP-automaation releiltä saa suodatinvahtihälytyksen (2-luokka, huoltohälytys) sekä yleishälytyksen (1-luokka, vikahälytys). Erillishälytykset ovat johdettavissa rakennuksen automaatiojärjestelmään (kaukolämmön alakeskuksen automaatiojärjestelmään). Modbus-väylän avulla voidaan ulkoisesti ohjata: on/off, kompressorin käyntilupa, normaali/tehostettu ilmanvaihto, sekä resetointi. Myös yleishälytys on johdettavissa Modbus-väylästä eteenpäin. Suodatinvahdista on mahdollisuus johtaa hälytys erillisjohdotuksella. Ilman erillisohjausta ohjaa poistoilmalämpöpumpun oma automatiikka laitetta itsenäisesti. Säädot tehdään laitteen omalla ohjainpaneelilla.



Kuva 52. Ulkoilma-anturi suojakotelossa.

suojakotelo



Kuva 53. Ouman säätöjärjestelmä jossa on Internet-selain ja GSM-käyttömahdollisuudet.

Mikäli talotekniikkaan liittyvät muutokset vaikuttavat rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen, heidän terveydellisiin oloihin tai rakennuksen julkisivuun, tarvitaan rakennuslupa tai toimenpidelupa. Vesikattomuutokset näkyvät helposti julkisivukuvassa, kuten kuvassa 17 sivulla 27.

Poistoilmalämpöpumpun suunnittelu työllistää arkkitehtiä, LVIA-, sähkö- ja rakennesuunnittelijoita. Sähkölaitos käsittelee rakennuksen sähkönsyöttöön liittyvät tulevat muutosehdotukset, kuten energialaitos kaukolämmön alakeskusmuutokset.

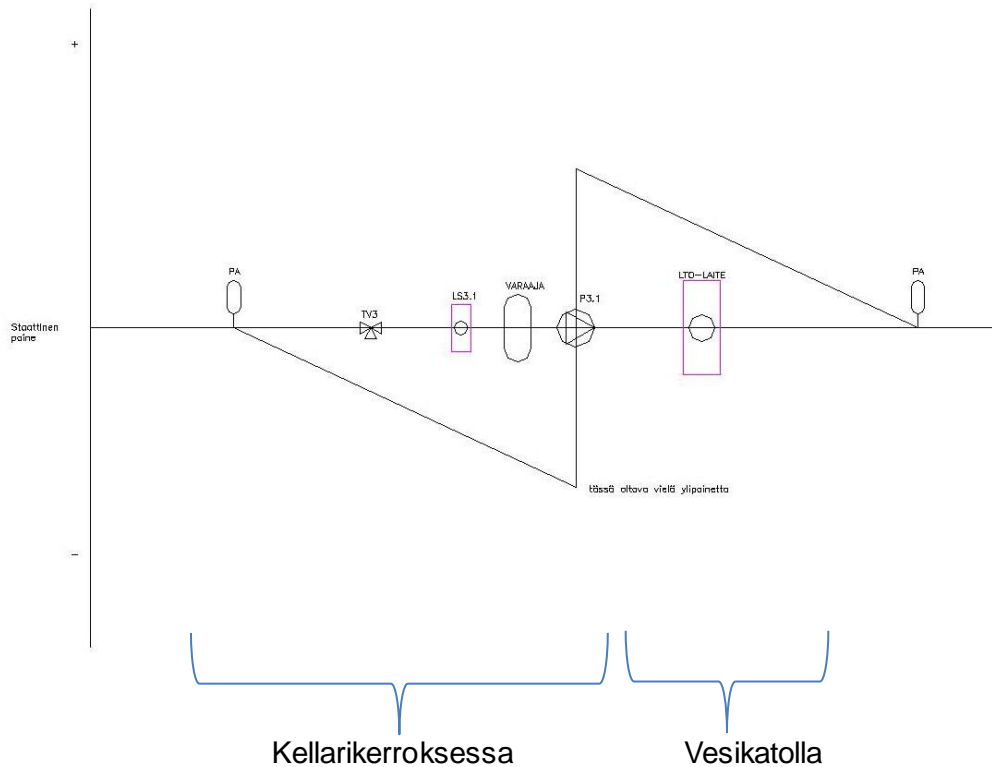
Pelkästään poistoilmalämpöpumpun suunnitteluun liittyy pakollisina tehtävinä: vesikatton rakenteiden lisätyöt, kaukolämmön alakeskusmuutokset rakennusautomaatiomuutoksineen, sähköverkon muutokset mahdollisine suurempina pääsulakkeina ja lisäkeskuksella sekä mahdollisesti 5-johdinjärjestelmään siirtymiseen aiheuttamat muutokset, lämmitysverkoston tasapainotussuunnittelun uusilla patteri- ja linjasäätöventtiileillä, ilmanvaihtomuutostyöt vesikatolla ja asuntojen ilmavirtojen tarkistuksen, vesikatton kondenssivesiviemärin suunnittelu, sekä lämmöntalteenottoverkoston osalta vielä tilavaraukset lämmönjakokeskuksessa ja nousureitin varmistuksen sieltä vesikatolle.

Mikäli hissikuilujen ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen poistoilmavaihto, ja muutoksia asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmään tehdään ainoastaan vesikatolla, on syytä erikseen varmistaa rakennusvalvontaviranomaisen kanta muutokseen. Hissin uusimisen yhteydessä muutetaan yleensä painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi. Painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtojärjestelmää ei tule yhdistää, mikäli ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa muuttuvat suunnitelluista.

Lämmöntalteenottoverkoston pääpumpun virtaama saadaan poistoilmalämpöpumpun laitetoimittajan antaman hyötylämmön ja verkoston lämpötilojen perusteella.

Pääpumpun painehäviölaskelmissa tulee ottaa huomioon poistoilmalämpöpumpun lämmönvaihtimen painehäviö, lämpöpumpun sisäpuolisen putkiston painehäviö, mahdollisten joustavien liitosten tuoma lisäpainehäviö, lämmöntalteenottoputkiston ja sen sulku- ja säätöventtiilien painehäviöt, lämmityksen lämmönsiirtimen ja 3-tiesäätöventtiilin painehäviöt putkiosien supistuksineen, sekä varaajan painehäviö mitoitusvirtaamalla. Putkiston sallitut virtausnopeudet voivat helposti ylittyä vain siksi, että on helpompi ja halvempi käyttää pienempiä putkikokoja venttiileissä ja putkenosissa.

Lämmöntalteenottoverkosto suunnitellaan perinteisen lämmitysverkoston tapaan, paisunta- ja varolaitteineen. Paisunta-astioina käytetään kalvopaisunta-astioita. Verkkoon asennetaan lianerotin. Eri piirit varustetaan sulku- ja linjasäätöventtiilein.



Kuva 54. Lämmöntalteenottoverkoston painesuhteet

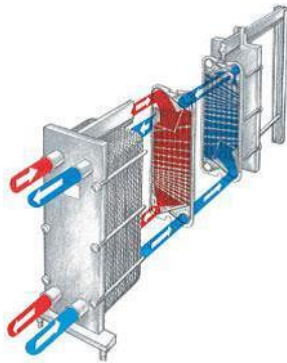
Paisunta-astian esipaine lasketaan siten että kuvan 54 pumpun P3.1 kohdalla olevaan vesipatsaaseen lisätään pumpun paineenkorotus. Vesipatsas saadaan vesikaton lämpöpumpun ja kellarikerroksen lämmönjakohuoneen lattian korkeusaseman erotuksena. Erotukseen lisätään 1 m vesipatsasta (10 kPa).

Esimerkkikohteen 8-kerroksisen asuinkerrostalon paisunta-astian esipaineeksi saadaan 300 kPa (3 bar). Kun varaaja on kellarikerroksessa, tulee sen korkeimmaksi käyttöpaineeksi 400 kPa (4 bar, varoventtiilin avautumispaine).

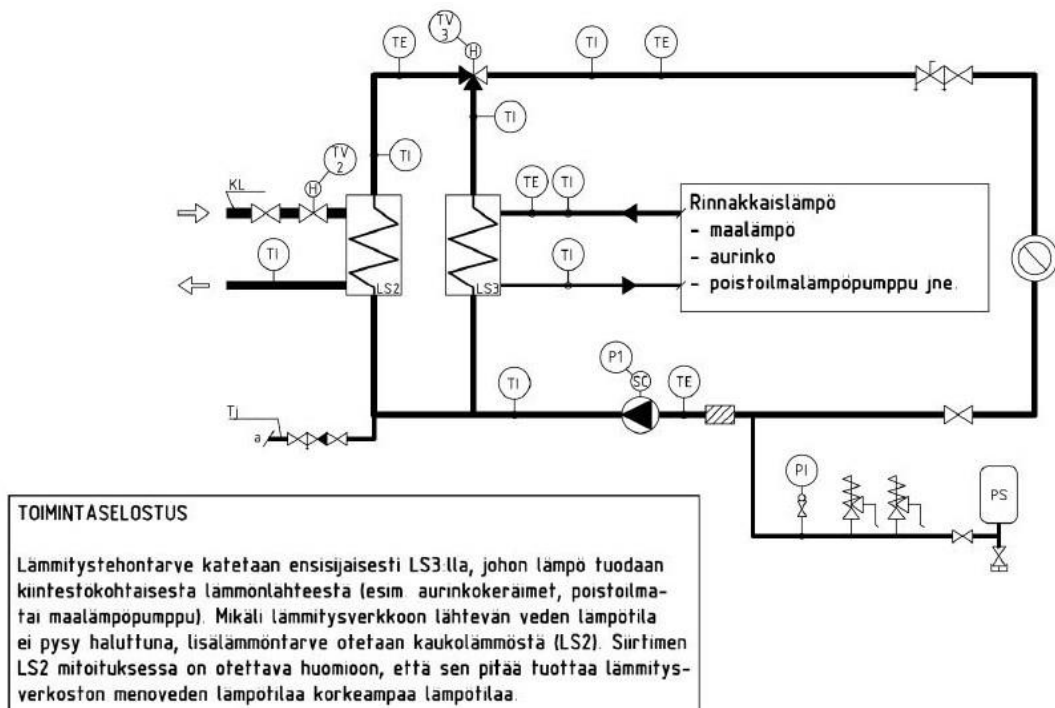
Käyttöveden lämmityksen osalta valitaan lämmöntalteenottoverkoston latauspiirin pumpun virtaama uuden käyttöveden siirtimen tehon perusteella. Käyttöveden siirtimen teho saadaan käyttöveden mitoitusvirtaaman, ja varaajan latauslämpötilan sekä kaukolämmön käyttöveden esilämmityssiirtimen jälkeisen lämpötilan mukaan. Esimerkkinä käyttöveden mitoitusvirtaama  $2 \text{ dm}^3/\text{s}$ , varaajan latauslämpötila  $45 \text{ °C}$  ja kaukolämmön käyttöveden esilämmityssiirtimen jälkeen käyttöveden lämpötila  $+15 \text{ °C}$ . Latauspiirin pumpun painehäviömitoituksessa on huomioitava, käyttöveden lämmönsiirtimen painehäviö, putkiston painehäviö sulkuventtiileineen ja lianerottimineen, sekä varaajan painehäviö.

Mahdollisen uima-allasveden lämmityksen kiertovesipumppu valitaan olemassa olevan uima-altaan lämmityssiirtimen lämmitystehon ja painehäviön perusteella. Tarvittaessa voidaan allasvesisiirtimen mitoitus varmistaa yhteistyössä allaslaitesuunnittelijan kanssa. Uima-altaan lämmityssiirtimen tehoon vaikuttaa uima-allasveden haihtuminen ja korvausveden määrä, lämpöhäviöt allasvesiputkistossa ja -säiliöissä, sekä allasveden yölämmityksen tehontarve.

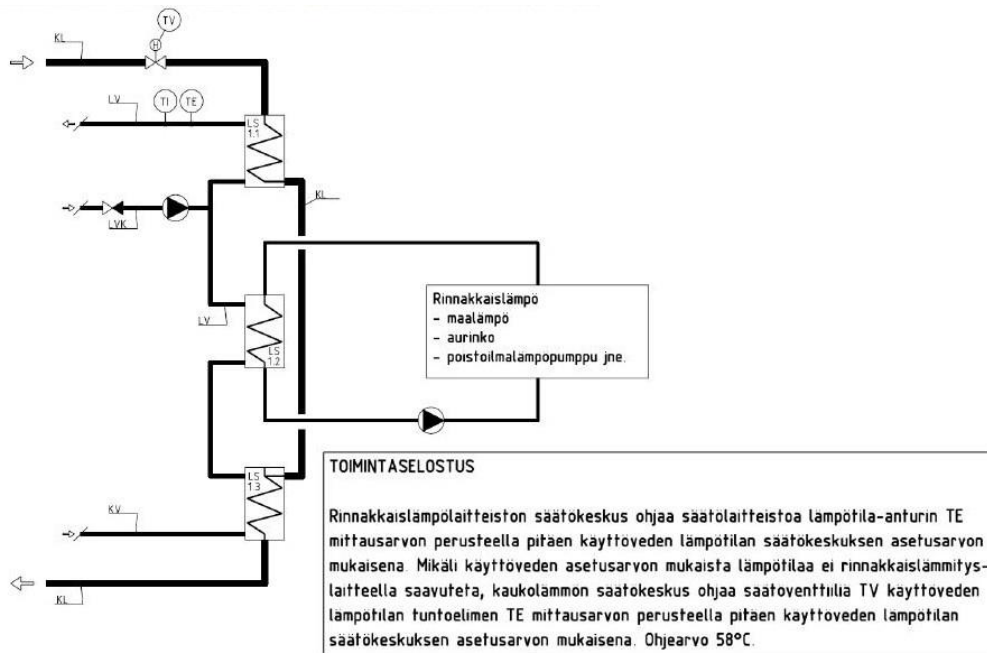
Lämmönvaihtimina käytetään tehdasvalmisteisia levylämmönvaihtimia lämpölaitoksen ohjeiden mukaan [38].



Kuva 55. Levylämmönvaihtimen toimintaperiaate



Kuva 56. Poistoilmalämpöpumppuverkoston kytkeä (LS3) kiinteistön lämmitysverkostoon [38].



Kuva 57. Poistoilmalämpöpumpuverkoston kytkentä (LS3) kiinteistön käyttöveden lämmitysverkoston [38].

Kuvan 57 kytkennässä lämmitetään käyttövesipiiriin liitetyjä lämmityslaitteita kaukolämmöllä, ei poistoilmalämpöpumpun hyötylämmöllä. Saneerauskohteissa olisi käytännössä helppo kytkeä uusi siirrin LS 1.2 ennen LS 1.3 siirrintä, ja jättää käytössä oleva käyttöveden lämmönsiirrin entiselleen, mutta silloin kaukolämpöveden jäähtyminen ei olisi lämmönmyyjän mukaan riittävää.

#### 4.7 Esimerkkejä



Kuva 58. Esimerkki tehdasvalmisteisesta Gebwell kaukolämmönjakokeskuksesta [35].

Kuvassa 58 on esimerkki Gebwell'n tehdasvalmisteisesta kaukolämmönjakokeskuksesta jossa on valmiina yhdistetty lämpöpumppu. Lämpöpumpun automatiikka huolehtii kiinteistön lämmityksen ja käyttöveden säädön molempien laitteiden osalta, ja koko järjestelmä on integroitavissa kiinteistöautomaatioon Modbus RTU-väylällä.



Kuva 59. Esimerkki vesikattoasennuksesta.



Kuva 60. Esimerkki 8-kerroksisen asuinkerrostalon vesikatolta.

Kuvassa 60 on poistoilmanlämpöpumppu asennettu omalla tasanteelle, 0,5 m irti vesikatosta. Oikealla näkyy huolto-ovi kokoojakammioon. Kuvassa ovat esillä lämmöntalteenottoputket Dn80, eristetty V50 kondenssivesiviemäri ja ulospuhallushajottaja Ø800.

Kuvassa 61 on kuvan 60 tasanne toisesta kuvakulmasta. Siinä on esillä uima-altaan vanha poistopuhallin, joka on jätetty ennalleen asuntojen ilmanvaihdosta käyntiaikojen poikkeavuuksien ja eri poistoilmaluokan vuoksi.



Kuva 61. Esimerkki Uima-altaan vanha poistopuhallin.





Kuva 62. Esimerkki asuinkerrostalon vesikatolta Tampereelta.



Kuva 63. Esimerkki asuinkerrostalon vesikatolta Keski-Euroopassa. Asennustyöt vielä kesken.

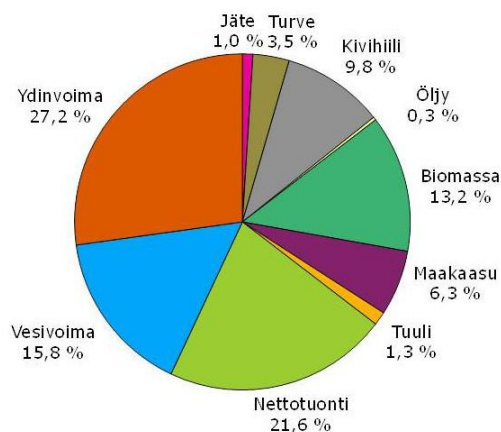
## 5 1970-luvun asuinkerrostalojen tulevaisuus

### 5.1 Sähkönkulutus Suomessa

Tulevaisuudessa sähköntuotanto Suomessa kasvaa. Suomen sähkön kulutus on noussut tällä vuosituhanella 79 terawattitunnista (2000) 84 terawattituntiin (2012). Suomen teollisuuden sähkönkulutus on samaan aikaan laskenut 44 terawattitunnista (2000) 41 terawattituntiin (2012). [39.]

Maaillan sähköntuotannosta oli vuonna 2008 ydinvoiman osuus 13,5 %. Vuonna 2010 oli se Euroopan Unionissa 28 % ja Suomessa 25 %. [40.]

### Sähkön hankinta energialähteittäin 2014 (83,3 TWh)



21.1.2015  
1

Kuva 64. Sähkön hankinta energialähteittäin vuonna 2014 [40.]

Olkiluoto 3 ydinvoimala saataneen käyttöön vuonna 2018, ja kaksi muuta ydinvoimalaa hieman myöhemmin. Huomioiden, että osa nykyisistä energiatuotantolaitoksista tulee käyttöikänsä päähän ja poistuu käytöstä.

Sähköntuotannon riittävyys sekä tuotantotavan muutokset vaikuttavat oleellisesti hiilijalanjälkilaskelmiin. Espoon kaukolämmön hiilijalanjälki oli 193 g / kWh. Kivihiililauhde-tuotannon hiilijalanjälki oli 966 g/kWh, mikä on viisinkertainen kaukolämpöön nähden.

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty kerrostalon asukkaiden energiansäästötalkoita. Suomessa teollisuus ostaa sähköä merkittävästi alempaan hintaan kuin asuinkerrostalojen asukkaat, onhan teollisuus myös osaomistajana sähkön tuotantolaitoksissa. Hinta on sama hyvinä ja huonoina aikoina. Saksassa teollisuus porskuttaa vaikka sähkön hinta on sillä siellä lähempänä kuluttajan maksamaa. Suomen talouden nykytilannetta voisi verrata kesälomittajien valtaamaan huopatossutehtaaseen, eikä sähkön hinnan nosto ole siihen ratkaisu. Teollisuuden sähkönhinnan nosto aiheuttaisi kuitenkin sähkönkäytön kuristamista, ja tulevilla sukupolvilla ei olisi niin paljon ”peikkoja” kannettavaan joita nyt ns. kovalla energiapolitiikalla rakennetaan.

Taulukko 9. Sähkön nettohankinta Suomessa energialähteittäin [38].

	2008	2015	2030	2050
	TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a
Vesivoima	16,8	14	14	15
Tuulivoima	0,26	6	9,5	9,5
Ydinvoima	22	36	38	38
Pientuotanto				
Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto yhteensä	26,5	25	25,5	27,5
josta CHP, teollisuus	11,9	10	11,5	11,5
josta CHP, lämpö	14,6	15	14	16
<b>Tuotanto ilman erillistä lauhdevoimaa</b>	<b>65,7</b>	<b>81</b>	<b>87</b>	<b>90</b>
Kulutus yhteensä	87,2	96	106	117
<b>Lisätarve</b>	<b>21,5</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>27</b>
Sähkön erillistuotanto	8,8, josta > 50 % kivihiililauhde	6	9	12
Nettotuonti	12,8	9	10	15

Lämmityskaudelle silloin kun oma sähköntuotannon kapasiteetti ylittyy, joudutaan tuomaan sähköä ulkomailta tai tuottamaan lisää sähköä erillisellä lauhdutusvoimalla.

## 5.2 Omavaraisuuden hinta

Asuntopula toi elementtitehtailun 1960- ja 1970-luvulle ja suunnittelun ratkaisut tehtiin elementtituotannon ehdoilla. Senaikainen kiire toi myös suuria laatuvaihteluita, kun työporukoita palkittiin nopeudesta, eikä kohteen laadukkaasta toteuttamisesta. Kyseisten rakennusten elementtikorjaukset nyt kiihtyvät. Hyvää ja huonoa rakentamisen tasoa löytyy tältäkin vuosituhannelta.

Esimerkkikohteen poistoilmalämpöpumppujärjestelmä on isännöitsijän mukaan tullut vuonna 2014 maksamaan kaikkine lisätöineen 200 000 €. Hinta on liian korkea ja takaisinmaksuaika liian pitkä. Suunnittelijan tulee olla tietoinen suunnittelemiensa järjestelmien toimivuudesta ja energiataloudellisuudesta.

Taloyhtiöiden tulee saada tulevilla ostoenergiasäästöillä energiasaneeraukset maksettua, ja takaisinmaksuajan pitäisi olla vuosina yksinumeroinen luku. Saneerauksen ei pitäisi vaikuttaa yhtiövastikkeeseen, vaan otettu laina kuoletettaisiin kertyneillä säästöillä. Mikäli arvioidaan tulevia säästöjä, on 10 vuotta pitkä ajanjakso muutettaessa tulevan rahan arvo nykyrahaksi. Asumisviihtyvyys ja omavaraisuus tuovat jo yksinään lisäarvoa rakennuksille.

## 6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin 1970-luvun korkeiden asuinkerrostalojen poistoilmalämpöpumppuratkaisuja. Vuosina 1960 - 1990 rakennetut asuinkerrostalot muodostavat Suomen rakennuskannasta merkittävän osan ja 1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostaloissa asuu miljoona suomalaista. Niiden suunnitteluratkaisut eivät kuitenkaan ole saman mallin mukaisia, kuten kyseisten kerrostalojen rakentaminen yleisesti oli, vaan kohteet on käytävä tapauskohtaisesti lävitse.

Poistoilmalämpöpumppujärjestelmät tulevat Suomessa yleistymään energiatehokkuustoimenpiteenä, jo pelkästään soveltuvan saneerausikäisen asuntokannan ja taloudellisen kilpailukykyensä johdosta.

Käyttökokemusten lisääntyessä päästään kohtuullisempiin ratkaisuihin, joissa on mukana myös aurinkolämmön hyödyntäminen. Huonoa poistoilmalämpöpumpuissa on se, että rakennusten sähkönkäyttö lisääntyy ja samalla todennäköisesti myös CO<sub>2</sub>-päästöt.

Ilmanvaihdon perusparannuksella huomioidaan alkuperäisratkaisua paremmin LVI-laitteiden äänitasot, vähennetään ilmanvaihdosta aiheutuvaa vetoa, pienennetään rakennuksen energiankulutusta, ja parannetaan sisäilman laatua.

Kun Pariisin ilmastopimus saatiin 13. joulukuuta 2015 sovittua, niin sitä keuhuttiin laajalti eri valtion päämiehien toimesta. Nyt näyttää väistämättömältä siltä, että siirrytään vähähiilisyteen. Tulevia energiasaneerauksia pohdittaessa tulee se vaikuttamaan asukkaiden päätöksiin.

## Lähteet

- 1 Tilastokeskus, Helsinki. 2014. Verkkodokumentti. Luettu 18.9.2015. Rakennukset ja kesämökit 2014. [http://www.stat.fi/til/rakke/2014/rakke\\_2014\\_2015-05-28\\_kat\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rakke/2014/rakke_2014_2015-05-28_kat_002_fi.html).
- 2 Kerrostalot 1960–1975. Erkki Mäkiö, Maarit Malinen, Petri Neuvonen, Kari Vikström, Risto Mäenpää, Jukka Saarenpää, Esko Tähti. 1994. Rakennustieto Oy.
- 3 RIL 252-1-2009. 2009. Asuinkerrostalojen linjasaneeraus - hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa, Osa 1 ja Osa 2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 4 Kouhia, I., Neminen, J., Pulakka, S. 2010. VTT Tutkimusraportti: Rakennuksen ulkovaipan energiakorjaukset, VTT-R-04017-10. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04017-10.pdf>.
- 5 Laksola, Jaakko. 2012. Luento: Korjausrakentaminen ja Case putkiremontti AEL. Leppävaara: Metropolia 09.03.2012.
- 6 Pekka Koski-Lammi. 2011. Luento: Asuinkerrostalot 1960-1980. Leppävaara: Metropolia 29.11.2011.
- 7 Holopainen, R., Hekkanen, M., Hemmilä, K., Norvasuo, M. 2007. VTT Tiedotteita 2377: Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>.
- 8 LVI-ohjekortti LVI 03-10378. 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus. Rakennustieto Oy
- 9 LVI-ohjekortti LVI 01-10353. 2002. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Rakennustieto Oy.
- 10 Helena Mattila. 1986. Mitoitusulkolämpötilat uudistetaan Ruotsissa. LVI-lehti 10/1986, s. 29-30.
- 11 Perälä, Rae. 2009. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Helsinki: Alfamer Oy.
- 12 Työ- ja elinkeinoministeriö. 2008. Verkkodokumentti. Luettu 15.11.2015. Tiedote 6.11.2008: Hallitus tähtää energian kulutuksen vähentämiseen ja uusiutuvien energialähteiden osuuden voimakkaaseen kasvuun. [http://www.tem.fi/energia/energia-\\_ja\\_ilmastostrategiat/vuoden\\_2008\\_strategia](http://www.tem.fi/energia/energia-_ja_ilmastostrategiat/vuoden_2008_strategia).

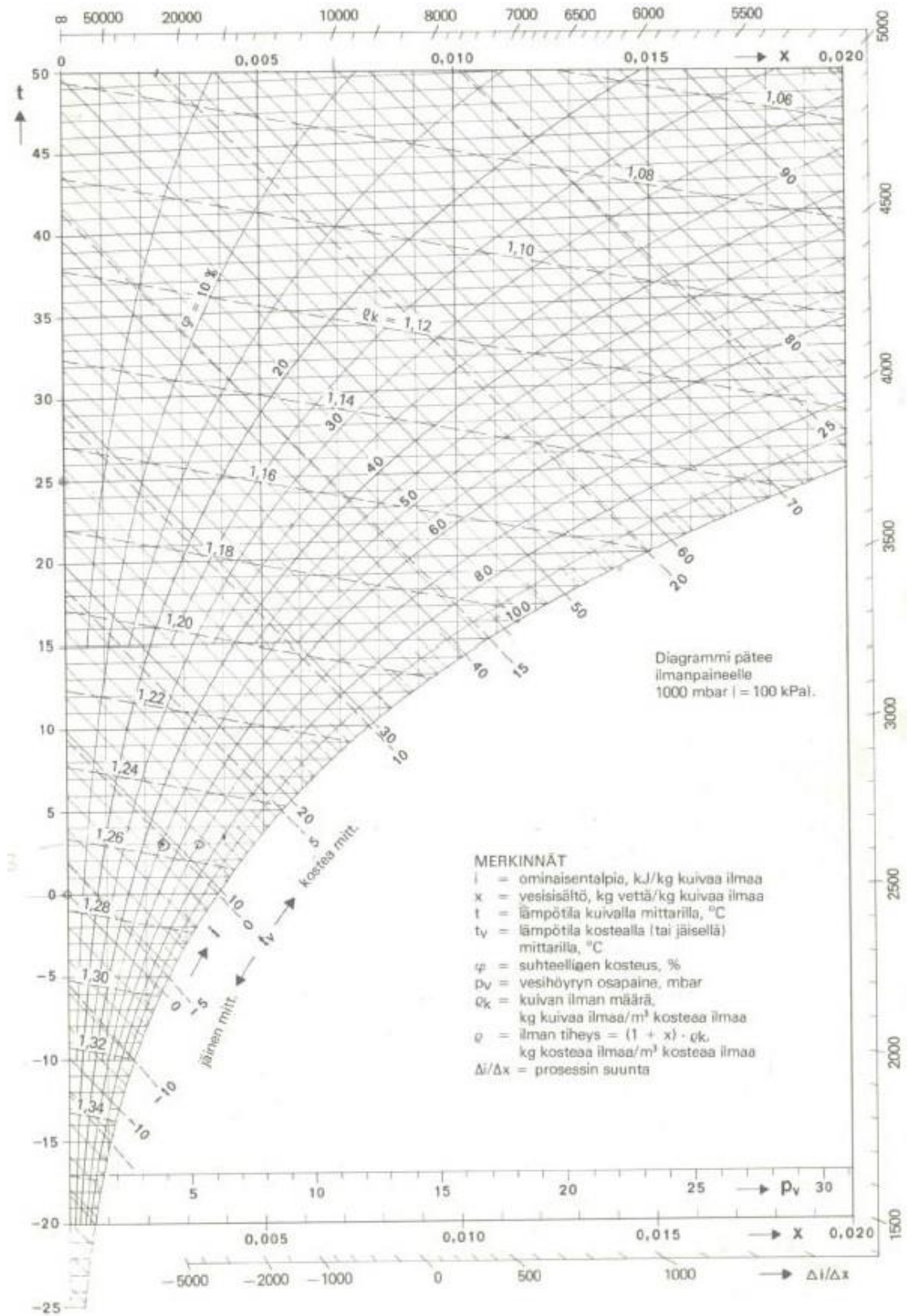
- 13 Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus. 2014. Verkkodokumentti.  
<http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen-merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf>. Luettu 15.11.2015.
- 14 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 15 Teppo Lehtinen. 2009. Esitelmä: Näkökantoja energiatehokkuuteen rakentamisessa. Helsinki: 1.4.2009 Building Forum 09.
- 16 Kauppinen, Jyrki. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, perustelumuistio 27.2.2013. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 17 Rakennusten energia-tehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 18 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012. 2013. Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 19 prEN 16798-1:2014. 2014. Energy performance of buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics -Module M1-6; (revision of EN 15251).
- 20 SFS-EN 15251:2007. 2007. Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
- 21 Säteri, J., Kovanen, K., Pallari, M-L. 1999. VTT Tiedotteita 1945: Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1945.pdf>
- 22 Pipatti, Tarmo. 2010. Korjausrakentamisen linjaukset, Rakennusten ja alueiden uudistaminen ja korjaaminen. Rakennusteollisuus RT ry.  
[http://www.vtt.fi/Documents/pipatti\\_korjausrakentamisen\\_linjaukset\\_vtt2010.pdf](http://www.vtt.fi/Documents/pipatti_korjausrakentamisen_linjaukset_vtt2010.pdf)
- 23 Siikanen, S., Hiltunen, Y., Kauppinen, T., Kivi, S., Möttönen, V-J., Nissinen, K., Kaarre, M., Teppola, P., Juuti, M. 2012. TEKES-projektin loppuraportti: Energiatehokkuus teollisuusprosesseissa ja rakennusten energiankulutuksessa, tutkimusraportti VTT-R-08818-11.  
[http://www.vtt.fi/files/news/2012/ENEFIR\\_loppuraportti\\_v04.pdf](http://www.vtt.fi/files/news/2012/ENEFIR_loppuraportti_v04.pdf).
- 24 Pietiläinen, J., Kauppinen, T., Kovanen, K., Nykänen, V., Nyman, M., Paiho, S., Peltonen, J., Pihala, H., Kalema, T., Keränen, H. 2007. VTT Tiedotteita 2413: Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>.

- 25 Jaurola, Wäinö. 1979. Kylmätekniiikan Oppikirja. Suomen Kylmäyhdistys r.y., Julkaisu No 1 D. Rauma: Oy Länsi-Suomi
- 26 Krannila, Matti. 1980. Termodynamiikka. Tampere: Oy Sonator Ab
- 27 Lämpöpumpputilasto. 2014. Verkkodokumentti. Luettu 15.11.2015  
<http://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/L%C3%A4mp%C3%B6pumpputilasto%202014.pdf>.
- 28 Rämä, M., Niemi, R., Similä, L. 2015. Asiakasraportti: Poistoilmalämpöpumput kaukolämpöjärjestelmässä, VTT-CR-00564-15.  
<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-CR-00564-15.pdf>.
- 29 LVI-ohjekortti LVI 38-10373. 2004. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Rakennustieto Oy.
- 30 Pöyry Finland Oy. 2011. Selvitys: Kaukolämmön lämmönjakokeskusten kytkennät ja lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat. Energiateollisuus ry.
- 31 LVI-ohjekortti LVI 01-10424. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Rakennustieto Oy.
- 32 Pursiheimo, E., Koljonen, T., Honkatukia, J., Lehtilä, A., Airaksinen, M., Flykman, M., Sipilä, K., Helynen, S. 2013. Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen, VTT Energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaraportti. [www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T86.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T86.pdf).
- 33 Koivuniemi, Janne. 2005. Diplomityö: Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpötilakriteerit veden mikrobiologisen laadun kannalta kaukolämmitetyissä asuinrakennuksissa. Espoon teknillinen korkeakoulu.
- 34 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet K1/2013. 2013. Energiateollisuus ry.
- 35 Lämpöpumppuala kehitty. 2014. Verkkodokumentti. Luettu 15.11.2015.  
<http://www.sulpu.fi/documents/184029/2220831/Jussi%20Hirvonen%20L%C3%A4mp%C3%B6pumppuala%20kehitty%20-%20alan%20uutuuksia%20-%20trendej%C3%A4%20-%20f%20-%20281%29.pdf>.
- 36 LVI-ohjekortti LVI 12-10370. 2004. Putkistojen ja kanavien kannakointi. Rakennustieto Oy.
- 37 Äänieristys ja meluntorjunta rakennuksissa, määräykset ja ohjeet 1998. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C1. Helsinki: ympäristöministeriö.



- 38 Holopainen, Riikka. Vares, Sirje. Ritola, Jouko. Pulakka, Sakari. 2010. VTT tiedote 2546: Maalämmön ja -viilennyksen hyödyntäminen asuinkerrostalon lämmityksessä ja jäähdytyksessä. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2546.pdf>
- 39 Energiateollisuus ry. 2015. Verkkodokumentti. Luettu 18.9.2015. <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut>.
- 40 Energiateollisuus ry. 2015. Verkkodokumentti. Luettu 18.9.2015. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/ydinvoima>.
- 41 Ilmatekniikan suunnitteluopas, osa 1. 1978. Jaakko Taara Oy, Turku.
- 42 J. Saarto, LVI Ilmanvaihtotekniikka, Moniste 302. 1975. Tekninen Paperi.
- 43 J. Saarto, LVI Lämmitystekniikka I, Moniste 303. 1975. Tekninen paperi.
- 44 Neuvonen, Petri (toim.). Kerrostalot 1880-2000. 2006. Rakennustieto Oy.
- 45 RS. Partners Oy. 2015. Verkkodokumentti. Luettu 15.11.2015. <http://www.rspartners.fi/images/stories/Laitekortit/laitekortti%20ptaet%2038.1.pdf>.

Kostean ilman i-x diagrammi [41].



## Asuinrakennusten ilmanvaihdonormit 1966 [42].

Ilmatilma LVI lehdessä nro 4/1966

LIITE II

# ASUINRAKENNUSTEN ILMANVAIHTONORMIT

LÄMPÖINSINÖÖRIYHDISTYS  
VÄRMEINGENJÖRSFÖRENINGEN R.Y.

### ALKUSANAT

Nämä normit perustuvat yhteispuhjoisista rakennuslainsäätämässä valmistetun Pohjoismaiden rakennusmääräyskomitean (NKB) ilmanvaihtonormien lausumaan suosittelukseen ja Lämpöinsinööriyhdistyksen suosittelemiin selvityksiin.

Normien tarkoituksena on määrällä minimivaatimukset asuinrakennusten ilmanvaihdolle. Erikoisesti on huomattava, että kysymys on vähimmäisvaatimuksista, jotka on mahdollista taloudellisesti toteuttaa ja kuitenkin saavuttaa tyydyttävä ilmanvaihto. Näitä vaatimuksia parantamaan ilmanvaihdon aikaansaaminen on mahdollista ja tuleekin varmasti tapahtumaan monissa yksityispaikoissa, mutta tällöin on yleensä siirryttävä täysin konkreettisiin lauseisiin, josta ei toistaiseksi voida kustannuksensa takia asettaa yleiseksi vaatimuksiksi. On lisäksi todettava, että mikäli kehitys jatkuu samaan suuntaan kuin nykyisin, pienenee asuinaiheisuus jatkuvasti ja osinollen tämänkin normin vaatimukset johtavat tulevaisuudessa laadultaan parempaan ilmanvaihtoon.

Yleisenä lähtökohdana asuntojen ilmanvaihdossa on, että tilkoilla saadaan ikkunoista rakoja tai niitä vastustavien venttiilien ja avattavien ikkunoita kautta makuuhuoneisiin ja olohuoneisiin sekä että ilma poistetaan selläisten huoneiden, kuten WC:n, kylpyhuoneen ja keittiön kautta, joissa se pilautuu eniten. Jos kunkin huoneen ilmanvaihto hoitetaan erillisenä, merkitäisi se 30...50% nousua lämmityskustannuksissa. Avattavalla ikkunalla saadaan huoneen ilmanvaihto tarvittaessa moninkertaisiksi. Pörrashuoneen osalta on pyritty sel-

läiseen rataisuun, että ilma kulkee pörrashuoneesta huoneistoihin eikä päinvastoin. Asuntojen pörrashuoneeseen johtavien ovien tulisi olla mahdollisimman tiiviit, jotta ilmaa vuote asuntoihin ja pörrashuoneen ilmanvaihto pysyisivät kohtuullisina.

Normeihin on otettu mukaan joukko asuinrakennuksissa esiintyviä muita tiloja, koska näistä ei ole vielä olemassa omia normeja. Kuitenkin on rajoitettu sellaisten tilojen, jotka esitetyt yleisimmät. Niille tiloille, joita tässä normissa ei ole käsitelty, voidaan normista helppo käyrylönsä lähinnä luoda vastaava normi ja soveltaa tämän vaatimuksia.

Normityö on suoritettu laskelmoitusten ja yleisen roiden ministeriön myöntämien määrärahojen turvin. Työtä valvomaan ja ohjaamaan määrätty toimikunta on ollut seuraava:

Prof.	T. Tuomola, puheenjohtaja
Rak. neuvos	R. Ruso
Arkk.	N. Palmqvist
Dipl.ins.	J. Bagge
Dipl.ins.	J. Gabriellsson
Dipl.ins.	S. Hildén
Dipl.ins.	L. Lahtinen

Normityön johtajana on toiminut tekn. M. V. Hilska ja toimikunnan välisenään työvaliokuntaan ovat kuuluneet:

Prof.	T. Tuomola, puheenjohtaja
Dipl.ins.	J. Gabriellsson
Teonlis.	M. V. Hilska

## NORMIEN SOVELTUVUUS

Kylmässä vuodensikana jatkuvan käyttöön tarkoitettui asuinhuoneet ja asuinrakennuksissa olevat tai niihin liittömästi liittyvät tilat on varustettava vähintään näiden normien edellyttämällä ilmanvaihdolla.

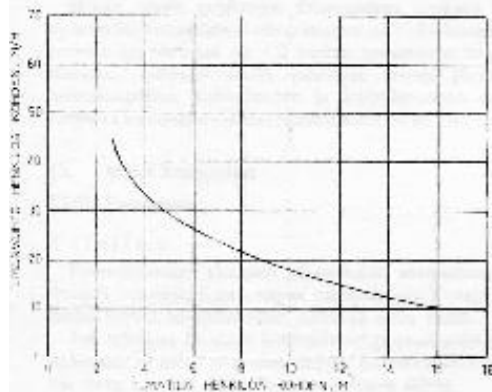
Ilmanvaihtoa tulee voida käyttää riipdellä teholla ulkolämpötilan ollessa yläraja suuri tai korkeampi kuin  $-15^{\circ}\text{C}$ . Tässä alemmilla ulkolämpötiloilla voidaan ilmanvaihtoa pienentää.

## II. ILMANVAIHDON SUURUUS

### 1. Yleiset vaatimukset

Huoneissa, joissa ihmisiä oleskelee jatkuvasti, on ilmanvaihdon tarve riippuvainen huoneen tilavuudesta enkeli kohden. Vähimmäisvaatimuksena on pidettävä heisen kuvan mukaisia arvoja.

Huoneen käytöstä johtuvat tekijät saattavat vaatia suuremman ilmanvaihdon kuin kuvassa on esitetty.



### 2. Asuinhuoneet

#### 2.1 Olohuone ja makuuhuone

##### Uloilma

Ikkunoiden raot tai niinä vastaava hyväksytyt venttiilit. Lisäksi avettava ovi, ikkuna tai vastaava tuuletusaukko suoraan ulkoilmahan, varustettuna tulipesä-  
laitteella, jolla tuuletusaukkoa voidaan säätää. Jos tuuletus-  
aukko suoraan huoneeseen koneellisesti, on se johdettava  
suhin makuuhuoneisiin, ja tällöinkin on huoneessa

oltava avettava ovi, ikkuna tai säätöilmaisella varustettu  
luukku.

##### Poistoilma

Kahtion, kylpyhuoneen tai WC:n kautta. Huoneiden  
seiniissä tai ovissa, joiden kautta ilma kulkee, tulee olla  
aukko tai rako, jonka suurus  $\text{cm}^2$  on  $1,5 \times q$ , jossa  $q$   
on oven tai seinän kautta kulkeva ilmavirta  $\text{m}^3/\text{h}$ .  
Painovoimaisella poistolla käytetään aukkoja ja rakoa  
mitoitettaessa vastaavasti koneellisen poiston ilmavirtoja.

#### 12.2 Keittiö

##### Tuloilma

Avettava ikkuna suoraan ulkoilmahan varustettuna  
tuuletuslaitteella, jolla tuuletusaukkoa voidaan säätää ja  
väliseinässä tai ovensa  $100 \text{ cm}^2$  aukko tai rako.

##### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi  $200 \text{ cm}^2$ .  
Koneellisen poiston ilmavirta  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 12.3 Keittokomero, keittokauppi

##### Tuloilma

Väliseinässä tai ovensa  $100 \text{ cm}^2$  suuruinen aukko tai  
rako.

##### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi  $150 \text{ cm}^2$ .  
Koneellisen poiston ilmavirta  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
Vertaa kohta 12.8.

#### 12.4 Tuuletusta ruokakomero

##### Tuloilma

Suoraan ulkoilmahan johtava  $40 \text{ cm}^2$  aukko tai hormi  
komeron yläosassa varustettuna säädettävällä venttiilillä.

##### Poistoilma

Oven kautta keittiöön.

12.5 *Kylpyhuone*

## Tuloilma

Väliseinässä tai ovesa 100 cm<sup>2</sup> suuruinen aukko tai rako.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 150 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 60 m<sup>3</sup>/h.  
Vertaa kohta 12.8.

12.6 *Erillinen WC*

## Tuloilma

Väliseinässä tai ovesa 50 cm<sup>2</sup> suuruinen aukko tai rako.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 100 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 30 m<sup>3</sup>/h.

12.7 *Vaatehuone*

## Tuloilma

Oven raoista.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 100 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 10 m<sup>3</sup>/h.

12.8 *Pienet asuinhuoneistot*

Mikäli edellä esitettyjen ilmavirtojen mukaan huoneiston kokonaisilmavaihto nousee pelkkää koneellista poistoa käytettäessä yli 1,2 kertaa huoneiston tilavuus tunnissa, voidaan edellä esitettyjä arvoja pienentää keittokomeron, keittokaapin ja kylpyhuoneen osalta, mutta ei kuitenkaan pienemmäksi kuin 40 m<sup>3</sup>/h.

## 13. Muut huoneilat

13.01 *Porrashuone*

## Tuloilma

Porrashuoneen alaosaan ulkoseinään asennetaan säädettävä venttiili, jonka vapaa pinta-ala on 50 cm<sup>2</sup> portaassa olevaa huoneistoihin johtavaa ovea kohti.

Jos tuloilma tuodaan koneellisesti porrashuoneeseen, lasketaan 30 m<sup>3</sup>/h portaassa olevaa huoneistoihin johtavaa ovea kohden. Ilmavirtaa on voitava säätää.

## Poistoilma

Huoneistoihin ovien kautta (vuotoina ja ovien avaamisen aikana).

Porrashuoneet, joista ei ole ovia suoraan huoneistoihin, varustetaan ylös sijoitettavalla painovoimaisen poiston hormilla, jonka vapaa pinta-ala on 30 cm<sup>2</sup> kerrosta kohden.

13.02 *Käytävät*

Käytävät, jotka eivät ole avonaisessa yhteydessä porrashuoneisiin, varustetaan tuloilmalaitteilla samoin perustein kuin porrashuoneet.

13.03 *Hissikuilu, joka on tiiviillä seinällä erotettu porrashuoneesta*

## Tuloilma

Alimman kerroksen seinässä tai ovesa aukko tai rako, jonka suuruus on 50 cm<sup>2</sup> hissikuilun poikkipinnan m<sup>2</sup> kohden.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 100 cm<sup>2</sup> hissikuilun poikkipinnan m<sup>2</sup> kohden.

Koneellisen poiston ilmavirta 30 m<sup>3</sup>/h hissikuilun poikkipinnan m<sup>2</sup> kohden.

Hissikuilun poistoilma voidaan johtaa myös hissikonehuoneen kautta, mikäli konehuone sijaitsee kuilun päällä tai yläpään vieressä.

13.04 *Hissikonehuone*

## Tuloilma

Hissikuiluun tai suoraan ulos 100 cm<sup>2</sup> aukko.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 200 cm<sup>2</sup>.

Koneellisen poiston ilmavirta 60 m<sup>3</sup>/h.

Ilmavirta on tarkistettava koneiden kehittämän lämmön perusteella niin, ettei lämpötila huoneessa nouse yli 35°C.

Mikäli tuloilma otetaan hissikuilusta on tarkistettava, että konehuoneen poistoilmavirta on ainakin yhtäsuuri kuin hissikuilun poistoilmavirta.

13.05 *Roskakuilu*

## Tuloilma

Kuilun alla olevassa jätehuoneen seinässä tai ovesa 50 cm<sup>2</sup> aukko tai rako.

## Poistoilma

Ylimmän roska-aukon yläpuolelta painovoimaisen poiston hormi 300 cm<sup>2</sup>.

Koneellisen poiston ilmavirta 300 m<sup>3</sup>/h, joka on aikaansaatava kun roskaluukku tai jätehuoneen ovi avataan.

13.06 *Jätehuone ilman roskakuilua*

## Tuloilma

Seinässä tai ovesa 100 cm<sup>2</sup> aukko tai rako.

## Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 150 cm<sup>2</sup>.

Koneellisen poiston ilmavirta 60 m<sup>3</sup>/h, jos huoneessa on jätepönttöjä vähemmän kuin 12. Jokaisesta ylimenevästä pöntöstä lisätään 5 m<sup>3</sup>/h jätepönttöä kohden.

### 13.07 Pesutupa

a) Pesutupa, joka on tarkoitettu yhtiöaikaisesti vain yhden perheen käyttöön:

#### Tuloilma

Avattava ikkuna ja 150 cm<sup>2</sup> aukko ulkoilmaan. Aukkoa ei saa varustaa kokonaan suljettavalla venttiilillä.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 200 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 80 m<sup>3</sup>/h.  
Jos pesutupaan asennetaan kaasulla lämmitettäviä laitteita, joiden kaasunkulutus on niin suuri, että savukaasut on vietävä pystysuoraan poistohormiin, on huoneen poistoilma yhdistettävä samaan hormiin savukaasun liitinhormin alapuolelle.

b) Pesutupa, joka on tarkoitettu yhtiöaikaisesti useamman kuin yhden perheen käyttöön, on varustettava koneita ja laitteita vastaavalla ilmanvaihdoilla.

### 13.08 Kuivaushuone

#### Tuloilma

150 cm<sup>2</sup> aukko ulkoilmaan. Aukkoa ei saa varustaa kokonaan suljettavalla venttiilillä. Koneellisella tuloilman sisäänpuhalluksella tai kiertoilmakojeella varustetun kuivaushuoneen tuloilma-aukko mitoitetaan kojeen mukaan.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 200 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 80 m<sup>3</sup>/h.  
Koneellisella tuloilman sisäänpuhalluksella tai kiertoilmakojeella varustetun kuivaushuoneen poistoilmahormi mitoitetaan kojeen mukaan. Poistoilmahormi varustetaan säädettävällä mutta ei kokonaan suljettavalla venttiilillä.

### 13.09 Saunan löylyhuone

#### Tuloilma

Sauna alle 6 m<sup>2</sup> aukko ulkoilmaan 75 cm<sup>2</sup>.  
Suuremmat saunat varustetaan aukolla, jonka suuruus on 25 cm<sup>2</sup> henkeä kohden.  
Tuloilma-aukko varustetaan säädettävällä venttiilillä.

#### Poistoilma

Sauna alle 6 m<sup>2</sup> painovoimaisen poiston hormi 150 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta on 60 m<sup>3</sup>/h.  
Suuremmat saunat varustetaan painovoimaisen poiston hormilla 30 cm<sup>2</sup> henkeä kohden, tai koneellisella poistolla ilmavirta 15 m<sup>3</sup>/h henkeä kohden.  
Poistoilmahormi varustetaan säädettävällä venttiilillä.

### 13.10 Saunan pesuhuone

#### Tuloilma

Pesuhuone alle 10 m<sup>2</sup> aukko ulkoilmaan 100 cm<sup>2</sup>.  
Suuremmat pesuhuoneet varustetaan aukolla, jonka suuruus on 25 cm<sup>2</sup> henkeä kohden.

### Poistoilma

Pesuhuone alle 10 m<sup>2</sup> painovoimaisen poiston hormi 200 cm<sup>2</sup>.

Koneellisen poiston ilmavirta 80 m<sup>3</sup>/h.

Suuremmat pesuhuoneet varustetaan painovoimaisen poiston hormilla 50 cm<sup>2</sup> henkeä kohden, tai koneellisella poistolla ilmavirta 20 m<sup>3</sup>/h henkeä kohden.

### 13.11 Saunan pukuhuone

Samoin kuin saunan pesuhuone.

### 13.12 Kattilahuone

#### Tuloilma

Tuloilma-aukko suunnitellaan kattiloiden tarvitseman palamisilman perusteella, kuitenkin vähintään 300 cm<sup>2</sup>

#### Poistoilma

Kattiloiden kautta.

### 13.13 Polttoainetarasto

#### Tuloilma

Tuloilma-aukkojen yhteenlaskettu pinta-ala 5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden, kuitenkin vähintään 100 cm<sup>2</sup>.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden, kuitenkin vähintään 100 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 1,5 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden, kuitenkin vähintään 30 m<sup>3</sup>/h.

### 13.14 Lämmönjakuhuone ja pumppuhuone

Kuten polttoainetarastossa, mutta ilmavirta on tarkistettava laitteiden huoneeseen luovuttaman lämmön perusteella, niin ettei lämpötila huoneessa nouse yli 35°C.

### 13.15 Siivousskomero

Talon siivoojan käyttöön tarkoitettu.

#### Tuloilma

Rako ovesa 50 cm<sup>2</sup>.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 100 cm<sup>2</sup>.  
Koneellisen poiston ilmavirta 30 m<sup>3</sup>/h.

### 13.16 Kellarivarastot

Huoneistotilojen kesken jaetut varastotilat, kellarikäytävät, urheiluvälinevarastot ja vastaavat tilat:

#### Tuloilma

Aukko ulkoilmaan 5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden. Tuloilma-  
aukko varustetaan säädettävällä venttiilillä.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.  
Koneellisen poiston ilmavirta 1,5 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### 13.17 Ruokakellarit

Ruokakellarit, joissa ei ole koneellista jäähdytystä, varustetaan samanlaisella ilmanvaihdolla kuin kellari-varastot.

Ruokakellareiden, joissa on koneellinen jäähdytys ja joiden pinta-ala on alle 10 m<sup>2</sup>, ilmanvaihto tapahtuu oven kautta.

Suuremmissa koneellisesti jäähdytetyissä ruokakellareissa:

#### Tuloilma

Aukko suoraan ulkoilmaan 1,5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden. Tuloilma-aukko varustetaan säädettävällä venttiilillä.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 1,5 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.  
Koneellisen poiston ilmavirta 0,5 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### 13.18 Askarteluhuoneet

Asukkaiden yhteiskäytössä olevat askarteluhuoneet:

#### Tuloilma

Tuloilma-aukko 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.  
Koneellisen poiston ilmavirta 3 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### 13.19 Ullakot

Ullakot, jotka on tarkoitettu säilytys- tai kuivaustiloiksi, on varustettava ilmanvaihtaukoilla, joita on oltava joka puolella rakennusta ja mahdollisesti lisäksi vesikatossa. Aukkojen yhteinen pinta-ala 20 cm<sup>2</sup> ullakon lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Mikäli ullakolle suunnitellaan koneellinen poisto, on ilmavirta 2 m<sup>3</sup>/h ullakon lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Käyttämättömät ullakkotilat varustetaan ilmanvaihdolla, jonka suuruus on tarkistettava siten, että alhaalta tuleva kosteus voidaan poistaa.

#### 13.20 Autosuojat

Autosuojat jaetaan suuruuden mukaan seuraaviin ryhmiin:

- autovajat, huoneistoala alle 40 m<sup>2</sup>
- autotallit, huoneistoala 40...300 m<sup>2</sup>
- autohallit, huoneistoala yli 300 m<sup>2</sup>

Autosuojien ilmanvaihto on koon lisäksi riippuvainen siitä, onko autosuoja erillinen rakennus vai onko se toisen rakennuksen yhteydessä.

#### a) autovajat

#### Tuloilma

Lattian rajaan sijoitettujen tuloilma-aukkojen pinta-ala 300 cm<sup>2</sup>.

Tuloilma-aukkoja ei saa varustaa kokonaan suljettavilla venttiileillä.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 300 cm<sup>2</sup>.

Koneellisen poiston ilmavirta 5 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Mikäli muussa rakennuksessa olevan autovajan lattiataso on joka puolelta enemmän kuin 1 m alempana autovajan ympärillä olevaa maanpintaa, tulee autovaja varustaa koneellisella poistolla. Enintään kahden perheen asuintalossa riittää kuitenkin vedontehostaja, esim. tuulella toimiva rootori.

Poistoilma-aukkoa ei saa varustaa kokonaan suljettavalla venttiilillä.

#### b) autotallit

#### Tuloilma

Lattian rajaan sijoitettujen aukkojen pinta-ala 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Tuloilma-aukkoja ei saa varustaa kokonaan suljettavilla venttiileillä.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi erillisessä autotallissa 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden ja muun rakennuksen yhteydessä olevassa autotallissa 20 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Koneellisen poiston ilmavirta 5 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden. Mikäli autotallin lattiataso on joka puolelta enemmän kuin 1 m alempana autotallin ympärillä olevaa maanpintaa, tulee autotalli varustaa koneellisella poistolla ilmavirta 10 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden. Poistoilma-aukkoja ei saa varustaa kokonaan suljettavilla venttiileillä.

#### c) autohallit

Autohallit on varustettava koneellisilla tulo- ja poistoilmalaitteilla. Ilmavirta 15 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### 13.21 Myymälät

Asuinrakennusten yhteyteen sijoitettavat pienet myymälät, joiden pinta-ala on alle 100 m<sup>2</sup>.

#### Tuloilma

Aukko ulkoilmaan 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.

#### Poistoilma

Painovoimaisen poiston hormi 10 cm<sup>2</sup> lattia-m<sup>2</sup> kohden.

Koneellisen poiston ilmavirta 3 m<sup>3</sup>/h lattia-m<sup>2</sup> kohden. Myymälään liittyvien varasto-, konttori- ja muiden vastaavien tilojen ilmanvaihto kuten myymälässä.

## 2. ILMANVAIHTOLAITTEIDEN RAKENTEET

### 21. Yleiset vaatimukset

Ilmanvaihtolaitteet on rakennettava siten, etteivät ne aiheuta huonetiloissa liiallista melua, ilmanvirtausta ja lämmönsäteilystä eivätkä oleellisesti huononna huoneistojen välistä ääneneristystä.

Suurimpana sallittuna rajana on pidettävä seuraavia arvoja:

- Melutaso oleskelualueella makuu- ja olohuoneissa ei saa ylittää äänentasoa 25 dB(A) ja keittiössä 30 dB(A).
- Ilmanvirtauksen nopeus oleskelualueella makuu- ja olohuoneissa ei saa korkeintaan sisäänpuhallusta käytettäessä ylittää 0,1 m/s. Lisäksi tulee ilmanvaihtolaitteiden täyttää yleiset paloturvallisuus- ja lujuusvaatimukset.

### 22. Hormit

#### 22.1. Painovoimaisen poiston hormit

Edellä pinta-aloja määrätessä on oletettu hormit pystysuoriksi ja valmistettaviksi neliön tai suorakaiteen muotoisella poikkileikkauksella.

Mikäli hormit eivät ole kokonaan pystysuoria tai ne valmistetaan muuta poikkileikkauksella käyttäen, on hormien poikkipinta tarkistettava siten, että saavutetaan sama ilmavirta kuin neliön tai suorakaiteen muotoista pystysuoraa hormia käyttäen.

Hormit, joiden sisäpinta on erikoisen sileä, esim. peltiä, asbestisementtiä yms. ja jotka on valmistettu loivilla käyrillä (sisäinen kaartosäde = puolet hormin mitasta mutkan tasossa) voidaan mitoittaa enintään 20 % pienemmiksi kuin yllä on määrätty. Pyöreät, sileät hormit voidaan lisäksi mitoittaa 25 % pienemmiksi kuin neliön tai suorakaiteen muotoiset.

Minkään hormin sivun tai halkaisijan mita ei saa olla alle 10 cm.

Hormin huoneeseen johtavan aukon tulee olla pystyhormin kokoinen ja aukko on sijoitettava lähelle kattoa. Hormit vedetään vesikaton yläpuolelle siten, että hormiryhmän yläpinta on 0,5 m katon harjan yläpuolella tai 1 m ympäröivän katon yläpuolella.

Asuinhuoneista lähtevät poistohormit on vietävä kustakin huoneesta erillisenä ylös saakka. Muista tiloista tulevia hormoneja voidaan keskenään yhdistää 2,5 m korkeudella poistoaukosta, mutta ei kuitenkaan WC-hormeja muihin.

#### 22.2. Koneellisen ilmanvaihdon hormit

Koneellisen ilmanvaihdon hormit mitoitetaan ilmavirtojen perusteella. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota hormien tiiveyteen.

Sallittuna suurimpana keskimääräisenä vuotona tiiveyskokeissa on pidettävä seuraavan taulukon arvoja:

Suurin staattinen painero ilmaan nähden puhaltimen kohdalla mm vp	Koepaine mm vp	Sallittu vuoto hormien sisäpinnan m <sup>2</sup> :ä kohden m <sup>3</sup> /h
0 - 40	20	4,0
yli 40	100	8,0

Keittiöiden yhteishormiin ei saa liittää muiden huoneiden hormoneja. WC- ja kylpyhuoneiden yhteishormiin ei saa liittää muiden asuinhuoneiden hormoneja.

### 23. Venttiilit, ikkunat ja ovet

Hyväksyttäväksi määrättyjen ja säädettävien venttiilien, joista normissa puhutaan, on oltava viranomaisten tai Lämpöinsinööriyhdistyksen, Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen lausunnon perusteella hyväksymää mallia. Venttiilien on oltava kestävää rakennetta, helposti puhdistettavia ja sellaisilla laitteilla varustettuja, että ne vaivattomasti ovat lattialla seisovan henkilön säädettävissä.

Lisäksi tulee venttiilien täyttää kohdassa 21 esitetyt vaatimukset.

Painovoimaisen poiston laitoksissa venttiilin vapaa virtauspinta täysin auki-asennossa ei saa olla määrättyä hormipoikkipintaa pienempi.

Milloin on määrätty, että venttiilit eivät saa olla täysin suljettavia, tulee vapaan virtauspinnan kuristusasennossa olla 20 - 30 % määrätystä hormin poikkipinnasta.

Milloin ikkunat ja ovet on määrätty varustettavaksi säätölaitteella, tulee säätölaitteen olla sellainen, että pienimmän aukaisuasennon jättämä rako on enintään 5 mm.

Milloin oveen on määrätty rako, otetaan raon pinta-alassa huomioon oven ympäri 1 mm:n rako, ellei ovea erikoisesti tiivistetä. Lisärako sijoitetaan alas. Milloin huoneiston sisäiset ovet halutaan tiivistää, on käytettävä virtausaukkoja väliseinissä, jotka voidaan varustaa äänenvaimennuksella ja takaisvirtausuojalla. Virtausaukkojen virtausvastus ei saa olla suurempi kuin 0,5 mm vp.

## 3. NORMIEN TULKINTA JA TÄYDENNYS

Tarkempia määräyksiä ja teknillisiä ohjeita näiden normien soveltamisessa antaa Lämpöinsinööriyhdistys r.y., jossa kysymystä hoitaa erityinen toimikunta. Tämä

toimikunta huolehtii myös muutosten ja lisäysten tekemisestä normeihin.



## Asuinrakennusten keskusilmanvaihtolaitosten paloturvallisuusmääräykset 1966 [42].

Sisäasiainministeriö  
Palossuojainosasto

L I I T E I.  
Paloluokitustiedotus

n:o 127  
Annettu 26. 5. 1966

Rek. n:o 22,6

RAKENNUSOSAT  
Ilmahormit

### Asuinrakennusten keskusilmanvaihtolaitosten paloturvallisuusmääräykset

Sisäasiainministeriö on rakennusten palonkestävyydestä annetun sisäasiainministeriön päätöksen (327/62) 18 §:n 4 momentin nojalla antanut lähinnä asuinrakennuksissa käytettävistä keskusilmanvaihtolaitoksista seuraavat paloturvallisuusmääräykset. Tämän tiedotuksen määräysten lisäksi on ilmanvaihtolaitosten suhteen noudatettava muiden viranomaisiston alaltaan antamia määräyksiä.

#### 1 Määritelmät

10 *Asuinrakennusten keskusilmanvaihtolaitoksella* tarkoitetaan tässä tiedotuksessa pääasiallisesti asuinrakennuksissa käytettävää palonrajoittimilla varustettua ilmanvaihtolaitosta, jossa ilmaa kuljetetaan ainakin osittain yhteisissä, eri paloteknillisissä osastoissa palvelevissa yleensä pystysuorissa hormeissa mukaan siten, että poistoilmahormistossa vallitsee alipaine huonetiloihin nähden ja tuloilmahormistossa vastaavasti ylipaine, ja jossa ei käytetä kiertoilmaa.

11 *Ulkoilmalla* tarkoitetaan huonetilasta tai ilmanvaihtolaitokseen ulkoa otettua ilmaa.

12 *Tuloilmalla* tarkoitetaan ilmanvaihtolaitoksen kautta huonetilaan tulevaa ilmaa.

13 *Poistoilmalla* tarkoitetaan huonetilasta ilmanvaihtolaitokseen johdettua ilmaa.

14 *Kiertoilma* tarkoitetaan huonetilaan uudestaan johdettua poistoilmaa.

15 *Palautusilmalla* tarkoitetaan erinäisten tilojen tuloilmaksi käytettyä toisten tilojen poistoilmaa.

16 *Kammio* tarkoitetaan ilmanvaihtolaitokseen kuuluvaa tilaa, johon laitoksen hormit yhdistetään ja jossa voivat sijaita poisto- tai tuloilmakojeet. Kammiota voi olla tulo- tai poistokammio.

17 *Palonrajoittimella* tarkoitetaan rakennusosaa, jolla palon leviämistä hormien kautta rajoitetaan.

18 Ilmanvaihtolaitoksen *hormit* ovat:

1. *Yhteishormi*, jolla tarkoitetaan paloteknillisten osastojen lävitse kulkevaa yleensä pystysuoraa hormia, johon eri paloteknillisten osastojen poistoilmaa johdetaan tai josta johdetaan tuloilmaa eri paloteknillisille osastoille.

2. *Erillishormi*, jolla tarkoitetaan paloteknillisten osastojen lävitse kulkevaa kammiota asti ulottuvaa hormia, johon johdetaan vain yhden paloteknillisen osaston poisto-

ilma tai josta vastaavasti johdetaan tuloilmaa vain yhdelle paloteknilliselle osastolle.

3. *Kokoojehormi*, jolla tarkoitetaan yleensä vaakasuoraa hormia, jolla yhteishormi tai yhteishormit yhdistetään poisto- tai tuloikkamioon.

4. *Palautushormi*, jolla poistokammioista johdetaan ilmaa erinäisiin tiloihin näiden tuloilmaksi käytettäväksi.

5. *Kammiohormi*, jolla poistoilmaa johdetaan poistokammioista tai ulkoilmaa tuloikkamioon.

6. *Liitehormi*, jolla poistoilmaa johdetaan paloteknillisen osaston palonrajoittimesta yhteishormiin tai tuloilmaa yhteishormista paloteknillisen osaston palonrajoittimeen, mikäli palonrajoitin ei liity välittömästi yhteishormiin.

#### 2 Yleistä

20 Ilmanvaihtolaitosta saadaan käyttää lähinnä Pk-päätöksen 27 §:n 2 momentin 9. kohdan tarkoittamia huoneistoja käsittävissä rakennuksissa. Ilmanvaihtolaitosta saadaan käyttää myös muissa pieneen palokuormaryhmään kuuluvissa rakennuksissa, kuten Pk-päätöksen 27 §:n 2 mom. 2. kohdan tarkoittamissa matkustajakodeissa, yömajoissa, retkeilymajoissa ja lomaa, lepo- sekä virkistyskodeissa.

21 Ilmanvaihtolaitokseen ei saa yhdistää tulisijoja eikä tiloja, joista hormeihin voi kertyä runsaasti rasvaa, kuten ammattimaisesti käytetystä keittiöstä, tai levitä palavia, myrkyllisiä tai kova- tai syövyttäviä aineita tai pölyjä, kuten palavien nesteiden käsittelytiloista, kemiallisista pesuloista ja pölyisistä tiloista.

22 Ilmanvaihtolaitoksen poistoilmaa saadaan käyttää palautusilmaksi rakennuksen kattilahuoneeseen ja auto-suojaan paloluokituspäätöksissä määrätävillä ehdoilla.

23 Ilmanvaihtolaitoksen poisto- tai tuloikkamiossa ei saa olla laitokseen kuuluttomia tarvikkeita tai laitteita. Ilmanvaihtolaitokseen kuuluvien johtimien ja putkien läpivientikohdat kammiota on tiivistettävä riittävästi

ruotojen estämiseksi. Hormeihin tai kammioihin sijoituksissa laitteissa saadaan käyttää b-luokan ja vähäisessä määrin c- tai d-luokan rakennustarvikkeita ilmanvaihtokoneiden kiinnityksissä ja suodattimissa, mikäli niistä ei aiheudu palonvaaraa ja mikäli ne ääni- tai ilmanvaihtoteknillisesti ovat tarpeellisia.

**14** Hormeissa ei saa olla eikä niiden läpi johtaa tai niiden seinämiin upottaa johtimia, putkia eikä muita laitteita.

**15** Hormit rakennusosina on tehtävä niitä kuormituksia ja rasituksia kestäviksi, joiden alaisiksi ne saattavat joutua.

**16** Ilmanvaihtolaitoksen hormit, kammiot, puhdistus-uukut ja muut laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja sennettävä tarkoituksenmukaisesti.

**17** Palonrajoittimien ja metallilevystä tehtyjen hormi-  
liitosten tulee olla sisäasiainministeriön paloluokittelemia.

#### 1 Tilojen liittäminen hormeihin

**10 .1** Yhteishormiin saadaan liittää eri paloteknilliset osastot palonrajoittimen avulla tarvittaessa liitehormia täyttäen.

**2** Yhteishormiin saadaan liittää sekä päällekkäiset että samassa tasossa olevat kohdassa 20 tarkoitettua huoneistot.

Keittiöiden poistoilma on johdettava omassa yhteishormissaan kokoojahormiin tai kammioon saakka.

**3** Yhteishormiin saadaan liittää talon yhteisessä käytössä olevat tilat, kuten saunat, pesutuvat ja askartelutilat sekä niitä vastaavat tilat. Kellarissa olevat talousirtaimiston säilytystilat on johdettava omassa yhteishormissa kokoojahormiin saakka. Kattilahuoneiden ja autosuojien poistoilmaa ei saa yhdistää ilmanvaihtolaitokseen.

**11** Ilmanvaihtolaitokseen, jossa ei käytetä palautusilmaa, saadaan kuitenkin yhdistää autovajat erillishormin tai yksinomaan näitä tiloja varten tehdyn yhteishormin kautta suoraan kammioon palonrajoittimen välityksellä. Vastaavasti saadaan yhdistää myös keskisuureen palokuormaryhmään kuuluvat tilat, kuten myymälähuoneistot erillishormin tai yksinomaan näitä tiloja varten tehdyn yhteishormin kautta suoraan kammioon palonrajoittimen välityksellä.

**12 .1** Samassa hormissa olevat eri paloteknillisiin osastoihin kuuluvat palonrajoittimet on sijoitettava vähintään 1 m etäisyydelle toisistaan mitattuna hormeja pitkin ja lisäksi siten, etteivät ne ole suoraan vastakkain ja ettei palotila läpse välittömästi siirtymään palonrajoittimesta toiseen.

**2** Poistohormin palonrajoittimen tulee välittömästi liittyä paloteknilliseen osastoonsa luokituspäätöksessä määrättyllä tavalla. Tulohormin palonrajoitin saadaan liittää myös kammioon tai muihin yleisiin tiloihin, joissa se on puhdistettavissa. Ilmanvirtaussuunnassa saa palonrajoittimen jälkeinen tulohormi avautua vain yhteen palosastoon.

**13** Erillishormi on varustettava palonrajoittimella, joka saadaan sijoittaa myös kammioon tai talon yleisiin tiloihin, joissa se on puhdistettavissa.

#### 4 Rakenteet

**40 .1** Pienen palokuormaryhmään kuuluviin tiloihin liittyvien yhteishormin, kokoojahormin ja erillishormin sekä liitehormin tulee rakennusosana täyttää a 1/2-luokan vaatimukset. Hormiryhmässä tulee hormien välisen seinämän olla vähintään a 1/4-luokkaa.

**2** Keskisuureen palokuormaryhmään kuuluviin tiloihin liittyvien hormien tulee rakennusosana täyttää a 1-luokan vaatimukset.

**3** Palautushormin tulee rakennusosana täyttää a 1-luokan vaatimukset.

**4** Mikäli hormi kulkee erityistä palonvaaraa aiheuttavan osaston kautta, tulee hormin tai hormiryhmän tämän osaston kohdalla rakennusosana olla vähintään a 2-luokkaa.

**5** Mikäli hormi kulkee uloskäytäväosaston kautta, tulee sen rakennusosana uloskäytävän kohdalla täyttää tämän osaston rakennusosien paloteknilliset vaatimukset.

**6** Tulo- ja poistokammion rajoittavien rakennusosien sekä rakennuksessa olevan kammiohormin tulee rakennusosana täyttää a 1/2-luokan vaatimukset. Poistokammio on sijoitettava yleensä kammioon yhdistettyjen yhteishormien venttiilien yläpuolelle. Kammiohormi poistokammioista on johdettava ulos yleensä vesikaton yläpuolelle. Mikäli kammio on sijoitettu edellä 4 tai 5 kohdissa tarkoitettuihin tiloihin, tulee kammion täyttää hormeille rakennusosina näissä kohdissa asetetut vaatimukset. Kuitenkin vaikka hormi on vahvistettu esim. kulkiessaan palonvaarallisen tilan kautta, tai on kysymyksessä palautushormi, saavat kammion rakennusosat olla a 1/2-luokkaa.

**7** Palonrajoittimen tulee palon aikana täyttää tehtävänsä vähintään hormilta rakennusosana vaadittavan palonkestoajan.

**8** Hormien kiinnitysten tulee vastata hormilta vaadittavaa palonkestoaikaa.

**41 .1** Hormien ja kammioiden tiiviys on kokeiltava kohdassa 41.2 määrättyillä paineilla.

**2** Sallittu suurin keskimääräinen vuoto ei saa tiiviyksiköissä ylittää seuraavia arvoja:

Hormin suurin staattinen paine-ero ulkoilmaan nähden	Koepaine	Sallittu vuoto hormin ja kammion sisäpinnan m <sup>2</sup> kohti
mm vp	mm vp	m <sup>3</sup> /h
0 ... 40	20	4
yli 40	100	8

**3** Tiilestä tai betonista tehdyn hormin, jonka hormiaukko on enintään 2500 cm<sup>2</sup>, seinämän paksuuden tulee a 1/2-luokassa olla vähintään 4 cm, a 1-luokassa vähintään 5 cm ja a 2-luokassa vähintään 10 cm. Alle 11 cm paksut muuraamalla tehdyt hormien seinämät tulee varustaa sisäpuolisella, tiiviillä, sinkityllä teräsputkella, jonka seinämävahvuus on vähintään 0,5 mm, tai vastaavasti syöpymistä kestäväällä a-luokkaa olevalla sisäputkella taikka

tulee hormin olla koottu paloluokitetuista vain puristuksen alaisilla vaakasaumoilla toisiinsa liitetyistä muotokappaleista. Vähintään 11 cm paksujen muurattujen seinämien tulee olla tehty kahdesta tiilikerroksesta siten, että kerrokset on liitetty toisiinsa laastilla ja etteivät kerrosten saumat tule kohdakkain.

4 a 1/2-luokkaisena pidetään esim. sinkitystä teräslevystä tai vastaavasti syöpymistä kestävästä metallilevystä tehtyä tehdasteikoista kierresaumattua hormia, jonka hormiaukko on enintään 2500 cm<sup>2</sup>, jonka seinämävahvuus on vähintään 0,5 mm ja jonka hormiliitokset ovat riittävän tiiviit. Hormi on eristettävä vähintään 5 cm paksulla a-luokkaisella mineraalivillaeristyksellä. Eristyksen tilavuuspainon tulee olla 120...150 kg/m<sup>3</sup> ja sintraantumispisteen vähintään +1000°C. Eristys on kiinnitettävä hormin ympärille teräslankaverkolla, joka on sidottava siten, ettei langan katkeaminen aiheuta eristyskerroksen aukeamista, tai kiinnitettävä muulla vastaavalla tavalla. Eristyksen ulkopinta on tarvittaessa suojattava mekaanisia vaurioita vastaan.

Hormiliitoksessa tulee hormikappaleiden mennä tiiviisti toistensa sisään tai hormikappaleiden päiden tiiviisti erityisen sisäkappaleen päälle taikka on hormiliitokset tehtävä muulla luotettavalla tavalla. Liitos on lukittava esim. niiteillä tai ruuveilla. Hormien jatkoksen lisätiivistämiseen saadaan käyttää vähäisiä määriä palavia tiivistystarvikkeita, kuten esim. tiivistysteippiä.

5 Tiilestä, betonista tai kevytbetonista tehdyn kammion rajoittavien seinämien paksuuden tulee a 2-luokassa olla vähintään 10 cm, a 1-luokassa vähintään 5 cm ja a 1/2-luokassa vähintään 4 cm kuitenkin siten, että muuraamalla tehtyjen rakennusosien tulee lisäksi olla tiiviste-tyt esim. sisäpuolisella vähintään 1 cm paksulla rappauksella. Kammio saadaan sisäpuolelta verhota vähintään b-luokan rakennuslevyllä.

6 a 1/2-luokkaisina pidetään kammion rajoittavia seinämiä, joiden ulkopintana on vähintään 0,7 mm paksu sinkitty teräslevy tai vastaavasti syöpymistä kestävä metallilevy ja sen sisäpuolella vähintään a-luokkainen 5 cm paksu mineraalivillalevy, jonka tilavuuspaino on 120...150 kg/m<sup>3</sup> sekä sintraantumispiste vähintään +1000°C. Seinämät saadaan kammion sisäpuolelta verhota vähintään b-luokan rakennuslevyllä, jonka kiinnitykseen ei saa käyttää c- tai d-luokan rakennustarvikkeita.

42 Puhallin saadaan sijoittaa poisto- tai tulokammioon tai myös vesikaton yläpuolelle. Puhaltimen tärinän vaimentamiseen ja hormeihin liittämiseen saadaan käyttää pieniä määriä c- ja tarvittaessa lisäksi d-luokan tarvikkeita.

43 Suorakulmaisen hormiaukon sisäisivun mitta tai pyöreän hormiaukon halkaisija ei saa liitehormeja lukuun ottamatta olla pienempi kuin 10 cm.

44 Hormin tulee olla eristetty siten, ettei kosteus tiivisty sen seinämiin. Hormiseinämän sisäpuolelle tulevien eristyksien tulee yleensä olla a-luokkaa. Äänenvaimennustarkoituksessa saadaan kuitenkin vähäisessä määrin hor-

miseinämän sisäpuolella käyttää myös b-luokan eristyksiä. Hormit saadaan ulkopuolelta verhota kyseessä olevien tilojen verhoumääräysten mukaisesti.

## 5 Asentaminen

50 Ennen hormi- tai sitä vastaavaa katselmusta tulee vastaavan työnjohtajan esittää valvontaviranomaiselle ilmanvaihtolaitoksen asentaneen liikkeen tai henkilön todistus siitä, että ilmanvaihtolaitos on tehty tämän tiedocuksen määräysten mukaisesti. Todistuksesta tulee myös käydä ilmi tiiviyskokeen suorittaja ja kunkin tiiviyskokeen mittauspaine sekä vuotoilmamäärä ja luettelo käytetyistä erikseen paloluokitetuista tästä päätöksestä poikkeavista rakennusosista.

51 Kullekin ilmanvaihtolaitokseen kuuluvan huoneiston haltijalle on toimitettava palonrajottimien ja venttiilien hoito-ohjeet.

52 Kutakin ilmanvaihtolaitosta varten tulee toimittaa käyttö-, huolto- ja puhdistusohjeet.

53 Ilmanvaihtolaitoksen kammio on varustettava näkyvään paikkaan sijoitetulla kilvellä, josta ilmenee:

- 1 valmistajan tai maahantuojan nimi ja osoite,
- 2 ilmanvaihtolaitoksen tyyppi ja merkki.

## 6 Puhdistus

60 Ilmanvaihtolaitoksen hormit, kammiot ja palonrajottimet tulee puhdistaa kunnan palojärjestyksessä määrätyn väliajoin.

61 Ilmanvaihtolaitos tulee voida puhdistaa. Sitä varten hormit ja kammiot on varustettava tarvittavalla määrällä puhdistusluukkuja siten, että tarkoituksenmukaisesti suoritettava puhdistustyö on mahdollista.

62 Puhdistusluukkuja tulee sijoittaa kammioon sekä kokoojahormin ja yhteishormin liitospaikoitiin, hormin yli 45°:een kulmakohtiin ja vaakasuoriin hormeihin enintään 8 m välein. Käytettäessä pyöräpoikkipintaista vaakasuoraa hormia, saa puhdistusluukkujen väli olla 8 m suurempikin, mikäli hormi on puhdistettavissa molemmista päistään. Pystyhormin alapäässä tulee olla puhdistusluukku.

63 Puhdistusluukkujen tulee suuruudeltaan olla yleensä vähintään 300 cm<sup>2</sup>. Pystyhormin alapäässä riittää kuitenkin hormin poikkipinnan suuruinen puhdistusluukku. Puhdistusluukuksi kelpaa myös pystyhormin alapäässä talon yhteisissä tiloissa oleva palonrajotin tai venttiili, joiden kautta voidaan puhdistus suorittaa.

64 Puhdistusluukkujen tulee olla talon yhteisissä tiloissa sellaisissa paikoissa, joissa tarkoituksenmukainen puhdistus on mahdollista. Poikkeustapauksissa voidaan puhdistusluukut sijoittaa muihinkin kuin talon yhteisiin tiloihin, kuten kylpyhuoneisiin.

65 Puhdistusluukkujen tulee olla siten suljetut, ettei niitä ilman avainta tai työkalua voida avata.

66 Palonrajoitin tulee voida puhdistaa omasta osastostaan, lukuun ottamatta erillishormin palonrajoitinta ja tulohormin osastonsa ulkopuolelle sijoitettua palonrajoitinta.

67 Ilmanvaihtolaitoksen puhdistukseen kuuluu keittiöiden ja vastaavien tilojen hormien, palonrajoittimien ja venttiilien puhdistaminen sekä kammion puhdistaminen. Muut ilmanvaihtolaitoksen hormit on puhdistuksen yhteydessä tarkistettava ja tarvittaessa puhdistettava.

## 7 Paloluokitus

70 Ilmanvaihtolaitosten palonrajoittimien, metallilevystä tehtyjen hormien liitosten ja tämän tiedotuksen määräyksistä poikkeavien rakennusosien tulee olla paloluokiteltuja.

71 Sisäasiainministeriö määrää paloluokan kuultuaan paloluokitustoimikuntaa.

72 Paloluokan määrittämisestä on haettava sisäasiainministeriöltä. Hakemus on toimitettava ministeriölle kahtena kappaleena ja siitä tulee ilmetä:

- .1 hakijan nimi ja osoite,
- .2 valmistaja ja maahantuojan nimi sekä osoite,
- .3 rakennusosan tyyppi ja merkki.

73 Hakemuksen molempiin kappaleisiin on liitettävä:

- .1 täydelliset ja yksityiskohtaiset piirustukset ja ja teknilliset tiedot rakennusosasta,
- .2 paloluokituskilpeen tuleva kohdan 72 tarkoittama teksti.

74 Sisäasiainministeriö voi velvoittaa hakijan omalla kustannuksellaan hankkimaan hakemukseensa lisäksi liitettäväksi:

- .1 valtion teknillisen tutkimuslaitoksen paloteknillisen laboratorion koestuselostuksen rakennusosaa koskevan tutkimusmenetelmän mukaisista koestuksista<sup>1)</sup> tai saman laboratorion lausunnon ulkomaisen virallisen tutkimuslaitoksen suorittamista vastaavista koestuksista<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> Koestuksia varten hakijan tulee toimittaa k.o. laboratoriolle tarpeellinen määrä hakemuksen kohteena olevia rakennusosia sekä kohdassa 73.1 mainitut piirustukset ja tiedot viitenä kappaleena.

<sup>2)</sup> Lausuntoa varten hakijan tulee toimittaa k.o. laboratoriolle asianomaisen tutkimuslaitoksen koestuselostus virallisena jäljennöksenä ja tarvittaessa viralliset suomen- tai ruotsinkieliset käännökset, molemmat viitenä kappaleena.

.2 muut tarpeellisiksi katsomansa selvitykset ja lausunnot.

75 Kohdassa 74.1 mainittua koestusta ei katsota tarpeelliseksi, mikäli rakennusosat ovat yhdenmukaisia aikaisemmin koestettujen rakennusosien kanssa tai ne rakenteeltaan ja oleellisimmilta kohdiltaan vastaavat koestettua rakennusosaa.

76 Paloluokitus päätös voidaan antaa ehdolla, että rakennusosan valmistus ja laadun jatkuva tarkkailu suoritetaan erityisen valvonnan alaisena hakijan kustannuksella. Paloluokitus päätös voidaan antaa myös muulla ehdolla tai määräjäksi ja siinä voidaan antaa myös tätä tiedotusta täydentäviä määräyksiä.

77 Sisäasiainministeriö voi muuttaa tai kumota paloluokitus päätöksen, jos hakija ei ole täyttänyt paloluokitus päätöksessä asetettuja ehtoja tai jos päätöksen perusteena olevat tiedot osoittautuvat virheellisiksi taikka jos luokitus kohde ei muutoin ole täyttänyt sille asetettuja vaatimuksia.

78 Jokaisen luokitettujen rakennusosien tulee olla luokituksen edellytysten mukainen. Jos luokitettujen rakennusosien rakenteeseen halutaan tehdä muutoksia, on niille saatava sisäasiainministeriön hyväksyminen.

79 Rakennusluvan myöntävä viranomaisena voi poikkeustapauksissa hyväksyä käyttöön otettavaksi tämän tiedotuksen määräyksistä poikkeavan ilmanvaihtolaitoksen, mikäli sisäasiainministeriön paloasiainosasto on antanut asiasta puoltavan lausunnon.

## 8 Siirtymämääräykset

Tämä paloluokitustiedote tulee voimaan 1. 6. 1966. Kuitenkin saadaan rakennusten ja rakennusosien palonkestävyyden luokittelemisesta annetun sisäasiainministeriön päätöksen (81/36) 6 §:n nojalla annetuissa yhteishormijärjestelmiä koskevissa paloluokitus päätöksissä hyväksytyjä palonrajoittimia käyttää tämän tiedotuksen mukaisissa yhteishormilaitoksissa tai yhteishormilaitos tehdä kokonaisuudessaan mainitun päätöksen tarkoittamien luokitus päätösten mukaisesti, mikäli hakemus rakennustyötä varten on tehty ennen 1 päivää tammikuuta 1968.

Ministeri Niilo Ryhti

Palotoimen ylitarkastaja Esko Karhu

alkaisija: Suomen Palosuojeluyhdistys, Helsinki 12,  
10 Roobertink. 7 A 4, puh. 657 737 ja 652 354

100/VI. 66.

Liite I - 4 -

Helsinki 1966. Maalaiskuntien Liiton Kirjapaino

## Ilmanvaihdon lämmitystehon laskenta 1960- ja 1970-luvuilla [43].

### 2. ILMANVAIHDON VAATIMA LÄMPÖ

Ilmanvaihtoon tarvittava lämpö riippuu ilmamäärästä ja siitä alimmasta ulkoilman lämpötilasta, jolloin vielä vaaditaan täysi ilmanvaihto.

Ilman lämmittämiseen tarvittava lämpö lasketaan yhtälöllä:

$$Q_L = 0,29 \Delta t L \text{ kcal/h} \quad (3)$$

0,29 = ilman ominaislämpö [Cp] = kcal/m<sup>3</sup> °C kun ilman lämpötila on  
 [Δt] = lämpötilaero °C n. 20 °C 1,2 · 0,24 = 2,9  
 [L] = ilmamäärä m<sup>3</sup>/h

Ilmanvaihdon osuus lämmöntarpeeseen lasketaan käytännössä seuraavasti:

1. Jos huoneeseen puhalletaan koneellisesti esikäsiteltyä ilmaa, ei ilmanvaihtolisää lasketa ollenkaan.
2. Jos rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, lasketaan ilmanvaihtolisä NO esitettyllä yhtälöllä:

$$Q_L = 0,075 \Delta t L1 \text{ kcal/hm}^2 \quad (4)$$

[L1] = m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>

3. Jos rakennuksessa on joko yhteiskanava- tai yhteishormijärjestelmä lasketaan ilmanvaihtolisä NO esitettyllä yhtälöllä:

$$Q_L = 0,225 \times \Delta t L2 \text{ kcal/h} \quad (5)$$

[L2] = ilmamäärä m<sup>3</sup>/h.

$$\text{kcal/h} = 1.163 \text{ W}$$

$$\text{kcal} = 4.187 \text{ kJ}$$

$$Cp = 0.29 \text{ kcal /m}^3\text{°C} = 1.0 \text{ kJ/kg°C}$$

Vuosina 1960-1975 rakennetut asuinkerrostaloalueet [44].

<b>Espoo</b>	Lähteranta	(1963–1965)	<b>Mikkeli</b>	Tuppurala		
	Hakalehto	(1963–1964)		Laajalampi		
	Karakallio / Viherkallio	(1965–1972)		<b>Oulu</b>	Kaukovainio	(1960-luku)
	Iivisniemi	(1968–1970)			Raksila	(1960-luvun jälkipuoli–1970-luku)
	Olari / Kuitinmäki	(1969–1984)			Rajakylä	(1970-luku)
	Matinkylä	(1969–)		<b>Pori</b>	Koivula	(1960-luvun alku)
	Soukka	(1967–1973)			Pormestarinluoto	(1970-luvun alkupuoli)
	Kivenlahti	(1971–)			Sampola	(1970-luku)
	Suvela	(1970-luvun alkupuoli)				
Perkkaa	(1972–1977)					
<b>Helsinki</b>	Puotila	(1960–)	<b>Porvoo</b>	Gammelbacka	(1965–1966, 1970–1974)	
	Pihlajamäki	(1961–1964)				
	Puotinharju	(1962–)	<b>Rovaniemi</b>	Korkaloaara	(1967–1975)	
	Yliskylä	(1962–1975)				
	Myllypuro	(1964–)	<b>Tampere</b>	Rahola	(1960-luvun alku)	
	Kontula	(1965–1975)		Tesoma	(1964–1969)	
	Keski-Vuosaari	(1963–1970-luvun alku)		Kaukajärvi	(1965–)	
	Jakomäki	(1967–1969)		Peltolampi	(1966–1975)	
	Siltämäki	(1968–1974)		Lentävänniemi	(1970-luvun alkupuoli)	
	Mellunmäki	(1968–)		Hervanta	(1973–)	
	Pihlajisto	(1970-luku)	<b>Turku</b>	Uittamo	(1960-luvun puoliväli–1968–1974)	
	Suurmetsä	(1970-luvun alkupuoli)		Ilpoinen	(1968–1974)	
	Merihaka	(1973–1985)		Lauste	(1970-luvun alku)	
Itä-Pasila	(1974–1978)	Runosmäki (vanha osa)		(1970-luku)		
		Laukkavuori		(1970-luvun alku)		
<b>Hämeenlinna</b>	Nummi		Nättinummi	(1970-luvun alku)		
	Jukola					
	Katuma					
<b>Jyväskylä</b>	Viitaniemi	(1960-luvun alkupuoli)	<b>Vaasa</b>	Ristinummi		
	Kangaslampi	(1972–1978)		Suvilahti	(1970-luvun alkupuoli)	
<b>Järvenpää</b>	Jamppa	(1970-luvun alku)				
<b>Kouvola</b>	Eskolanmäki	(1973–1975)				
<b>Kuopio</b>	Puijonlaakso	(1965–1974)	<b>Vantaa</b>	Kaivoksela	(1961–1965)	
	Saarijärvi	(1970-luku)		Louhela	(1966–1968)	
	Särkiniemi	(1960-luvun loppu, 1970-luvun alku)		Simonmetsä	(1965–1968)	
		Mikkola		(1967–1974)		
		Hakunila		(1968–1980)		
		Martinlaakso		(1968–1975)		
		Myyrämäki		(1968–1975)		
		Länsimäki		(1969–)		
		Pähkinärinne	(1972–1979)			

## Laitekortti: Poistoilmalämpöpumppu [45].



Laitekortti PTAET 38.1

**Puhallusteho max:** 3,47 m<sup>3</sup>/s (400Pa)  
**Kompressorit:** 2 kpl Copeland Scroll  
**Kylmäainepiirit:** 1  
**Puhallin:** Ebm Papst K3G EC  
**LTO –piirin virtaama:** 4,36 l/s  
**LTO –piirin yhteen:** DN50  
**Vaihtimen painehäviö:** 38 kPa  
**Sähkönsyöttö:** 3X83A, 400V 50Hz  
**Pintamateriaali:** Alumiini (10v takuu)  
- ei tarvitse sääsuojaa  
**Paino:** 800 kg  
**Automaatiikka:** THERAUTO



- Laitteisto pystyy täysin itsenäiseen toimintaan
  - o Ilmanvaihdon ajastustoiminnot
  - o Ilmanvaihdon pakkasrajat
  - o Lämmityksen säätöarvot
  - o Yleishälytys ulkoiseen automaatioon
- Lisävarusteena Jbus (Modbus) –liitäntä

Mitat, ovien, vesiyhteiden jne paikat muokattavissa

## Suoritusarvot 100% ja 50% poistoilmavirroilla

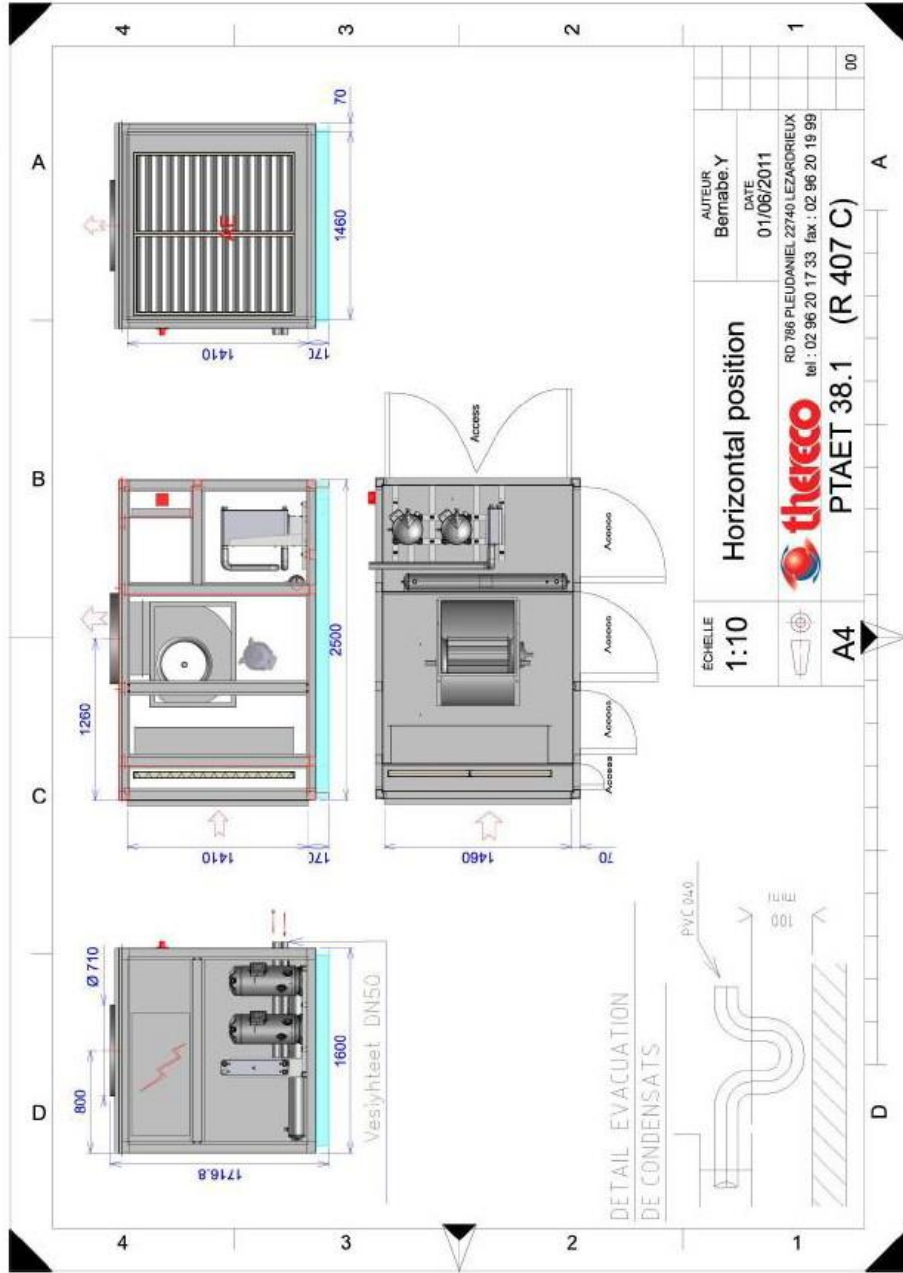
Poistoilman ominaisuudet	Laitteelle palaavan veden lämpötila °C																																							
	10°C						20°C						30°C						40°C						50°C															
	Hc	Cpi	COP	Wot	Hc	Wot	Hc	Cpi	COP	Wot	Hc	Wot	Hc	Cpi	COP	Wot	Hc	Wot	Hc	Cpi	COP	Wot	Hc	Cpi	COP	Wot														
20°C 15%/HR	92,0	13,5	6,80	15,0	91,7	16,5	5,57	25,0	91,3	20,4	4,47	35,0	91,0	25,5	3,57	45,0	90,9	32,1	2,83	55,0	94,5	13,7	6,93	15,2	93,8	16,5	5,67	25,1	92,3	20,5	4,51	35,1	91,2	25,5	3,58	45,0	91,1	32,1	2,84	55,0
20°C 30%/HR	102,2	14,1	7,26	15,6	101,1	16,8	6,01	25,5	99,6	20,8	4,80	35,5	97,5	25,8	3,78	45,3	95,2	32,3	2,95	55,2	103,8	14,2	7,33	15,7	102,3	16,9	6,06	25,6	100,4	20,8	4,83	35,5	98,3	25,8	3,81	45,4	96,4	32,4	2,98	55,3
24°C 30%/HR	112,3	14,6	7,69	16,1	111,0	17,3	6,43	26,1	108,9	21,1	5,16	36,0	106,6	26,2	4,07	45,8	103,3	33,0	3,13	55,7	112,3	14,6	7,69	16,1	111,0	17,3	6,43	26,1	108,9	21,1	5,16	36,0	106,6	26,2	4,07	45,8	103,3	33,0	3,13	55,7
24°C 45%/HR	144,7	16,4	8,82	17,9	141,5	18,7	7,57	27,7	137,1	22,4	6,12	37,5	132,4	27,7	4,78	47,3	127,3	34,3	3,71	57,0	144,7	16,4	8,82	17,9	141,5	18,7	7,57	27,7	137,1	22,4	6,12	37,5	132,4	27,7	4,78	47,3	127,3	34,3	3,71	57,0
26°C 85%/HR	47,1	6,5	7,28	12,6	47,0	7,7	6,08	22,6	46,8	9,5	4,94	32,6	46,6	11,7	3,97	42,6	46,27	14,75	3,14	52,5	47,1	6,5	7,28	12,6	47,0	7,7	6,08	22,6	46,8	9,5	4,94	32,6	46,6	11,7	3,97	42,6	46,27	14,75	3,14	52,5
PTAET38.1	48,4	6,5	7,45	12,7	47,8	7,8	6,17	22,6	47,2	9,5	4,97	32,6	46,6	11,7	3,97	42,6	46,35	14,76	3,14	52,5	48,4	6,5	7,45	12,7	47,8	7,8	6,17	22,6	47,2	9,5	4,97	32,6	46,6	11,7	3,97	42,6	46,35	14,76	3,14	52,5
1,49-1,74 m <sup>3</sup> /s	52,8	6,7	7,85	12,9	52,0	7,9	6,58	22,8	51,1	9,6	5,34	32,8	49,7	11,9	4,18	42,7	48,23	14,82	3,25	52,6	52,8	6,7	7,85	12,9	52,0	7,9	6,58	22,8	51,1	9,6	5,34	32,8	49,7	11,9	4,18	42,7	48,23	14,82	3,25	52,6
24°C 30%/HR	52,8	6,7	7,87	12,9	52,1	7,9	6,60	22,9	51,3	9,6	5,35	32,8	50,2	11,9	4,22	42,8	49,19	14,85	3,31	52,7	52,8	6,7	7,87	12,9	52,1	7,9	6,60	22,9	51,3	9,6	5,35	32,8	50,2	11,9	4,22	42,8	49,19	14,85	3,31	52,7

Hc = lämmitysote kWh, Cpi = kompressorien ototeho kW, COP = lämpökerroin, Wot = lähtevän veden lämpötila





Laittekorppi PTAET 38.1



RS Partners Oy • Lemminkäisenkatu 14-18 • 20520 Turku • www.rspartners.fi • puh 050-5505266