

Poistoilman lämmön talteenotto

kannattavuus ja käyttömahdollisuudet kaukolämpökerrostaloissa

Mindi Westman

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energiajärjestelmät
Tunnistenumero:	11609
Tekijä:	Mindi Westman
Työn nimi:	Poistoilman lämmön talteenotto kannattavuus ja käyttömahdollisuudet kaukolämpökerrostalossa
Työn ohjaaja (Arcada):	Kim Skön
Toimeksiantaja:	Suomen Talokeskus Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tässä insinööriyössä tutkitaan onko lämmön talteenoton asentaminen kaukolämpökerrostaloon kannattavaa. Työ on rajattu saneerauskohteisiin, jossa on poistoilmanvaihto. Aiheeseen on tutustuttu kirjallisuuden kautta. Koska Suomessa ei ole pitkää kokemusta poistoilman lämmön talteenotosta suurissa kiinteistöissä, on aihetta lähestytty ruotsalaisen kirjallisuuden kautta. Ruotsissa kokemusta on vastaavanlaisista järjestelmistä jo yli vuosikymmenen verran. Suomen K1, joka sisältää ohjeita ja määräyksiä kaukolämpöön liittyen, on myös tutustuttu. Kulutustietoja on kerätty viidestä referenssikohteesta, jossa on ollut poistoilmalämpöpumppu vähintään vuoden. Kulutustietoja ennen ja jälkeen saneerauksen on verrattu.</p> <p>Poistoilmalämpöpumpulla talteen otettua lämpöä voidaan käyttää kiinteistön tai käyttöveden lämmittämiseen tai molempiin. Lämmön voi myös käyttää tuloilman lämmittämiseen. Tätä aihetta ei tässä insinööriyössä ole erikseen käsitelty.</p> <p>Saneerauksien tuloksena on alentunut kaukolämmönkulutus ja kasvanut sähkönkulutus. Täten takaisinmaksuaika ja sen myötä kannattavuus, riippuu paljon energian hinnasta. Erityisesti kaukolämmön ja sähkön keskinäinen hintaero on ratkaiseva. Kaikkien referenssikohteiden takaisinmaksuaika on laskelmien mukaan alle yhdeksän vuotta. Keskimääräinen energiansäästö on ollut 36 %. Kun saneerausta suunnitellaan, on taloudellisesti järkevää, ottaa huomioon lähitulevaisuudessa vastaan tulevat muut saneeraukset.</p> <p>Lämpöpumpusta saadaan paras hyöty kun lämpötilaerot ovat pienet. Kun poistoilmasta talteen otettu lämpö käytetään kiinteistön lämmittämiseen, saadaan paras hyöty syksyllä ja keväällä, kun on leutoa. Silloin patteriverkoston lämpötila on matalampi kuin kovilla pakkasilla.</p>	
Avainsanat:	Suomen Talokeskus Oy, poistoilmalämpöpumppu, lämmön talteenotto, pilp, lto, kaukolämpö, kerrostalo, säästö
Sivumäärä:	77
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	15.5.2014

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	11609
Författare:	Mindi Westman
Arbetets namn:	Värmeåtervinning ur frånluften lönsamhet och användningsområden i fjärrvärmehöghus
Handledare (Arcada):	Kim Skön
Uppdragsgivare:	Suomen Talokeskus Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Som följd av att bestämmelserna blir striktare, är värmeåtervinnig ur frånluften är ett allt mer aktuellt ämne. Byggbestämmelserna som trädde i kraft 2013, kräver att man även i saneringsobjekt installerar värmeåtervinning, då man sanerar fastighetens tekniska system. Därför är det meningsfullt att undersöka om det är ekonomiskt lönsamt och hur saneringen borde genomföras så att man får största möjliga nytta av den. I dagens läge går den varma frånluften till spillo i många fastigheter.</p> <p>I detta examensarbete behandlas värmeåtervinning ur frånluften. Arbetet är begränsat till saneringsobjekt. Fastigheterna bör ha maskinell frånluft och vara kopplade till fjärrvärm nätet. Som metoder för granskning har en litteraturstudie utförts. Det finns inte mycket erfarenheter om värmeåtervinning ur frånluften i flervåningshus i Finland. Men i Sverige har man redan under en längre tid haft fungerande system. Den erfarenheten har studerats. Speciellt kopplingarna som kombinerar värmepump och fjärrvärme har varit av intresse. I Finland har vi K1, den innehåller anvisningar och bestämmelser som berör fjärrvärme. Data har samlats från fem referensprojekt, var man installerat värmeåtervinnig. Energiförbrukning före och efter saneringen, har jämförts.</p> <p>Behovet av byggtillstånd i samband med installation av frånluftsvärmepumpssystem, beror på ort. I de största städerna behöver man ofta tillstånd, men i sista hand är den lokala byggnadstillsynsämnden som bestämmer.</p> <p>En stor investering, som installering av ett värmeåtervinningssystem, kan behöva energistöd för att vara lönsamt. Förr har staten beviljat stöd via ARA, finansierings- och utvecklingscentralen för boende. I år beviljade de inte några stöd, men man kunde ansöka om energistöd av Närings-, trafik- och miljöcentralen. Man kan få stöd upp till 15 % av den totala investeringen.</p> <p>Enligt Statistikcentralen finns det över 44 500 flervåningshus som använder huvudsakligen fjärrvärme till uppvärmning. Och endast i huvudstadsregionen finns det 10 700 flervånings bostadshus som är byggda före 1990. Det finns en stor potentiell marknad för frånluftsvärmepumpar. Man började installera maskinell frånluft i flervåningshus</p>	

redan på 1950-talet. Oftast har man skött frånluftsventilationen med samlade kanaler, vilket är bra från värmeåtervinningens vinkel. Tilluften kom ofta genom springor vid fönstren och trappuppgångar. Först i slutet av 1980-började man installera friskluftsintag. I ett typiskt hus från 1960-1980-talet tappar man ungefär 35 % av spillovärmen genom ventilationen. Med ett värmeåtervinningssystem kan man täcka 30-50 % av fastighetens hela uppvärmningsbehov.

Frånluften har ungefär samma temperatur året om. Dess värme-effekt är inte beroende av uteluftens temperatur. Man kan använda värmen till uppvärmning av fastigheten, bruksvattnet eller båda. Fastighetens uppvärmningsbehov är från hösten till våren, medan behovet av bruksvatten är ungefär lika året om. Bruksvattenkonsumtionen är inte jämn utan den kommer i pikor. Detta leder till ett behov av någon slags beredare om man vill använda den tillvara tagna värmen till uppvärmning av bruksvattnet.

Vid uppvärmning av fastigheten, får man bäst verkningsgrad på hösten och våren, då det är mildt väder. Framledningstemperaturen i radiatornätet är lägre, temperaturskillnaderna värmepumpen jobbar med är inte så stora och man får en större effekt ur den. För att få bästa möjliga temperaturer bör man injustera och balansera radiatornätet. Bruksvattnet måste konstant värmas till samma temperatur. Ofta använder man värmepumpen till förvärmning av vattnet, även om man i dagens läge kan få upp till 70 °C vatten. Men verkningsgraden lider av detta.

Önskvärt vore att man kunde använda den tillvaratagna värmen till vattenburen golvvärme, där temperaturerna ligger på 30-35 °C. Men sådana finns just inte i gamla höghus. Om man gör en sanering av badrum samtidigt, kan man överväga installation av golvvärme. Eftersom gamla hus ofta har en egen stigare för badrumslinjen, kunde en annan möjlighet vara att göra en skild koppling för den. Framledningstemperaturen skulle inte behöva vara lika hög som i resten av radiatornätet och man kunde köra kretsen året runt för att få fukten ur badrummen.

Man bör observera att en värmepumps värmefaktor (COP), inte är samma som hela systemets verkningsgrad, där man beaktar all apparatur som förbrukar el. Årsverkningsgraden (SCOP) är viktigare än den temporära verkningsgraden. En årsverkningsgrad på fyra är bra, om den är mindre lider lönsamheten. Den bästa värmefaktorn får man då temperaturskillnaderna är små. I ett radiatornät är temperaturerna relativt höga och värmepumpen måste jobba hårt för att höja temperaturen.

För att kunna ta till vara värme ur frånluften, bör det finnas maskinell frånluft och gärna samlade kanaler. Det är annars inte lönsamt. Mängden värme man kan ta till vara ur frånluften är alltid lika. Temperaturen på frånluften är ungefär 22 °C. På vintern kan temperaturen vara lite lägre och på sommaren högre. Frånluften sugas ut ur lägenheterna till takfläkten, via kanaler, genom ventiler som finns i köket, badrum och klädrum. Aggregatet kan vara placerat på taket eller på vinden. Tilluften kommer via ventiler och genom byggnadsdelarna. Värmeväxlaren tar till vara värmen som transporteras till värmefördelningsrummet. Därefter används den till uppvärmning av fastigheten eller bruksvattnet.

Värmepumpen utnyttjar vätskans fasförändring. Frånluftsvärmepumpen består av en värmeväxlare, kompressor, rör och injusteringapparatur. Det används främst tre olika

slags värmeväxlare i värmeåtervinning ur frånluften, den traditionella lamellvärmeväxlaren, borstvärmeväxlaren och nålvärmeväxlaren som utvecklats speciellt för detta användningsområde. Oftast används en EC-fläkt. Den är ungefär 30 % effektivare än fläktar som använder växelström. Scroll-kompressorer används för att de är enkla och robusta. Värmeberedare används för att optimera kompressorns arbete. Man vill att den skall gå så länge som möjligt, gentemot att den startar, stannar och startar upp igen. Genom att låta kompressorn gå längre förlänger man dess livslängd.

För att det skall vara lönsamt att installera värmeåtervinning ur frånluften i ett fjärrvärmehöghus, måste frånluftsmängden vara tillräckligt stor. I branschen ses 500 l/s som ett minimivärde för frånluften. Gärna får frånluftsmängden vara 1 000 l/s. Ju större luftmängder det handlar om, desto större är de potentiella inbesparningarna. Man bör också beakta, att systemet kräver mer, i form av injustering och underhåll, än ett uppvärmningssystem som består av endast fjärrvärme.

Investeringen av ett återvinningssystem ligger kring 50 000-150 000 € beroende på fastighetens behov och storlek. Före man gör några beslut, skall man utreda utgångspunkten och behovet. Det lönar sig att anställa en expert för detta. Med den återvunna värmen kan man täcka 30-50 % av flervåningsbostadshusets värmebehov.

Både fjärrvärme och värmepumpens verkningsgrad är som bäst då temperaturskillnaderna är låga. Detta leder till att deras sammankoppling inte alltid är så lätt. För fjärrvärmens är det viktigt med en hög avkylning, medan värmepumpen är känslig för förändringar i framledningstemperaturen och lider om temperaturskillnaden mellan framlednings- och returtemperaturen växer. Man använder ofta fjärrvärme som spetsning i system som kombinerar frånluftsvärmepump och fjärrvärme. Detta kan upplevas som problematiskt ur fjärrvärmeleverantörens synpunkt. Man använder mest fjärrvärme då behovet annars också är som störst. Ibland kan detta också leda till att fjärrvärmens inte kyls ner tillräckligt.

Referensprojekten som studerats i detta examensarbete är byggda mellan 1968 och 1981. Frånluftsvärmepumparna har installerat i tre av fem fall år 2012. De övriga är installerade 2010, respektive 2011. Data på fastighetens energiförbrukning finns alltså tillgängligt för minst ett år.

I den största av fastigheterna, med frånluftsfloppet 3 500 l/s, finns 84 lägenheter. Man installerade frånluftsvärmepumpen i slutet av 2012. Energiförbrukningen har som följd av saneringen sjunkit med 47 %. Av referensobjekten har man fått den största förändringen här. Inbesparningen på energikostnaderna har varit över 25 000 € i året. Som följd av saneringen sjönk anslutningseffekten. Investeringen kostade 179 000 €. Husbolaget fick 15 % energistöd till investeringen. Om man beaktar stödet, får man en återbetalningstid på sex år. Utan att beakta den blir återbetalningstiden lite över sju år. Anslutningseffektens sänkning är inte beaktad.

Alla referensobjekt behandlas i arbetet skilt för sig. I medeltal sjönk referensobjektens förbrukning av köpt energi 36 %. Fjärrvärmeförbrukningen minskade med ungefär hälften, samtidigt som elförbrukningen steg avsevärt. Energiförbrukningen minskade i alla fallen och medianen för inbesparningarna per år rör sig omkring 9 400 €. Beräknade återbetalningstider för referensobjekten är genomsnitt sju år. Energins prisförändringar

har inte beaktats eftersom det är svårt att förutspå hur elens och fjärrvärmens priser kommer att förhålla sig till varandra. Underhållskostnaderna för ett värmeåtervinningssystem består av utbyte av filter eller tvättning av värmeväxlaren. Utgiften för detta är ungefär 200-500 €

Då man planerar en installation av ett frånluftsåtervinningssystem är det bra att fundera på byggnadens övriga saneringsbehov inom den närmaste framtiden. Samtidigt som man gör hål för kylmedlets rör lönar det sig att med det samma göra flera. Det kan t.ex. handla om att förnya antenn-nätet i byggnaden eller en rörsanering. Om det inte ännu är aktuellt med värmeåtervinnig, men man håller på att genomföra en linjesanering, kan reservera rör för värmeåtervinningen och genomföra saneringen i ett senare skede.

Troligen kommer det att bli allt längre perioder av mildt väder i framtiden. Detta gynnar frånluftsvärmepumpen, då den används till uppvärmning av fastigheten, eftersom den då kan jobba med lägre temperaturer.

Nyckelord:	Suomen Talokeskus Oy, värmeåtervinning, frånluftsvärmepump, flvp, fjärrvärme, flervåningshus, inbesparing
Sidantal:	77
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	15.5.2014

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed Energysystems
Identification number:	11609
Author:	Mindi Westman
Title:	Exhaust air heat recovery in buildings profitability and possibilities
Supervisor (Arcada):	Kim Skön
Commissioned by:	Suomen Talokeskus Oy
<p>Abstract:</p> <p>The National Building Code of Finland requires that heat recovery is installed when updating the technical system of a building. It is of interest to find out when it is cost-effective and how the renovation should be carried out. Many buildings spew out warm air, from where heat could be recovered. This thesis considers heat recovery from exhaust air. It is limited to renovation objects, apartment buildings that have forced exhaust ventilation and uses district heating as their primary heating source.</p> <p>The examination has been carried out by literature study. The experience of heat recovery from exhaust air, in apartment buildings, in Finland is limited. Only in the last years, the market has started to grow. This kind of renovations has been done in Sweden for over a decade. Therefore most of the literature that has been studied comes from there, especially the coupling related.</p> <p>Data has been collected from five reference objects, where heat recovery has been in use for at least one year. The buildings' energy consumption, before and after the renovation, have been compared. The aim of the study was to find out when the renovation is economical. The result of the renovation is a reduced consumption of district heating and an increased use of electricity. Thus, the payback time depends greatly on the relation between the price of district heating and electricity. All the studied objects have a payback time under nine years. Their average savings in energy was 36 %. There are several of matters that the cost-effectiveness depends on.</p> <p>It is sensible to incorporate the installation of heat recovery to other renovations. E.g. if there is prospect of a pipe renovation in the near future, incorporating them is advisable. The heat-pump is most effective when the temperature differences are small. If the recovered heat is used for heating the building, the most benefit can be obtained in the autumn and spring, when the weather is mild. The future will probably bring longer periods of mild weather, thus making the system even more profitable.</p>	
Keywords:	Suomen Talokeskus Oy, exhaust air heat pump, heat recovery, district heating, multi-storey building, savings
Number of pages:	77
Language:	Finnish
Date of acceptance:	15.5.2014

SISÄLTÖ

1	Johdanto	2
2	Lainsäädäntö	3
2.1	Luvat	4
2.2	Tuet	4
3	Suomen rakennuskanta	6
3.1	Kiinteistön energiankulutus	9
3.2	Tuleva saneeraustarve ja säästöpotentiaali	9
4	Lämpöpumput	13
4.1	Yleisesti	15
4.2	Poistoilmalämpöpumppu	16
4.2.1	<i>Toiminta</i>	17
4.2.2	<i>Huippuimuri, EC puhallin</i>	21
4.2.3	<i>Kompressori</i>	21
5	Markkinat	23
5.1	Pilpit	23
5.2	Retermia Oy	24
5.3	Thereco	27
5.4	NIBE Energy Systems Oy	29
6	Poistoilman lämmön talteenotto ja sen kytkennät kaukolämpökerrostaloissa	30
6.1	Käyttötarkoitus	31
6.1.1	<i>Kaukolämpö ja lämpöpumppu kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen</i>	32
6.1.2	<i>Lämpöpumppu ja kaukolämpö kiinteistön lämmitykseen</i>	34
6.2	K1	37
7	Referenssikohteet	39
7.1	Armas Launiksen katu 7	40
7.2	Soukanahde 6	45
7.3	Pilttipiha	50
7.4	Vellamonkatu 16	52
7.5	Opiskelijankatu 20	55
8	Kannattavuus	59
8.1	Kustannukset	59
8.1.1	<i>Investointi</i>	59
8.1.2	<i>Käyttökustannukset</i>	61

8.2	Saavutettu hyöty.....	62
8.2.1	<i>Toteutunut säästö</i>	62
8.2.2	<i>Hiihijalanjälki</i>	64
8.3	Teoreettinen säästö verrattuna toteutuneeseen	65
9	Haasteet	68
9.1	Optimointi	68
10	Kriittinen tarkastelu	70
11	Yhteenveto	71
	LÄHTEET	73
	LIITTEET	77

KUVAT

Kuva 1.	Energiatukihakemuksen liitteet. [8]	5
Kuva 2.	Rakennuskannan ikä. [36]	6
Kuva 3.	Rakennusten käyttötarkoitus kerrosalan mukaan. [36]	7
Kuva 4.	Koneellinen poistoilmanvaihto (yhteiskanavajärjestelmä), 1970-luku. [38, s. 188].....	8
Kuva 5.	Lämpöenergiatase 1960–1980-luvun kerrostalossa. [18].....	9
Kuva 6.	Kaukolämmön hintakehitys. [8].....	10
Kuva 7.	Kaukolämmön hinnan kehitys erilaisissa rakennuksissa. [8].....	11
Kuva 8.	Ulkolämpötilan vuotuinen pysyvyys Helsingissä.	11
Kuva 9.	Lämmitysverkon toimintalämpötilat eri lämpötiloissa.	12
Kuva 10.	Poistoilmalämpöpumpun periaatekuva Motivan esimerkin [26, s. 4] mukaan.	13
Kuva 11.	Lämpöpumppujen myyntimäärät kappaleittain, vuosina 1996–2012. [25]	15
Kuva 12.	Lämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys kappaleina vuosina 1996–2012. [25]	16
Kuva 13.	Poistoilmalämpöpumpun toiminnan periaate asuinkerrostalossa. [30]....	17
Kuva 14.	Huippuimuriin yhdistetty lämmön talteenottopatteri. [42, s.382]	17
Kuva 15.	Vasemmalla, lämpöpumppu sijaitsee poistoilmalaitteiden yhteydessä. Oikealla, lämpöpumppu lämmönjakohuoneessa. [42, s. 382].....	18
Kuva 16.	Harjalämmönsiirtimiä studiossa ja käytännössä. [12]	19
Kuva 17.	Aaltomallinen ja U-mallinen neulalämmönsiirrin. [39]	20
Kuva 18.	Lamellit koostuvat kahdesta profiloidusta pellistä jotka hitsataan yhteen. [3]	20
Kuva 19.	Poikkileikkaus lamellista, muotoilun ansioista turbulenssi on kova. [3] .	20
Kuva 20.	Scroll-kompressorin kierukat. [29, s. 42]	22
Kuva 21.	Pilpit 20 ulko- ja sisämallin mitat. [32]	23
Kuva 22.	Pilpit leikkauskuva. [32].....	24
Kuva 23.	Lämmön talteenotto-huippuimuri neljärisellä neulalämmönsiirtimellä ja EC-puhaltimella. [39].....	25
Kuva 24.	Periaatekuva ulospuhalluskatoksen toiminnasta. [39].....	26

Kuva 25.	PTAET 38.1 mitat. [44].....	27
Kuva 26.	Vasemmalla, laitteiston nosto katolle. Oikealla, laitteisto katolla. [40]...	28
Kuva 27.	Periaatekuva laitteen pedistä. [44].....	28
Kuva 28.	NIBE kiinteistölämpöpumpun periaatekuva. [28].....	29
Kuva 29.	KytKentäesimerkeissä käytetyt symbolit.	32
Kuva 30.	Kaukolämpö, lämpöpumppu, kaukolämpö kytkentä, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s.17].....	33
Kuva 31.	Kaukolämpö ja lämpöpumppu rinnan, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 18]	34
Kuva 32.	Kaukolämpö ja lämpöpumppu kytketty rinnan, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan..[11, s.21].....	35
Kuva 33.	Lämpöpumppua käytetään vain kiinteistön lämmitykseen, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan.[11, s. 22].....	36
Kuva 34.	Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty sarjaan, käytetään vain kiinteistön lämmittämiseen, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 23].....	36
Kuva 35.	Lämpöpumppua käytetään ainoastaan lämmitykseen. Lämpöpumppu on sarjassa ennen kaukolämpöä. Kaukolämpö on kytketty kahdessa vaiheessa, lämmityksestä käyttöveteen. Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 24].....	37
Kuva 36.	Vasemmalla talteenotto-kammio, oikealla lämmönjakohuone, Armas Launiksen katu 7. [33]	40
Kuva 37.	Normeerattu lämmönkulutus, Armas Launiksen katu 7.....	41
Kuva 38.	Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Armas Launiksen katu 7.....	41
Kuva 39.	Vuosittainen energiankulutus, Armas Launiksen katu 7.....	42
Kuva 40.	Energiankulutuksen osuudet, Armas Launiksen katu 7.	42
Kuva 41.	Energiankulutus kuukausittain, Armas Launiksen katu 7.	43
Kuva 42.	Energiankulutuksen alenemisen tuomat säästöt vuonna 2013, Armas Launiksen katu 7.....	43
Kuva 43.	Lämmön talteenoton osuudet kuukausittain, Armas Launiksen katu 7....	44
Kuva 44.	Senera: Kattonäkymä Soukanahde 6. [41]	45
Kuva 45.	Senera: Kohteen lämmönjakohuone. [41]	46
Kuva 46.	Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Soukanahde 6.....	46

Kuva 47.	Vuosittainen energiankulutus, Soukanahde 6.....	47
Kuva 48.	Energiankulutuksen osuudet, Soukanahde 6.	47
Kuva 49.	Energiankulutus kuukausittain, Soukanahde 6.....	48
Kuva 50.	Energiankulutuksen alenemisen tuomat säästöt vuonna 2013, Soukanahde 6.....	48
Kuva 51.	Lämmön talteenoton osuudet kuukausittain, Soukanahde 6.	49
Kuva 52.	Vuotuinen kaukolämmön kulutus, Pilttipiha.	50
Kuva 53.	Referenssikohteen vuotuiset lämmityskulut, Pilttipiha.	51
Kuva 54.	Kattonäkymä, Vellamonkatu 16.....	52
Kuva 55.	Vuotuinen kaukolämmön kulutus, Vellamonkatu 16.....	53
Kuva 56.	Energiankulutus lämmitykseen, Vellamonkatu 16.....	54
Kuva 57.	Vuotuiset lämmityskulut, Vellamonkatu 16.....	54
Kuva 58.	Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Opiskelijankatu 20.....	55
Kuva 59.	Vuosittainen energiankulutus, Opiskelijankatu 20.....	56
Kuva 60.	Energiankulutuksen keskimääräiset kuukausisäästöt, Opiskelijankatu 20.	56
Kuva 61.	Ostoenergiankulutus, Opiskelijankatu 20.....	57
Kuva 62.	Kuukausittainen ostoenergiankulutuksen muutos, Opiskelijankatu 20....	57
Kuva 63.	Energiankulutuksen alenemisen vuotuiset säästöt, Opiskelijankatu 20. ..	57
Kuva 64.	Avattu kotelo porraskäytävässä, putket ei paikalla.[40].....	60
Kuva 65.	Kotelo porraskäytävässä. [35]	60
Kuva 66.	Lämmön talteenoton osuus kokonaisenergiankulutuksesta.....	63
Kuva 67.	Keskimääräinen lämmön talteenoton osuus.	63
Kuva 68.	Lämmön talteenoton kuukausittaiset osuudet koko vuoden lämmön talteenotosta.....	64

TAULUKOT

Taulukko 1.	Lämpöpumpun lämpökertoimen vaikutus energiaosuuksiin.	14
Taulukko 2.	Referenssikohteiden rakennustietoja.	39
Taulukko 3.	Referenssikohteiden laitetietoja.	39
Taulukko 4.	Järjestelmätietoa, Armas Launiksen katu 7.	40
Taulukko 5.	Järjestelmätietoa, Soukanahde 6.	45
Taulukko 6.	Järjestelmätietoa, Pilttipiha.	50
Taulukko 7.	Järjestelmätietoa, Vellamonkatu 16.	52
Taulukko 8.	Järjestelmätietoa, Opiskelijankatu 20.	55
Taulukko 9.	Referenssikohteiden investoinnin jakautuminen eri yksiköihin.	61
Taulukko 10.	Referenssikohteiden energiankulutuksen hiilidioksidipäästöt.	65
Taulukko 11.	Referenssikohteiden investoinnin takaisinmaksuaika.	66
Taulukko 12.	Teoreettinen säästöpotentiaali ja takaisinmaksuaika.	67

ALKUSANAT

Haluan osoittaa kiitokseni Suomen Talokeskukselle tästä mahdollisuudesta tutkia kiinnostavaa aihetta, poistoilman lämmön talteenoton kannattavuus ja käyttömahdollisuudet kaukolämpökerrostaloissa. Aiheen valintaan ovat vaikuttaneet Rakentamisen liiketoimintayksikköön kuuluvat Linjasaneerauspalvelut-yksikön päällikkö Timo Haapea sekä Toimitila- ja uudissuunnittelupalvelut-yksikön päällikkö Markku Sinisalo. Kiitos kuuluu myös ohjaajalleni, Ivi-suunnittelupäällikkö Marko Pekuriselle.

Haluan kiittää kaikkia jotka ovat auttaneet materiaalin löytämisessä. Erityisesti referenssikohteista saatu materiaali on ollut minulle tärkeää. Sopivien kohteiden löytäminen oli haastavaa.

Olen myös kiitollinen alalla olevien, eri ihmisten kanssa käydyistä keskusteluista, jotka monesti olivat erittäin inspiroivia ja auttoivat innostumaan aiheesta yhä uudestaan.

Helsingissä 22.5.2014

Mindi Westman

1 JOHDANTO

Lämmön talteenotto poistoilmasta tuli pakolliseksi saneerauskohteissa uusien määräyksien myötä vuonna 2013. Tämän takia on mielekästä selvittää, onko se myös taloudellisesti kannattavaa. Miten saneeraus tulisi toteuttaa, jotta se olisi kannattavaa ja että siitä saisi suurimman mahdollisen hyödyn. Nyt monessa kiinteistössä lämmin poistoilma menee harakoille.

Primäärienergiasta noin 40 % kuluu kiinteistöjen lämmittämiseen. Primäärienergialla tarkoitetaan energiantuottoon kuluvaan jalostamatonta energiamäärää, esimerkiksi öljyä tai auringonsäteilyä. Asumiseen kuluu noin 20 % energian loppukäytöstä. [2] Jotta tätä kakkua voisi pienentää, tulisi vanhoja kiinteistöjä saneerata. Lämmön talteenotto on tässä merkittävässä roolissa.

Tässä insinööriyössä keskitytään poistoilman lämmön talteenoton asennukseen saneerausvaiheessa. Työ on rajattu kaukolämpökerrostaloihin. Kiinteistöissä tulee olla koneellinen poisto.

Kulutustietoja on kerätty kohteista, joihin on asennettu poistoilman lämmön talteenotto. Tietoja verrataan ennen ja jälkeen saneerauksen.

Tarkoitus on esitellä lukijalle, minkä kokoisista ja näköisistä laitteista on kyse, sekä samalla selventää, miten niiden sijoittaminen voidaan kiinteistössä toteuttaa.

Koska Suomessa ei juuri ole tutkittu poistoilmapumpun ja kaukolämmön yhdistelmää, perustuvat useat työssä esitetyt kytkennät Ruotsissa vakiintuneisiin käytäntöihin. Toki Energiateollisuuden julkaisema, *K1 – Rakennusten kaukolämmitys; määräykset ja ohjeet*, on huomioitu. [22]

Tässä työssä esitetyt hinnat sisältävät 24 % arvonlisäveroa, ellei toisin mainita.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

Kansallisten säädösten lisäksi Euroopan Unioni (EU) ja Yhdistyneet Kansakunnat (YK) ohjaavat energiatehokkuusvaatimuksiamme.

Vuonna 1997 laadittu, mutta vasta 2005 voimaan tullut Kioton pöytäkirja täsmentää YK:n ilmastopöytäkirjasta UNFCCC:tä (United Nations Framework Convention on Climate Change), joka hyväksyttiin jo vuonna 1992. Se on kansainvälinen sopimus jossa on päätetty päästöjen vähentämisestä. [45]

Euroopan Unionin direktiivissä 2010/31/EU uusiutuvan energian käytön lisääminen ja energian kulutuksen pienentäminen ovat tärkeissä osissa. Uusiutuvaan energiaan lukeutuu myös ilmalämpöenergia. Direktiivissä vaaditaan, että energiatehokkuuteen kiinnitetään erityistä huomiota kun rakennuksen teknisiä järjestelmiä asennetaan, korvataan tai parannetaan. Energiatehokkuutta parantavissa toimenpiteissä tulee huomioida ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet, sisäilmasto sekä kustannustehokkuus. [10]

Suomen ilmastotavoitteisiin kuuluu EU 20–20–20 ohjelman myötä, että kasvihuonekaasujen määrä vähenisi 20 % 1990 vuoden luvuista, energiatehokkuus nousisi 20 % ja että 38 % energian kulutuksesta saataisiin uusiutuvasta energiasta. [10] Tämän tavoitteen saavuttamiseen poistoilmalämpöpumput voivat osallistua.

Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annettiin 27.2.2013. Ympäristöministeriön asetuksessa 4/2013 vaaditaan, että teknistä järjestelmää uusittaessa tulee poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhde olla vähintään 45 %. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ominaissähköteho saa olla korkeintaan 2 kW/(m³/s). Koneellisen poiston vastaava luku on 1 kW/(m³/s). [48]

Ympäristöministeriön julkaisema Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää kansallisia säädöksiä. D osa käsittelee LVI:tä ja energiataloutta. D2 käsittelee rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Sieltä löytyvät taulukot, joiden mukaan poistoilmavirrat sekä minimi-ilmamäärät yleensä määritellään. Asunnoissa ilman tulee vaihtua vähintään kerran kahdessa tunnissa. [5]

D5, *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta*, määrää että koneellisen poiston omaavassa kiinteistössä, jonka teknisiä järjestelmiä saneerataan, tulee olla lämmön talteenotto. [6]

K1, *Rakennusten kaukolämmitys; määräykset ja ohjeet*, sisältää arvot jonka mukaan kaukolämpölaitteisto pitää säätää. [22]

2.1 Luvat

Teknisen järjestelmän muuttaminen on yleensä suurimmissa kaupungeissa luvanvarainen toimenpide. Jos rakennuksen ulkonäköä muutetaan, tulee rakennusluvan lisäksi hakea toimenpidelupaa. Paikallinen rakennusvalvonta määrää, tarvitseeko lupa hakea.

Kun kiinteistön katolle asennetaan laitteita, tulee niiden sopia rakennuksen yleisilmeeseen varsinkin jos on kyse suuresta laitteistosta. Laitteiston ulkopinta tulee sulautua väriykseltään rakennukseen. Mikäli mahdollista, olisi toivottavaa että laite sijoitettaisiin niin, että se olisi mahdollisimman vähän näkyvissä.

Rakennusvalvonta käsittelee nämä asiat aina tapauskohtaisesti, joten mitään selkeää sääntöä ei voida sanoa olevan. Helsingin keskustassa sijaitsevaan kohteeseen voi olla vaikea saada lupa katolle asennettavaa laitteistoa varten, jos kyseessä on julkisivu suojeltu rakennus.

Kun toimitaan kylmäaineiden kanssa, tulee asentajalla olla lupa niiden käsittelyyn, jos nesteen määrä ylittää 3 kg. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto edellyttää myös, että asentajalla on tarvittava koulutus. [21]

2.2 Tuet


Tuet vaikuttavat usein poistoilman lämmön talteenoton investoinnin kannattavuuteen.

Valtio varaa vuosittain avustusmäärärahoja energia-avustuksia varten. Vuonna 2014 valtion korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuksiin varattiin 43 miljoonaa euroa. Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskus, ARA, on aiemmin myöntänyt energia-avustuksia, joita on voinut hakea, kun on rakennettu poistoilman lämmön talteenotto. Tukea on enimmillään voinut saada 15 % investoinnin kokonaiskustannuksista. Nykyisin avustus-

ta ei kuitenkaan enää myönnetä tähän tarkoitukseen. [1] Sen sijaan tukea energiatehokkuutta parantavaan investointiin voi hakea Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta (ELY-keskus). Energiatukea voi hakea hankkeisiin jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, energiansäästöä, käytön tehostamista tai vähentävät ympäristöhaittoja. Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän asentaminen asuinkerrostaloon lukeutuu edellä mainittuihin hankkeisiin. Tällä tuella halutaan myös auttaa uuden teknologian käyttöönottoa. [46]

Lämpöpumppuhankkeille tukiprosentti on yleensä 15 %. Tukea tulee hakea Työ- ja elinkeinoministeriön lomakkeella. Hakemukseen tulee liittää erinäisiä selvityksiä jotka toimivat hyvänä perusteluna miksi kyseinen hanke on kannattava.

16 LIITTEET

<input type="checkbox"/> Eritelty kustannusarvio, luettelo hankinnoista	<input type="checkbox"/> Arviointilomake energiatuen vaikutuksista (vain investointihankkeet)
<input type="checkbox"/> Hankkeen taloudellisuuslaskelma	<input type="checkbox"/> Kopio energiatehokkuussopimuksesta tai liittymisasikirjasta
<input type="checkbox"/> Projektisuunnitelma	<input type="checkbox"/> Kopio hankkeeseen liittyvästä katselmus- tai analyysiraportista
<input type="checkbox"/> Uutta teknologiaa koskeva selvitys sekä arvio hankkeen vaikutuksista teknologian kaupallistamisen ja käyttöönoton edistämiseen	<input type="checkbox"/> Kaupparekisteriote, verottajan ilmoitus tai muu selvitys hakijasta
<input type="checkbox"/> Selvitys hankkeen ympäristövaikutuksista	<input type="checkbox"/> Viimeisimmän tilikauden toimintakertomus, tuloslaskelma ja tase tilintarkastajan lausuntoineen
<input type="checkbox"/> Arvio työllisyysvaikutuksista	<input type="checkbox"/> 

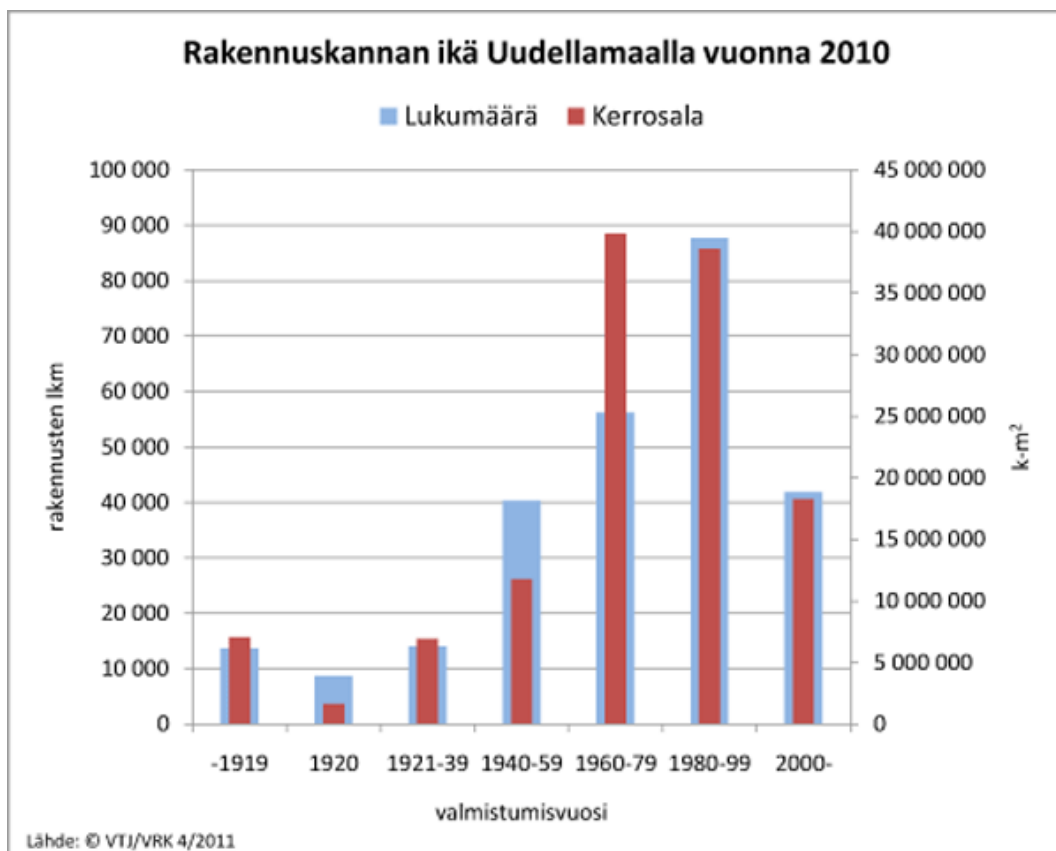
Kuva 1. Energiatukihakemuksen liitteet. [8]

3 SUOMEN RAKENNUSKANTA

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa on yli 44 500 asuinkerrostaloa, joiden pääasiallinen lämmitysmuoto on kaukolämpö. Näistä yli 14 000 sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Kaukolämpö oli asuinrakennusten yleisin lämmitysmuoto vuonna 2012, jolloin sen kulutus kasvoi 10 %.

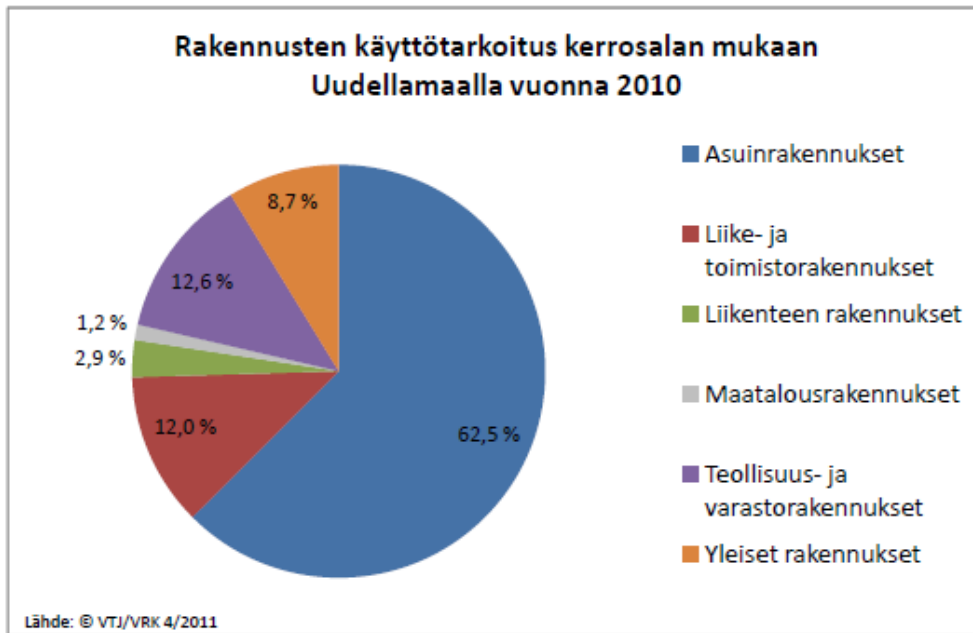
Pääkaupunkiseudulla on 10 700 asuinkerrostaloa, jotka on rakennettu ennen vuotta 1990. [43]

Kuvassa 2 on esitelty Uudenmaan rakennuskannan ikä. Vuosina 1960–2000 valmistui suuri määrä kerrostaloja. Näistä taloista moni on tulossa saneerausikään; mm. 1970-luvulla rakennettiin paljon elementtikerrostaloja jotka varustettiin koneellisella poistoilmanvaihdoilla. Tämä on potentiaalinen markkina poistoilman lämmön talteenotolle.



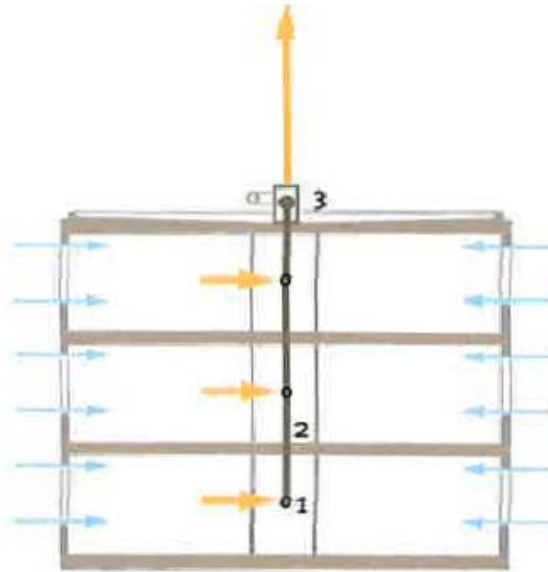
Kuva 2. Rakennuskannan ikä. [36]

Kuva 3 esittää rakennusten kerrosalan jakautumisen. Yli puolet kerrosalasta kuuluu asuinrakennuksille.



Kuva 3. Rakennusten käyttötarkoitus kerrosalan mukaan. [36]

Koneellisen poistoilmanvaihdon rakentaminen alkoi jo 1950-luvulla. 1960-luvulta lähtien alettiin siirtyä yhä enemmän painovoimaisesta ilmanvaihdosta järjestelmään jossa on koneellinen poisto. Kerrostaloihin, joissa oli yli kolme kerrosta, asennettiin usein koneellinen poisto koska se vei pienemmän tilan ja oli kustannuksiltaan pienempi kuin painovoimainen järjestelmä. Koneellinen poisto toteutettiin yhteiskanava- tai erillis-kanavajärjestelmänä, joskus myös näiden yhdistelmänä. Yleisimmin käytettiin yhteiskanavajärjestelmää. Poistoilma johdettiin keittiöstä, kylpyhuoneesta ja vaatehuoneesta. Poistoilmaventtiilit olivat säleikkö- tai lautasventtiilejä. [37, s. 220]

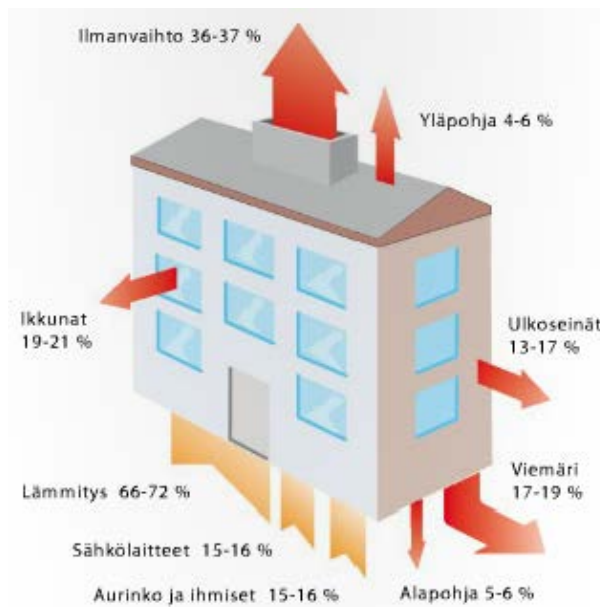


Kuva 4. Koneellinen poistoilmanvaihto (yhteiskanavajärjestelmä), 1970-luku. [38, s. 188]

Kuva 4 esittää periaatekuvan yhteiskanavajärjestelmästä. Kuvassa 1 on poistoilmaventtiili, joka johtaa poistoilmakanavaan, josta ilma kuljetetaan vaakasuoraa kokoojakanaavaa pitkin poistoilmapuhaltimelle. Korvausilman otto ei ollut erityisen hyvin järjestetty, usein se tuli hallitsemattomasti ikkunaraoista ja porraskäytävästä. Tämän lisäksi tuuletusikkunasta poistettiin usein pätkä tiivistettä, jotta asuntoon saataisiin enemmän ulkoilmaa. Ulkoilmaventtiileitä alettiin asentaa vasta 1980-luvun lopussa. Vuonna 2003 voimaan astunut Rakentamismääräyskokoelman osa D2, *rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto*, määrää että poistoilman lämmön talteenotto on ilmanvaihdolle pakollinen. [38, s. 188]

3.1 Kiinteistön energiankulutus

Kuva 5 esittää tyypillisen 1960–1980-luvun kerrostalon energiatasetta. Suurin osa hukkaan menevästä energiasta tulee ilmanvaihdosta. Ottamalla talteen lämpöä poistoilmasta voidaan parantaa kiinteistön energiataloutta, sillä voidaan kattaa 30–50 % lämmön kulu-
tuksesta.



Kuva 5. Lämpöenergiatase 1960–1980-luvun kerrostalossa. [18]

Poistoilmasta kerättävä lämpöteho on ulkoilmasta riippumatta vakio, jos se pystytään hyödyntämään lämmitysjärjestelmässä.

Jos poistoilmasta talteen otettava lämpö käytetään kiinteistön lämmitykseen, se pystytään hyödyntämään paremmin lämmityskaudella kuin kesällä. Kiinteistön lämmityksen tarve on yleensä syksystä kevääseen. Kesällä kiinteistön energiantarve painottuu käyttöveden lämmitykseen. Lämpimän käyttöveden tarve on läpi vuoden suunnilleen yhtä suuri. Käyttöveden kulutus ei ole tasaista, vaan sen tarve tulee piikeissä. Jotta poistoilmasta talteen otettu lämpö voitaisiin valjastaa veden lämmittämiseen, tarvitaan yksi tai useampi varaaja.

3.2 Tuleva saneeraustarve ja säästöpotentiaali

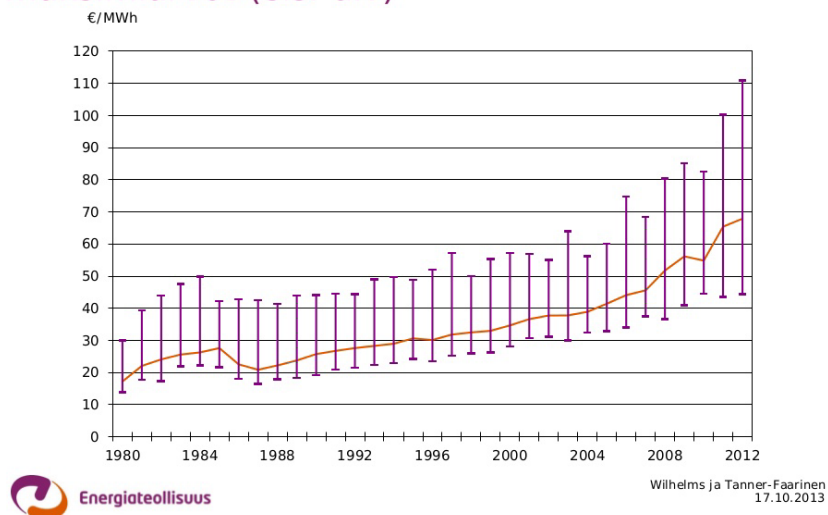
1960- ja 70-luvuilla rakennetut kerrostalot ovat saavuttamassa sen iän, että saneeraus on ajankohtainen. Näissä kerrostaloissa on usein koneellinen poistoilma, mutta tuloilma on

painovoimainen. Korvausilma tulee usein hallitsemattomasti korvausilmaventtiileistä ja rakenteiden välistä. Kerrostalojen ominaisenergiankulutus on suuri, joten säästöpotentiaali on merkittävä.

Tämän ikäisten kerrostalojen poistoilmasta johtuvat lämpöhäviöt ovat VTT:n tutkimuksen mukaan jopa 46 % kokonaislämpöhäviöistä. [13, s. 3] Häviöitä voidaan pienentää poistoilman lämmön talteenotolla.

Kaukolämmön hinta on noussut ja näyttää jatkavan tasaista nousua vuosi vuodelta. Kuva 6 esittää kaukolämmön nousun vuodesta 1980 vuoteen 2012. Lukuihin on sisällytetty vero. Tässä ajassa keskihinta on noussut huomattavasti. Vuonna 1980 hinta oli alle 20 €/MWh ja vuonna 2012 hinta oli jo melkein 70 €/MWh. Huomiota herättävää ovat myös vaihtelut minimi- ja maksimihintojen välillä. Nykyään kaukolämmön hinta koostuu kertaluontoisesta liittymismaksusta sekä teho- ja energiamaksuista. Energiamaksu perustuu monella kaukolämpötoimittajalla kausihinnoitteluun. Silloin talvikausi on kallein ja kesäkausi halvin, kevät- ja syyskauden maksut ovat keskihintaisia. Tehomaksu perustuu sopimustehoon tai sopimusvesivirtaan toimittajasta riippuen. Jos kaukolämmön kulutusta pystytään oleellisesti pienentämään, on mahdollista, että säästöä syntyy paitsi kaukolämmön energiamaksuissa, myös tehonmaksun pienentyessä.

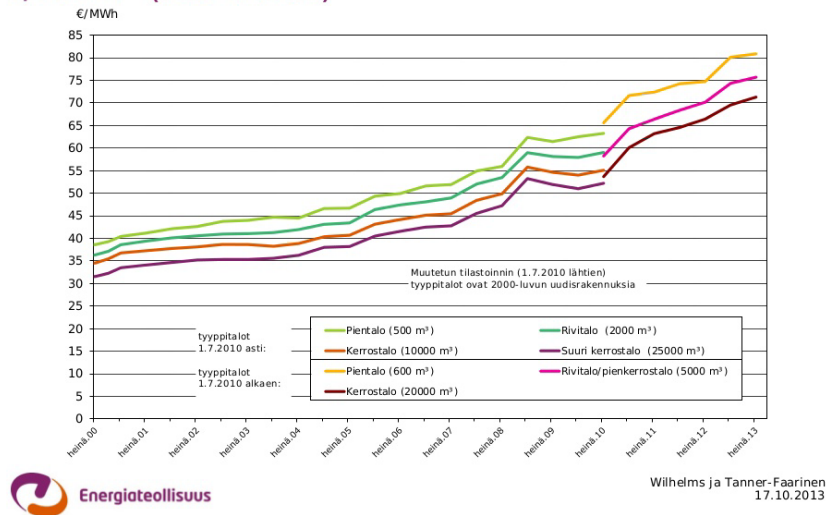
Kaukolämmön keskihinta sekä minimi- ja maksimiarvot (sis. alv)



Kuva 6. Kaukolämmön hintakehitys. [8]

Kuva 7 esittää, miten kaukolämmön hinta on kehittynyt erilaisissa kiinteistöissä 2000-luvulla. Suunta on kuten kaukolämmön hinnan kehityksessä muutenkin, ylöspäin. Tähän hintaan on sisällytetty teho- ja energiamaksut.

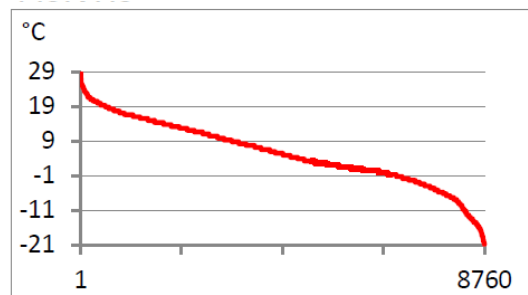
Kaukolämmön hinta, teho+energiamaksu €/MWh (sis. verot)



Kuva 7. Kaukolämmön hinnan kehitys erilaisissa rakennuksissa. [8]

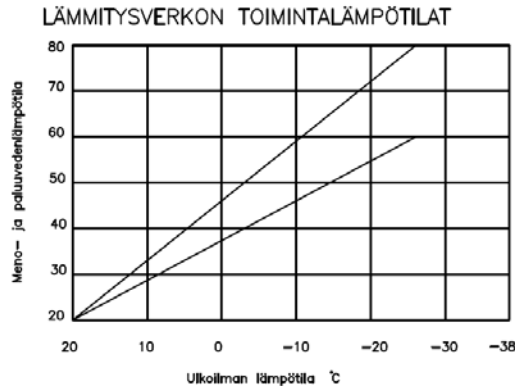
Sen myötä, kun energian hinta nousee, kasvaa energian säästön merkitys. Mitä lähempänä kaukolämmön hinta on sähkön hintaa, sitä kannattavammaksi poistoilman lämmön talteenotto muuttuu.

Lämmitysjärjestelmä mitoitetaan huipputehon mukaan mutta poistoilmalämpöpumppu on järkevintä mitoittaa osateholle. Huipputehoa tarvitaan harvoin. Lämpöpumpun mitoituksessa tulee huomioida käyntiajat ja tehontarve. Esimerkiksi Helsingin vuotuinen lämmitystarveluku vertailukaudella 1981–2010 on 3878 °Cvrk ja keskilämpötila 5,9 °C. [24] Helsingin ulkolämpötilan pysyvyyskäyrä näkyy kuvassa 8. Käyrän pystyakselilla on ulkolämpötila ja vaaka-akselilla vuoden tunnit. Vaikka lämmitysjärjestelmän huipputehoa mitoittaessa käytetään -26 °C, on Helsingissä harvoin niin kylmä.



Kuva 8. Ulkolämpötilan vuotuinen pysyvyys Helsingissä.

Vanhan asuinkerrostalon patteriverkosto on usein 80/60 järjestelmä. Lämmitysverkoston mitoituslämpötilat ovat menovedelle 80 °C ja paluuedelle 60 °C. Kuva 9 esittää patteriverkoston meno- ja paluueden teoreettisia toimintalämpötiloja eri ulkolämpötilan funktiona. Tästä nähdään että ulkolämpötilan ollessa 0 °C, menoveden lämpötila on 80/60 verkossa noin 46 °C. Käytännössä lämpötila voi olla alhaisempikin. Optimaalisen lämpötilan löytymiseksi on patteriverkosto perussäädettävä.



Kuva 9. Lämmitysverkoston toimintalämpötilat eri lämpötiloissa.

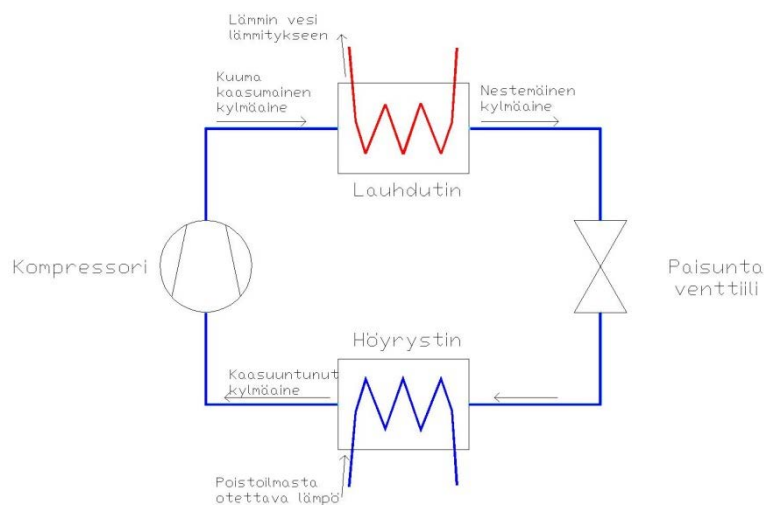
Nykyisin lämpöpumpulla voidaan tuottaa jopa 65 °C vettä. [27] Tulee kuitenkin pitää mielessä, että hyötysuhde kärsii jos lämpötilaerot ovat suuria. Talteen otettu lämpö olisi kuitenkin optimaalista käyttää vesikiertoiseen lattialämmitykseen, jonka lämpötilat ovat noin 30–35 °C, mutta sellaista ei juuri löydy vanhoissa kerrostaloissa. Kylpyhuoneita saneerataessa voi toki harkita lattialämmityksen asentamista. Vanhoissa kerrostaloissa kylpyhuonelinjoilla on usein oma nousu. Eräs mahdollisuus voisi olla tehdä sille oma kytkentä. Menoveden lämpötilan ei tarvitsisi olla niin korkea kun se on muualla patteriverkossa ja piiriä voisi käyttää ympäri vuoden.

Vaihtelevalla lauhdutuksella vesi lämmitetään tarpeenmukaista lämpötilatasoa vastavaksi. Useamman varaajan järjestelmässä lämpö voidaan ohjata varaajakohtaisesti. Sieltä se siirretään verkostoon. Kiinteää lauhdutusta käyttäen tuotetaan jatkuvasti saman lämpöistä vettä yhteen isoon varaajaan.

4 LÄMPÖPUMPUT

Lämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin jääkaappi, joka siirtää lämpöä sisältään ja vapauttaa sen takaosassa sijaitsevan lauhduttimen kautta.

Lämpöpumppu hyödyntää nesteen vaihemuutoksen. Se on suljettu piiri joka koostuu kahdesta lämmönsiirtimestä, höyrystimestä ja lauhduttimesta sekä kompressorista ja paisuntaventtiilistä. Piirin sisällä on kylmäaine, jonka avulla lämpö siirtyy. Kuva 10 esittää periaatekuvan poistoilmalämpöpumpun toiminnasta.



Kuva 10. Poistoilmalämpöpumpun periaatekuva Motivan esimerkin [26, s. 4] mukaan.

Paine laskee paisuntaventtiilin jälkeen, minkä ansiosta neste kiehuu matalammassa lämpötilassa. Nesteen kiehuessa höyrystimessä se kerää energiaa ja muuttuu höyryksi. Lämpö siirtyy kylmäaineeseen ympäröivästä ilmasta. Kompressorin imee höyryn ja paineistaa sen. Tämän seurauksena kylmäaineen paine ja lämpötila nousevat. Höyry johdetaan lauhduttimeen, jossa kylmäaine muuttuu taas nestemäiseksi ja samalla luovuttaa lämpöenergiaa. Paisuntaventtiilissä paine taas laskee ja kierto voi alkaa alusta. [26]

Hyötysuhteella tarkoitetaan usein lämpötilahyötysuhdetta. Kun puhutaan hyötysuhteesta (Coefficient of Performance, COP), tulee huomioida että lämpöpumpun COP ei ole sama kuin järjestelmän COP. Järjestelmän kertoimessa otetaan huomioon kaikki sähköä käyttävät laitteet. Lämpötilahyötysuhde on melkein aina suurempi kuin vuosihyötysuhde. SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), eli vuosihyötysuhde, lasketaan kiinteistölle ja järjestelmälle, eikä sitä voi verrata toiseen kiinteistön ja järjestelmän muo-

dostamaan kokonaisuuteen. Vertailun voi suorittaa laskemalla tai sertifikaatteja vertailemalla. [23]

Paras hyötysuhde saadaan kun lämpötilaerot ovat pieniä. Tavallisessa lämpöjohtoverkostossa, jossa lämpö jaetaan pattereilla, lämpötilat ovat suuret. Tämä tarkoittaa että lämpöpumppu joutuu nostamaan lämpötilaa paljon.

Lämpökerroin 3 tarkoittaa, että jokaista kompressorin käyttämää kWh kohden lämpöpumpusta saadaan 3 kWh lämpöenergiaa. Alla on lämpöpumpun lämpökertoimen vaikutus energiaosuuksiin. Tänä päivänä tulisi pyrkiä siihen, että järjestelmän SCOP olisi neljän paikkeilla. Taulukko 1 esittää lämpöpumpun lämpökertoimen vaikutuksen energiaosuuksiin.

Taulukko 1. Lämpöpumpun lämpökertoimen vaikutus energiaosuuksiin.

Lämpökerroin	Sähköenergiaa	Ilmaisenergiaa
4	25 %	75 %
3,9	26 %	74 %
3,8	26 %	74 %
3,7	27 %	73 %
3,6	28 %	72 %
3,5	29 %	71 %
3,4	29 %	71 %
3,3	30 %	70 %
3,2	31 %	69 %
3,1	32 %	68 %
3	33 %	67 %
2,9	34 %	66 %
2,8	36 %	64 %
2,7	37 %	63 %
2,6	38 %	62 %
2,5	40 %	60 %
2,4	42 %	58 %
2,3	43 %	57 %
2,2	45 %	55 %
2,1	48 %	52 %
2	50 %	50 %

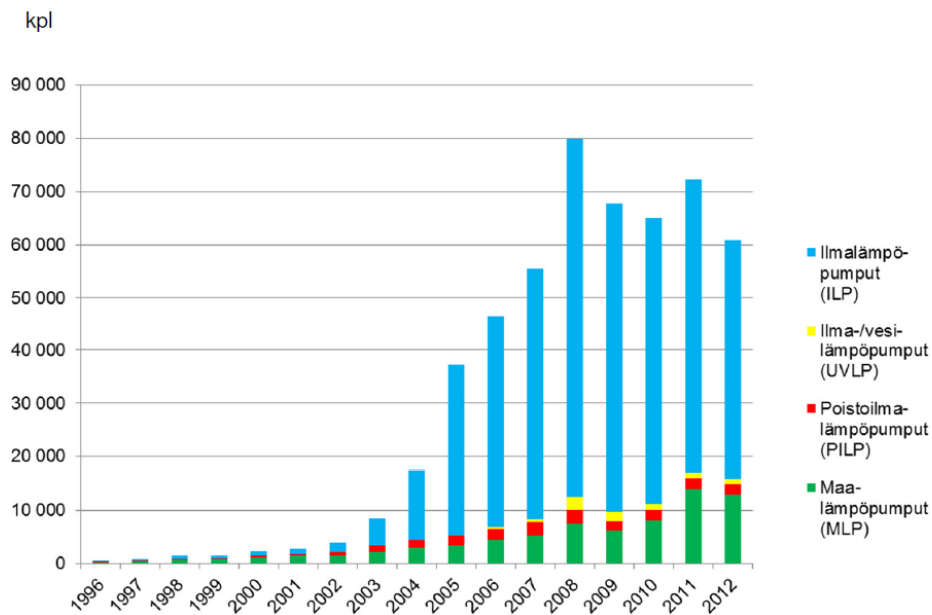
4.1 Yleisesti

Lämpöpumppuja on eri tyyppisiä. Neste/vesi lämpöpumppuja ovat esimerkiksi lämpöpumput, jotka keräävät lämmön kalliosta, maaperästä tai vesistöistä. Lämpö käytetään usein vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä, patteri- tai lattialämmityksessä. Myös käyttöveden lämmitys on yleistä.

Ilma/vesi lämpöpumppu kerää lämmön ulkoilmasta tai rakennuksen jäteilmasta ja siirtää sen joko vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja/tai käyttöveden lämmitykseen.

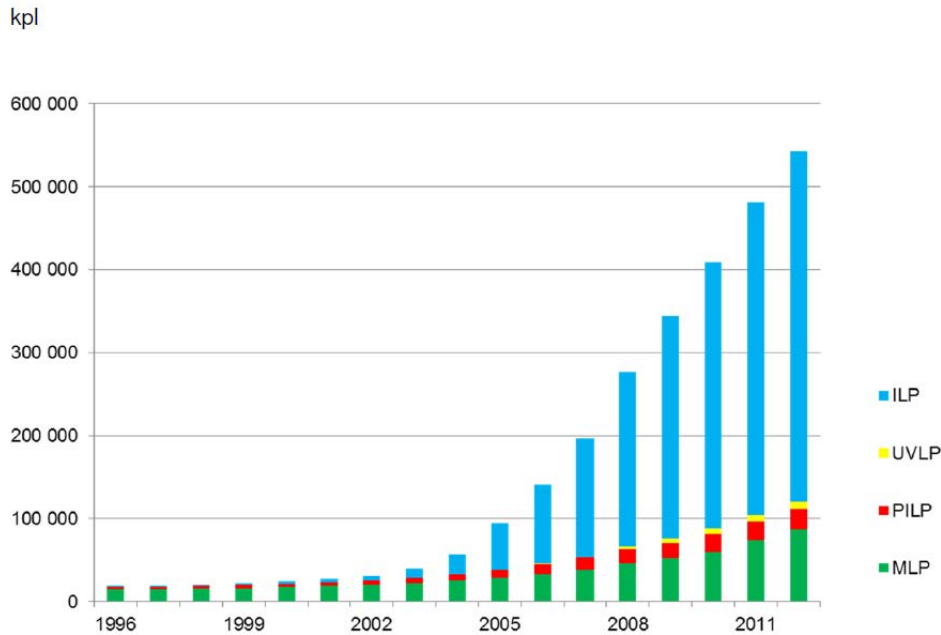
Ilma/ilma lämpöpumppu kerää myös lämmön ulkoilmasta tai jäteilmasta ja siirtää sen tuloilmaan. Ilma/ilma lämpöpumppua voidaan käyttää myös viilennykseen.

Kuvassa 11 lämpöpumppujen myyntimäärät näkyvät kappaleittain. Ilmalämpöpumppujen myynti on hieman tasaantunut, mutta se on edelleen suosituin vaihtoehto lämpöpumpuista.



Kuva 11. Lämpöpumppujen myyntimäärät kappaleittain, vuosina 1996–2012. [25]

Kuvassa 12 esitetään lämpöpumppujen määrän kehitys. Siinä näkyy jakauma erilaisten lämpöpumppujen välillä. Poistoilmalämpöpumput eivät vielä ole kovin yleisiä Suomessa, mutta kiinnostus niitä kohtaan kasvaa kokoajan ja niiden määrä on tasaisessa kasvussa.



Kuva 12. Lämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys kappaleina vuosina 1996–2012. [25]

4.2 Poistoilmalämpöpumppu

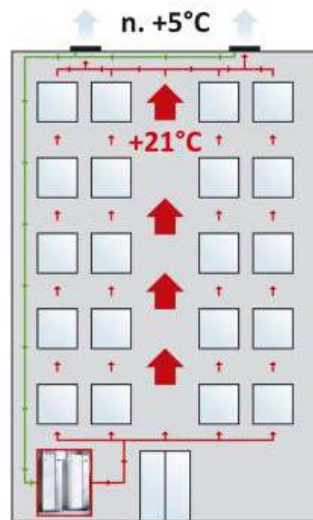
Lämpöpumppu koostuu lämmönvaihtimista, kompressorista, putkistosta, kierto-vesipumpusta sekä säätölaitteista.

Jotta lämmön talteenotto poistoilmasta olisi mahdollista toteuttaa, tulee kiinteistössä olla koneellinen poistoilmanvaihto. Toivottavaa on, että kanavat olisivat keskitetyt.

Jos rakennuksessa ei ole keskitettyä poistoilmanvaihtoa, on sen jälkeenpäin asentaminen kallista ja usein hankalaa. Kanaviston rakentamiselle on harvoin tarpeeksi tilaa. Investointi on usein niin suuri, että säästöön suhteutettuna se ei ole taloudellisesti kannattava.

Poistoilmasta kerättävän lämmön määrä on vakio. Poistoilman lämpötila on noin 22 astetta. Talvella lämpötila voi olla hieman alhaisempi ja vastaavasti kesällä hieman korkeampi. Nyrkkisääntönä voidaan pitää että 1 m³/s ilmaa saadaan 20 kW lämpöä.

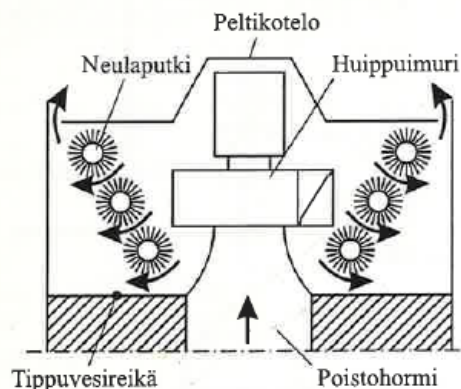
Poistoilmalämpöpumppu kerää lämpöä poistoilmasta. Poistoilmaa kerätään keittiöstä, pesutiloista ja vaatehuoneista. Sieltä se johdetaan kanavia pitkin huippuimurille joka on sijoitettu joko ullakolle konehuoneeseen tai vesikatolle. Korvausilma tulee raitisilma-venttiilien kautta sekä rakenteiden läpi. Kun lämmön talteenottopatteri on ottanut lämmön talteen, keruuneste kuljetetaan putkia pitkin lämmönjakohuoneeseen. Sieltä se jaetaan käyttötarkoituksensa mukaisesti kiinteistöön. Lämpö käytetään yleensä kiinteistön tai käyttöveden lämmittämiseen. Kuvassa 13 on esitetty periaatekuva poistoilmalämpöpumppu järjestelmästä.



Kuva 13. Poistoilmalämpöpumpun toiminnan periaate asuinkerrostalossa. [30]

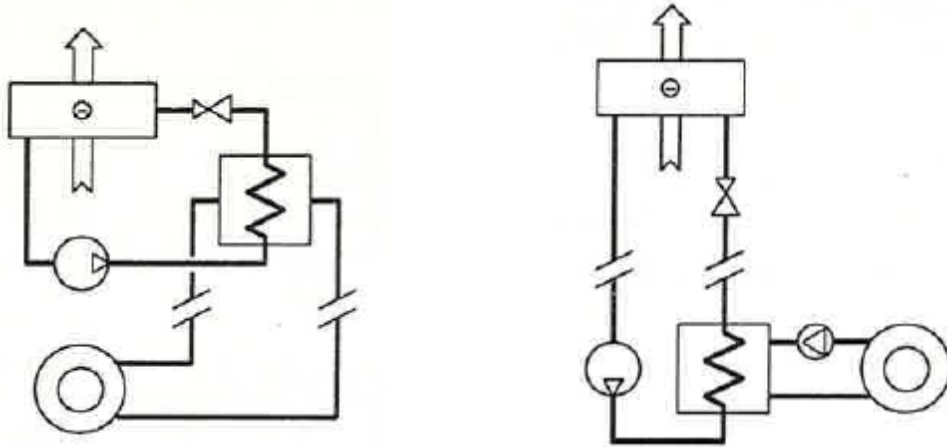
4.2.1 Toiminta

Kuvassa 14 on esitetty huippuimuriin yhdistetyt höyrystimet. Lämpö kuljetetaan katolta lämmönjakohuoneeseen, joka yleensä sijaitsee kellarissa. Huomioitavaa on myös, että vesi, joka tiivistyy poistoilmaa jäähdytettäessä, tulee ohjata viemäriin.



Kuva 14. Huippuimuriin yhdistetty lämmön talteenottopatteri. [42, s.382]

Kuvassa 15 on esitetty eri tapoja jolla järjestelmän voi sijoittaa kiinteistöön. Laitteistosta ja kiinteistön tiloista riippuen voidaan päätyä eri ratkaisuihin. Vasemmalla on esimerkki suora höyrystyksestä. Siinä sijoitetaan lämpöpumpun höyrystin katolle ilmavirtaan. Oikealla on esitetty järjestelmä, joka toimii epäsuoralla höyrystyksellä. Lämmön talteenottopatteri on putkistolla yhdistetty höyrystimeen, joka sijaitsee lämpökeskuksessa. [42]



Kuva 15. Vasemmalla, lämpöpumppu sijaitsee poistoilmalaitteiden yhteydessä. Oikealla, lämpöpumppu lämmönjakuhuoneessa. [42, s. 382]

Suorahöyrysteisessä järjestelmässä lämpöpumppu sijoitetaan lämmön talteenottopatterin yhteyteen. Kylmäaine kiertää patterin putkien sisällä ja poistoilma patterin vaippapuolella.

Nestekiertoisissa järjestelmissä käytetään usein 30–40 % glykoli-vesi seosta, mutta myös muita kylmäaineita käytetään.

Lamellilämmönsiirrin on yleinen kun kyseessä on nestekiertoinen järjestelmä. Nykyisin markkinoilla on myös tätä tarkoitusta varten kehitettyjä siirtimiä, kuten esimerkiksi neulalämmönsiirrin. Sen hyötysuhde on parempi kuin lamellilämmönsiirtimen mutta se on myös kalliimpi.

4.2.1.1 Harjalämmönsiirrin

Harjalämmönsiirrin on neste-kaasu-lämmönsiirrin, jota voi käyttää paitsi lämmön talteenottoon, myös erinäisissä jäähdytys-, lämmitys- ja höyrystin- / lauhdutinsovelluksissa.

sa. Kaasupuoli koostuu pienistä alumiini- tai kuparilangoista. Nestepuolella putkien rakenne on kierteitettyä, joka mahdollistaa hyvän lämmönsiirtokertoimen myös pienellä virtausnopeudella. [12]



Kuva 16. Harjalämmönsiirtimiä studiossa ja käytännössä. [12]

Harjalämmönsiirrin ei ole yhtä herkkä jäätymiselle kuten esimerkiksi neulalämmönsiirrin. Sitä voidaan käyttää jopa 0 °C ilmavirralla. Koska siirtimellä ei ole sulatustarvetta, on mahdollista saavuttaa parempi vuosihyötysuhde.

Siirtimen painehäviö on alhainen, 10–30 Pa, eikä puhaltimen kokoa yleensä tarvitse lämmön talteenoton takia suurentaa.

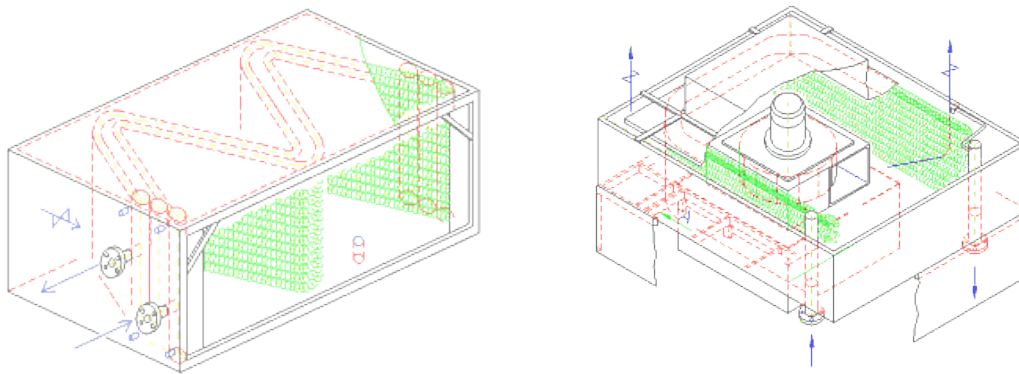
Harjalämmönsiirrin pärjää suhteellisen vähällä huollolla, se sietää hyvin epäpuhtauksia. Lika ei alenna konduktanssia merkittävästi, eikä painehäviö kasva paljon. Tämä mahdollistaa sen sijoittamisen ennen suodatinta, mikä johtaa mikrobikasvuston vähenemiseen ja ilmanlaadun paranemiseen. [12] Siirrin toki tarvitsee ajoittain puhdistamista. Sen voi pestä painepesurilla.

4.2.1.2 Neulalämmönsiirrin

Neulalämmönsiirrin on lämmönsiirtimen ja suodattimen yhdistelmä. Sen suodatusluokka on suunnilleen EU-3 tasoa. DIN 24185 standardin mukaisessa testissä yli 80 % hiukkasmassasta jää suodattimeen. [15] Retermia Oy on kehittänyt neulalämmönsiirtimen erityisesti lämmön talteenottoa silmällä pitäen. Se valmistetaan alumiininauhasta sekä kupari- tai alumiiniputkesta.

Tavallisesti ilmapuolen painehäviö neulalämmönsiirtimessä on 30–50 Pa, joten tässäkin tapauksessa puhaltimen kokoa ei tarvitse lämmön talteenoton takia suurentaa.

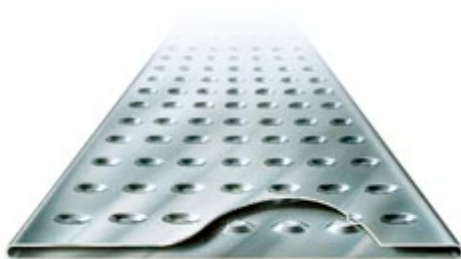
Retermialla on kahdenlaisia neulalämmönsiirtimiä, aaltomallinen ja U-mallinen. Aaltomallisella voi korvata ilmanvaihtosäleikön. U-mallisia käytetään huippuimurisovelluksissa. [39]



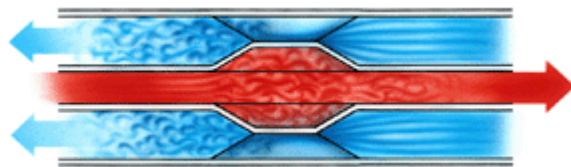
Kuva 17. Aaltomallinen ja U-mallinen neulalämmönsiirrin. [39]

4.2.1.3 Lamellilämmönsiirrin

Lamellilämmönsiirrin perustuu jo 1930-luvulla kehitettyyn tekniikkaan. Se koostuu yleensä sylinterin muotoisesta kuoresta jonka sisällä on lamelleja. Vastavirtauksen ja kovan turbulenssin vuoksi sillä on korkea lämmönsiirtokyky. Sovelluksesta riippuen sen pituus ja muut geometriset ominaisuudet voivat vaihdella. Jos lamellit jostain syystä vaurioituvat, ne on mahdollista uusia vaihtamalla kotelo. [3]



Kuva 18. Lamellit koostuvat kahdesta profiloidusta pellistä jotka hitsataan yhteen. [3]



Kuva 19. Poikkileikkaus lamellista, muotoilun ansiosta turbulenssi on kova. [3]

4.2.2 Huippuimuri, EC puhallin

Jotta järjestelmästä saadaan mahdollisimman suuri hyöty, tulisi puhallinta uusiessa valita EC-puhallin. Se on uudehko moottori joka on elektronisesti kommutoitu, eli tasavirtamoottori jossa ei ole harjoja. Moottorin ohjausta varten elektroninen piiri syöttää tarvittavan määrän apuvirtaa oikeaan aikaan. EC-puhaltimessa elektroniikka on integroitu, joten se voidaan kytkeä suoraan vaihtovirtaverkkoon ilman erillistä DC-teholähdettä.

Tasavirtamoottorit ovat noin 30 % tehokkaampia kuin vaihtovirtamoottorit, koska toisijainen magneettikenttä muodostuu kestopagneeteista eikä kuparikäämityksistä kuten vaihtovirtamoottoreissa. Vaihtovirtamoottoreilla on tietyt pisteet, joissa niiden hyötysuhde on paras. Jos moottori työskentelee muussa kuin näissä pisteissä, hyötysuhde on merkittävästi huonompi. EC moottoreilla puolestaan on suhteellisen tasainen hyötysuhdekäyrä. [7]

EC-puhallin valitaan usein jotta koko järjestelmän tehokkuus paranee. Moottorin nopeuden kaksinkertaistuessa sen tehonkulutus kahdeksankertaistuu. Tämän takia on tärkeää pystyä säätämään moottorin nopeutta tarpeen mukaan.

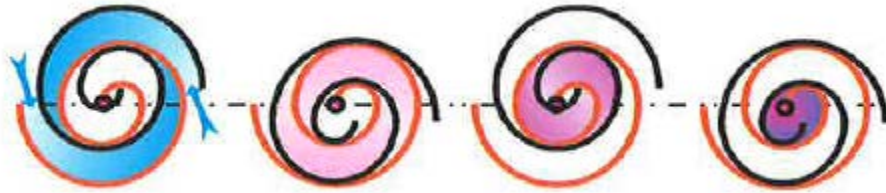
4.2.3 Kompressori

Kompressorista kylmäaine puristetaan lauhduttimeen. Kylmäaine kuumenee ja luovuttaa lämmön lauhduttimen kautta rakennukseen tai varaajaan.

Mäntäkompressoria joka muistuttaa polttomoottoria, käytetään harvemmin lämpöpumpuissa. Sen sijaan scroll-kompressori on yleinen.

Scroll-kompressorin rakenne on yksinkertainen, mikä tekee siitä luotettavan ja pitkäikäisen. Se on hiljaisempi kuin mäntäkompressori, koska siinä ei ole venttiilejä.

Kuvassa 20 on kuvitettu kierukoiden toimintaperiaate. Kylmäaine puristuu kahden kierukan väliin. Toinen kierukoista on kokoajan paikoillaan, kun toinen tekee pientä liikettä, kuitenkin pyörimättä. Jokin osa kierukkaa on kokoajan kosketuksessa toiseen. Vapaa tila liikkuu ulkoreunasta sisäänpäin. Kylmäaine imeytyy vapaaseen tilaan ja puristuu kohti keskusta. Kylmäaineen paine kasvaa ja lämpötila nousee, lopulta se purkautuu lauhduttimeen. [29, s. 43]



Kuva 20. Scroll-kompressorin kierukat. [29, s. 42]

Kylmäaine ei ole paineistettu, kun kompressor käynnistyy. Käynnistysvastus on pienempi koska paine kasvaa pikkuhiljaa. Kompressor on pitkäikäisempi, kun käynnistys ei ole niin rasittava.

Kompressorille pitkät käyntiajat ovat suotuisia, minkä takia järjestelmät usein varustetaan varaajilla. Kompressorin käyttöikä riippuu sen suorittaman työn määrästä sekä kuormittavuudesta.

Poistoilmalämpöpumppu mitoitetaan osateholle, usein 20–30 % tehontarpeesta. Kompressorille saapuvan nesteen lämpötila on useimmiten yli +2 °C. Tämän takia se ei joudu yhtä koville kuin esimerkiksi maalämpöpumppu, jolle neste voi tulla -2 °C. Maalämpöpumppu mitoitetaan 70–80 % tehosta, jolloin se joutuu työskentelemään paljon. Kun maalämpöpumpulle sopiva työskentelyaika on 4000 tuntia vuodessa, poistoilmalämpöpumpulle vastaava on 7000 tuntia vuodessa.

Kompressorin käyttöikä sanotaan olevan noin 15 vuotta, mutta käytännössä se voi kuitenkin olla jopa yli 20 vuotta. Kompressor muodostaa yli puolet koko lämpöpumpun hinnasta. [29]

5 MARKKINAT

Markkinoilla on useita toimijoita, joiden tarjonta vaihtelee. On yrityksiä, jotka tarjoavat suunnittelun, laitteet, toteutuksen, käyttöönoton, ylläpidon ja seurannan. Toiset tarjoavat suunnittelun ja toteutuksen. Eräät yritykset myyvät vain omia laitteitaan, kun toiset koostavat paketin eri toimijoiden laitteista.

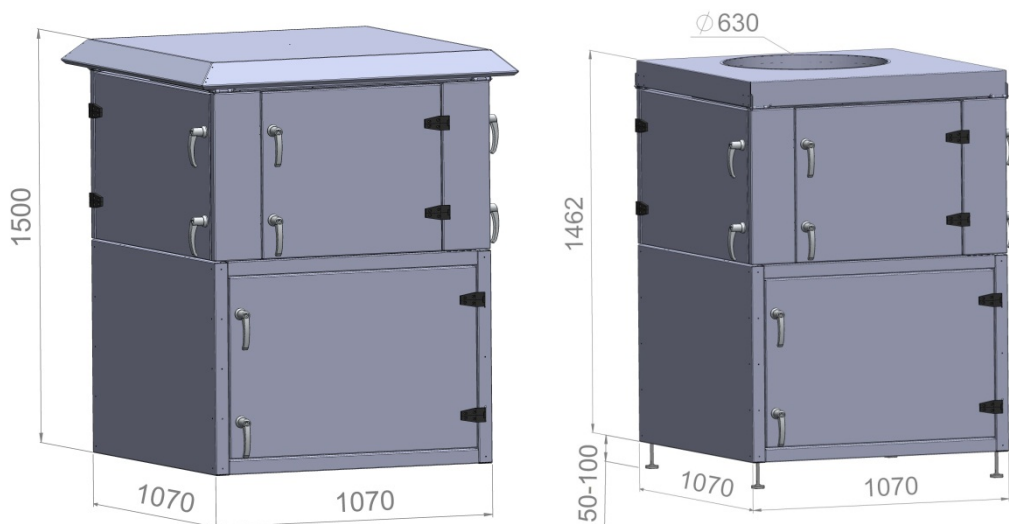
Toimijaa valitessa on hyvä muistaa, että kenttä on kirjava ja on tärkeä löytää itselleen sopivat ratkaisut. On hyvä kartoittaa vaihtoehdot ennen lopullista ratkaisua.

Alla on esitelty muutamia erilaisia saatavilla olevia järjestelmiä ja sen osia.

5.1 Pilpit

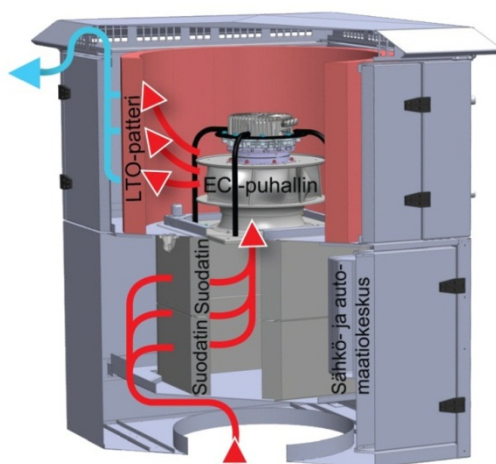
Pamon Oy valmistaa Pilpit-tuotemerkillä lämmön talteenottojärjestelmiä, Hollolan tehtaallaan. Pilpit on suunniteltu saneerauskohteisiin. Yksikkö voidaan tarvittaessa jakaa osiin, jotta se saadaan kuljetettua paikalleen.

Pilpit-laitteistoa on saatavissa sisä- ja ulkomalli. Sisämalli asennetaan kammio puhaltimen paikalle, ulkomalli huippuimurin paikalle. Kuva 21 esittelee mallien strategiset mitat. Sisämalli painaa 291 kg, ulkomalli 314 kg. Markkinoille on tulossa uusi sisämalli, joka sopii vielä pienempään tilaan. Sen paino on 255 kg.



Kuva 21. Pilpit 20 ulko- ja sisämallin mitat. [32]

Pilpitiin lämmön talteenottopatteri on pyöreä lamellipatteri. Sen talteenottoteho on 9-45 kW. Laitteessa on vakiona EC-puhallin. Laitteistossa on suodatin joka tulee vaihtaa tarpeen mukaan. Laitteessa on paine-eromittaus, jonka avulla automatiikka ilmoittaa, koska suodatin kuuluu vaihtaa. Keskimäärin se on kerran vuodessa. Kuvassa 22 nähdään leikkaus Pilpitistä.



Kuva 22. Pilpit leikkauskuva. [32]

Koska talteenottopatteri sekä puhallin ovat aina samankokoiset, on sarjatuotanto mahdollista. Myös automatiikka on sarjatuotantoa. Pamon tarjoaa kaukohallinta-pakettia Pilpitiin kylkeen, sillä voi seurata laitteiston tuottoa. Pilpitiin voi myös kytkeä kiinteistön automatiikkaan, Modbus väylän kautta.

Pilpiti maksaa noin 11 500 € Hintaan ei sisälly lämpöpumppua, muuta laitteistoa tai asennustyötä. Pilpiti kuitenkin tarjoaa myös avaimet käteen sopimuksen oman jälleenvienniverkostonsa kautta. [32]

5.2 Retermia Oy

Retermian Oy:n lämmön talteenottolaitteisto sisältää neulalämmönsiirtimen. Siirtimen kautta lämpö sidotaan nesteeseen, joka siirtää sen joko tuloilman lämmitykseen tai kiinteistön lämmitykseen pattereiden kautta.

Retermia toimittaa vain siirtimen. Heillä ei ole tuoton seuranta.

Lämmön talteenotto-yksikkö voidaan asentaa huippuimurin ympärille. U-mallinen lämmön talteenotto patteri voidaan asentaa katolle, vaikka kiinteistössä on kammiopuhallin ullakolla. Patterin kehikko mitoitetaan jäteilmakatoksen ympärille. Siihen rakennetaan tukipilari laitteistoa varten. Jos vesikatto on tätä varten puhkaistava, kustannukset kasvavat. Se ei kuitenkaan ole kovin yleistä. [31]

Koska neulalämmönsiirrin ei aiheuta suuria painehäviöitä ilmapuolelle, eivät ilmavirrat kuristu.

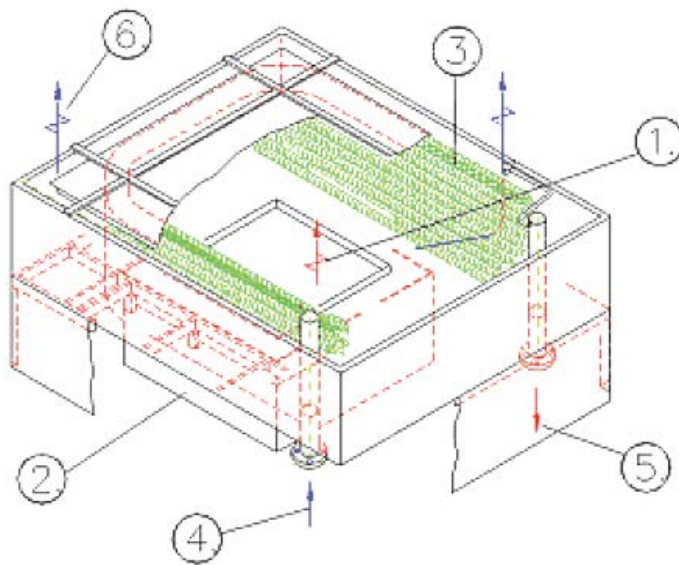
Retermian neulaputkilämmönsiirrintä on saatavilla neljärivisenä. Sen lämpötilasuhde on parempi kuin edeltäjänsä kolmerivisen, eikä se vie merkittävästi enempää tilaa.



Kuva 23. Lämmön talteenotto-huippuimuri neljärivisellä neulalämmönsiirtimellä ja EC-puhaltimella. [39]

Retermian mallistoon kuuluu huippuimureita teholtaan 6 kW asti. Huippuimuri-sovelluksella, jonka teho on 2-3 kW voi poistoilma olla jopa 4 m³/s. [39] Retermia mainitsee kannattavaksi minimi-perusilmamääräksi 250 l/s, tehostettuna 500 l/s. [31]

Retermian neulalämmönsiirrin mitoitetaan perusilmavirran mukaan ja puhallin tehostus ilmavirran mukaan. Kun Retermian budjettihinnoittelun laskurilla lasketaan kustannusta esimerkkitilanteelle jonka perusilmavirta on 1,0 m³ ja tehostusilmavirta 2,0 m³, hinnaksi saadaan noin 6 850 €. Tähän hintaan lisätään vielä arvonlisävero, jolloin paketin hinta on 8 500 €. Tähän hintaan kuuluu lämmön talteenottoyksikkö ja huippuimuri.



1. Lämmin poistoilma
2. Poistoilmakanava
3. Neulalämmönsiirrin
4. LTO-nesteen paluu
5. Lämmennyt LTO-neste
6. Jäähdynt poistoilma

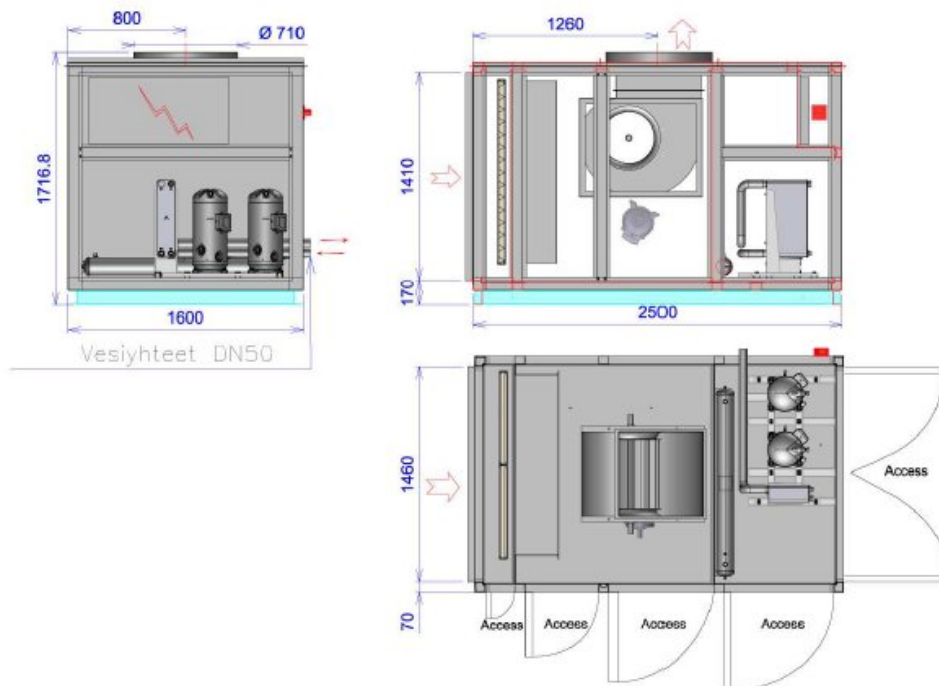
Kuva 24. Periaatekuva ulospuhalluskatoksen toiminnasta. [39]

Jotta laitetta voisi huoltaa vaivatta, tulee sen molemmin puolin olla noin metri huoltotilaa. Laitteen huoltoa varten tulee lähistöllä olla vesipiste tai sinne on voitava tuoda vettä helposti. Myös sähkökytkin tarvitaan painepesuria ja imuria varten. Laitteen huolto tapahtuu yleensä syksyllä ennen lämmityskauden alkua. Imuroinnin jälkeen patterille levitetään pesuaine. Tämä huuhdotaan pois Retermian itse kehittämällä suuttimella varustetulla painepesurilla. Sitä tulee käyttää, jotta neulat eivät liiskaantuisi. Siirtimen yhteydessä on pesuvesiallas ja yhde, jonka kautta pesu- ja kondenssivesi tulee johtaa pois ja viemäroidä lattia- tai kattokaivoon, joka on varustettu vesilukolla. [39] Vastaavat asiat tulee huomioida, kun on muiden laitteiden kanssa tekemisissä.

5.3 Thereco

Thereco tarjoaa kahdenlaisia laitteistoja, suorahöyrystyksellä ja epäsuoralla höyrystyksellä toimivia järjestelmiä. Suorahöyrystystä käyttävä laite on suhteellisen suuri ja vaatii tasakaton.

Suorahöyrysteisiä PTAET laitteita on saatavilla ilmavirroille 1-3,47m³/s. Sarjan suurin laite on PTAET 38.1, Kuva 25, joka painaa 800 kg. Pienin laite, PTAET 12.1, painaa 475 kg ja on kooltaan 2120 x 1120 x 1567 mm.

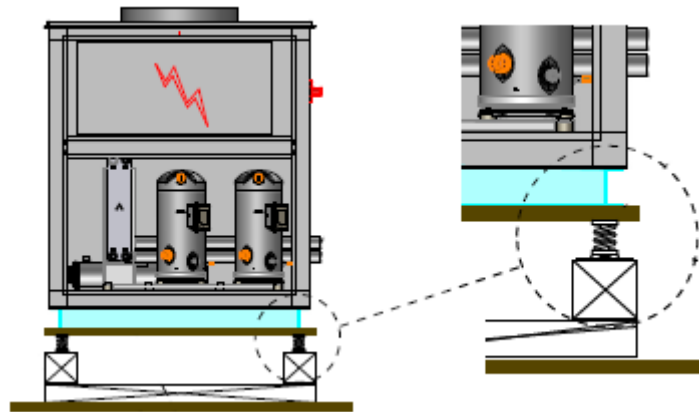


Kuva 25. PTAET 38.1 mitat. [44]



Kuva 26. Vasemmalla, laitteiston nosto katolle. Oikealla, laitteisto katolla. [40]

Laitteisto voidaan nostaa nosturilla katolle ja asentaa siellä pedille, kuva 26. Pedissä tulee olla tärinänvaimennus jotta runkoäänet eivät kantaudu kattorakenteisiin, kuva 27.



Kuva 27. Periaatekuva laitteen pedistä. [44]

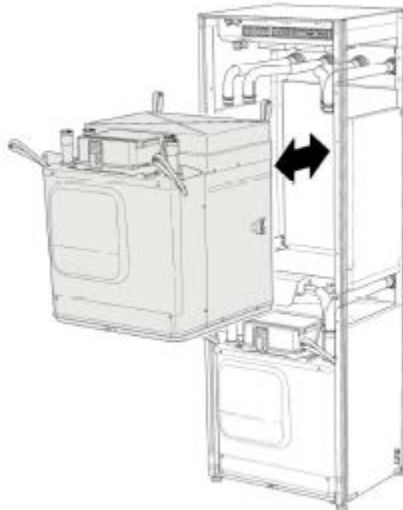
Laitteistoihin on saatavilla lisävarusteena Jbus ja Modbus liitännät.

PTAET-laitteiden arvonlisäverollinen hinta on 15 000-50 000 €

5.4 NIBE Energy Systems Oy

NIBE tekee mm. lämpöpumppuja. Heidän F1345 maalämpöpumppunsa soveltuu pois-toilmajärjestelmän lämpöpumpuksi. Lämpöpumppua on saatavissa tehoilla 24, 30, 40 ja 60 kW. Lämpöpumppuja voidaan kytkeä sarjaan jopa yhdeksän kappaletta. Kaikissa lämpöpumpuissa on kaksi kompressoria. Kylmäainetta on yhdessä yksikössä alle 3 kg. Sen käsittelyyn ei tarvitse erillistä lupaa. Kuljetuksen helpottamiseksi, lämpöpumpun voi jakaa osiin. NIBE F1345 on kooltaan 1800 x 600 x 620 mm. Pienin laitteista painaa 325 kg, painavin 352 kg. F1345-24 ja F1345-30 malleissa on keruupiirin kierto-vesipumppu sisäänrakennettuna. 40 ja 60 kW malleissa se on ulkoinen.

Lämpöpumppuun on mahdollista saada Modbus liitäntä. [27]



Kuva 28. NIBE kiinteistölämpöpumpun periaatekuva. [28]

NIBE F1345 ohjehinta on noin 12 700 – 17 700 € ilman arvonlisävero. [29]

6 POISTOILMAN LÄMMÖN TALTEENOTTO JA SEN KYTKENNÄT KAUKOLÄMPÖKERROSTALOISSA

Poistoilman lämmön talteenotto sopii niin pistetaloon (kerrostalo jossa on vain yksi porras), kun lamellikerrostaloonkin (kerrostalo jossa on useampi porras). Pistetaloon se on hieman helpompi toteuttaa, kun ei tarvitse kerätä poistoilmakanavia. Mutta kanavien yhteen kerääminen ei yleensä ole ongelma.

Kun harkitsee poistoilman lämmön talteenottoa, tulee poistettavien ilmamäärien olla tarpeeksi suuria, jotta poistoilmalämpöpumpun hankinta olisi kannattavaa. On myös huomioitava, että lämmitysjärjestelmän säätö ja kunnossapito vaatii enemmän käyttäjäl-
tään, kuin pelkkä kaukolämpö.

Ennen tarkempien suunnitelmien laatimista on syytä tarkastella, millainen järjestelmä on tarpeenmukainen ja samalla kustannustehokas. Poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän asentaminen ja käyttöönotto on kallis investointi, yleensä noin 50 000–150 000 €. Tämän takia ei tule tehdä hätiköityjä päätöksiä, vaan ensin selvittää tarve ja sen jälkeen tehdä perusteelliset suunnitelmat, miten tulee edetä. On perusteltua palkata asiantuntija tätä varten.

Hankesuunnitelman tekeminen on tärkeää, koska siinä selvitetään, millainen ratkaisu sopii juuri kyseessä olevaan taloyhtiöön. Hankesuunnitelman tarkoitus on selvittää tarpeiden lisäksi myös toteutusmahdollisuudet. Tässä vaiheessa selvitetään mahdolliset rajoitukset koskien kustannuksia, aikataulua sekä laatu- ja palvelutasovaatimukset. Tilavaraukset ja kiinteistösähkön riittävyys tulisi selvittää tässä vaiheessa. Pääsulakkeen tulee olla tarpeeksi suuri. Jos pääsulaketta joudutaan suurentamaan, tulee varmistaa syötökaapelin riittävyys.

Lämmönjakohuoneessa tulee olla tilaa lämpöpumpulle ja mahdollisille varaajille. 1970- ja -80-luvun kerrostalojen lämmönjakohuoneissa ei yleensä ole paljon ylimääräistä tilaa. Voidaan joutua ottamaan tilaa viereisestä varastosta lämpöpumpulle. Ennen 1970 rakennettujen talojen lämmönjakohuoneissa tilaa sen sijaan yleensä löytyy. Huomioitavaa on, että laitteiden tulee mahtua ovi-aukoista sisään.

Aurinkopaneeli on mahdollista liittää osaksi järjestelmää. Aurinkolämpö tuo lisää tehoa järjestelmälle ja sen avulla voidaan tuottaa käyttövettä huhtikuusta elokuuhun. Jos kiin-

teistössä on matalalämpöverkosto, voidaan aurinkopaneelistä saatu lämpö käyttää myös siihen.

Poistoilman lämmön talteenotto voi kattaa 30–50 % asuinkerrostalon lämmön tarpeesta.

6.1 Käyttötarkoitus

Poistoilmasta talteen otettua energia voidaan hyödyntää tuloilman, käyttöveden tai kiinteistön lämmitykseen. Tässä työssä ei tarkastella tuloilman lämmittämistä.

Poistoilmapumppujärjestelmää asennettaessa on eri vaihtoehtoja, josta valita. Tuleeko lämpöpumpulle varaajaa, kytketäänkö se sarjaan vai rinnakkain kaukolämmön kanssa.

Kaukolämpöä voidaan ja sitä kannattaakin käyttää lämmönkulutushuippuja varten, se voi joko täydentää tai sitä voi käyttää lämpöpumpun asemasta.

Poistoilmalämpöpumppu toimii, kuten kaukolämpökin, parhaimmalla hyötysuhteella matalissa lämpötiloissa. Niiden kytkeminen sarjaan ei välttämättä ole helppoa. Kaukolämmön kannalta paluueden jäähtyminen on tärkeintä, ja lämpöpumpulle on edullisinta, että lämpötilaero meno ja paluueden välillä on pieni. [11, s. 15]

Poistoilmalämpöpumpun hankintaa harkitessa tulee punnita onko valmis ylläpitämään monimutkaisempaa järjestelmää. Sen säätö, ylläpito ja huolto vaativat enemmän kuin pelkkä kaukolämpöjärjestelmä. Toisinaan voi olla vaikea saada järjestelmä toimimaan optimaalisesti.

Vaikka järjestelmä olisi asennettu ja säädetty oikein, voi käydä niin, että esimerkiksi huoltomies ei osaa ylläpitää järjestelmää ja sen toiminta häiriintyy. Siksi on tärkeää, että henkilö joka on vastuussa järjestelmästä, on koulutettu sen käyttöä varten. Niin kuin kaikissa taloteknisissä järjestelmissä, käyttäjällä on vastuu sen optimaalisesta toiminnasta.

Suomessa poistoilman lämmön talteenotto järjestelmissä käytetään melkein poikkeuksetta varaajaa. Alla on esitetty myös esimerkkejä jossa ei ole varaajaa.

Suurin osa tässä kappaleessa esitetyistä kytkennöistä on Ruotsalaisesta julkaisusta *Fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump i kombination*. [11]

6.1.1 Kaukolämpö ja lämpöpumppu kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen

Jos haluaa käyttää sekä kaukolämpöä että lämpöpumppua kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen, tulee järjestelmästä hieman vaativampi. Samalla investointihinta nousee ja ylläpito sekä huolto ovat haastavampia.

Kytkeäesimerkeissä käytettävät lyhenteet.

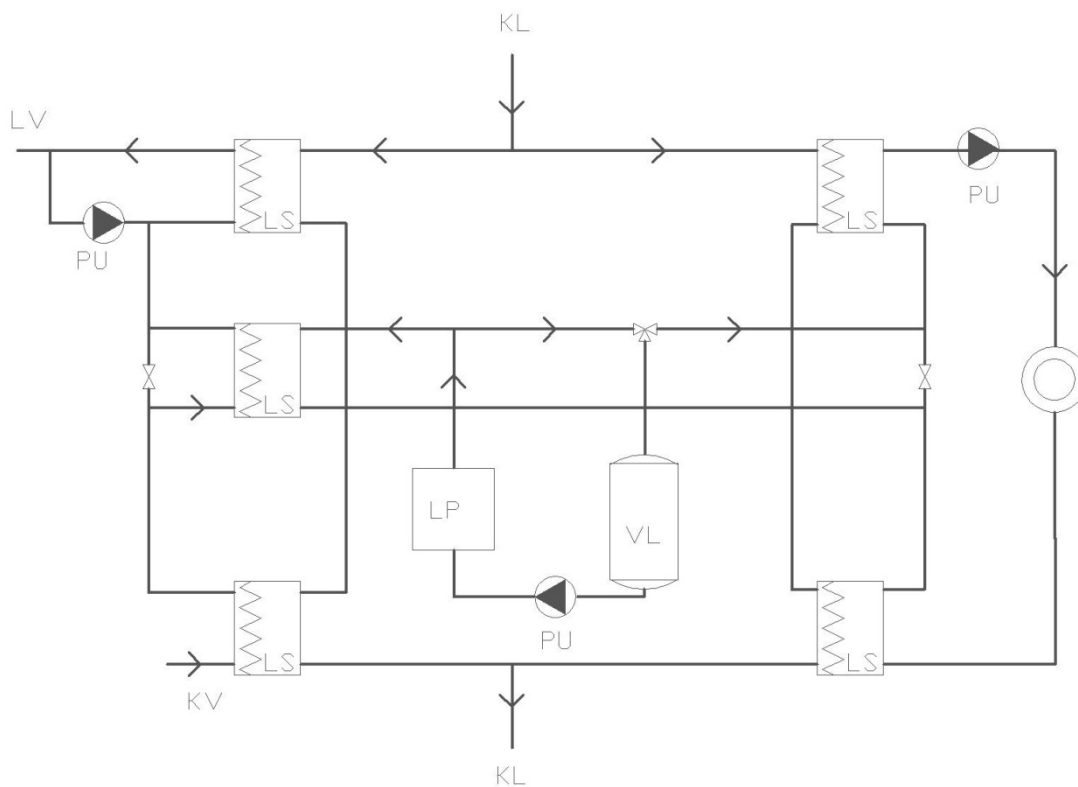
KL = Kaukolämpö LV = Lämminvesi

KV = Kylmävesi LVK = Lämminvesikierto



Kuva 29. Kytkeäesimerkeissä käytetyt symbolit.

Kuva 30 esittää kytkennän, jossa kaukolämpöä käytetään esi- ja jälkilämmitykseen. Lämpöpumppu toimii väliaskeleena, jota käytetään ensisijaisesti. Kaukolämpöä käytetään, kun lämpöpumppu ei riitä asetusten tavoittamiseen. Tämä kytkentätapa ei nosta kaukolämmön paluuveden lämpötilaa, koska lämmitys tapahtuu kolmessa vaiheessa. Se pienentää kaukolämmön tarvetta, joka kesällä tulee olemaan erittäin pieni. Lämpöpumpulla on varaajaa eikä sen tarvitse toimia korkeissa lämpötiloissa, mikä nostaa lämpökerrointa. Vaikka järjestelmässä on monta komponenttia, se ei ole kovin monimutkainen. Kaukolämpöä ja lämpöpumppua on mahdollista ohjata erikseen. Investointikustannukset voivat kuitenkin olla korkeat. Kyseinen kytkentä voi tulla kysymykseen jos kiinteistössä on suuri energiankulutus ja energian hinta on korkea. Lämmön ja sähkön hinnan ollessa lähekkäin tämän järjestelmän kustannustehokkuus mahdollistuu. Jos on kyse vanhan järjestelmän korvaamisesta, voidaan mahdollisesti hyödyntää vanhoja komponentteja.

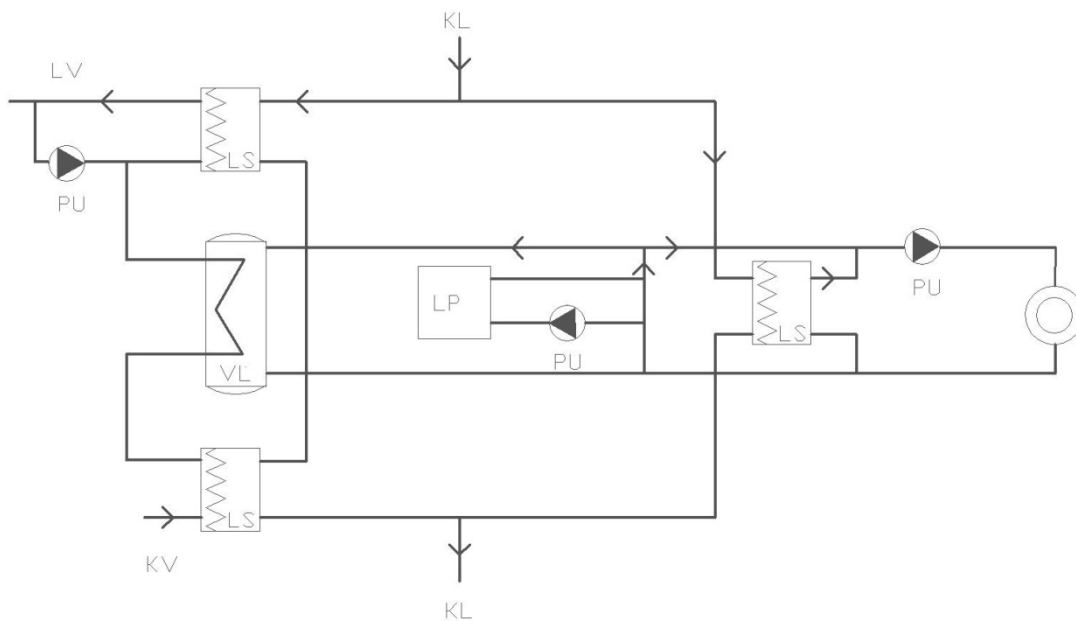


Kuva 30. *Kaukolämpö, lämpöpumppu, kaukolämpö kytkentä, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s.17]*

Kuva 31 esittää kytkennän, joka on samankaltainen kuin edellinen. Tässä lämpöpumpulla on kuitenkin varaajan sijasta kierukkasäiliö käyttöveden lämmitystä varten. Kaukolämpö ja lämpöpumppu ovat kytketty rinnan.

Jotta kaukolämmön paluveden lämpötila ei kärsisi, tulee lämpöpumpun tuottaa tarpeeksi lämmintä vettä kiinteistön lämmitysjärjestelmää varten. Muuten kaukolämmön pitää kompensoida korkeammalla lämpötilalla.

Tässä järjestelmässä ei ole yhtä monta osaa, mutta sen ohjaus on edellistä monimutkaisempi. Järjestelmä sopii samankaltaisiin olosuhteisiin kuin edellinen. Alkuinvestointi on tässä vaihtoehdossa kuitenkin pienempi. [12]



Kuva 31. Kaukolämpö ja lämpöpumppu rinnan, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 18]

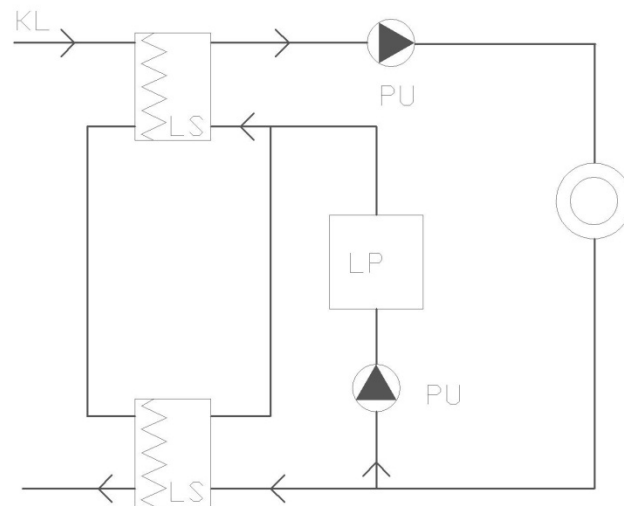
On myös olemassa monimutkaisempia kytkentöjä, mutta ne ovat yleensä vaikeita ylläpitää ja alkuinvestointi on suurehko. Perusteellisella säädöllä ja ylläpidolla on mahdollista saada hyviä tuloksia.

6.1.2 Lämpöpumppu ja kaukolämpö kiinteistön lämmitykseen

Lämmittämällä käyttöveden kaukolämmöllä, taloyhtiö hyötyy kaukolämmön kesäisin alhaisemmasta hinnasta. Hyvä lämpötilasuhde on edellytys taloudellisuudelle, jos sähkön hinta on korkealla.

Kuva 32 esittää kytkennän, jossa lämpöpumppu on kytketty rinnan kaukolämmön kanssa ensimmäisessä vaiheessa, lämpöpumppua käytetään ensisijaisesti. Kaukolämpöä käytetään myös jälkilämmityksenä. Tällainen kytkentä mahdollistaa kaukolämmön paluveden lämpötilan nousun lämpöpumpun käyttäessä osan kaukolämmön esilämmityksen virtauksesta.

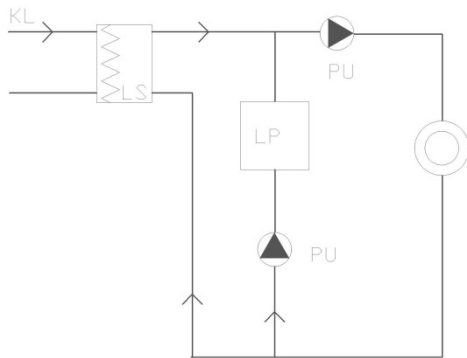
Koska käyttövesi lämpiää kaukolämmöllä, on kaukolämmön kulutus suhteellisen tasaista ympäri vuoden. Lämpöpumpulla on mahdollisuus korkeaan lämpökertoimeen sillä se työskentelee matalassa lämpötilassa. Tämä on yksinkertainen kytkentä, joka tarkoittaa pienempää alkuinvestointia ja helpompaa säädettävyyttä.



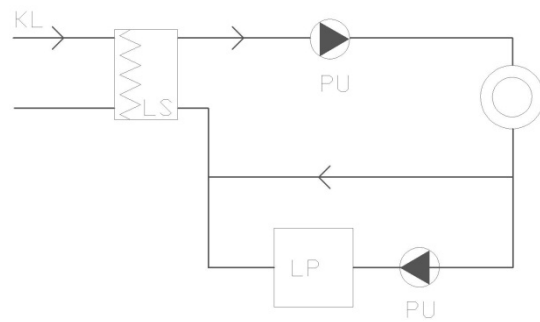
Kuva 32. Kaukolämpö ja lämpöpumppu kytketty rinnan, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan..[11, s.21]

Kuva 33 on yksinkertaistus edellisestä. Tässä lämpöpumppu ja kaukolämpö ovat kytketty rinnan. Kaukolämmön paluuv veden jäähtymä ei kärsi tästä kytkennästä, mutta lämpöpumppu joutuu työskentelemään korkeammassa lämpötilassa, mikä johtaa lämpösuhteen pientymiseen. Matalalämpötilajärjestelmässä tämä kytkentä toimisi hyvin, silloin sekä lämpöpumppu että kaukolämpö saisivat toimia matalampien lämpötilojen kanssa.

Kuva 34 esittää kytkentää, jossa lämpöpumppu ja kaukolämpö ovat kytketty sarjaan. Osa virtaamasta lämpenee lämpöpumpulla ja osa ohjataan sen ohi. Jälkilämmitys hoidetaan kaukolämmöllä. Tämä johtaa kaukolämmön paluuv veden lämpötilan nousuun. Jos käyttöveden kulutus on suuri, on tällä pienempi merkitys. Tämä kytkentä on yksinkertainen ja investointi on pieni.



Kuva 33. Lämpöpumppua käytetään vain kiinteistön lämmitykseen, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan.[11, s. 22]

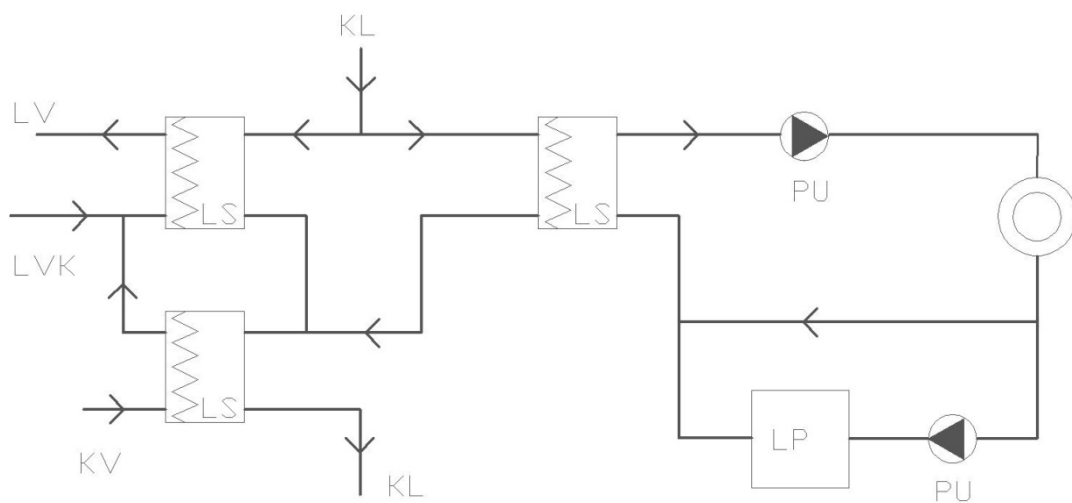


Kuva 34. Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty sarjaan, käytetään vain kiinteistön lämmittämiseen, Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 23]

Kuva 35 esittää kytkentää, joka on lämpöpuolelta samanlainen kuin edellinen; käyttövesi lämpenee kaukolämmöllä. Kaukolämmön paluuvesi lämmityspuolelta esilämmittää käyttöveden. Tällä saadaan paluuveden lämpötila laskemaan. Toisessa lämmönsiirtimessä käyttövesi lämmitetään lopulliseen lämpötilaan. Myös kiertovesi palaa kyseiseen siirtimeen.

Lämpöpumpun lämpökerroin pysyy hyvänä koska se saa toimia itselleen edullisessa lämpötilassa.

Tämä kytkentä toimii parhaiten jos käyttövesimäärät ovat suuret.



Kuva 35. Lämpöpumppua käytetään ainoastaan lämmitykseen. Lämpöpumppu on sarjassa ennen kaukolämpöä. Kaukolämpö on kytketty kahdessa vaiheessa, lämmityksestä käyttövedeen. Svensk Fjärrvärme esimerkin mukaan. [11, s. 24]

6.2 K1

Energiateollisuus ry:n julkaisun Rakennusten kaukolämmitys – määräykset ja ohjeet tuorein julkaisu on K1/2013. Sen tarkoitus on saattaa kaukolämpötuottajat samalle viivalle ja taata asiakkaiden ostaman energian korkea laatu ja turvallisuus. [22]

Tällä hetkellä ei ole, uuteen K1:een perustuvaa, vakiintunutta kytkentää lämpöpumpun ja kaukolämmön yhdistävää kytkentää. Eri kunnissa on toisistaan poikkeavia käytäntöjä.

Pääkaupunkiseudun kaukolämmöntuottajilla ei ole omia mallikytkentöjä poistoilmalämpöpumpuille, vaan he viittaavat K1:een. Fortum käyttää mallikytkentää 7 (liite 1). He ovat avoinna keskustelemaan vaihtoehtoista, mutta kaukolämmön paluun lämmit-

tämistä he eivät katso suopeasti. Heidän mielestä shunttaus tulisi tehdä menopuolelle. Tällä tarkoitetaan lisälämmityspiirin sijoittamista.

Helsingin Energia käyttää K1:en mallikytkentää 7 (liite 1). He painottavat että kytkentä ei saa huonontaa olemassa olevaa jäähtymää. Vantaan Energia puolestaan ei osoita mitään tiettyä kytkentää, viittaa ainoastaan K1:een.

Toistaiseksi joillain paikkakunnilla on lämpöpumpun kytkeminen kaukolämmön paluu puolelle sallittu. Luultavasti pääkaupunkiseudulta tulee leviämään käytäntö joka ei salli tätä. [31]

7 REFERENSSIKOhteET

Alla on esitetty lähtötietoja referenssikohteista. Melkein kaikki ovat pistetaloja, ainoastaan Vellamonkatu 16 on lamellitalo. Pistetalo näyttääkin olevan suosituin kohde pois-toilman lämmön talteenotolle.

Taulukko 2. Referenssikohteiden rakennustietoja.

Kohde	Rak. v	Kerroksia	Rak. til. m³	Pinta-ala m²	Huoneistoja
Armas Launiksen katu 7	1981	6	6 480	1 950	43
Soukanahde 6	1969	7	8 820	2 646	35
Pilttipiha	1968	7	8 574	2 100	34
Vellamonkatu 16	1974	7	23 000	5 743	84
Opiskelijankatu 20	1974	6	6 800	1 686	30

Taulukossa 2 on esitelty referenssikohteiden avaintietoja. Taulukossa 3 on lista järjestelmien laitetietoa.

Taulukko 3. Referenssikohteiden laitetietoja.

Kohde	Laitetoimittaja	Lämpöpumppu
Armas Launiksen katu 7	Pamon Oy	IVT
Soukanahde 6	Senera Oy	IVT
Pilttipiha	RS Partners Oy	PTAET
Vellamonkatu 16	RS Partners Oy	PTAET
Opiskelijankatu 20	Koja Oy	NIBE

Kohteista ei ole, keskenään täysin samanlaisia tietoja.

Euromääriä laskiessa on kaukolämmön osalta käytetty paikkakuntakohtaisia tietoja. [19] Hinta on määritelty vuosittaisesta hinnasta, kausihinnointelua ei ole sovellettu. Sähkön hintana on käytetty 110 €/MWh.

Säästöläskelmissä ja takaisinmaksu laskelmissä ei ole huomioitu mahdollista kaukolämmön sopimustehon alenemista. Myöskään energianhinnan muutosta ei otettu huomioon sen hankalan ennustettavuuden takia.

7.1 Armas Launiksen katu 7

Asunto Oy Armas Launiksen katu 7 otti käyttöön poistoilman lämmön talteenoton syksyllä 2012. Sinne asennettiin Pilpit 20S lämmön talteenottolaitteisto. Alla on esitetty talteenotto-järjestelmän avaintiedot.

Taulukko 4. Järjestelmätietoa, Armas Launiksen katu 7.

Lämpöpumppu	LTO-patteri	Ilmamäärät	Varaaja
9 kW	lamelli	1 300 l/s	1 000 l

Kohteeseen asennettiin olemassa olevien lisäksi yksi 1000 litran varaaja. Suurempaa varaajaa ei lämmönjakohuoneeseen mahtunut.

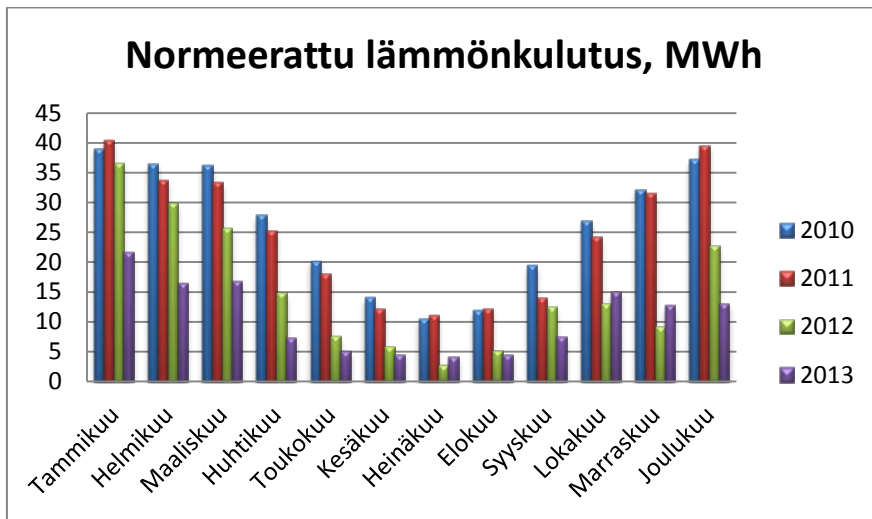


Kuva 36. Vasemmalla talteenotto-kammio, oikealla lämmönjakohuone, Armas Launiksen katu 7. [33]

Talteen otettu lämpö käytetään sekä kiinteistön, että käyttöveden lämmittämiseen.

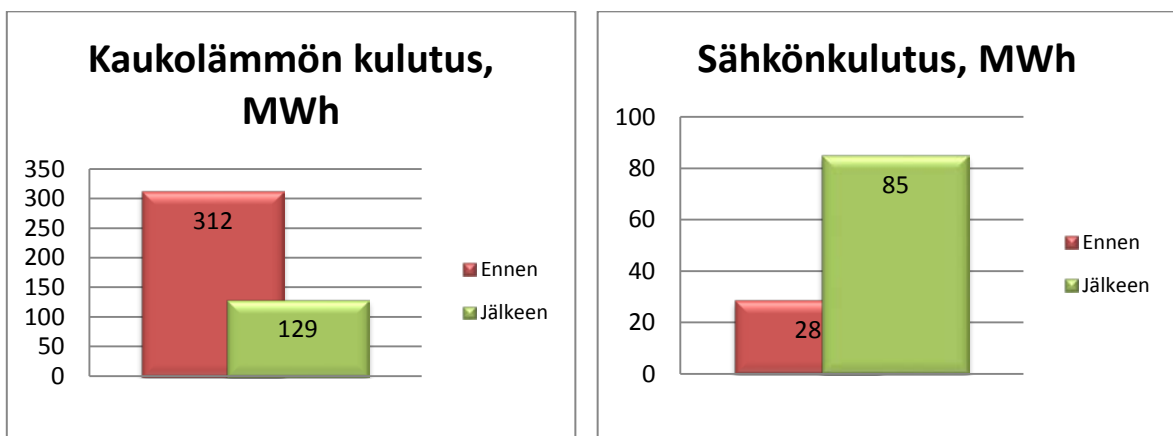
Laskelmissa on käytetty kaukolämmön MWh hintana 85,12 € ja sähkön MWh hintana 110 €

Alla on esitetty kohteen normeerattu kaukolämmönkulutus kuukausittain. Normeerauksella tarkoitetaan että kulutus säädörytään, jotta sitä voidaan verrata normaalivuoteen. Kuvassa 37 tarkastellaan kohteen kaukolämmönkulutusta vuosina 2010–2013. Poistoilman lämmön talteenotto asennettiin syksyllä 2012. Laitteiston asennuksen jälkeen asetukset ei välttämättä ole olleet heti kohdallaan. Vuoden 2013 lopun kaukolämmön kulutus on laskenut, vuoden 2012 loppuun verraten.



Kuva 37. Normeerattu lämmönkulutus, Armas Launiksen katu 7.

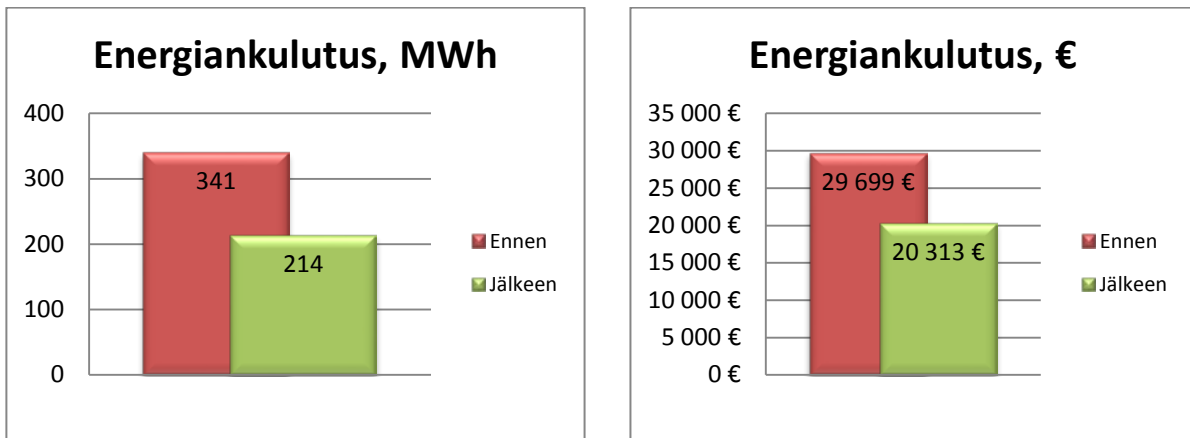
Alla olevissa kaavioissa on ennen-arvoina käytetty viiden vuoden keskiarvoa ennen saneerausta. Jälkeen-arvoina on käytetty vuoden 2013 arvoja. Vuosi 2012 on jätetty tarkastelusta pois, koska se ei sovi kokonaan kumpaankaan.



Kuva 38. Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Armas Launiksen katu 7.

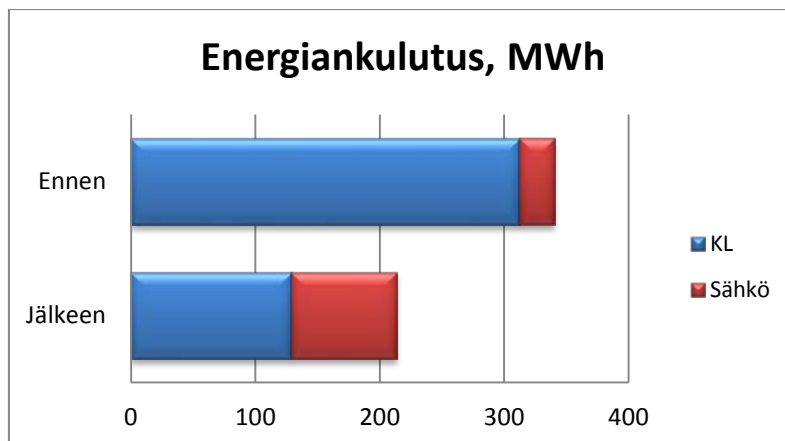
Kuvasta 38 voidaan huomioda, että kaukolämmönkulutus on laskenut noin 180 MWh:lla, samalla kun sähkönkulutus on kolminkertaistunut.

Ostoenergian kulutus on laskenut noin 130 MWh vuodessa (Kuva 39). Rahallisesti tämä vastaa noin 10 000 €



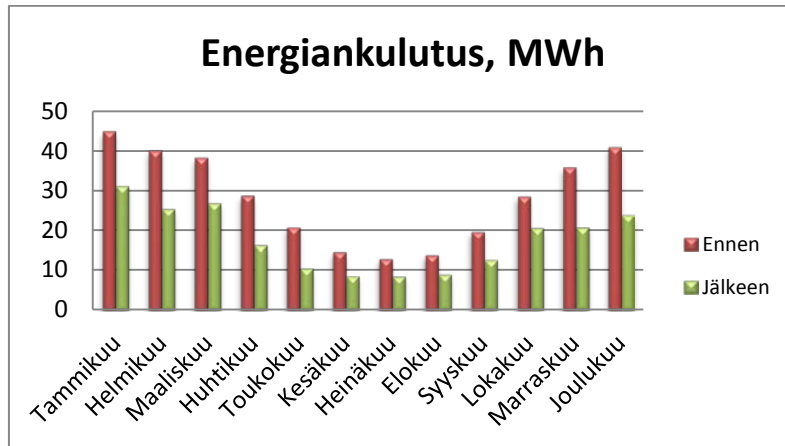
Kuva 39. Vuosittainen energiankulutus, Armas Launiksen katu 7.

Kuvassa 40 on esitetty kaukolämmön ja sähkönkulutuksen muutos suhteutettuna energiankulutukseen. Aikaisemmin sähkön osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli huomattavasti pienempi.



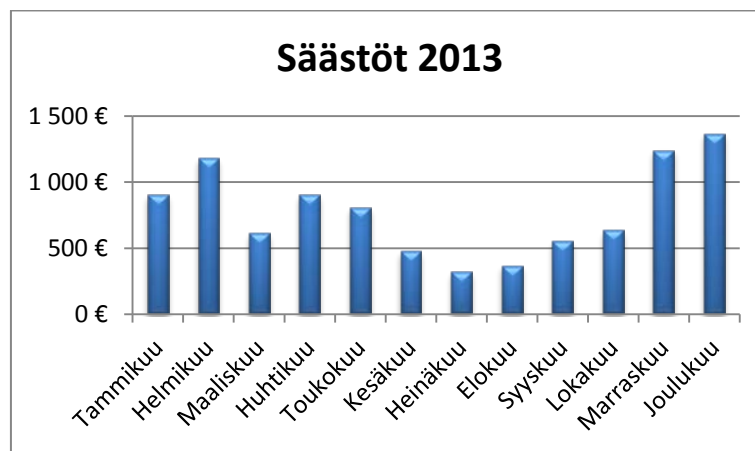
Kuva 40. Energiankulutuksen osuudet, Armas Launiksen katu 7.

Kuva 41 esittää ostetun energian kulutuksen kuukausittain. Se vaihtelee kesän alle 10 MWh:sta talven huippuun, joka on noin 30 MWh. Aikaisemmin vastaavat luvut olivat melkein 15 MWh ja 40–45 MWh:n paikkeilla.



Kuva 41. *Energiankulutus kuukausittain, Armas Launiksen katu 7.*

Käyttämällä normitettuja kulutusarvoja energiankulutuskustannusten alenemisen myötä kertyneet säästöt olisivat melkein 10 000 €vuonna 2013.



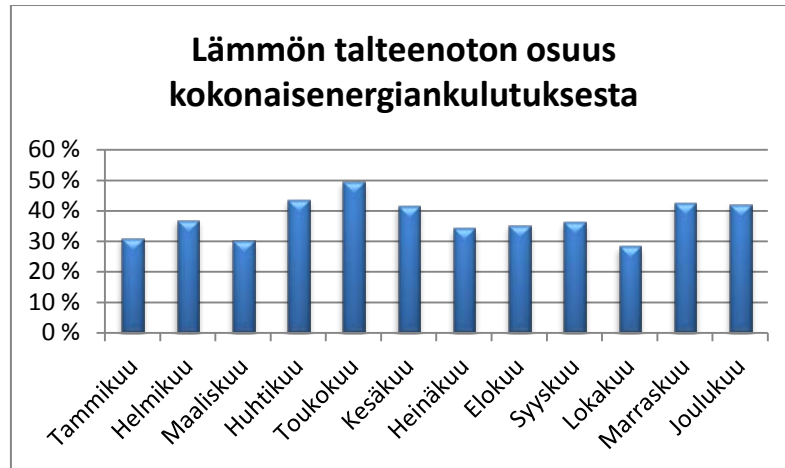
Kuva 42. *Energiankulutuksen alenemisen tuomat säästöt vuonna 2013, Armas Launiksen katu 7.*

Järjestelmälle kertyi huoltokustannuksia suodattimien vaihdoista. Se on suoritettu kaksi kertaa vuodessa. Hinnan arvioitiin olevan noin 1000 €. Suodattimien vaihto ei tarvitse olla näin tiuhaa. Laitteessa on paine-eromittaus, joka automaation kautta ilmoittaa suodattimen vaihtotarpeesta. Yleensä tämä on kerran vuodessa.

Saneerauksen kokonaisinvestointi oli 60 000 €. Olettaen, että säästöt ovat samaa luokkaa jatkossa, investoinnin takaisinmaksuajaksi saadaan noin kuusi vuotta. Energian hin-

ta, erityisesti kaukolämmön ja sähkön hinnan keskinäinen suhde, vaikuttaa olennaisesti takaisinmaksuajan pituuteen.

Kohteen kaukolämmön sopimusteho oli ennen remonttia 150 MWh, eikä se saneerauksen seurauksena muuttunut.



Kuva 43. Lämmön talteenoton osuudet kuukausittain, Armas Launiksen katu 7.

Vuonna 2013 lämmön talteenoton osuus kokonaisenergiankulutuksesta on vaihdellut maaliskuun reilusta 30 % toukokuun 50 %. Talteenoton osuuden keskiarvo oli 38 %. Tuotto on ollut suhteellisen tasaista koko vuoden.

7.2 Soukanahde 6

Asunto Oy Soukanahde 6, on pistekerrostalo jossa otettiin käyttöön poistoilman lämmön talteenotto joulukuussa 2012.

Taulukko 5. Järjestelmätietoa, Soukanahde 6.

Lämpöpumppu	LTO-patteri	Ilmamäärät	Varaaja
28 kW	-	1 300 l/s	4 x 750 l

Lämmön talteenotto patterin tyyppiä ei haluttu julkistaa.



Kuva 44. Senera: Kattonäkymä Soukanahde 6. [41]

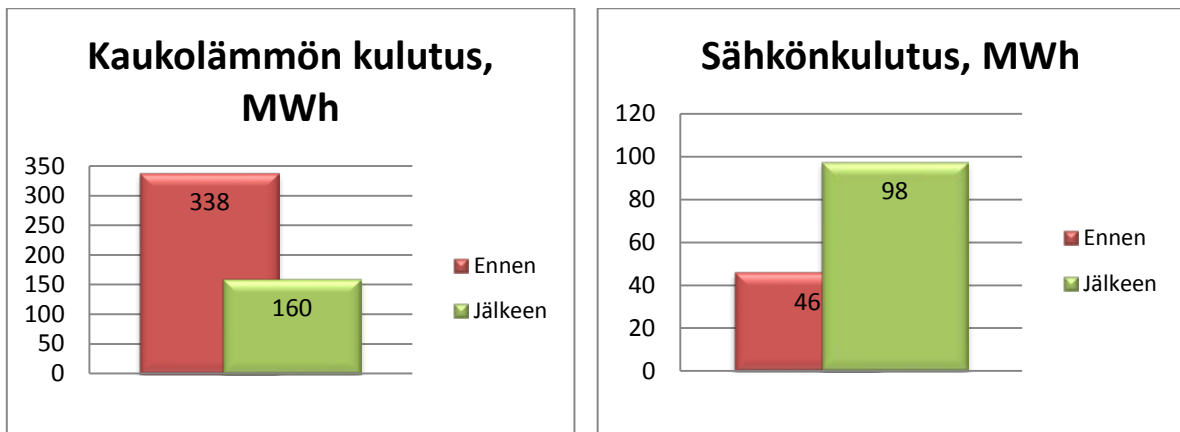
Lämmön talteenotto laitteisto on ullakkotilassa. Talteenotto tapahtuu kokoomakammiossa, josta viilentynyt jäteilma johdetaan ulos. Poistoilma on noin +4 °C kun se puhalletaan ulos. Kuva 44, kuvaa näkymää kiinteistön katolta, josta ei huomaa eroa viereisiin kohteisiin. Talteenotonestein putket kulkevat kellarin lämmönjakohuoneelle koteloituina porraskäytävässä. Lämpöpumppu ja neljä 750 litran varaajaa sijaitsevat lämmönjakohuoneessa. Talvella talteen otettu lämpö hyödynnetään lämmitysjärjestelmässä ja kesällä se käytetään käyttöveden lämmitykseen.



Kuva 45. Senera: Kohteen lämmönjakohuone. [41]

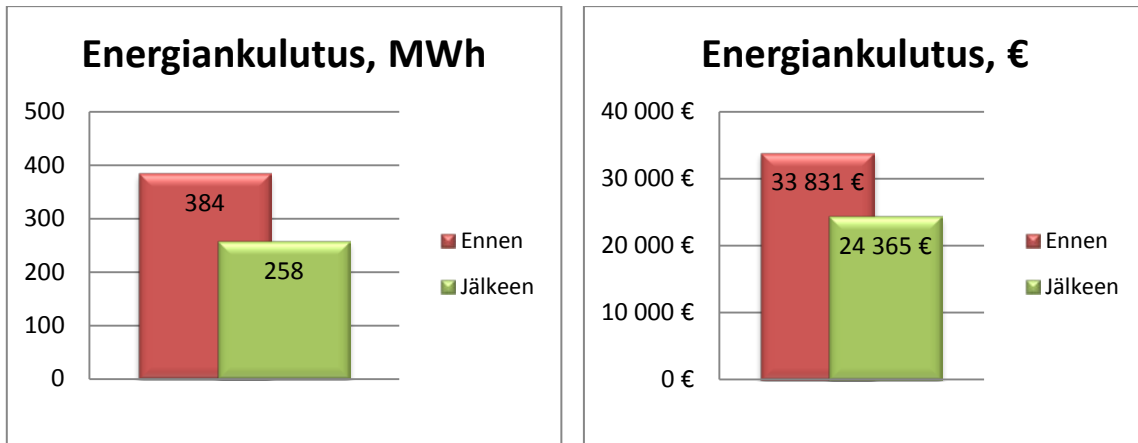
Lämmönjakohuoneessa ei ole puutetta tilasta, kuva 45.

Laskelmissa on käytetty kaukolämmön MWh hintana 85,12 € ja sähkön MWh hintana 110 € Ennen-arvoina on käytetty viiden vuoden keskiarvoa. Jälkeen arvot ovat vuodelta 2013.



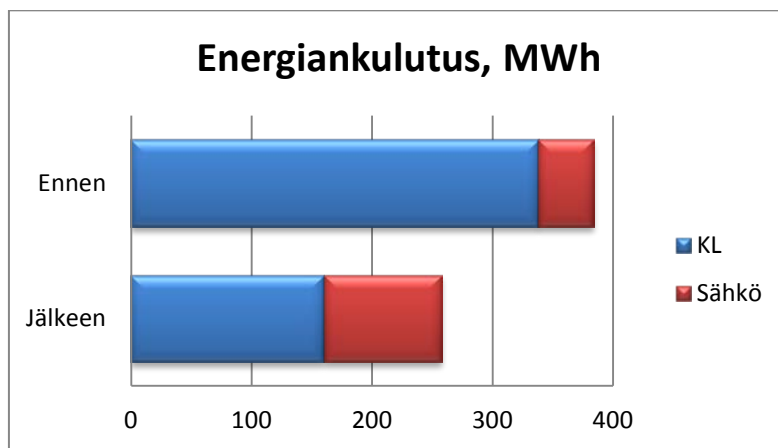
Kuva 46. Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Soukanahde 6.

Kaukolämmön kulutus on laskenut alle puoleen aikaisemmasta, muutos on melkein 180 MWh. Sähkönkulutus on kaksinkertaistunut.



Kuva 47. Vuosittainen energiankulutus, Soukanahde 6.

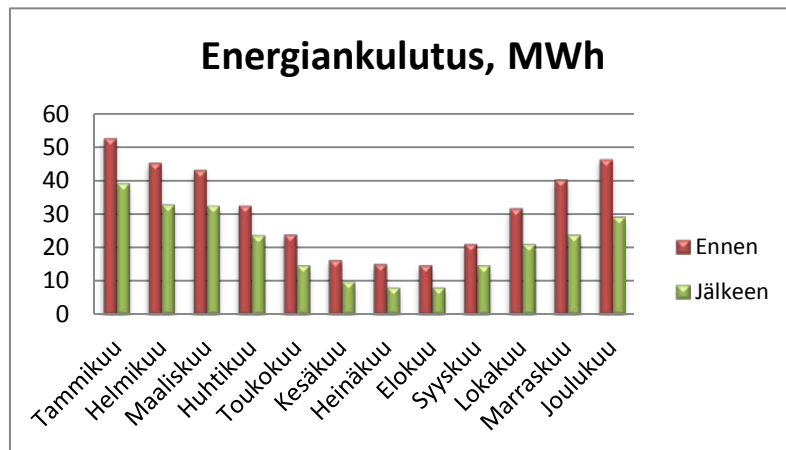
Ostetun energian kokonaiskulutuksen muutos on yli 120 MWh vuodessa. Rahallisesti se tarkoittaa noin 10 000 € Sähkönkulutuksen osuus on vajaa kolmannes kokonaisenergiankulutuksesta.



Kuva 48. Energiankulutuksen osuudet, Soukanahde 6.

Kuva 48 esittää ostetun energian kulutuksen. Sähkön osuus on kasvanut ja kaukolämmön osuus pienentynyt.

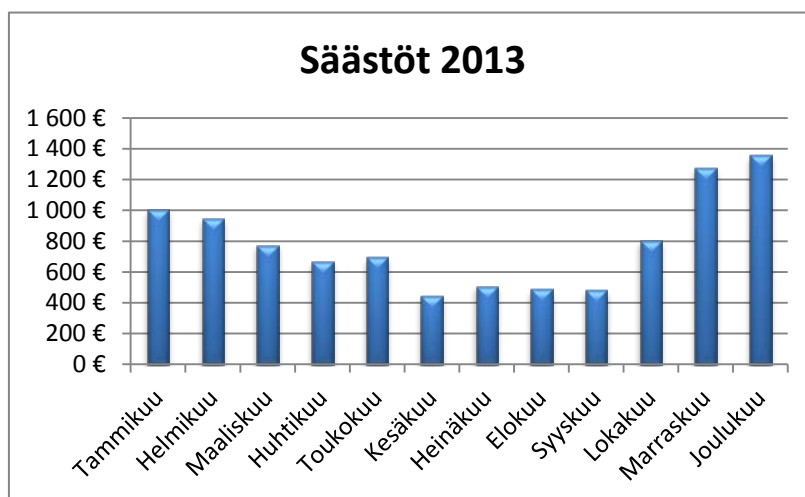
Kuvassa 49 on esitetty ostoenergian kokonaiskulutus kuukausittain.



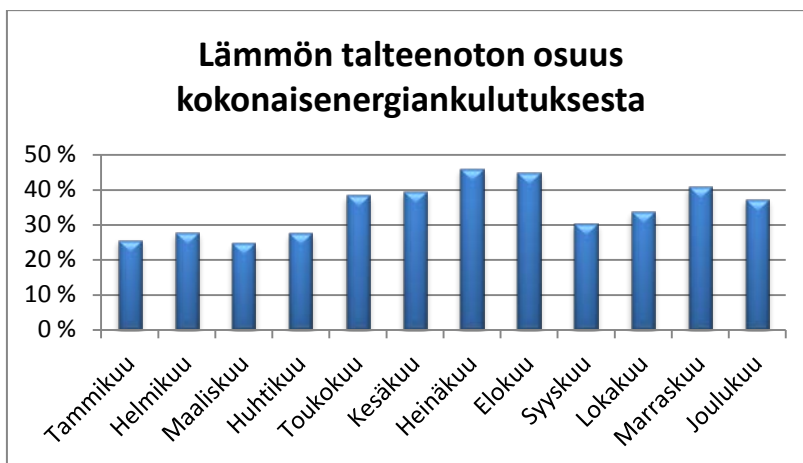
Kuva 49. *Energiankulutus kuukausittain, Soukanahde 6.*

Investoinnin kokonaishinta oli 85 000 € Soukanahde sai energia-avustusta 15 000 € Toimittaja laski investoinnin takaisinmaksuajaksi alle 8 vuotta. Olettaen että säästöt ovat jatkossa samaa suuruusluokkaa, jää takaisinmaksuajaksi näillä arvoilla 8,5 vuotta, avustus huomioimatta. Jos avustus otetaan huomioon, saadaan takaisinmaksuajaksi seitsemän vuotta.

Huoltokustannukset koostuvat suodattimen vaihdosta. Se tehdään noin kerran vuodessa, hinnaksi tälle ilmoitettiin noin 250 € Kuva 50 esitetään ostoenergiankulutuksen alenemisen tuomat säästöt.



Kuva 50. *Energiankulutuksen alenemisen tuomat säästöt vuonna 2013, Soukanahde 6.*



Kuva 51. Lämmön talteenoton osuudet kuukausittain, Soukanahde 6.

Lämmön talteenoton osuus kokonaisenergiankulutuksesta on vaihdellut tammikuun 25 % marraskuun 45 %. Talteenoton tuoton keskimääräinen osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli 36 %. Tammikuun luku voi olla seuraus alkukankeudesta. Se voi johtua siitä, että kaikkia asetuksia ei vielä oltu saatu säädettyä kohdilleen.

7.3 Pilttipiha

Lahdessa sijaitseva Asunto Oy Pilttipiha koostuu kolmesta samanlaisesta asuinkerrosta-
lost. Kohde eroaa muista referensseistä myös siinä mielessä, että lämmitysjärjestelmä
on kaukolämmöstä, maalämmöstä ja poistoilman lämmön talteenotosta koostuva hybri-
di. Siihen taloon, jossa lämmönjakohuone sijaitsee, asennettiin poistoilman lämmön tal-
teenotto vuoden 2011 alussa. Maalämpö asennettiin myöhemmin samana vuonna.

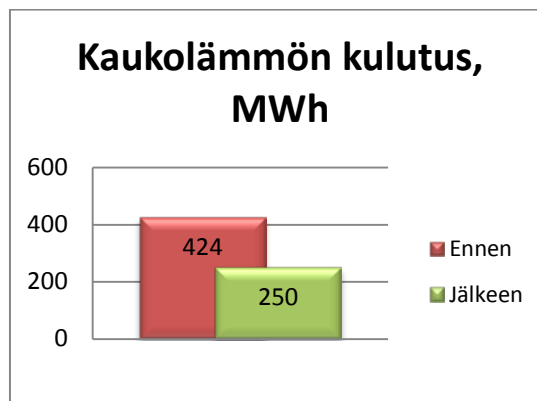
Taulukko 6. Järjestelmätietoa, Pilttipiha.

Lämpöpumppu	LTO-patteri	Ilmamäärät	Varaaja
2 x 5,35 kW	lamelli	750 l/s	1 400 l

Kohteessa on Therecon PTAET 16.1. Se käyttää suora höyrystystä. Siinä on kaksi
5,35 kW kompressoria, jotka käyvät vuorotellen. Yhtäaikaista käyntiä tulee päivittäin
muutama tunti kun ilmanvaihdon tehostus on käytössä. Talteenotettu lämpö käytetään
ensisijaisesti käyttöveden lämmitykseen. Ovaalin muotoinen 1 400 litran varaaja valit-
tiin jotta se saataisiin helpommin kuljetettua lämmönjakohuoneeseen.

Kulutustietoja ei ollut saatavilla yksittäisestä talosta, mutta koska talot ovat samanlaiset,
oletettiin kaukolämmön kulutuksen jakautuvan tasan talojen kesken. Lämmön talteen-
otosta saatavaa energiaa seurataan. Laitteiston kulutus on arvioitu olevan noin 40 MWh
vuodessa. Kulutustiedoista ei ilmennyt sähkönkulutusta ennen lämmön talteenottolait-
teiston asennusta, joten sähkön osuuksien vertailua ei tästä kohteesta saada.

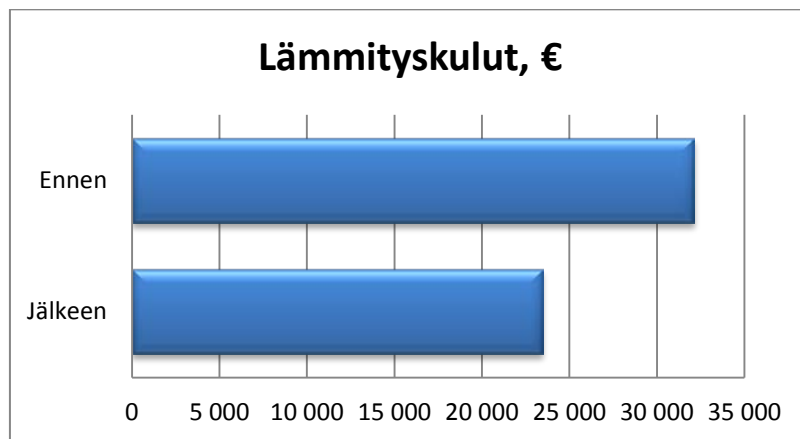
Kaukolämmön kulutus laski lämmön talteenotto-järjestelmän asennuksen seurauksena
melkein 200 MWh, kuva 52.



Kuva 52. Vuotuinen kaukolämmön kulutus, Pilttipiha.

Lämmityskuluja verratessa kaukolämmön hintana käytettiin vuotuista arvoa 75,70 €/MWh, sähkön hintana 110 €/MWh. Pilttipihan vuosittainen säästö lämmityskuluissa on näillä lukemilla, noin 8 600 €. Sen sijaan kausihinnoittelua (liite 2) käytettäessä säästö kutistuu, silloin se on noin 6 300 €/vuodessa.

Vuotuista kaukolämmön hintaa käytettäessä referenssikohteen lämmityskulut olivat yhden talon kohdalla ennen poistoilman lämmön talteenoton asentamista noin 32 000 € ja sen jälkeen noin 23 500 €



Kuva 53. Referenssikohteen vuotuiset lämmityskulut, Pilttipiha.

Huoltokustannuksia syntyy suodattimen vaihdosta. Kyse on muutamasta sadasta eurosta vuodessa.

Investoinnin kokonaishinta oli 45 000 €. Takaisinmaksuajaksi saadaan vuotuista kaukolämmön hintaa käyttäen vähän yli viisi vuotta. Kausihinnoittelulla takaisinmaksuaika olisi yli seitsemän vuotta.

Kaukolämmön sopimusteho ei saneerauksen seurauksena alentunut merkittävästi. Maa-lämmön tultua mukaan kuvioihin kulutus laski tuntuvasti. Kaukolämpöä kuitenkin kuluu vielä senkin jälkeen jonkin verran.

7.4 Vellamonkatu 16

Tampereen Tammelassa sijaitseva Asunto Oy Vellamonkatu 16 toimi pilottiprojektina, kun siihen asennettiin poistoilman lämmön talteenotto lokakuussa 2012. Järjestelmän asetukset saatiin kohdalleen vuoden 2013 alkuun mennessä.



Kuva 54. Kattonäkymä, Vellamonkatu 16.

Kiinteistössä on pohjakerroksen lisäksi seitsemän kerrosta, joissa on neljä porrasta. Kyseessä on siis lamellitalo. Vesikatolle asennettuun lämmön talteenotto-yksikköön on yhdistetty viisi poistokanavaa. Lämmön talteenotto laitteistolta putket kulkevat käyttämättömässä hissi-kuilussa. Lämmönjakohuone sijaitsee pohjakerroksessa, suoraan hissi-kuilun alapuolella.

Kiinteistö toimi pilottiprojektina, joten sinne on asennettu automaatiota enemmän kuin olisi ollut tarve. Tämä nosti investointikustannusta.

Taulukko 7. Järjestelmätietoa, Vellamonkatu 16.

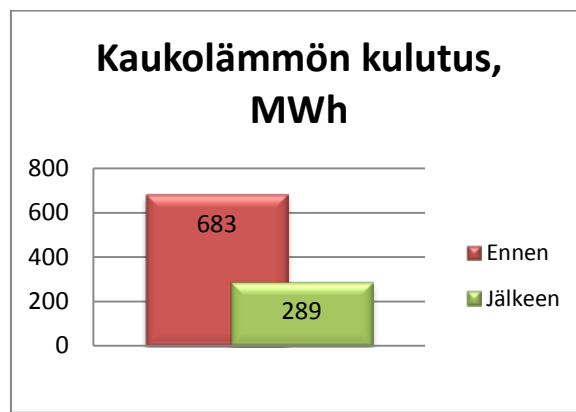
Lämpöpumppu	LTO-patteri	Ilmamäärät	Varaaja
2 x 70 kW	lamelli	3 500 l/s	1 400 l

Kyseessä on suuri kiinteistö. Poiston perusilmamäärä on 3 500 l/s. Lämmön talteenotto laitteisto on Therecon suurin suorahöyrystä käyttävä, PTAET 38.1. Siinä on kaksi

70 kW:n kompressoria, jotka käyvät vuorotellen. Automaatio ohjaa talteen otetun lämmön, sekä kiinteistön että käyttöveden esilämmitykseen.

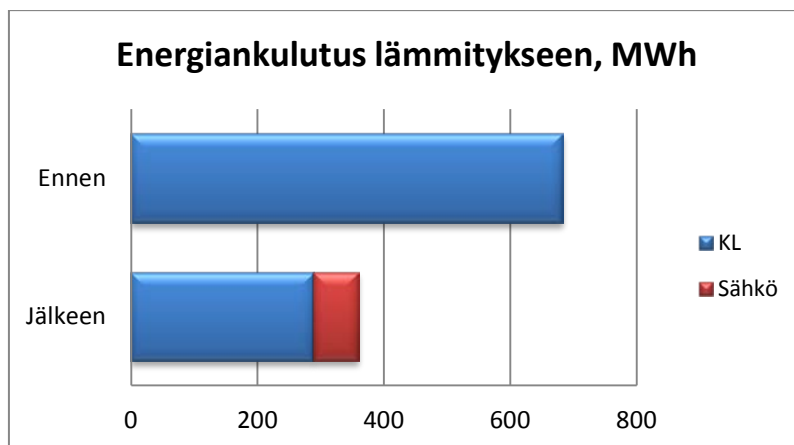
Laskelmissa on käytetty kaukolämmön MWh hintana 84,17 € ja sähkön MWh hintana 110 €

Vellamonkadun tilastoissa ennen saneerausta on käytetty kaukolämmön osalta kolmen vuoden keskiarvoa, syyskuuhun asti. Lokakuusta joulukuuhun on käytetty kahden vuoden keskiarvoa. Kulutustietoja oli saatavilla vain kaukolämmöstä. Laitteiston sähkönkulutus vuonna 2013 on arvioitu olevan noin 71 MWh.



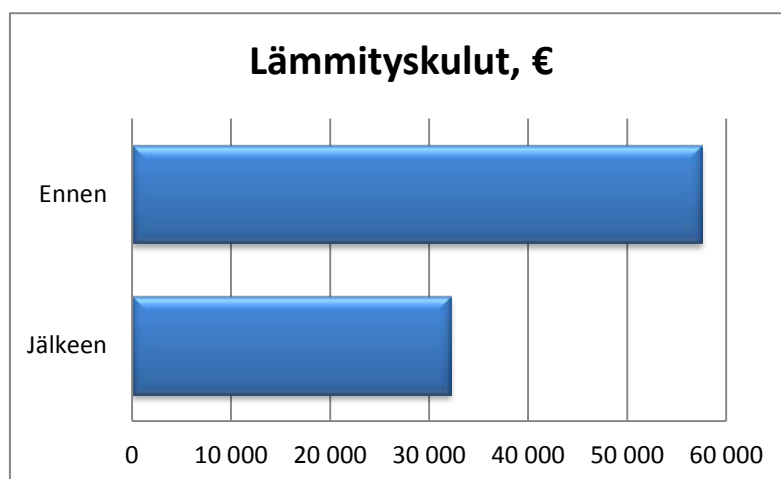
Kuva 55. Vuotuinen kaukolämmön kulutus, Vellamonkatu 16.

Laitteiston asennuksen myötä kaukolämmön kulutus on laskenut melkein 400 MWh, kuva 55. Kulutus on alle puolet aikaisemmasta. Kun huomioidaan sähkön kulutus, saadaan lämmön talteenoton tuoton osuudeksi keskimäärin 47 % kokonaisenergiasta.



Kuva 56. *Energiankulutus lämmitykseen, Vellamonkatu 16.*

Kuva 56 poikkeaa muiden kohteiden vastaavista kaavioista, sillä tähän ei ole sisällytetty mitään sähköä ennen lämmön talteenottolaitteiston käyttöönottoa. Tämä johtuu siitä, että sähkönkulutustietoja ei ollut saatavilla. Kaaviossa näkyy siis vain talteenottojärjestelmän kuluttama sähkö.



Kuva 57. *Vuotuiset lämmityskulut, Vellamonkatu 16.*

Suuren kiinteistön vuotuiset lämmityskulut olivat ennen lämmön talteenotto saneerausta yli 55 000 €. Nyt lämmityskulujen kustannuksissa saadaan säästöä yli 25 000 € vuodessa, Kuva 57. Sopimusvesivirta aleni saneerauksen seurauksena, joten säästöä syntyy vielä enemmän.

Urakan kokonaishinta oli 179 000 €. Kohde sai energia-avustusta 15 %. Jos energia-avustus huomioidaan, saadaan investoinnin takaisinmaksuajaksi kuusi vuotta. Jos sitä ei huomioida, takaisinmaksuaika on vähän yli seitsemän vuotta. Sopimusvesivirran alenemista ei ole huomioitu.

7.5 Opiskelijankatu 20

Asunto Oy Opiskelijankatu 20 Tampereella on VVO:n pilottikohde, poistoilman lämmön talteenoton suhteen. Kiinteistöön asennettiin järjestelmä lokakuussa 2010.

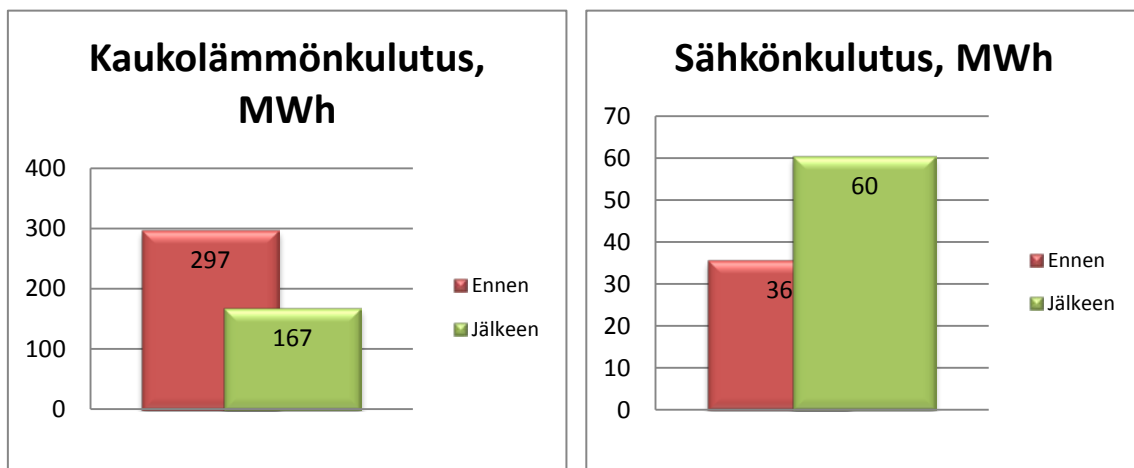
Taulukko 8. Järjestelmätietoa, Opiskelijankatu 20.

Lämpöpumppu	LTO-patteri	Ilmamäärät	Varaaja
17 kW	lamelli	500 l/s	2 x 500 l

Järjestelmään kuuluu Kojan ilmanvaihtokone, jossa on 12-rivinen lamellipatteri. Ilmanvaihdon tehostus on 1 000 l/s. Putket kulkevat vesikatolta sijaitsevasta lämmön talteenottopatterilta hissien konehuoneeseen ja porraskäytävän kautta lämmönjakohuoneelle, jossa sijaitsee NIBEn Fighter 1140, 17 kW lämpöpumppu.

Talteenotettu lämpö käytetään lämmityskaudella ensisijaisesti kiinteistön lämmitykseen. Kesällä sitä käytetään ainoastaan käyttöveden lämmitykseen.

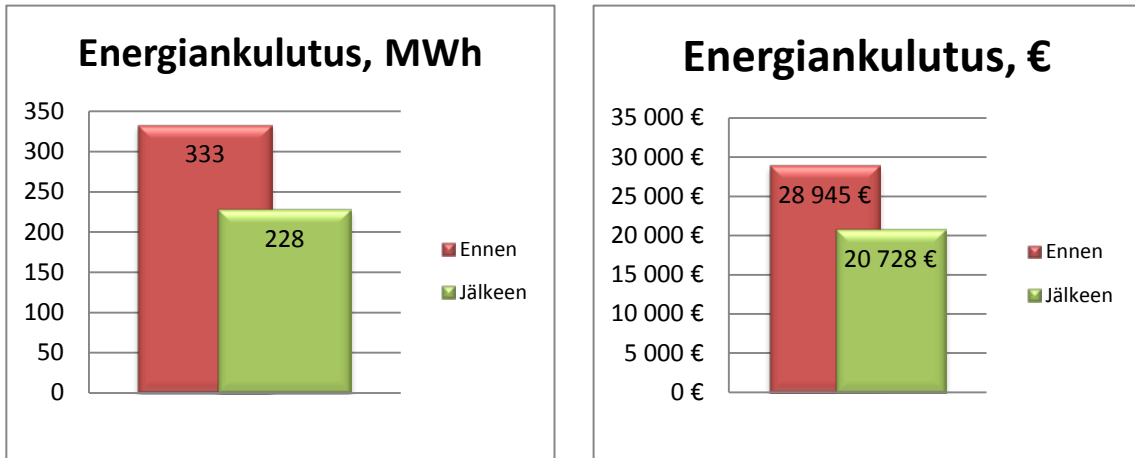
Laskelmissa on käytetty kaukolämmön MWh hintana 84,17 € ja sähkön MWh hintana 110 € Ennen-arvoina on käytetty viiden vuoden keskiarvoa. Jälkeen arvot ovat kolmen vuoden keskiarvo.



Kuva 58. Vasemmalla kaukolämmön vuosikulutus, oikealla sähkön vuosikulutus, Opiskelijankatu 20.

Kaukolämmön kulutus on laskenut melkein puoleen aikaisemmasta, samalla sähkönkulutus on noussut reippaasti.

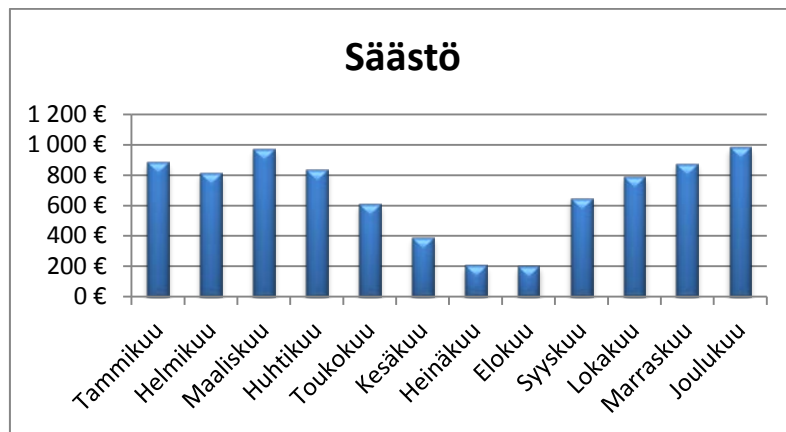
Ostetun energian kokonaiskulutus on kuitenkin selkeästi laskenut. Vuotuinen rahallinen säästö on tässä tapauksessa noin 8 200 €



Kuva 59. Vuosittainen energiankulutus, Opiskelijankatu 20.

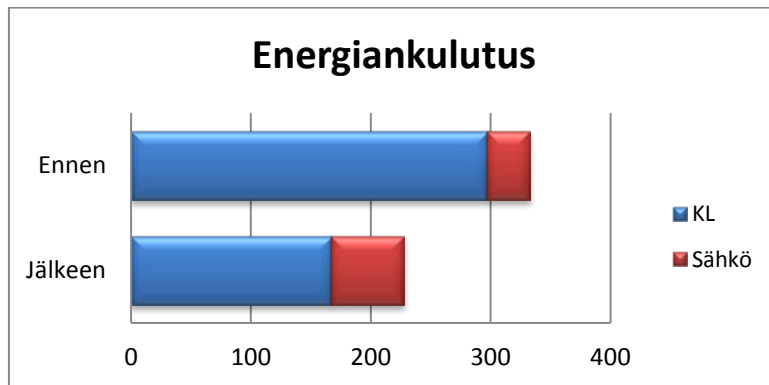
Jos tarkastellaan kokonaisen vuoden energiankulutusta ja sen muutosta, voidaan huomata että energiaa säästyy suhteellisen tasaisesti koko lämmityskauden.

Säästöä kulutuksessa saadaan silloin keskimäärin noin 850 €kuukaudessa, kuva 60. Kesällä, kun energiankulutus muutenkin on alhaista, säästöä syntyy pienimmillään pari sataa euroa kuukaudessa.

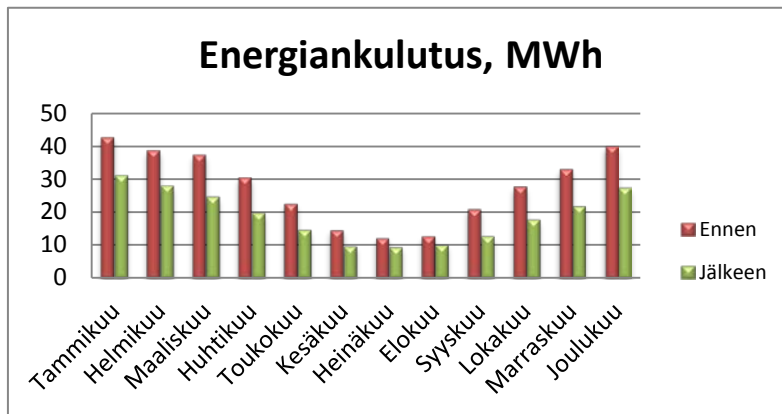


Kuva 60. Energiankulutuksen keskimääräiset kuukausisäästöt, Opiskelijankatu 20.

Vaikka sähkön kulutus on noussut, se koostuu kuitenkin vain vajaasta neljänneksestä kokonaisenergian kulutuksesta, kuva 61.

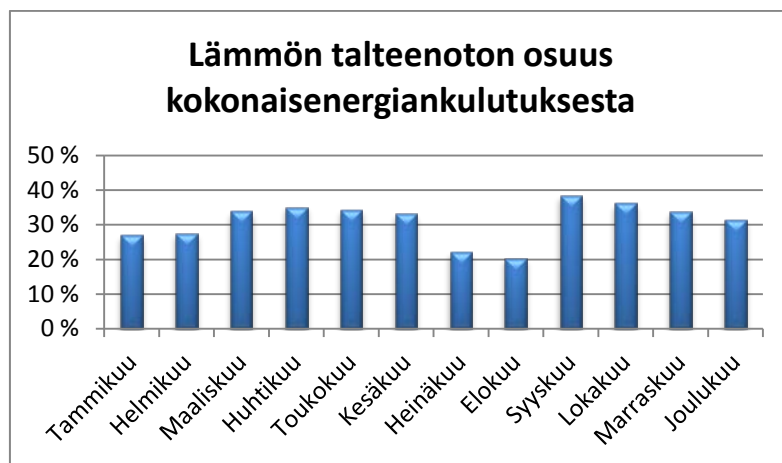


Kuva 61. Ostoenergiankulutus, Opiskelijankatu 20.



Kuva 62. Kuukausittainen ostoenergiankulutuksen muutos, Opiskelijankatu 20.

Lämmön talteenotosta saadun energian osuus kokonaisenergian kulutuksesta pyörii 30 % paikkeilla. Heinä- ja elokuussa luku on vähän yli 20 %. Tämä johtunee siitä, ettei talteenotettu lämpö riitä kattamaan käyttöveden lämmityksen tarvetta.



Kuva 63. Energiankulutuksen alenemisen vuotuiset säästöt, Opiskelijankatu 20.

Opiskelijankadun poistoilman lämmön talteenotto-järjestelmän investoinnin hinta oli 53 000 € Automaation osuus tästä oli noin 3 500 € Hanke sai korjaushankkeiden investointiavustusta 7 500 € Jos energia-avustus huomioidaan, saadaan investoinnin takaisinmaksuajaksi 5,5 vuotta. Jos sitä ei huomioida, takaisinmaksuaika on 6,5 vuotta. Sopimusvesivirran alenemista ei ole huomioitu.

Järjestelmässä on tavattu jonkin verran ongelmia. Viime aikoina siellä on ollut sähkötekniisiä ongelmia. Kompressoreiden suuri käynnistysvirta on polttanut sulakkeita. Vanhemmat ns. hitaat sulakkeet eivät palaneet yhtä helposti kuin uudet. Asia korjattiin muuttamalla pumpulle automaattinen moottorinsuojaus.

8 KANNATTAVUUS

Jotta investoinnista saataisiin suurin mahdollinen hyöty, vaaditaan että järjestelmän asetukset saadaan kohdilleen ja että sitä osataan ylläpitää. Järjestelmät ovat usein etävalvonnassa. Sitä kautta saadaan raportteja, joista voidaan seurata laitteiston tuottoa. Näitä tutkimalla voidaan nopeasti huomata, jos jokin on pielessä ja tarpeen mukaan asetuksia voidaan muokata.

Perussäädetty ja tasapainotettu lämpöjohtoverkosto on myös osa toimivaa järjestelmää. Jos lämpötilat kiinteistössä ovat liian korkeat, voidaan tuulettamalla haaskata energiaa. Poistoilmavirrat tulee olla ajan tasalla ja vesivirtaamat on hyvä tarkistuttaa.

Samalla kun lämmön talteenottoa asennetaan kiinteistöön, on kannattavaa yhdistää siihen muitakin saneerauksia jos sellaisia on lähitulevaisuudessa näköpiirissä. Yleiskaapelointiverkon tai antenniverkon uusiminen voi olla sellaisia. Putkisaneeraus ja poistoilman lämmön talteenoton samanaikainen saneeraus on järkevä suorittaa samalla.

Poistoilmaventtiilien vaihtoa tulee myös harkita jos ne ovat elinkaarensa loppupäässä. Ei tule unohtaa hormien nuohoamista ja ilmamäärien säätämistä kohdilleen saneerauksen lopussa.

8.1 Kustannukset

Järjestelmän hankinnan ja asennuksen kustannusten lisäksi on hyvä varautua oheiskuluihin.

8.1.1 Investointi

Investointikustannukset ovat kohteesta ja valitusta järjestelmästä riippuvaisia. On kuitenkin kustannuksia jotka kuuluvat joka hankkeeseen.

Pistetalossa ei kanavavetoja yleensä tarvitse tehdä. Lamellitalossa taas usein yhdistetään poistoilmakanavat jotta saadaan kaikki poistoilma kerättyä yhteen. Täten lämpö voidaan kerätä talteen keskitetysti.

Putkitöiden määrä on kiinteistöstä riippuvainen. Siihen vaikuttaa miten putket päästään vetämään katolta lämmönjakohuoneelle. Tämä voi tapahtua kohteesta riippuen eri reittiä pitkin. Jos kiinteistöstä löytyy vanha roskakuilu, ne voivat helposti kulkea siellä. Eräs toinen vaihtoehto on koteloida putket jotka viedään porraskäytävässä. Myös ulkoseinää pitkin voidaan asentaa putket. Eristämällä putket hyvin voidaan huolehtia siitä, että lämpöhäviöt eivät kasva kovin suuriksi. Yleensä ne ovat merkityksettömän pieniä. Läpivientien määrä ja palo-osastointi vaikuttavat lopulliseen kustannukseen.

Nykyisin on olemassa siistejä koteloita jota voidaan käyttää. Kuva 64 ja kuva 65 ovat esimerkkejä toteutuksista.



Kuva 64. *Avattu kotelo porraskäytävässä, putket ei paikalla.[40]*



Kuva 65. *Kotelo porraskäytävässä. [35]*

Jos automaatioon ei haluta mitään erikoisuuksia ja sulakkeet ovat tarpeeksi suuret, on automaation ja sähkötöiden osuus investoinnista yleensä noin 3000–4000 € Tämä on referenssikohteita ajatellen suhteellisen yleinen summa, kiinteistön koko ei tässä näyttele suurta osaa.

Rakennesuunnittelun määrä on vaikeampi määritellä. Se riippuu paljolti kohteesta.

Jos lämmönjakohuoneeseen tarvitsee tehdä muutoksia, tulee ne huomioida kustannuksia arvioidessa.

Taulukko 9. Referenssikohteiden investoinnin jakautuminen eri yksiköihin.

Kohde	Investointi €	Ilmamäärä €/ m ³	Rak.til €/ m ³	Hsto. €/ m ²	€/ huoneisto
Armas Launiksen katu 7	60 000	46 154	9,26	30,77	1 395
Soukanahde 6	85 000	85 000	9,64	32,12	2 429
Pilttipiha	45 000	60 000	5,25	21,43	1 324
Vellamonkatu 16	179 000	51 143	7,78	31,17	2 131
Opiskelijankatu 20	53 000	106 000	7,79	31,44	1 767
Keskiarvo		69 659	7,94	29,39	1809
Mediaani		64 830	7,87	30,97	1788

Taulukossa 9 esitellään referenssikohteiden investointien jakautuminen eri yksiköihin. Siinä on esitelty keskiarvo ja mediaani. Mediaani kuvaa tyypillisintä arvoa.

Ilmamäärään sidottua hintaa ei voida ajatella lineaarisena. Se ei nouse jokaisen kuution myötä yhtä paljon. Referenssikohteiden ilmamäärät vaihtelevat Opiskelijankadun 500 l/s, Vellamonkadun 3 500 l/s. Taulukon 9 ilmamäärä on kiinteistön perusilmavirta.

Myös huoneistokohtainen euromäärä on suuntaa-antava, koska asunnon koko ei ole standardi.

Huoneistoneliötä kohden voidaan sen sijaan katsoa, että hinta on noin 30 €

8.1.2 Käyttökustannukset

Kaukolämmön hintatrendi on ylöspäin. Kaukolämmön kulutusta pienentämällä käyttökustannukset voivat laskea. Jos myös sopimustehoa voidaan pienentää saneerauksen seurauksena, saadaan vielä enemmän säästöä. Tämä riippuu paljolti kaukolämpötoimitajan sopimusehdoista. Esimerkiksi Vantaan Energialla sopimustehot ovat alle 100 kW ja 250 kWh sekä yli 700 kWh. [16] Helsingin Energia käyttää sopimusvesivirtaa, jonka harppaukset eivät ole yhtä suuret. Sopimusvesivirtaan 60 m³/h asti ero seuraavaan on korkeintaan 2 m³/h. [17] Fortum, sen sijaan, käyttää sopimusvesivirran perusteena kolmen tunnin keskiarvoa. Se määräytyy viimeisen kolmen vuoden suurimman kulutuksen

mukaan. [18] Poistoilmalämpöpumpun asennuksesta kannattaa ilmoittaa Forumille, jotta he voivat tarkistaa sopimusvesivirran.

Samalla kun kaukolämmön kulutus laskee, sähkön kulutus nousee. Mitä pienempi erotus kaukolämmön ja sähkön hinnassa on, sitä kannattavampaa poistoilman lämmön talteenotto on.

Järjestelmälle kertyy huoltokustannuksia pumppujen huollosta, harja- ja neulalämmönsiirtimien tapauksessa siirtimen pesusta ja muissa tapauksissa suodattimen vaihdosta.

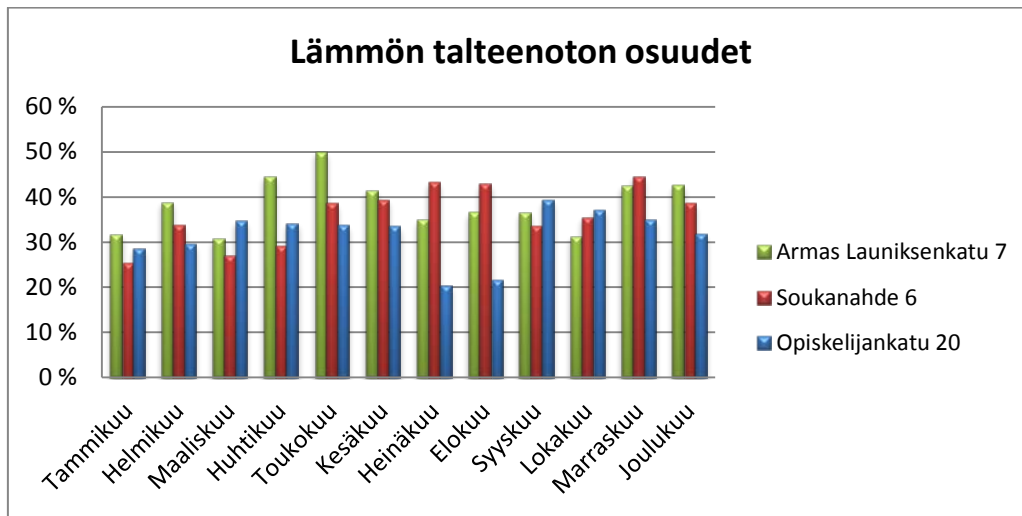
8.2 Saavutettu hyöty

Aina ei välttämättä ole taloudellisesti järkevää asentaa poistoilman lämmön talteenottoa, koska se kuluttaa paljon sähköä. Jos kaukolämmön hinta on sähkön hintaan verrattuna suhteellisen halpa, eivät kiinteistön energiankulutuksen kustannukset välttämättä piene oleellisesti. Sähkön tuotannolla on myös usein suurempi ilmastovaikutus kuin lämmön tuotannolla.

8.2.1 Toteutunut säästö

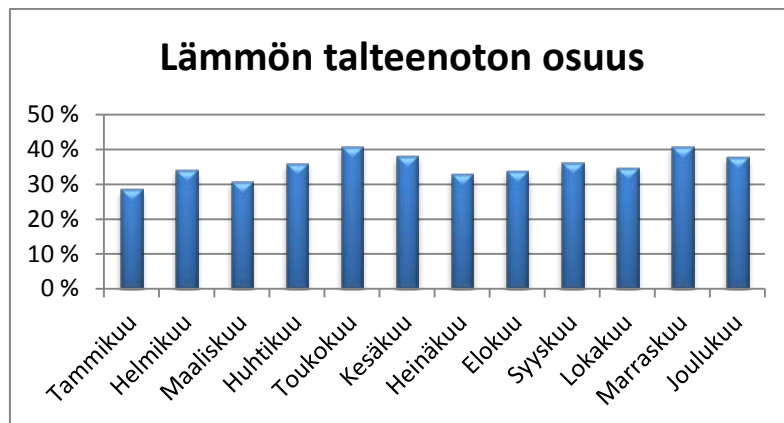
Alla on esitetty kuvia lämmön talteenoton osuuksista kokonaisenergian kulutuksesta. Näissä on huomioitu vain Armas Launiksen katu 7, Soukanahde 6 ja Opiskelijankatu 20. Muista ei ollut saatavilla kuukausittaista sähkönkulutustietoa.

Kuva 66 esittää kuukausittaiset lämmön talteenoton osuudet kokonaisenergiankulutuksesta.



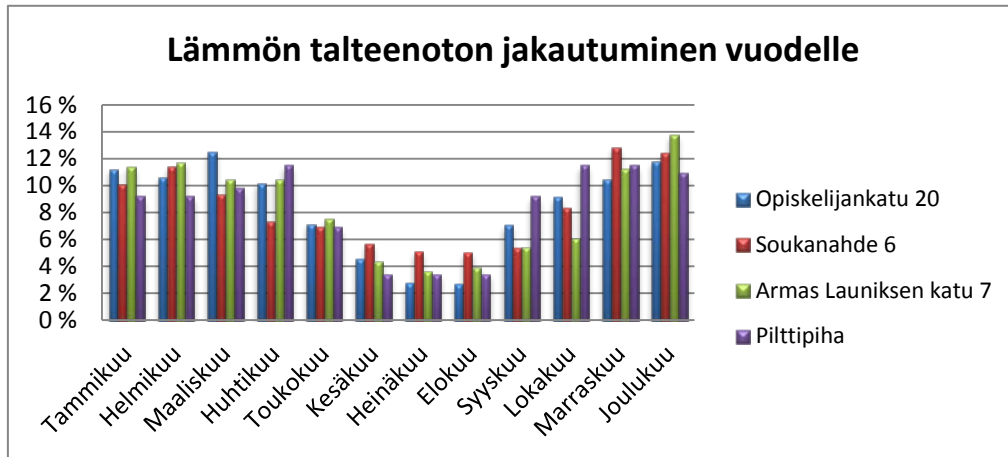
Kuva 66. Lämmön talteenoton osuus kokonaisenergiankulutuksesta.

Keskimäärin lämmön talteenoton osuus on 35 % kuukausittain käytetystä kokonaisenergiasta. Kuva 67 esittää keskimääräiset talteenoton osuudet kuukausittain.



Kuva 67. Keskimääräinen lämmön talteenoton osuus.

Kuva 68 esittää, kuinka suuret osuudet koko lämmön talteenotosta on saatu tiettyinä kuukautena. Tästä huomataan että suurimman hyödyn saa lämmityskaudella. Kaavio kuvaa samalla suhteellisen hyvin kiinteistön lämmöntarpeen jakautumista.



Kuva 68. Lämmön talteenoton kuukausittaiset osuudet koko vuoden lämmön talteenotosta.

Säästöä energian kustannuksissa saatiin keskimäärin 36 %. Vuotuisen säästön mediaani on noin 9 400 € Suurin säästö saatiin Vellamonkadulla, joka on kiinteistöistä suurin. Säästöä kertyi noin 25 000 € vuodessa. Kaikissa referenssikohteissa kaukolämmön kulutus on laskenut. Keskimäärin se on puolittunut. Sähkön kulutus on referenssikohteissa noussut. Kulutuksen nousun määrässä ei kuitenkaan ole selkeää trendiä. Melkein kaikissa kohteissa se on yli kaksinkertaistunut. Tämä voi johtua myös muusta kun vain lämpöpumpusta ja järjestelmän muista osista. On mahdollista että muita, sähkön kulutusta nostavia saneerauksia on toteutettu samalla.

8.2.2 Hiilijalanjälki

CO₂-tasetta laskettaessa tulee huomioida, että Motivan menetelmä perustuu useaan oletukseen, ja että laskennassa on tehty yksinkertaistuksia, joten saatu tulos on suuntaa-antava. Laskiessaan CO₂-tasetta asuinkerrostalolle tulee käyttää Motivan kehittämää yksittäisen kohteen laskentaohjetta.

Kaukolämmön yhteistuotannon päästökerroin kolmen viimeisen vuoden keskiarvona on 217 kgCO₂/MWh. Sähkön keskimääräinen päästökerroin viiden vuoden liukuvana keskiarvona on 210 kgCO₂/MWh. [47]

Taulukossa 10 on esitetty laskennallinen energiankulutuksen hiilijalanjälki kohteille, jotka on aiemmin esitelty tässä työssä. Ennen-arvoina lämmön kulutuksessa on käytetty viiden vuoden keskiarvoa normeeratusta kulutuksesta, myös sähkön kulutus on viiden vuoden keskiarvo. Jälkeen-arvoissa on vastaavat kokonaisten vuosien keskiarvo siltä ajalta kun järjestelmä on ollut käytössä. Luvut ovat suuntaa-antavia.

Kaikissa kohteissa kulutus on vähentynyt yli 20 000 kgCO₂.

Taulukko 10. Referenssikohteiden energiankulutuksen hiilidioksidipäästöt.

Kohde	kgCO₂		
	Ennen	Jälkeen	Muutos
Armas Launiksen katu 7	73 700	45 800	-27 900
Soukanahde 6	83 000	55 300	-27 700
Pilttipiha	86 800	58 300	-28 500
Vellamonkatu 16	148 200	77 600	-70 600
Opiskelijankatu 20	72 700	48 800	-23 900

Jotta saataisiin kokonaisvaltaisempi kuva hiilijalanjäljestä, tulisi myös järjestelmän materiaaliin ja asennukseen liittyvät kuormat huomioida. Tässä ei siis ole huomioitu järjestelmän elinkaarta, kyseessä on ainoastaan vertailu järjestelmän vuodessa käyttämästä energiamäärästä.

Tänä päivänä vihreät arvot ovat yhä useammille hyvin tärkeitä. Tämän takia taloudellisuus ei ole ainoa kriteeri tai syy lämmön talteenoton hankintaan.

8.3 Teoreettinen säästö verrattuna toteutuneeseen

Laitetoimittajilta saadut takaisinmaksuajat ovat suhteellisen lähellä arvoja, jotka on saatu tutkimalla kulutuksen muutoksesta syntyvää säästöä.

Taulukossa 11 vuosisäästö on summa, joka on säästetty lämmityskuluissa sen jälkeen, kun huoltokustannukset on vähennetty siitä. Armas Launiksen kadun säästö voidaan arvioida olevan noin 500 € enemmän kuin vuonna 2013. Täten se olisi noin 9 300 € vuodessa. Säästö nousee suurin piirtein sen verran, jos suodatin vaihdetaan vain kerran vuodessa kahden sijaan.

Taulukko 11. Referenssikohteiden investoinnin takaisinmaksuaika.

Kohde	Investointi	Vuosisäästö	Takaisinmaksuaika	
			korko 0 %	korko 6 %
Armas Launiksen katu 7	60 000 €	9 300 €	7,1	7,5
Soukanahde 6	85 000 €	10 000 €	8,4	9,0
Pilttipiha	45 000 €	8 300 €	5,2	5,5
Vellamonkatu 16	179 000 €	25 000 €	7,1	7,5
Opiskelijankatu 20	53 000 €	8 000 €	6,6	7,0

Laskelmissa ei ole huomioitu energianhinnan muutosta. Sen ennustaminen on hankalaa ja epävarmaa. Luultavasti energianhinnat nousevat, mutta sähkön ja kaukolämmön hintojen suhdetta on vaikea spekuloida. Myöskään kausihinnoittelua, joka tekee kaukolämmön kulutuksesta kesällä halvempaa, ei ole huomioitu. Tulisi punnita, onko mieluisaa käyttää poistoilmasta talteen otettua lämpöä käyttöveden lämmittämiseen. Toisaalta lämpöä ei kesäisin tarvitse muuhun. Vaihtoehtoisesti voisi pitää järjestelmää käyttämättömänä.

Taulukossa 12 on esimerkin kautta esitelty säästöpotentiaalia sekä takaisinmaksuaikaa. Investoinnin hinnaksi on määritelty 60 000 €, kiinteistön lämmöntarpeeksi 350 MWh vuodessa. Esimerkiksi sähkön hinnalla 100 € ja kaukolämmön hinnalla 85 € saadaan kohteelle, jonka järjestelmän COP on 4 ja lämmön talteenoton osuus on 40 %, takaisinmaksuajaksi 7,5 vuotta.

Taulukko 12. Teoreettinen säästöpotentiaali ja takaisinmaksuaika.

COP	LTO:n osuus	Lämmitystarve MWh	Sähkö €/MWh	KL €/MWh	Säästö	Takaisinmaksu aika
2,8	35 %	350	110	85	5 600 €	10,7
3,0	35 %	350	110	85	5 921 €	10,1
3,5	35 %	350	110	85	6 563 €	9,1
4,0	35 %	350	110	85	7 044 €	8,5
4,2	35 %	350	110	85	7 204 €	8,3
2,8	40 %	350	110	85	6 400 €	9,4
3,0	40 %	350	110	85	6 767 €	8,9
3,5	40 %	350	110	85	7 500 €	8,0
4,0	40 %	350	110	85	8 050 €	7,5
4,2	40 %	350	110	85	8 233 €	7,3
2,8	45 %	350	110	85	7 200 €	8,3
3,0	45 %	350	110	85	7 613 €	7,9
3,5	45 %	350	110	85	8 438 €	7,1
4,0	45 %	350	110	85	9 056 €	6,6
4,2	45 %	350	110	85	9 263 €	6,5
2,8	45 %	350	120	85	6 638 €	9,0
3,0	45 %	350	120	85	7 088 €	8,5
3,5	45 %	350	120	85	7 988 €	7,5
4,0	45 %	350	120	85	8 663 €	6,9
4,2	45 %	350	120	85	8 888 €	6,8

Mitä suurempi lämmönkulutus on, sitä suuremmat säästöt saadaan.

On ennustettu että talvet tulevaisuudessa muuttuvat yhä leudommiksi. Tämä tarkoittaa matalampia lämpötiloja kiinteistön lämmitysverkostossa, mikä puolestaan johtaa lämpöpumpun parempaan hyötysuhteeseen. Täten voitaisiin kattaa yhä suurempi osa lämmityksestä talteen otetulla energialla.

9 HAASTEET

Aina ei ole itsestään selvää, että poistoilma on +22 °C. Esimerkiksi ilman lämpötila voi talvella olla +17 °C, jos poistoilma kulkee kylmän ullakkotilan kautta. Järjestelmän asetuksen kannalta on tärkeää että poistoilman lämpötilaa seurataan.

Kompressorin käynnistysvirran suhteen tulee olla tarkkana. Sulakkeiden koko tulee olla riittävän suuri, jotta kompressori ei käynnistyssään polta niitä. On perusteltua käyttää mieluummin kahta pientä kompressoria kuin yhtä isoa.

Varaajaa käytetään jotta kompressorin käyntiajat olisivat pidemmät. Yhden suuren varaajan sijaan, voi joskus olla hyvä käyttää useampaa pientä. Ne mahtuvat paremmin sisään ahtaista ovista.

Laitteistoa ei tule ylimitoittaa, vaan mieluummin mitoittaa osateholle. Silloin saadaan parempi hyötysuhde lämpöpumpulle. Liian suuria varmuuskertoimia tulee varoa. Ne voivat johtaa liian isoihin puhaltimiin ja sitä kautta liian suureen kompressoriin. Tämän seurauksena talteenottopatteri voi jäättyä. Laitteen hankinnassa kannattaa aina konsultoida ilmanvaihdon asiantuntijaa.

9.1 Optimointi

Säädöllä on suuri merkitys hyötysuhteen nostamisessa.

Jotta järjestelmästä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty, on syytä tarkastella olemassa olevia osuuksia. On hyvä ajatella koko kiinteistöä, sen kuntoa ja lähitulevaisuudessa vastaan tulevaa saneeraustarvetta. Jos yhtiöön on tulossa esimerkiksi putkiremontti, on taloudellisesti perusteltua suorittaa se samalla.

Lämpöjohtoverkoston perussäätö oli vaatimus Ara-rahoituksen saamiseksi. ELY-keskus ei sitä vaadi tuen saamiseksi, mutta perussäädöllä on varteenotettava merkitys energian säästössä. Vanhoissa kiinteistöissä lämpötilaerot huoneistojen välillä voivat olla suuret. Säätämällä virtauksia saavutetaan kaikissa huoneistoissa suunnilleen sama lämpötila, mikä parantaa asumismukavuutta ja säästää samalla energiaa. Ilmamäärien säätö ja mitaus on tärkeitä. Myös käyttöveden virtaamat on hyvä säätää kohdilleen. Jos kiinteis-

töön on tulossa muita korjauksia lähiaikoina, on hyvä punnita tulisiko ne suorittaa samalla.

Järjestelmän optimoinnissa löytyy eri koulukuntia, joista jotkut tavoittelevat parasta mahdollista hyötysuhdetta, kun toiset ovat sitä mieltä, että on parempi, mitä vähemmän lämpöä poistuu kiinteistöstä. Tähän vaikuttaa poistuvan ilman lämpötila. Joissain mitoituksissa käytetään jäteilman lämpötilana +7 °C, kun toiset käyttävät jopa +2 °C. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa häviää hieman hyötysuhteessa, mutta kokonaisuudessa saadaan enemmän lämpöä talteen.

Kun uusi järjestelmä otetaan käyttöön, tulee varautua siihen että kaikki säädöt eivät heti ole kohdallaan, vaan ne pitää optimoida kyseisen kiinteistön ja laitteiston tarpeita vastaavaksi.

Järjestelmän huolto ja ylläpito ovat erittäin tärkeitä, koska järjestelmän halutaan tuottavan kiinteistölle hyötyä pitkäksi aikaa. Kun lämmön talteenoton tuottoa seurataan, voidaan heti reagoida, jos tuotto heikentyy.

10 KRIITTINEN TARKASTELU

Kriteerit täyttäviä referenssikohteita, joista oli mahdollista saada kulutustietoja, löytyi vain viisi kappaletta. Otanta ei täten ole kovin suuri. Kerättyjä tietoja voitaneen kuitenkin käyttää viitoittamassa tietä.

Tulokset ovat vahvistaneet käsitystä, joka kentällä vallitsee. On taloudellisesti kannattavaa asentaa poistoilman lämmön talteenotto asuinkiinteistöön, jossa perusilmamäärä ylittää 1m^3 . Toisaalta, kuten Opiskelijankadun esimerkki näyttää, myös ilmamäärällä joka on puolet tästä, voidaan päästä järkeviin takaisinmaksuaikoihin. Kaukolämmön hinta vaikuttaa suuresti investointien kannattavuuteen. Myös sen suhde sähkön hintaan on kriittinen.

Suurimmassa osassa referenssikohteita lämmön talteenotto on ollut käytössä vasta hie-
man yli vuoden. Tämän työn tuloksissa ei siis ole voitu tarkastella pitkän ajan keskiarvoja.

Koska kaikissa kohteissa on luultavasti tehty lämmitysjärjestelmän perussäätö, on osa säästöstä todennäköisesti seurausta myös siitä.

Työssäni olisin lisäksi voinut pohtia ilmanvaihdon tarpeenmukaistamista, sekä sen seurauksia poistoilman lämmön talteenotolle.

11 YHTEENVETO

Poistoilman lämmön talteenotto asuinkerrostalojen saneerauksissa on tiukentuneiden määräysten myötä muuttunut yhä ajankohtaisemmaksi aiheeksi. Suomessa ollaan tällä saralla vielä lapsen kengissä, kun taas Ruotsissa kokemusta löytyy pidemmältä aikaväliltä. Suomessa ei ole vakiintuneita kytkentöjä kaukolämmön ja lämpöpumpun yhdistelmälle, esimerkkejä voidaan hakea Ruotsissa käytetyistä kytkennöistä.

Markkinat vaikuttavat olevan aika kirjavat, joten on hyvä valita toimija, jolla on esittää referenssejä kohteista, jotka on toteutettu, ja jossa järjestelmä on saatu toimimaan toivotusti.

Perusteellisen hankesuunnitelman laatiminen ja suunnittelijan käyttö on suotavaa. Lopullisesta kustannuksesta se ei kuitenkaan ole niin suuri osa. On myös syytä pitää huoli, että työn toteuttamiseen valitaan alan ammattilaisia, jotta ikäviltä yllätyksiltä vältytään.

Tulee kalliimmaksi tehdä toimimaton järjestelmä, jonka huolto- ja ylläpitokustannukset nousevat taivaisiin, kuin käyttää alussa enemmän aikaa ja rahaa suunnitteluun jolloin hanke todennäköisemmin onnistuu paremmin. Toimimaton tai väärin toimiva järjestelmä voi aiheuttaa suuremmat kulut taloyhtiölle, kun sillä oli ennen poistoilman lämmön talteenoton asentamista.

Koska sähkön kulutus nousee lämmön talteenottolaitteiston käyttöönoton yhteydessä, on takaisinmaksuaika hyvin paljon riippuvainen energian hinnasta. Kaukolämmön hinnan ollessa matala voi takaisinmaksuaika olla hyvinkin pitkä.

Kytkeä lämpöpumpun ja kaukolämmön yhdistelmässä riippuu paljon tekijästä. Koska uutta vakiintunutta kytkentää ei vielä ole, se on suunnittelijan näkemyksestä ja kaukolämpöyhtiön tarkastajasta kiinni, millainen siitä tulee. Pääkaupunkiseudulla käytettävä, K1:n esimerkkikytkentä 7, on vain lähtökohta, jota muokkaamalla voidaan saada kohteeseen sopiva kytkentä.

Asennettaessa poistoilman lämmön talteenottoa on hyvä huomioida tuleva saneeraustarve. Tällöin voidaan yhdistää saneeraukset ja siten säästää rahaa.

Monessa kohteessa johon on asennettu poistoilma lämmön talteenotto, on ollut jaksoja, jolloin järjestelmä ei ole toiminut optimaalisella tavalla. Erityisesti heti käyttöönoton

jälkeen on tavattu ongelmia. On ollut toimintahäiriöitä ja säädöt eivät ole olleet kohdallaan. Nämä saadaan toki ratkaistua asiantuntijan avulla.

Tämän työn kaikilla referenssikohteilla on vähintään yksi varaaja. Energian kulutus on alentunut keskimäärin 36 %. Suurimmassa kohteessa alenema on jopa 47 %. Kohteiden laskennallinen takaisinmaksuaika on keskimäärin seitsemän vuotta.

Ilmaston lämpeneminen ei välttämättä ole ainoastaan huono asia, jos ajattelee kiinteistön lämmitystä. Tulevaisuudessa voidaan saada yhä enemmän energiaa talteen, kun ulkolämpötilat eivät laske kovin alhaisiksi ja leuto sää yleistyvät.

Poistoilman lämmön talteenotto on varteenotettava vaihtoehto kun mietitään miten kiinteistön energiataloutta voitaisiin parantaa. Parhaimmat taloudelliset edellytykset saneerauselle on kaukolämmön ja sähkön hintaeron ollessa pieni. Kun lähitulevaisuudessa on esimerkiksi putkisaneeraus tulossa, kannattaa poistoilman lämmön talteenoton asennusta samalla harkita vakavasti. Jos kiinteistö on varustettu koneellisella poistolla ja perusilmamäärät ylittävät $1\text{m}^3/\text{s}$, on hyvät edellytykset saavuttaa edullinen takaisinmaksuaika ja näin ollen säästää rahaa, sekä ympäristöä.

LÄHTEET

- [1] ARA, haettu 8.4.2014, <http://www.ara.fi>
- [2] Asumisen energiankulutus 2012, Tilastokeskus, haettu 27.3.2014, http://www.tilastokeskus.fi/til/asen/2012/asen_2012_2013-11-13_fi.pdf
- [3] Berglunds, lamellvärmeväxlare, haettu 17.3.2014, <http://www.berglunds.se/sidor/lamell.html>
- [4] D1 – Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, Suomen rakentamismääräyskoelma 2010
- [5] D2 - Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Suomen rakentamismääräyskoelma 2012
- [6] D5 - Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Suomen rakentamismääräyskoelma 2012
- [7] Ebm-papst, Tietoisku: Mitä erikoista on EC puhaltimissa?, haettu 2.2.2014, http://www.ebmpapst.fi/fi/dat/media_manager/news/8/news-files/Tietoisku_Mita_erikoista_EC-puhaltimissa.pdf
- [8] Energiatuki, TEM, haettu 15.4.2014, <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3091>
- [9] Energiavuosi 2012 – Kaukolämpö, Energiateollisuus, haettu 6.4.2014, <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2012-kaukolampo>
- [10] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, Euroopan unionin virallinen lehti 19.5.2010
- [11] Eurooppa 2020, haettu 3.2.2014, http://ec.europa.eu/europe2020/index_fi.htm
- [12] Fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump i kombination, Svensk Fjärrvärme 2012, haettu 20.10.2013, http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/FJ%c3%84RRSYN/Rapporter%20och%20resultatblad/Rapporter%20teknik/2012/2012_11%20Fr%c3%a5luftv%c3%a4rmepump%20och%20fj%c3%a4rrv%c3%a4rmecentral%20i%20kombination/Fj%c3%a4rrv%c3%a4rmecentral%20och%20fr%c3%a5luftsv%c3%a4rmepump.pdf
- [13] Hydrocell, haettu 20.10.2013, <http://www.hydrocell.fi/lammonsiirtimet/harjalaemmoensiirintekniikka/>
- [14] INNOVA, Kerrostalosta passiivitaloksi, haettu 27.3.2014, <http://www.ara.fi/download/noname/%7B5D413470-AF9B-40A8-A287-301786D93D99%7D/22651>

- [15] International Filter Classifications, haettu 14.5.2014,
<http://www.refacom.com/Catalogs/401301-e-0497.pdf>
<http://www.refacom.com/Catalogs/401301-e-0497.pdf>
- [16] Kaukolämpöhinnasto, Vantaan Energia, haettu 6.4.2014,
<http://www.vantaanenergia.fi/>
- [17] Kaukolämmön energia- ja vesivirtamaksut, Helsingin Energia, haettu 6.4.2014,
<https://www.helen.fi/>
- [18] Kaukolämmön hinnat taloyhtiöille ja yrityksille, Fortum, haettu 14.5.2014,
<http://www.fortum.com/countries/fi/yritysasiakkaat/kaukolampo/tuotteet-ja-palvelut/hinnat/pages/default.aspx>
- [19] Kaukolämmön hinta, Energiateollisuus ry, haettu 15.4.2014,
http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010114_korjattu150414.pdf
- [20] Kiinteistöalan kustannus, J. Virta, P. Pylsy: Taloyhtiön energiakirja, 2011, haettu 1.4.2014, http://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja
- [21] Kylmälämmön pätevyysvaatimukset, Tukes, haettu 19.3.2014,
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kylmalaiteliikkeit/Kylmalaiteliikkeit/patevys/>
- [22] K1 – Rakennusten kaukolämmitys; määräykset ja ohjeet, Energiateollisuus, 2014, haettu 6.4.2014,
http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140331.pdf
- [23] LVI 38-10454, Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, 2010, Rakennustieto.
- [24] Lämmitystarveluku, Ilmatieteen laitos, haettu 6.4.2014,
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>
- [25] Lämpöpumppujen määrä ylitti jo puoli miljoonaa, Sulpu, haettu 6.4.2014,
http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset_publisher/WD1ExS3CMra3/content/lampopumppujen-maara-ylitti-jo-puoli-miljoonaa
- [26] Lämpöä ilmassa – Ilmalämpöpumput, Motiva, haettu 6.4.2014,
http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf
- [27] NIBE F1345 esite
- [28] NIBE F1345 opas
- [29] NIBE, hinnasto
- [30] NIBE, Poistoilman lämmöntalteenotto, haettu 2.2.2014,
<http://www.nibe.fi/Kiinteistolampopumput/poisto/>
- [31] NIBE suunnittelijaseminaari 13.5.2014

- [32] Pamon Oy, Pilpit, haettu 2.2.2014, <http://pilpit.fi/>
- [33] Pamon Oy, Armas Launiksen katu 7 -kuvia
- [34] Perälä, Rae. 2013, Lämpöpumput, Helsinki, 136 s.
- [35] Pipemodul Oy.
- [36] Rakennuskanta (2001), Ympäristöhallinto, haettu 6.4.2014, [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Elinymparisto/Kulttuuriymparisto_ja_rakennusperin-to/Kulttuuriympariston_hoidon_keinot/Kulttuuriympariston_kuvaajat_2011/Rakennuskanta_2011\(23931\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Elinymparisto/Kulttuuriymparisto_ja_rakennusperin-to/Kulttuuriympariston_hoidon_keinot/Kulttuuriympariston_kuvaajat_2011/Rakennuskanta_2011(23931))
- [37] Rakennustieto Oy. 1994, Kerrostalot 1960–1975, Helsinki, 288 s.
- [38] Rakennustieto Oy. 2002, Kerrostalot 1880-2000, Hämeenlinna, 192 s.
- [39] ReTermia tuotetyypit, haettu 20.10.2013, http://www.retermia.fi/html/fi/MS_100.html
- [40] RS-Partners, haettu 5.5.2014, <http://www.rspartners.fi>
- [41] Senera, LTO-materiaali
- [42] Suomen LVI-liitto ry. Seppänen, Olli. 2001, Rakennusten lämmitys, Jyväskylä, 444 s.
- [43] Suomen rakennuskanta, Tilastokeskus 2013, haettu 3.2.2014, http://www.tilastokeskus.fi/til/rakke/2012/rakke_2012_2013-05-24_tie_001_fi.html
- [44] Tekniset tiedot, Thereco, haettu 20.10.2013, <http://www.rspartners.fi/suunnittelijoille/14-tekniset>
- [45] United Nations Framework Convention on Climate Change, haettu 6.4.2014, <https://unfccc.int/>
- [46] VTT, Nieminen, Jyri. Kerrostalosta passiivitaloksi, haettu 3.4.2014, <http://www.ara.fi/download/noname/%7B5D413470-AF9B-40A8-A287-301786D93D99%7D/22651>
- [47] Yksittäisen kohteen CO₂-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂-päästökertoimet, Motiva 2012, haettu 2.4.2014, http://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje_Yksittainen_kohde.pdf
- [48] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13, 27.2.2013, haettu 2.4.2014, <http://www.ym.fi/download/noname/%7BC811B930-25A1-4CF9-84AA-AC06CA8A182D%7D/31587>

[49] Ympäristöministeriö, Tiedote: Korjaus- ja energia-avustuksiin myönnetään 43 miljoonaa ja korotetaan tulorajoja

LIITTEET

Liite 1 – K1, esimerkkikytkentä 7

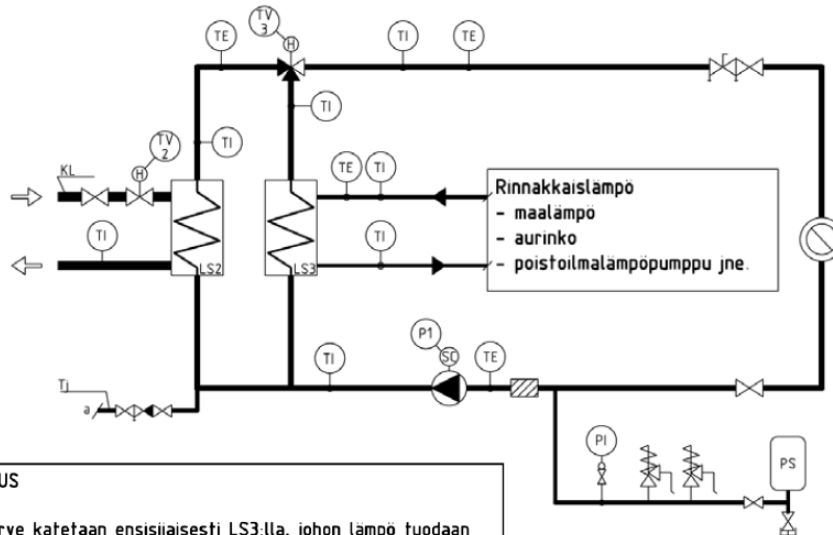
Liite 2 – Kaukolämpöhinnat, Lahti

Liite 1 – K1, Esimerkkikytkentä 7

Energiateollisuus ry
Lämmönkäyttötoimikunta

ESIMERKKIKYTKENTÄ 7
(Rinnakkaislämmön kytkentä)

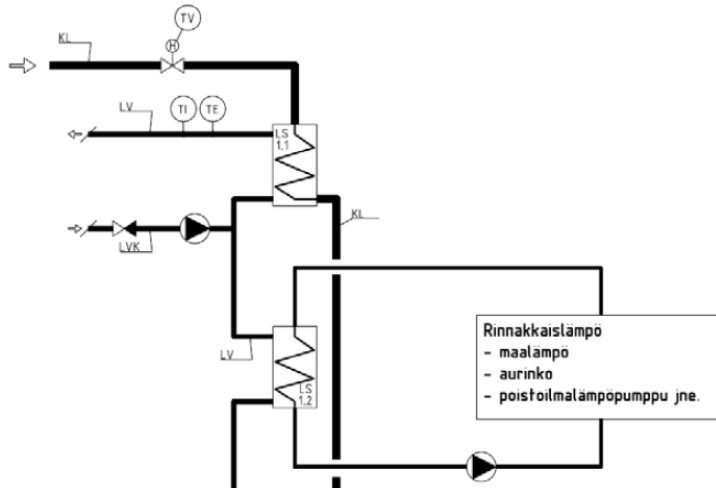
Rinnakkaislämmön (rakennuskohtaisen lämmönlähteen) kytkentä tilojen lämmitykseen



TOIMINTASELOSTUS

Lämmitystehontarve katetaan ensisijaisesti LS3:lla, johon lämpö tuodaan kiintestokohtaisesta lämmönlähteestä (esim. aurinkokeräimet, poistoilma- tai maalämpöpumppu). Mikäli lämmitysverkkoon lähtevän veden lämpötila ei pysy haluttuna, lisälämmöntarve otetaan kaukolämmöstä (LS2). Siirtimen LS2 mitoituksessa on otettava huomioon, että sen pitää tuottaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa korkeampaa lämpötilaa.

Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen



TOIMINTASELOSTUS

Rinnakkaislämpölaitteiston säätokeskus ohjaa säätolaitteistoa lämpötila-anturin TE mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätokeskuksen asetusarvon mukaisena. Mikäli käyttöveden asetusarvon mukaista lämpötilaa ei rinnakkaislämmityslaitteella saavuteta, kaukolämmön säätokeskus ohjaa saatoventtiiliä TV käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätokeskuksen asetusarvon mukaisena. Ohjearvo 58°C.

Liite 2 – Kaukolämpöhinnat, Lahti

Lahti, Hollola		Alv 0 %	Alv 24 %
1.11. - 31.3.	Talvikausi	55,62	68,97
1.4. - 31.5.	Kevätkausi	48,41	60,03
1.6. - 31.8.	Kesäkausi	27,81	34,48
1.9. - 31.10.	Syyskausi	48,41	60,03

Pilttipiha, kausihinnoittelu

KL, ennen	MWh	€
Tammikuu	63,9	4409
Helmikuu	57,7	3980
Maaliskuu	50,2	3463
Huhtikuu	38,2	2294
Toukokuu	20,7	1244
Kesäkuu	10,4	360
Heinäkuu	6,1	211
Elokuu	8,4	290
Syyskuu	25,1	1508
Lokakuu	36,5	2189
Marraskuu	49,8	3435
Joulukuu	57,2	3943
	424	27 324

KL, jälkeen	MWh	€
Tammikuu	47,9	3305
Helmikuu	41,7	2876
Maaliskuu	33,2	2290
Huhtikuu	18,2	1093
Toukokuu	8,7	524
Kesäkuu	4,4	153
Heinäkuu	0,1	4
Elokuu	2,4	83
Syyskuu	9,1	548
Lokakuu	16,5	989
Marraskuu	29,8	2055
Joulukuu	38,2	2632
	250	16 552