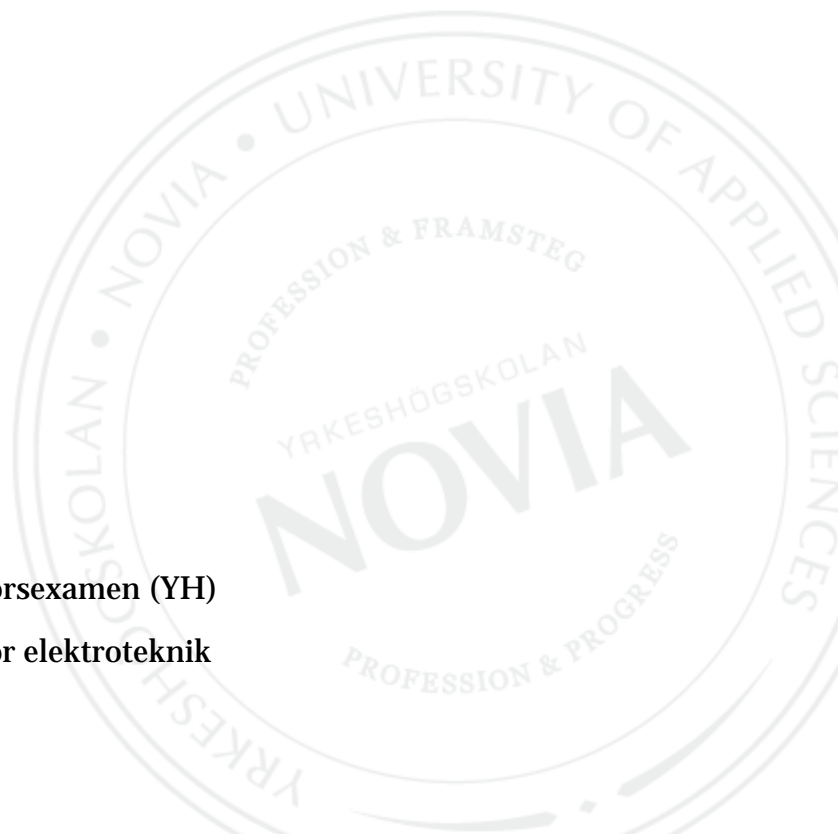


# Värmepumpsystem

## Förplanering av värmesystem i flervåningshus

Susanne Blomqvist

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)  
Utbildningsprogrammet för elektroteknik  
Vasa 2011



## EXAMENSARBETE

Författare: Susanne Blomqvist  
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik  
Handledare: Roger Mäntylä

Titel: *Värmepumpsystem – Förplanering av värmesystem i flervåningshus*

---

10.04.2011

24 sidor

8 bilagor

---

### Abstrakt

Innehållet i detta examensarbete återspeglas långt av den medvetenhet i energianvändning som hittas hos dagens energikonsumenter. Examensarbetet utgörs av en teknisk undersökning samt förplanering av lämpligt bergvärmepumpsystem för bostadsbolaget Antellinpuistos flervåningshus. Stigande energipriser gör att Antellinpuisto vill frångå fjärrvärmens som primärvärmekälla och övergå till ett bergvärmepumpsystem som är mindre beroende av framtida energiprishöjningar.

I teoridelen av examensarbetet undersöks värmepumpstekniken samt dimensioneringen av värmepumpsystem. Bergvärmepumpen kan ses som en typ av transformator som omvandlar lagrad bergvärme till värmeenergi för uppvärmning av fastigheter. Adekvat källmaterial över värmepumpstekniken har hittats ur energiteknikböcker och från Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry:s webbsida. Genom samarbetet med oberoende värmepumpsystemplanerare ger examensarbetet en bredare helhetsbild.

Ett bergvärmepumpsystem innebär en stor investeringskostnad för bostadsbolaget Antellinpuisto, men den årliga samt kumulativa värmeenergikostnaden för bergvärmepumpsystemet gör systemet konkurrenskraftigt i jämförelse med bostadsbolagets nuvarande uppvärmningsform. Denna förplanering av bergvärmepumpsystemet för Antellinpuistos fastighet utgör grunden vid en senare systemoptimering.

---

Språk: svenska      Nyckelord: bergvärme, värmepump, värmeenergi

---

Förvaras i Tritonia, Vasa vetenskapliga bibliotek och i webbiblioteket Theseus.fi

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Susanne Blomqvist  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoima  
Ohjaaja: Roger Mäntylä

Nimike: *Lämpöpumppujärjestelmät - Lämpöjärjestelmän esisuunnittelu kerrostaloon*

---

10.04.2011

24 sivua

8 liitettä

---

### Tiivistelmä

Opinnäytetyö kuvaa hyvin nykypäivän energiakuluttajan tietoisuutta energjankulutuksesta. Opinnäytetyö koostuu kalliolämpöpumpun teknisestä tarkastuksesta sekä esisuunnittelusta kerrostaloyhtiö Antellinpuistolle. On odotettavissa, että energiakustannukset nousevat ja tämän takia Antellinpuisto haluaa luopua kaukolämmöstä ja vaihtaa ensisijaiseksi lämmönlähteeksi kalliolämpöpumpun, joka on vähemmän riippuvainen tulevaisuuden energian hinnankorotuksista.

Työn teoriaosassa on perehdytty lämpöpumpputekniikkaan ja lämpöpumppujärjestelmän mitoittamiseen. Kalliolämpöpumppua voidaan verrata muuntajaan, joka muuntaa varastoituneen kalliolämmön kiinteistön lämmitysenergiaksi. Luotettavat tietolähteet lämpöpumpputekniikkasta on kerätty energiatekniikan kirjoista ja Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry:n nettisivuilta. Yhteistyö sitoutumattoman lämpöpumppujärjestelmän suunnittelijan kanssa antaa opinnäytetyölle laajemman näkemyksen.

Kalliolämpöpumppujärjestelmä on merkittävä investointikustannus asuntoyhtiö Antellinpuistolle, mutta vuotuiset sekä kumulatiiviset lämmitysenergian hankintakustannukset kalliolämpöpumppujärjestelmälle tekevät järjestelmästä kilpailukykyisen asuntoyhtiön nykyiseen lämmitysmuotoon verrattuna. Tästä esisuunnittelusta kalliolämpöpumppujärjestelmästä Antellinpuiston kiinteistö saa perustan myöhempään järjestelmän optimointiin.

---

Kieli: ruotsi Avainsanat: kalliolämpö, lämmitysenergia, lämpöpumppu

---

Arkistoidaan Tritoniassa, Vaasan tiedekirjasto ja verkkokirjastossa Theseus.fi

## BACHELOR'S THESIS

Author: Susanne Blomqvist  
Degree programme: Electrical engineering, Vaasa  
Specialization: Electrical power engineering  
Supervisor: Roger Mäntylä

Title: *Heat pump systems – Pre-planning of heat pump system in storey building*

---

10 April 2011

24 pages

8 appendices

---

### Abstract

The contents of this Bachelor's thesis work are reflected by the awareness of energy usage found in energy consumers of today. The thesis consists of a technical investigation and a pre-planning of a suitable ground source heat pump system for the housing corporation Antellinpuisto's storey house. Rising energy prices are the reasons for why Antellinpuisto wants to stop using district heating as the primary heat source and use a geothermal heat pump system instead, which is less dependent on future energy price rises.

In the theoretical part of the thesis the heat pump technology and the dimensioning of heat pump systems are described and discussed. Geothermal heat pumps can be compared to transformers that convert stored geothermal heat into energy to heat up buildings with. Adequate source material of heat pump technology has been found in energy technology books and on Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry's website. Through collaboration with independent heat pump system designers the thesis gives a more comprehensive picture.

A geothermal heat pump system involves a significant investment expenditure for the housing corporation mentioned above, but the annual and cumulative heat energy costs for the geothermal heat pump system will make the system competitive in comparison to the housing corporation's present form of heating. This pre-planning of a geothermal heat pump system for Antellinpuisto's property will be the basis for a subsequent system optimization.

---

Language: Swedish      Key words: ground source heat pump, heat energy, heat pump

---

Filed at the Tritonia Academic Library, Vaasa and in the web library Theseus.fi

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Husbolaget.....	1
2	Syfte och problemprecisering.....	1
2.1	Bakgrund till uppgiften.....	2
2.2	Beskrivning av uppgiften .....	2
3	Teoretiska utgångspunkter.....	3
3.1	Termodynamik.....	3
3.2	Värmepumpens funktionsprincip .....	4
3.3	Värmefaktor.....	5
3.4	Kompressorvärmepump .....	5
3.5	Olika typer av värmekällor .....	8
3.5.1	Borrbrunn.....	8
3.5.2	Jordsystem.....	9
3.5.3	Sjösystem .....	10
3.5.4	Jämförelse av förläggningssätten .....	11
3.6	Energiteknik i byggnader .....	12
3.6.1	Värmepumpsteknik i stora fastigheter .....	12
3.6.2	Värmedistributionssystem.....	12
3.6.3	Uppvärmning av bruksvatten .....	12
3.7	Driftsäkerhet .....	13
3.8	Problemområden .....	13
4	Värmepumpsystem för Skolhusgatan 3-5 .....	13
4.1	Värmeenergikostnader .....	14
4.2	Dimensionering av bergvärmepumpsystemet.....	15
4.3	Redogörelse av offerter .....	15
4.4	Investeringskostnadens återbetalningstid .....	16
5	Slutledning .....	16
5.1	Resultat av marknadsundersökning.....	16
5.2	Diskussion .....	17
6	Kompletterande energialternativ .....	18
6.1	Solvärmeanläggning för tappvarmvatten.....	18
6.2	Frånluftsvärmepump.....	19
6.3	Luftvärmepump .....	19
7	Lagstiftning .....	20
7.1	Markanvändnings- och bygglag (132/1999).....	20

7.2	Fastighetsbildningslag (554/1995) .....	20
7.3	Miljöskyddslag (86/2000) .....	20
7.4	Vattenlag (264/1961) .....	21
7.5	Kemikalielag (744/1989) .....	21
7.6	Hälsoskyddslag (763/1994) .....	21
7.7	Finlands byggbestämmelsesamling .....	21
7.8	Kommunernas miljöskyddsbestämmelser och byggnadsordning.....	22
7.9	Kvalitetsövervakning av entreprenörer .....	22
	Källförteckning.....	23

## Bilagor

Fastighetens energicertifikat	Bilaga 1
Stomkarta över Skolhusgatan 3 – 5	Bilaga 2
Tillståndsdigram för R717	Bilaga 3
Värdetabell	Bilaga 4
Detaljerad offert 1	Bilaga 5
Detaljerad offert 2	Bilaga 6
Apparatlista solvärmeanläggning	Bilaga 7
Apparatlista luftvärmepumpanläggning	Bilaga 8

# 1 Inledning

Detta examensarbete är ett resultat av undersökningen för bostadsbolaget AsOy Antellinpuisto om möjligheterna att konvertera flervåningshusets fjärrvärmeanläggning till ett värmepumpsystem. Som uppdragsgivarens representant har Erik Englund fungerat och i rollen som handledare har Roger Mäntylä bistått med synpunkter. I undersökningen har både de ekonomiska, såväl som de tekniska faktorerna tagits i beaktande. Undersökningen gjordes som ett samarbete med Ronnie Granlund.

## 1.1 Husbolaget

Husbolaget för uppgiften ifråga är beläget på Skolhusgatan 3–5, Vasa, och består av sammanlagt 48 bostadslägenheter på sex våningar. Flervåningshuset har en totalyta på 4938 m<sup>2</sup>. Byggnadsår för huset är 1970. Befintlig värmefördelningscentral i fastigheten är uppförd år 1970, vilken också delas med ett närliggande husbolag. Byggnadens uppvärming sker med hjälp av ett vattenburet radiatorsystem. Nuvarande uppvärmningsform är fjärrvärme producerat av Vasa Elektriska.

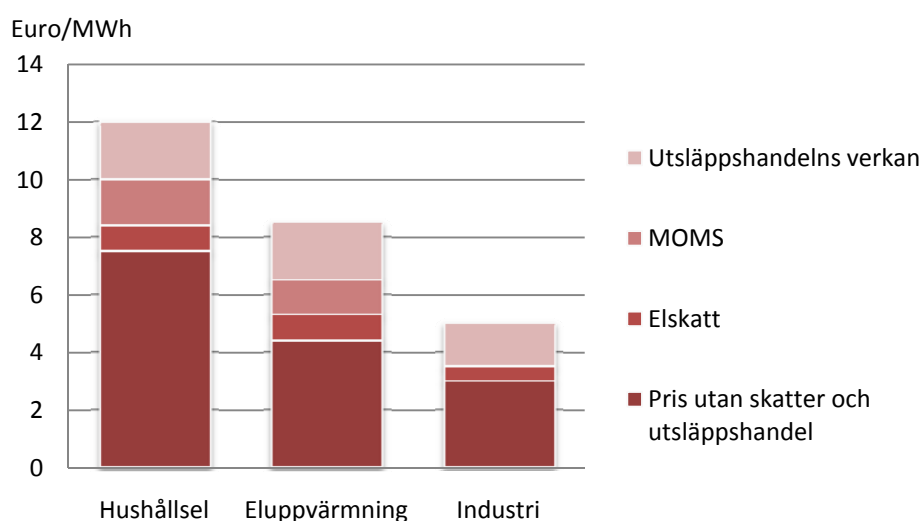
Fastighetens energicertifikat (bilaga 1) anger byggnades energiprestanda. Energiprestandavärdet placerar byggnader i energiklasser på skalan A–G, där fastigheter av A-klass förbrukar minst energi (Motiva, 2009). Skolhusgatan 3–5 placerar sig i klass D med energiprestandavärde på 174 kWh/brm<sup>2</sup>/år. Utifrån stomkartan (bilaga 2) över Skolhusgatan 3–5 fås information om byggnaden, tomtgränsen och detaljer i terrängen i skala 1:500. Denna information är viktig för planering av markanvändningen vid värmepumpsystem.

## 2 Syfte och problemprecisering

Uppvärmning av bostäder kräver energi. Stigande energipriser gör att bostadsbolaget Antellinpuisto vill frångå fjärrvärmen som primärvärmekälla och övergå till ett värmepumpsystem, som är mindre beroende av framtida energiprishöjningar. Syftet med denna uppgift var således att planera ett lämpligt värmepumpsystem för flervåningshuset.

## 2.1 Bakgrund till uppgiften

Byggnadsbeståndet förbrukar en tredjedel av primärenergien som används i Finland. För att kunna möta de energidirektiv och beslut som tagits på EU-nivå, har Finland skärpt sin energipolitik. På den öppna elmarknaden har EU:s utsläppshandel en betydande effekt på elpriset. I figur 1 nedan presenterar utsläppshandelns och elskatternas inverkan på elpriset i de olika konsumentgrupperna. (Handels- och industriministeriet (HIM), 5/2006, 78). Prisstärningen på elmarknaden har ökat konkurrenskraften av förnybara energikällor, däribland värmepumpens.



Figur 1. Utsläppshandelns och elskatternas inverkan på elpriset. (HIM, 5/2006, 78).

Enligt Handels- och industriministeriets energiavdelning kommer byggnaders användning av energi för uppvärmning långsamt att öka fram till år 2025. Fjärrvärmens procentuella andel av byggnaders uppvärmningssystem stiger jämnt, medan användningen av direktverkande eluppvärmning kvarstår oförändrad under granskningsperioden. Oljeuppvärmningens andel sjunker drastiskt till år 2025. Användning av värmepumpar förväntas öka väldigt i popularitet. (HIM, 5/2006, 40).

## 2.2 Beskrivning av uppgiften

Till uppgiften hör att göra en teknisk samt ekonomisk undersökning av möjligheterna för en konvertering av husets fjärrvärmeanläggning till ett värmepumpsystem. Värmepumpsystemets funktionsprinciper skall klargöras, samt eventuell kompatibilitet med



befintlig fjärrvärmeanläggning bör utredas. Förplaneringen av flervåningshusets värmepumpsystem utgör grunden för en senare systemoptimering.

En preliminär kostnadsberäkning över investeringskostnaderna för värmepumpanläggningen skall uppgöras och granskas. Återbetalningstiden för anläggningen beräknas på basen av investeringskostnaden i jämförelse med årliga energiinbesparingar. Kompletterande energialternativ till värmepumpsystemet skall kartläggas.

Värmepumpanläggningar vinner allt fler marknadsandelar som alternativ uppvärmningskälla för små och medelstora fastigheter. En marknadsundersökning bland husbolag i Vasa genomförs för att kartlägga intresset för värmepumpsystem i stora fastigheter. Resultatet av marknadsundersökningen kommer att utröna en eventuell framtida marknadsnisch.

### **3 Teoretiska utgångspunkter**

I berggrunden, marken och sjövattnet finns lagrad solenergi som kan hämtas och utvinnas för uppvärmning av bostäder och bruksvatten. En värmepump i anslutning till ett vattenburet värmesystem utnyttjar denna miljövänliga värmekälla och transporterar energin till förbrukningspunkten. Beroende på varifrån grundvärmen hämtas används olika benämningar på värmepumpen. (Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry (SULPU), 27.01.2011).

Värmepumpstekniken tillämpas allmänt i kylskåp, där värme transporteras bort inifrån kylskåpet till omgivningen. En värmepump fungerar enligt samma funktionsprincip, värme upptas från berggrunden och leds in till husets värmesystem. Värmepumpen är uppbyggd av två värmeväxlare, en kompressor samt en expansionsventil. Dessa är sammankopplade med ett slutet rörsystem. Ett köldmedium cirkulerar i rörsystemet. (Motiva, 28.01.2011).

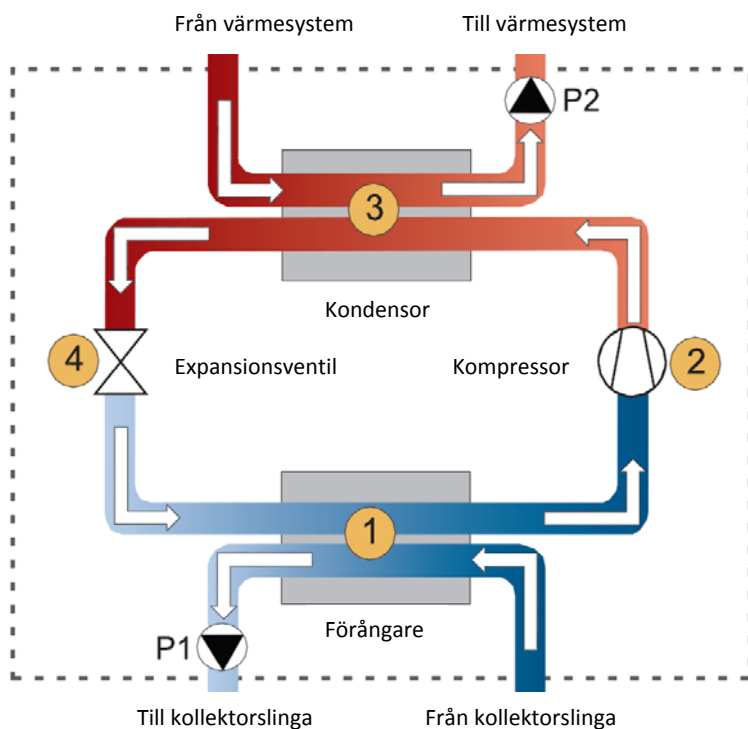
#### **3.1 Termodynamik**

För att kunna förstå värmepumpsprocessen krävs kunskap i värmelära. En värmepumps uppgift är att skapa och upprätthålla temperaturer som är högre än omgivningens. I avsenden på värmepumpsprocessen formulerar Henrik Alvarez termodynamikens andra huvudsats som: ”Värme kan inte av sig själv gå över från en kropp vid lägre temperatur till en annan med högre temperatur.” (Alvarez, 2003, 281). Således för att kunna överföra

värme från en lägre temperatur till en högre krävs att energi tillförs värmepumpsprocessen. Även principen för energins oförstörbarhet (termodynamikens första huvudsats) gör sig gällande i värmepumpsprocessen.

### 3.2 Värmepumpens funktionsprincip

En brinevätska, en vätska som inte kan frysa vanligen bestående av bioetanol och vatten, cirkulerar i kollektorslingan och upptar värmeenergi från omgivningen (figur 2). I förångaren (värmeväxlare), position 1 figur 2, möter brinevätskan det kalla köldmediet som cirkulerar i värmepumpen. Genom expansionsventilen, position 4 figur 2, regleras trycket i förångaren och gör att man får köldmediet att koka vid låga temperaturer. Kompressorn, position 2 figur 2, ökar därefter trycket på det gasformiga köldmediet, vilket ger en temperaturhöjning av gasen. Den varma gasen körs därefter in i kondensorn (värmeväxlare), position 3 figur 2 och värmeenergin överförs från det heta köldmediet till husets värmesystem. I samband med detta sjunker temperaturen i köldmediet och kondensering sker. Köldmediet cirkulerar vidare till expansionsventilen där trycket sänks. Efter detta är köldmediet avkyllt och börjar återigen uppta värme från brinevätskan. (Svenska Värmepump Föreningen, 28.01.2011).



Figur 2. Schematisk bild över ett värmepumpssystem. (Juvonen, 2009, 11).

### 3.3 Värmefaktor

Värmepumpens verkningsgrad mäts i värmefaktor eller COP (Coefficient Of Performance) och anger förhållandet mellan avgiven värmeenergi (H) och tillförd elektriskenergi (W). Den teoretiska maximala värmefaktorn för en värmepump som följer en ideal Carnot kretsprocess är:

$$COP_H = E_{max} = \frac{H}{W} = \frac{\theta_1}{(\theta_1 - \theta_2)} \quad (3.1)$$

Från ekvation 3.1 ses att det teoretiska maximumet för värmefaktorn beror på temperaturen hos brinevätskan ( $\theta_2$ ) och temperaturen i kondensorn ( $\theta_1$ ). Detta gör att ingen värmepump har en statisk COP, utan denna varierar under olika driftförhållanden och temperaturer. I praktiken är heller ingen värmepump ideal, utan dess COP är mycket lägre än den teoretiskt beräknade på grund av ett antal faktorer:

- Temperaturen hos brinevätskan är ofta mycket lägre än marktemperaturen för att säkerställa en snabb kinetisk överföring av värme. I idealfallet (ekvation 3.1) antas brinevätskan och marken ha samma temperatur.
- Kompressionen av gas följer inte den ideala Carnot kretsprocessen, utan beskrivs bättre av den s.k. Rankine kretsprocessen, vilket leder till en sämre verkningsgrad för kompressionen.
- Ineffektivitet i systemet.

Det årliga medelvärdet för COP ligger vanligen på 2,6 – 3,6. (Banks, 2008, 68). Se tabell 1 för jämförelse av olika COP-värden i förhållande till mängden utvunnen värmeenergi och tillförd elektriskenergi.

Tabell 1. Jämförelse av värmepumpens COP-värden.

COP	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6
Tillförd elenergi, %	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Utvunnen energi, %	<b>72</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>69</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>66</b>	<b>65</b>	<b>64</b>	<b>63</b>	<b>62</b>

(SULPU, 2009, 20).

### 3.4 Kompressorvärmepump

Värmepumpsanläggningens huvudkomponenter är: förångare, kompressor, kondensor och stryporgan (figur 2). Av dessa är kompressorn den viktigaste komponenten, se kapitel 3.2 för funktionsbeskrivning av kompressorn i värmepumpsanläggningen. I värmepumpar med

effekt upp till 100 kW används hermetiska kolv- och scrollkompressorer. Vid större effekter används halvhermetiska kolvkompressorer eller skruvkompressorer. (Alvarez, 2003, 738).

En värmepumpanslagningens totala värmefaktor beror till stor del av den använda kompressorns verkningsgrad. Det från värmekällan upptagna värmeflödet ( $\dot{Q}_{tillf}$ ) kan bestämmas, samt värmeeffekten ( $\dot{Q}_{bortf}$ ) för hela systemet, d.v.s. det till värmebäraren överförda värmeflödet. Även den totalt av kompressorns drivmotor förbrukade effekten ( $P_{tot}$ ) kan beräknas. För att belysa värmeflödet i ett värmepumpsystem och hur detta påverkar kompressorns effektförbrukning kan följande beräkningar studeras. (Alvarez, 2003, 762–763).

$$\dot{Q}_{tillf} = \dot{m} \cdot \dot{q}_{tillf} = \dot{m} \cdot (i_{2k} - i_s) \quad (3.2)$$

$$\dot{Q}_{bortf} = \dot{m} \cdot (i_{1k} - i_s) \quad (3.3)$$

$$P_{tot} = \frac{\dot{m}(i_{1k} - i_{2k})}{\eta} \quad (3.4)$$

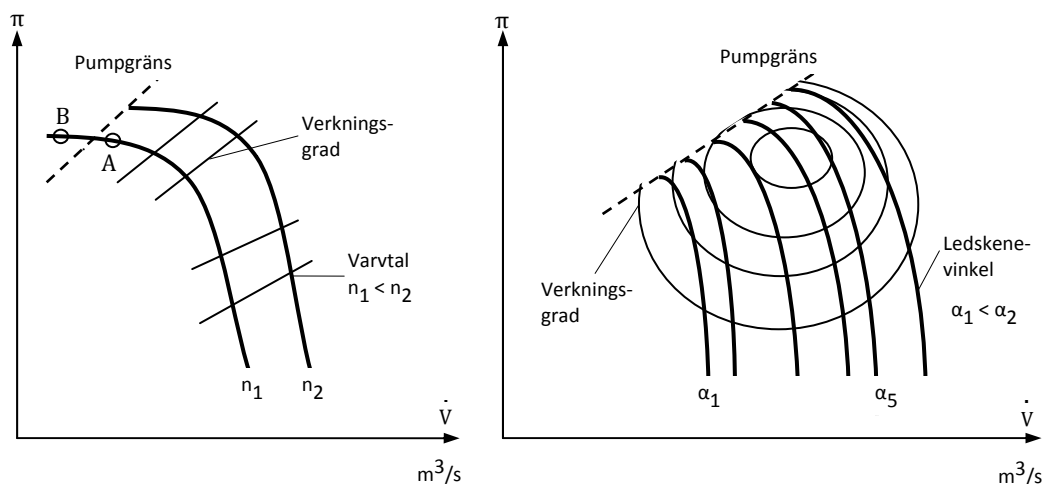
En typisk kompressorvärmepump ( $\eta = 0,75$ ) arbetandes med ammoniak (R717), har förångningstrycket 4,98 bar och kondenseringstrycket 17,8 bar. Kompressionen sker isotropiskt, med kondensatunderkylning till 35 °C och ett ammoniakmassflöde på 0,5 kg/s. Den upptagna värmemängden från värmekällan fås ur p-i-diagrammet (tillståndsdigram) för R717 (bilaga 3) genom  $i_s$  värdet 660 kJ/kg och  $i_{2k}$  värdet 1727 kJ/kg. Värdet för  $i_{1k}$  hämtas ur bilaga 3 som 1950 kJ/kg. Det upptagna värmeflödet från värmekällan beräknas genom ekvation 3.2 samt värmeeffekten för hela värmesystemet fås genom ekvation 3.3. Effektförbrukningen för kompressorns drivmotor beräknas med ekvation 3.4. (Alvarez, 2003, 762–763).

$$\dot{Q}_{tillf} = 0,5 \frac{kg}{s} \cdot \left( 1727 \frac{kJ}{kg} - 660 \frac{kJ}{kg} \right) = 534 kW$$

$$\dot{Q}_{bortf} = 0,5 \frac{kg}{s} \cdot \left( 1950 \frac{kJ}{kg} - 660 \frac{kJ}{kg} \right) = 645 kW$$

$$P_{tot} = \frac{0,5 \frac{kg}{s} \left( 1950 \frac{kJ}{kg} - 1727 \frac{kJ}{kg} \right)}{0,75} = 149 kW$$

Regleregenskaperna för kompressorn beskrivs bra av fullast- och dellastkarakteristikerna (figur 3). Ur fullastkaracteristiken ses att med ökande varvtal ökar kompressorns kapacitet, volymflöde samt det vertikala tryckförhållandet ( $\pi$ ). Vid ett bestämt varvtal kan dellastegenskaperna bestämmas. Ledskenevinkeln ( $\alpha$ ) fås ur dellastkaracteristiken. Med hjälp av ledskenevinkeln kan volymflödet regleras ner till ca 30 %. Vid liten ledskenevinkel ökar medrotationen av köldmediet i systemet, vilket gör att kapaciteten och kompressorns verkningsgrad sjunker. (Persson, 1995, 11).



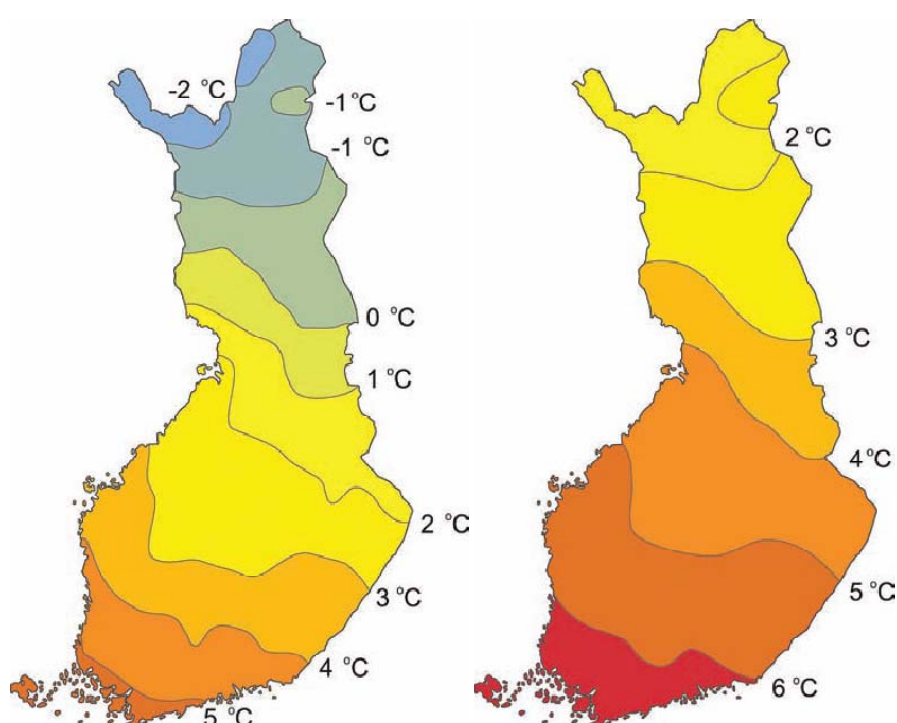
Figur 3. Principiellt utseende för fullast- (till vänster) och dellastkaracteristikor. (Persson, 1995, 10).

Då en turbokompressor belastas för mycket ur tryckförhållandesynpunkt övergår den i pumpning (instabilt drifttillstånd). För en kompressor som arbetar med konstant varvtal gör detta att driftpunkten förskjuts uppåt till vänster (figur 3) då tryckförhållandet ökar. Om pumpgränsen passeras uppstår kraftiga tryckpulsationer och mekaniska skador kan uppkomma. Värmepumpar är därför utrustade med en bypass-ventil som öppnas på impuls från styrsystemet och håller kompressorn inom det lovliga driftområdet. Genom användningen av bypass-ventilen luras kompressorn att arbeta i driftpunkt A, medan resten av processen ligger i punkt B, se figur 3. (Persson, 1995, 11).

Direkt strypreglning är också ett alternativ för reglering av värmepumpkompressorn. Strypreglningen fungerar principiellt som vid flödesreglering av en vattenpump, reglerområdet blir dock mindre. Reglerområdet beror av hur flack kompressorkurvan är, d.v.s. vid vilket flöde pumpgränsen passeras. Strypreglning och bypass-reglering leder till stora förluster i systemet och används därför inte i stora värmepumpsystem. Till – från styrning är den vanligaste reglermetoden för små värmepumpar. (Persson, 1995, 11).

### 3.5 Olika typer av värmekällor

En värmepumps värmekälla är det medium varifrån värme upptas. När värmekällans temperatur stiger minskar effektförbrukningen, värmefaktorn ökar alltså med stigande temperatur av värmekällan. Värmemängden hos värmekällan skall vara stor, för att dess temperatur inte skall sjunka vid värmeuttag. I figur 4 illustreras luftens samt markens årliga medeltemperatur under tidsperioden 1971–2001 (Juvonen, 2009, 8). För att värmetransport skall vara möjlig måste värmekällans temperatur vara högre än köldmediets förångningstemperatur. (Alvarez, 2003, 763).



Figur 4. Luftens årliga medeltemperatur (till vänster) och markens årliga medeltemperatur (till höger). (Juvonen, 2009, 8).

#### 3.5.1 Borrbrunn

Vid stigande borrhjup ökar effektkravet på pumparna, vilket gör att man inte borrar värmebrunnar djupare än 200 meter, utan brunnarna görs enligt effektbehovet flera till antalet. Avståndet mellan borrhålen bör vara 10–20 meter för att minimera risken för termisk växelverkan mellan kollektorslingorna. Borrhål borrar i vinkel från markytan,

med kollektorrör i alternerande motsatta riktningar, är optimala vid begränsad användning av markyta. Typisk diameter av borrhålet är 130–160 mm. (SULPU, 2009, 17).

Kollektorslingornas antal i en borrhunn varierar mellan 2 och 4. I 2-rörssystemet pumpas brinevätskan ner i ett rör och upp i det andra. Dessa två rör bör vara placerade i borrhunnen på ett tillräckligt avstånd ifrån varandra. I 4-rörssystemet används två rör för nerpumpning och två rör för uppumpning. Koaxialrör används även. (Banks, 2008, 232).

Vid förekomst av rikligt med grundvatten i borrhunnen är det möjligt att ta tillvara värmeenergin genom att pumpa grundvattnet direkt till värmepumpens förångare och sedan tillbaka till ett annat borrhål. Denna form av värmesystem är dock inte att rekommendera, eftersom det innehåller ett stort antal osäkra faktorer. (Aittomäki, 2001, 18).

Den viktigaste egenskapen för vertikala system är dess värmeöverföringsförmåga. Värmeöverföringsförmågan kan härledas från Fouriers lag som:

$$Q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{d\theta}{dL} \quad (3.5)$$

där  $Q$  är värmeflödet ( $\text{Js}^{-1}$  eller  $\text{W}$ ), termen  $\lambda$  är den termiska överföringsförmågan hos materialet ( $\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $A$  är arean av ledaren vinkelrätt mot riktningen av värmeflödet ( $\text{m}^2$ ), samt temperaturgradienten  $\frac{d\theta}{dL}$  ( $\text{K m}^{-1}$ ). (Banks, 2008, 217).

### 3.5.2 Jordsystem

Ytvärmesystem bygger på att ta tillvara den energi som finns lagrad strax under markytan. Jordvärmesystemet förutsätter att jordarten är lämplig och att markytan är stor. Passande jordart är finkornig och fuktig. Jordartens specifika värmekapacitet varierar mellan 0,2 och 1,2  $\text{kWh/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$  beroende på typ och fuktighet. Värmeledningsförmågan ligger mellan 0,5 och 3,25  $\text{W/m } ^\circ\text{C}$ . Isbildningsvärmerna (värmerna som frigörs då vatten fryser till is) kan uppgå till 90  $\text{kWh/m}^3$ , se tabell 2 nedan för jordarters maximum och minimum isbildningsvärmevärden. (SULPU, 2009, 14).

Tabell 2. Jordarters isbildningsvärmevärde,  $\text{kWh/m}^3$ .

Jordart	Lera	Torr lera	Lerig silt	Silt	Sand	Morän	Torv
Max $\text{kWh/m}^3$	70	45	55	55	45	40	90
Min $\text{kWh/m}^3$	<b>55</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>18</b>

(SULPU, 2009, 14).

Kollektorslingan i ytjordvärmesystem placeras horisontellt på 1–1,2 meters djup under markytan. Avståndet mellan slingorna bör inte understiga 1,5 meter. Ett isolerat rörsystem skall inte placeras närmare än 2 meter från husgrunden, medan ett isolerat kan sättas på 1,5 meters avstånd. Om rörsystemet överstiger 400 meter sätts parallella kortare slingor i stället, för att minska det laminära flödesmotståndet i systemet. (Aittomäki, 2001, 17).

Effekten per meter kollektorrör som kan erhållas beror av jordart och vattenhalt, se tabell 3, över riktgivande energivärden per meter i Finland. Normalt för att täcka ett småhus värmebehov behövs cirka 500 meter kollektorslinga, vilket upptar en markyta på 250–350 m<sup>2</sup> (Energi & Miljö, 2010).

Tabell 3. Riktgivande energivärden över utvinnbar kWh/m.

Läge	Lera	Sand
Södra Finland <sup>1</sup>	50...60	30...40
Mellersta Finland	40...45	15...20
Norra Finland <sup>2</sup>	30...35	0...10

<sup>1</sup> Söder om linjen Karleby - Nyslott

<sup>2</sup> Lappland borträknat  
(SULPU, 27.01.2011).

### 3.5.3 Sjösystem

Solenergi finns lagrad i vatten och bottenlager av sjöar och hav. Vattnets fysikaliska egenskaper gör att dess densitet är högst vid 4 °C, vilket medför skiktning av vattnet. Detta gör att även då omgivningstemperaturen går under noll grader är temperaturen på vattnet i bottenlagret alltid är nära 4 °C, om det inte finns ett stort genomflöde av grundvatten. (Banks, 2008, 210).

Sjösystem är den effektivaste värmekällan som kan användas i värmepumpsystem. Den i kollektorslingan upptagna effekten är 40–50 W/m, vilket är 2–3 gånger mera jämfört med ett jordsystem. Vattnets teoretiska isbildningsvärme är 100 kWh/m<sup>3</sup>, på basen av detta kan kollektorslingans upptagna effekt uppskattas till 70–80 kWh/m. (SULPU, 2009, 18).

En brinevätska cirkulerar i en nedsänkt kollektorslinga på sjöbotten. Temperaturen på brinevätskan är vanligen 2–7 °C lägre än temperaturen i vattnet. Flödet i kollektorslingan bör vara  $0,053 \frac{l}{s \cdot kW}$  för att garantera ett effektivt värmeutbyte. Kollektorslingan består av ett nätverk av polyetenrör (HDPE) med hög densitet. Tumregler för installation av sjövärmesystem (Banks, 2008, 210):



- 20–43 meter av HDPE rör behövs per kW belastning.
- Rörspiraler innehållande upp till 150 meter HDPE placeras i knippor på ett avstånd på minst 6 meter ifrån varandra.

### 3.5.4 Jämförelse av förläggningssätten

För att belysa hur de ovanstående tre olika förläggningssätten påverkar kollektorslingans längd, då en värmepump med värmefaktor 3,1 används och värmeenergiebehovet är 20 000 kWh per år, kan följande beräkningar utföras. Kollektorslingan upptar årligen värmeenergin: (SULPU, 2009, 14–18).

$$Q_{mark} = 20000 \frac{kWh}{a} \cdot 0,67 = 13400 \frac{kWh}{a} \quad (3.6)$$

I ekvation 3.6 hämtas värdet 0,67 ur tabell 1, vilket är värdet för förhållandet mellan mängden utvunnen värmeenergi och tillförd elektriskenergi för värmefaktorn 3,1. Kollektorslingans längd vid de tre olika förläggningssätten kan beräknas på basen av den årliga upptagna värmeenergin.

$$L_{jord} = \frac{13400}{55} \approx 245 \text{ meter} \quad (3.7)$$

$$L_{brunn} = \frac{13400}{50} \cdot 0,5 \approx 134 \text{ meter} \quad (3.8)$$

$$L_{sjö} = \frac{13400}{70} \approx 191 \text{ meter} \quad (3.9)$$

Kollektorslingans längd vid jordvärmesystem enligt ekvation 3.7 blir således 245 meter. I ekvation 3.7 används resultatet från ekvation 3.6 samt riktgivande energivärde över utvinnbar effekt per meter ur tabell 3. Av motsvarande beräkning för samma värmepumpsystem förlagt i borrhunn (ekvation 3.8) fås värmebrunnens aktiva djup som 134 meter. En värmebrunnens aktiva djup är den längd av kollektorslingan som under alla årstider är grundvattentäckt. I ekvation 3.8 uppskattas värmeenergin i borrhunnen till 50 kWh per meter. Värmebrunnen anses vara en torrbrunn, därav minskas den utvinnbara värmeenergin. För sjösystem med värmeenergin 70 kWh per meter vid användning av samma värmepumpsystem blir kollektorslingans längd enligt ekvation 3.9 191 meter. (SULPU, 2009, 14–18).

### **3.6 Energiteknik i byggnader**

Värmepumpar har de typiska egenskaperna av relativt hög anläggningskostnad och låga driftkostnader. Vid optimering av värmepumpanläggningar är det därför fördelaktigt att installera någon typ av tillsatsvärme för att täcka effektbehovets topp. Täckningsgraden (förhållandet mellan värmepumpens maximala värmeeffekt och det maximala effektbehovet) dimensioneras vid bostadshus till 70 %. Ekonomiskt fördelaktigt är det att välja en värmepump med lägre värmefaktor (kapitel 3.3), men med högre täckningsgrad. Detta för att kunna minska antalet timmar under vilka kostsam tillsatsvärme måste användas. (Alvarez, 2003, 770–773).

#### **3.6.1 Värmepumpsteknik i stora fastigheter**

För att kunna täcka värmebehovet i stora fastigheter tillverkas värmepumpar med effekter upp till 70 kW. Värmepumpar kopplas även parallellt, för att klara av väldigt stora värmeenergibehov. Vid parallellkoppling fungerar en värmepump som master-pump och de övriga värmepumparna fungerar som slave-pumpar. Endast master-pumpen är i drift vid lågt värmeenergibehov, medan slave-pumparna tas med i driften vid högt värmeenergibehov. För att undvika en ojämn fördelning av drifttiden byts master- och slave-rollerna inbördes mellan värmepumparna med jämna tidsintervall. Den optimala årliga drifttiden för en värmepump är 3500–4000 timmar. (Senera, 14.03.2011).

#### **3.6.2 Värmedistributionssystem**

Värmepumpens värmefaktor beror av temperaturen hos förångaren och kondensorn (ekvation 3.1). Detta gör det fördelaktigt för systemet om det avger värme till en så låg omgivningstemperatur som möjligt. I praktiken uppnås den högsta värmefaktorn genom golv- eller luftvärmesystem. Ur golvvärmesystem fås en tillräcklig värmeeffekt redan då den cirkulerande vätskan har en temperatur på 30 °C (Aittomäki, 2001, 7). Vid användning av ett vattenburet radiatorsystem behöver den cirkulerande vätskan ha en temperatur på 50 °C för att kunna täcka uppvärmningsbehovet.

#### **3.6.3 Uppvärmning av bruksvatten**

Uppvärmning av bruksvatten innehar en central roll i olika typer av värmesystem. Det totala behovet av varmt bruksvatten måste täckas i avseende på volym och temperatur. Vattentemperaturen i varmvattenberedaren bör hållas vid minst 60 °C och minst 50 °C vid

tappstället. Detta för att undvika tillväxt av legionella bakterier (Smittskyddsinstitutet, 2001). För uppvärmning av varmt bruksvatten krävs i genomsnitt 1000 kWh per person och år. Det är dock inte ekonomiskt lönsamt att i kondensorn hålla 60 °C så att varmtappvatten kunde tas direkt ifrån den. Som tillsatsenergi används ofta elpatroner eller energi från en befintlig värmepanna (Motiva, 2010).

### **3.7 Driftsäkerhet**

Värmepumpens funktion är beroende av elektrisk energi, vilket gör värmesystemet sårbart vid längre elavbrott. Driftavbrott i värmepumpsystem orsakas vanligen av fel i cirkulationspumpen eller kompressorn (Perälä, 2009, 73). Ett rätt utfört värmepumpsystem kräver väldigt lite underhåll. Värmepumpens kompressor bör förnyas vart 15–20 år, medan livslängden på kollektorslingan och värmebrunnen beräknas vara över 100 år.

### **3.8 Problemområden**

Enligt jordvärmeplanerare Anders Thors (personlig kommunikation, 14.03.2011) beror de flesta problem som uppstår vid användning av jordvärmesystem på feldimensionerade värmebrunnar. Värmebrunnarna är underdimensionerade, vilket leder till att större värmepumpar krävs. Överdimensionerade värmepumpar leder dock i sin tur till korta driftintervall för värmepumpkompressorn, vilket resulterar i stort slitage av kompressorn.

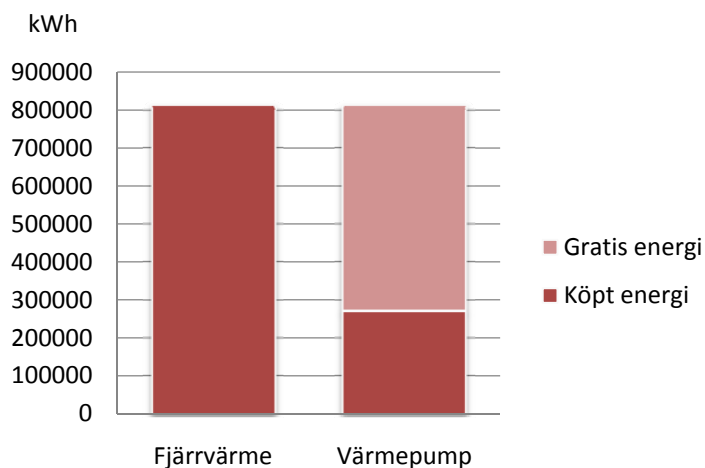
Ett problem som uppstår vid konvertering av värmesystem i fastigheter är enligt Thors integreringen mellan det befintliga värmesystemet och värmepumpsystemet. En förutsättning för att det skall vara ekonomiskt försvarbart att installera ett jordvärmesystem i äldre fastigheter är att uppvärmningen sker genom ett vattenburet värmesystem. Thors påpekar dock att befintliga radiatorer i fastigheten inte är dimensionerade för en direkt ihopkoppling med jordvärmesystem. I dessa fall är radiatorframlednings- och returledningstemperaturerna en avgörande faktor.

## **4 Värmepumpsystem för Skolhusgatan 3–5**

En avgörande faktor vid val av värmepumpsystem för Skolhusgatan 3–5 är den begränsade tillåtna markanvändningen. Utgående från stomkartan (bilaga 2) ses tomten som husbolaget står i förfogande över. Värmebrunnar är således det enda alternativet för värmepumpsystemet.

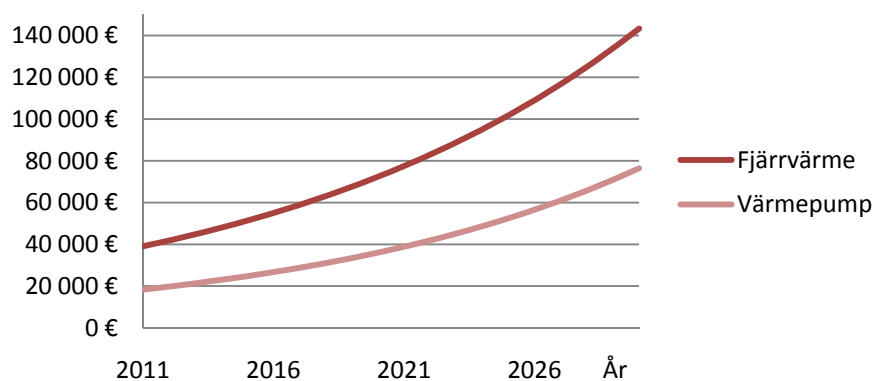
## 4.1 Värmeenergikostnader

Genom att ersätta fastighetens nuvarande fjärrvärmesystem med ett värmepumpsystem skulle detta medföra en årlig inbesparing på 67 % av värmekostnaderna. Den årliga energiförbrukningen, uppdelad i köpt energi och utvinnbar energi (gratis energi), vid användning fjärrvärmesystem i jämförelse med värmepumpsystem vid Skolhusgatan 3–5 illustreras i figur 5.



Figur 5. Den årliga inköpta energins andel vid användning av fjärrvärme och värmepump.

De estimerade energikostnaderna för kommande 20 års period vid användning av ett värmepumpsystem i jämförelse med ett fjärrvärmesystem i fastigheten ses illustrerat i figur 6. Resultatkurvorna i figur 6 baseras på nuläget fjärrvärme- och elpris vilka beräknas årligen stiga med 7,0 % respektive 7,8 % (Energia teollisuus ry, 2010) (Nordpoolspot, 2011). Se bilaga 4 för värdetabell ur vilken figur 6 genereras.



Figur 6. Estimerade årliga energikostnader för Skolhusgatan 3–5.

## 4.2 Dimensionering av bergvärmepumpsystemet

Denna dimensionering av bergvärmepumpsystem för Skolhusgatan 3–5 är riktgivande och kan ses som ett jämförelsetal vid granskningen av offerter inhämtade från entreprenörer. Utifrån fastighetens energicertifikat (bilaga 1) fås den årliga förbrukningen av uppvärmningsenergi som 811 601 kWh. Enligt SULPU:s rekommendationer skall en värmepump med värmefaktor 3,1 användas i dimensioneringsberäkningarna. Genom insättning av värden i ekvation 3.6 beräknas den ur värmebrunnen utvinnbara energimängden. Det aktiva djupet på värmebrunnen fås genom ekvation 3.8, där det specifika energiuttaget per år är 140 kWh.

$$Q_{mark} = 811601 \frac{kWh}{a} \cdot 0,67 = 543773 \frac{kWh}{a}$$

$$L_{brunn} = \frac{543773}{140} = 3884 \text{ meter}$$

$$\text{Antal brunnar} = \frac{3884 \text{ m}}{200 \text{ m}} \approx 20$$

$$\text{Markareal} = 20 \text{ värmebunnar} \cdot 10 \text{ meter} \cdot 2 \text{ meter} = 400 \text{ m}^2$$

Antalet värmebrunnar som fordras för att täcka Skolhusgatan 3–5 värmeenergibehov är således 20 stycken. Markarealen som krävs för 20 värmebrunnar är 400 m<sup>2</sup>. Avstånden i ovanstående markarealsberäkning baseras på att placeringen av värmebrunnarna skulle ske med ett avstånd på 10 meter mellan borrhålen och 2 meter ifrån varandra i sidled. Enligt stomkartan (bilaga 2) över fastigheten kan dessa 20 värmebrunnar placeras på grönområdet framför huset mot Skolhusgatan.

## 4.3 Redogörelse av offerter

För att kunna planera ett så lämpligt värmepumpsystem som möjligt för Antellinpuistos fastighet har offerter från två olika värmepumpsentreprenörer inhämtats. Utgående från värmebehovet för fastigheten uppskattade värmepumpsentreprenörerna det aktiva djupet på värmebrunnarna till 3400 meter respektive 4800 meter. Detta resulterar i 17 samt 24 värmebrunnar med ett djup på 200 meter. På basen av 17 värmebrunnar uppgörs offert 1 (bilaga 5) innehållande 5 st IVT Greenline HE D43 värmepumpar, med effekten 43 kW. Värmepumparna kompletteras av 2 st elpannor, med effekten 26 kW. För att täcka fastighetens varmvattenbehov offerteras en arbetstank på 500 liter samt 4 st 750 liters

varmvattenberedare innehållande fyra elslingor. Offert 1 innehåller montering, monteringstillbehör samt grävarbeten. Den totala kostnaden för flervåningshusets värmepumpsystem blir 232 719 euro. Offert 2 (bilaga 6) utgörs av 4 st Nibe 1330 60 kW värmepumpar, som kompletteras med en 70 kW elpanna. Fastighetens varmvattenbehov täcks med 3 st ackumulatortankar av modell VPA 450/300. Den totala kostnaden för systemet beräknas bli 232 657 euro. Offert 2 innehåller även kostnader för montering och monteringstillbehör. De inhämtade offerterna anses vara riktgivande.

#### **4.4 Investeringskostnadens återbetalningstid**

Ur bilaga 4 kan investeringskostnadens återbetalningstid fastställas. Återbetalningstiden då fjärrvärme- och elpriset årligen beräknas stiga med 7,0 % respektive 7,8 %, blir 9 år. Detta resultat baseras på en investeringskostnad för bergvärmepumpsystemet på 240 000 euro. Beräkningen av investeringskostnadens återbetalningstid anses vara riktgivande, räntor på upptagna lån har inte tagits i beaktande.

## **5 Slutledning**

Ett värmepumpsystem är ett bra val för uppvärmning av fastigheter. Vid rätt utförande av värmepumpsystem är det effektivt och så gott som underhållsfritt. Värmepumpen kan ses som en typ av transformator som omvandlar lagrad jordvärme till värmeenergi för uppvärmning av fastigheter. Omvandlingen sker med en väldigt liten miljöpåverkan. Även stigande energipriser gör att intresset för värmepumpsystem ökar. I skrivande stund är priset för MWh fjärrvärme producerad av Vasa Elektriska 46,62 euro (Energiateollisuus ry, 2010).

### **5.1 Resultat av marknadsundersökning**

En marknadsundersökning bland husbolag i Vasa genomfördes för att kartlägga intresset för värmepumpsystem. Fjärrvärmen är en mycket starkt etablerad uppvärmningsform av fastigheter i Vasa, där cirka 98 % av alla flervåningshus uppvärms med fjärrvärme. Vasa Elektriska säljer fjärrvärme till ett mycket förmånligt pris i jämförelse med övriga fjärrvärmeproducenter, vilket har gjort att intresset för jordvärme i Vasa ännu inte har ökat lika mycket som i övriga Finland.

Enligt enhetschef Bjarne Dahlback vid Realia Disponentservice Vasa (personlig kommunikation 18.03.2011) har det i Vasa förekommit diskussioner om byte av uppvärmningssystem från fjärrvärme till värmepumpsystem i två flervåningsbostadsbolag. Dahlback är av den åsikten att flertalet av bostadsbolagen i Vasa kommer inom en nära framtid att undersöka värmepumpsystem som ett möjligt framtida uppvärmingsalternativ.

## 5.2 Diskussion

Ett byte av värmesystem från fjärrvärme till värmepumpsteknik är ekonomiskt fördelaktigt för bostadsbolaget Antellinpuisto. Det faktum att flervåningshuset delar värmecentral med ett närliggande bostadsbolag, gör att värmepumpsystemet vid en vidareutredning av investeringskostnaderna kan dimensioneras för att täcka två flervåningshus värmeenergibehov. Detta reducerar återbetalningstiden för värmepumpsystemet avsevärt. Kapitel 6 innehåller även förslag på vidareutvecklingsmöjligheter av det nu planerade värmepumpsystemet för Skolhusgatan 3–5.

Den beräkningsmetod som används i kapitel 4.2 för dimensionering av värmepumpsystemet och som används för jämförelse och kvalitetssäkring av det offererade värmepumpsystemet, visade sig vara ett riktgivande verktyg. Vid inhämtandet av offerter har radiatorkretsens framlednings- och returledningstemperaturer endast uppskattats utgående från VVS-ritningar, vilket gör att offererade värmepumpsystem för fastigheten är underdimensionerade. En noggrann undersökning av de faktiska framlednings- och returledningstemperaturer bör göras för att erhålla ett för fastigheten väldimensionerat värmepumpsystem.

I Vasa har än så länge inga konverteringar av uppvärmningssystem i flervåningshus från fjärrvärmesystem till värmepumpsystem skett. På grund av detta uppstod svårigheter att hitta sakkunniga värmepumpsentreprenörer som var villiga att planera och offerera ett så stort värmepumpsystem som krävdes vid Skolhusgatan 3–5. Lagstiftning som berör planering och utförande av värmepumpsystem sammanfattas i kapitel 7.

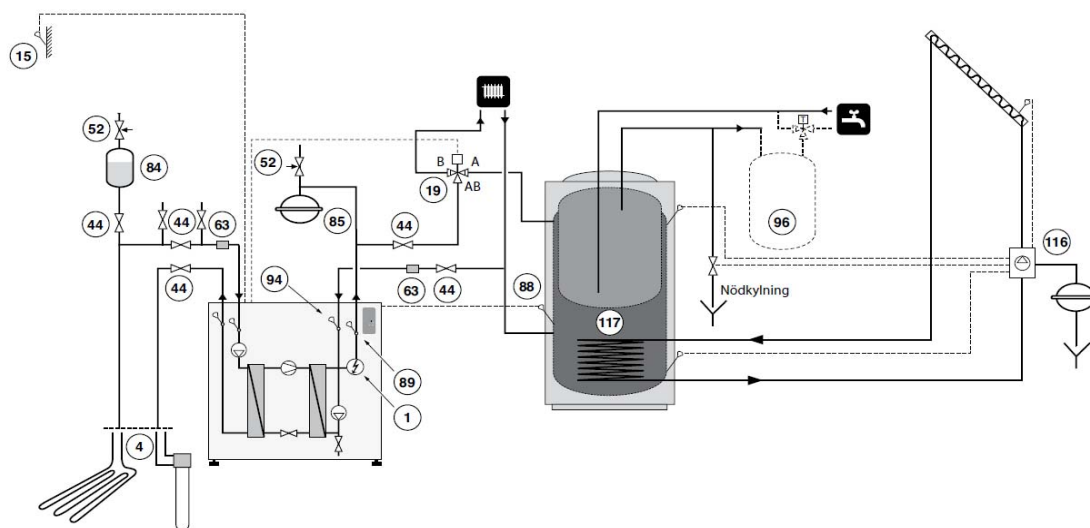
Den kunskap om värmepumpsystem för flervåningshus som jag har fått genom detta examensarbete ger mig en bra grund för vidareutbildning inom området. Bristen på sakkunniga värmepumpsentreprenörer samt den förutspådda framtida marknaden för värmepumpsystem av denna storleksklass, gör detta till en väldigt intressant marknadsnisch att specialisera sig inom.

## 6 Kompletterande energialternativ

Ett väldimensionerat värmepumpsystem kan med fördel kompletteras med andra energialternativ. Detta möjliggör en sänkning av temperaturen i kondensorn, vilket i sin tur leder till att systemet får en bättre värmefaktor. De kompletterande energialternativen kan väljas och kombineras på många olika sätt. Detta kapitel avgränsas så att endast tre kombinationsmöjligheter behandlas.

### 6.1 Solvärmeanläggning för tappvarmvatten

En solvärmeanläggning är ett bra komplement till värmepumpsystem för uppvärmning av bruksvatten. Detta minskar avsevärt energikostnaderna för fastigheten. Ett möjligt utförande av ett värmepumpsystem i kombination med solfångare och elpatron, i anslutning till en ackumulatortank för vattenuppvärmning ses i figur 7. Värmepumpen prioriterar laddning av varmvatten via växelventilen. Vid fulladdad ackumulatortank växlar växelventilen mot värmekretsen. Värmepumpen styrs då av utetemperaturgivaren i kombination med framledningsgivaren. Elpatronen inkopplas automatiskt då effektbehovet överstiger värmepumpens kapacitet. Se bilaga 7 för tillhörande apparatlista. (Nibe, 13.03.2011).



Figur 7. Principschema över anläggning för varmt tappvatten. (Nibe, 13.03.2011).

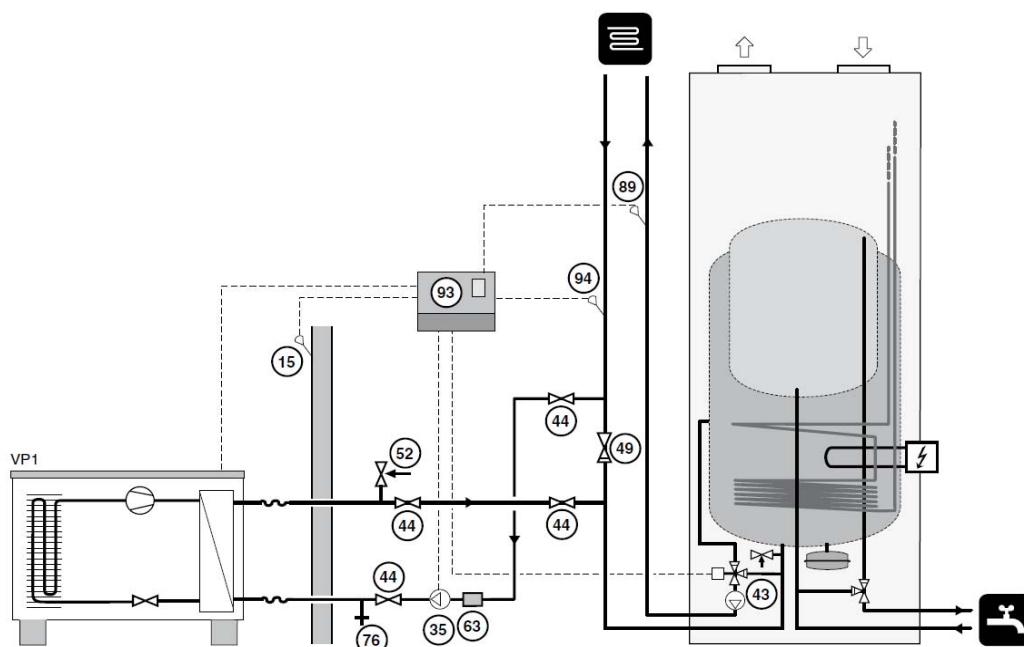


## 6.2 Frånluftsvärmepump

I fastigheter med mekanisk frånluftsventilation samt samlade ventilationskanaler, är frånluftsvärmepumpen ett lönsamt energialternativ för uppvärmning av varmt tappvatten. Frånluftsvärmepumpen upptar värmeenergi ur frånluften, som har en temperatur på cirka 20 °C under hela året. En frånluftsvärmepump dimensioneras efter ventilationsflödet i fastighetens frånluftskanaler, energimängden som kan tas tillvara är således begränsad till det ventilationsflöde som avges från huset. En frånluftsvärmepump för uppvärmning av bruksvatten ger en energiinbesparing på 2000–3000 kWh per år. (Energirådgivningen, 2010).

## 6.3 Luftvärmepump

En frånluftsvärmepump för uppvärmning av bruksvatten kan med fördel kompletteras med en luftvärmepump för uppvärmning av värmesystemet. Vid stort varmvattenbehov hjälper elpatronen i frånluftsvärmepumpen att hålla vald temperatur. Om luftvärmepumpen inte klarar av att täcka värmebehovet öppnas shuntventilen mot frånluftsvärmepumpen, som då fungerar som tillsatsvärme. Se figur 8 för principschema, samt bilaga 8 för tillhörande apparatlista. (Nibe, 14.03.2011).



Figur 8. Principschema över komplettering av frånluftsvärmepump. (Nibe, 14.03.2011).

## **7 Lagstiftning**

Vid planering av värmepumpsystem måste Finlands författningssamling, Finlands byggbestämmelsesamling och kommunernas miljöskyddsbestämmelser, samt byggnadsordningar tas i beaktande. Detta kapitel utgör en sammanfattning av dessa restriktioner som berör planering och användning av värmepumpsystem.

### **7.1 Markanvändnings- och bygglag (132/1999)**

Konstruktionen av en fastighets uppvärmningssystem behandlas som en del av bygglovet. Enligt markanvändnings- och bygglagens 125 § krävs bygglov vid uppförandet av en byggnad, samt vid olika slag av reparationer och ändringsarbeten. I nuläget varierar det från kommun till kommun om bygglov eller åtgärdsstillstånd enligt 126 § krävs vid byte av en byggnads uppvärmningssystem. Åtgärdsstillstånd rekommenderas att sökas.

Ansvar för en byggnads kondition ligger hos fastighetsägaren eller besittaren av byggnaden. Enligt markanvändnings- och bygglagen 166 § krävs att byggnaden och dess energiförsörjningssystem skall hållas i sådant skick att de med hänsyn till byggnadssättet uppfyller kraven på energiprestanda.

### **7.2 Fastighetsbildningslag (554/1995)**

Om värmebrunnar måste borrar i vinkel in på närliggande tomt, måste tillstånd av vederbörande markägare fås. I detta fall rekommenderas att ett ständigt servitut stiftas. Servitutet garanterar användningsrätten av värmebrunnen även vid markägarbyte. Stiftandet av servitut föreskrivs i fastighetsbildningslagen kapitel 14.

### **7.3 Miljöskyddslag (86/2000)**

Förbud mot förorening av grundvatten föreskrivs i miljöskyddslagens 8 § enligt följande:

“Ämnen eller energi får inte deponeras på eller ledas till ett sådant ställe eller behandlas på ett sådant sätt att

- 1) grundvattnet på ett viktigt eller annat för vattenförsörjning lämpligt grundvattenområde kan bli hälsofarligt eller dess kvalitet annars väsentligt kan försämrats,
- 2) grundvattnet på någon annans fastighet kan bli hälsofarligt eller obrukbart för något ändamål som det kunde användas för, eller att

3) åtgärden genom påverkan på grundvattnets kvalitet annars kan kränka allmänt eller annans enskilda intresse (förbud mot förorening av grundvatten)."

#### **7.4 Vattenlag (264/1961)**

Nyttjande av grundvatten föreskrivs i vattenlagens 18 §. Utan regionförvaltningsverkets tillstånd får ingen ta grundvatten eller vidta åtgärder för att ta grundvatten på ett sådant sätt att detta väsentligt förändrar grundvattnets kvalitet eller mängd. Användning av värmebrunnar anses inte påverka grundvattenkvaliteten nämnvärt. Statsrådets förordning om ämnen som är farliga och skadliga för vattenmiljön (1022/2006) innehållande lista över ämnen som inte får släppas ut i ytvatten, bör tas i beaktande när val av kollektorvätska görs.

#### **7.5 Kemikalielag (744/1989)**

Kemikalielagen påverkar ämnesvalet av kollektorvätska i värmebrunnar. Enligt kemikalielagens 15 § skall hantering av kemikalier, med beaktande av kemikaliernas mängd och farlighet, iakttas tillräcklig omsorg och försiktighet så att men för hälsan och miljön förebyggs. Vid hantering av kollektorvätska bör beaktas vätskans farlighet och om hanteringen av denna kräver anmälnings- eller tillståndsskyldighet. Enligt 16 a § har verksamhetsidkaren skyldighet att välja den kemikalie eller metod som orsakar minst fara.

#### **7.6 Hälsoskyddslag (763/1994)**

Hälsoskyddslagens bestämmelser berör inte direkt värmebrunnar, men de berör dimensioneringen av värmesystem. Enligt hälsoskyddslagens 26 § skall temperatur- och fuktighetsförhållandena i bostäder och andra utrymmen inomhus vara sådana att de inte förorsakar sanitär olägenhet för de som befinner sig i bostaden eller utrymmet. Om värmebrunnar används för uppvärmning av bruksvatten bör man vid dimensioneringen av dessa ta i beaktande social- och hälsovårdsministeriets krav på temperaturen på vattenledningsvattnet (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003, 90).

#### **7.7 Finlands byggbestämmelsesamling**

Finlands byggbestämmelsesamling ställer krav på byggnaders energiprestanda. Dessa krav bör tas i beaktande vid dimensionering av värmebrunnar. Bland annat följande krav ställs:

- Värmeeffekten för uppvärmningssystemet av varmt tappvatten skall dimensioneras så att varmt bruksvatten alltid finns tillgängligt.
- Planering och utförande av värmeutvecklingsanordningar skall göras på ett sådant sätt att verkningsgraden för anordningen är godtagbar både vid topp- och delbelastning.
- Dimensionering av värmesystemets värmeeffekt skall vara tillräcklig för att kunna upprätthålla de önskade inomhustemperaturerna vid uppmätta utomhustemperaturer i olika väderzoner. (Juvonen, 2009, 16).

## **7.8 Kommunernas miljöskyddsbestämmelser och byggnadsordning**

Kommuner kan i sina miljöskyddsbestämmelser samt byggnadsordningar ställa krav på utförandet av värmepumpsystem. Detta är dock ännu inte allmänt förekommande, år 2008 hade endast nio kommuner i sina miljöskyddsbestämmelser definierat vilka typer av kollektorvätskor som inte får användas på grundvattenområden. Miljöskyddsbestämmelserna samt byggnadsordningen kan i vissa kommuner innehålla rekommendationer över placering av värmepumpsystem. (Juvonen, 2009, 16).

## **7.9 Kvalitetsövervakning av entreprenörer**

I nuläget finns ingen lagstadgad kvalitetsövervakning av entreprenörer vid utförandet av värmepumpsystem. Det ställs heller inga krav på borrbrunnsentreprenören. Skolning av entreprenörer utförs av Suomen Lämpöpumppuyhdistys Sulpu ry och Suomen Kaivonporausurakoitsijat Poratek ry. Certifiering av värmepumpsinstallatörer kommer att tas i bruk år 2012. Av certifierade installatörer krävs kunskap i dimensionering och val av komponenter, ett kunnande som i nuläget endast besitts av värmesystemplaneraren. (Juvonen, 2009, 18).

## Källförteckning

Aittomäki, A. (2001). *Lämpöpumpplämmitys*. Espoo: SULPU ry.

Alvarez, H. (2003). *Energi teknik*. (2. uppl.) Lund: Studentlitteratur.

Banks, D. (2008). *An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Energi & Miljö (2010). *Naturliga värmekällor*.  
<http://www.energiochmiljo.se> (hämtat: 06.03.2011).

Energiateollisuus ry. (2010). *Kaukolämmön hinta*.  
<http://www.energia.fi> (hämtat: 16.01.2011).

Energirådgivningen (2010). *Frånluftsvärmepumpar*.  
<http://www.energiradgivningen.se> (hämtat: 13.03.2011).

Handels- och industriministeriet energiavdelningen (5/2006). *Riktlinjer för energi- och klimatpolitiken under den närmaste framtiden – en nationell strategi för verkställandet av Kyotoprotokollet*. (u.å.): Edita publishing Ab.

Juvonen J. (2009). *Lämpökaivo: Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa*  
<http://www.ymparisto.fi> (hämtat: 12.03.2011).

Motiva (2010). *Bedömning av energiförbrukningen i bostadsbyggnader på gårdar. Energi Effektivitetsavtalen*. <http://www.motiva.fi> (hämtat: 29.01.2011).

Motiva (2009). *Energicertifikat*.  
<http://www.motiva.fi> (hämtat: 02.03.2011).

Motiva (u.å). *Lämpöö omasta maasta*.  
<http://www.motiva.fi> (hämtat: 28.01.2011).

Nibe (u.å.). *M10427 – FIGHTER 1135 med elkassett och solfångare, ansluten till ackumulatortank med vattenvärmare (flytande kondensering)*.  
<http://www.nibe.se> (hämtat: 13.03.2011).

Nibe (u.å.). *M10214 – F20XX dockad till frånluftsvärmepump FIGHTER 310P/360P/410P (flytande kondensering)* <http://www.nibe.se> (hämtat: 14.03.2011).

Nordpoolspot (2011). *Elspot*.  
<http://www.nordpoolspot.com> (17.03.2011).

Persson, R. (1995). *Värmepumpsteknik – kortfattad introduktion*.  
<http://www4.tsl.uu.se> (hämtat: 27.03.2011).

Perälä, R. (2009). *Lämpöpumput: Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä*. Helsingfors: Alfamer Oy.

Senera (u.å.). *Maalämpö*. <http://www.senera.fi> (hämtat: 14.03.2011).

Smittskyddsinstitutet (2001). *Sjukdomsinformation om legionellainfektion och pontiacfeber*. <http://www.smittskyddsinstitutet.se> (hämtat: 29.01.2011).

Social- och hälsovårdsministeriet (2003). *Anvisning om boendehälsa: Fysikaliska, kemiska och mikrobiologiska faktorer i bostäder och andra vistelseutrymmen*. Helsingfors: Edita Prima Ab.

Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. (2009). *Lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu*. <http://www.sulpu.fi> (hämtat: 30.01.2011).

Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. (u.å.). *Maalämpöpumppu*. <http://www.sulpu.fi> (hämtat: 27.01.2011).

Svenska Värmepump Föreningen (u.å.). *Fakta om Värmepumpar & anläggningar*. <http://www.svepinfo.se> (hämtat: 28.01.2011).

Vasa stad Tekniska sektorn / Fastighets- och grönssektorn (08.03.2011). *Stomkarta över Skolhusgatan 3 – 5*.

## **Finlands författningssamling**

Fastighetsbildningslag 12.4.1995/554

Hälsoskyddslag 19.8.1994/763

Kemikalielag 14.7.1989/744

Markanvändnings- och bygglag 5.2.1999/132

Miljöskyddslag 4.2.2000/86

Statsrådets förordning om ämnen som är farliga och skadliga för vattenmiljön  
23.11.2006/1022

Vattenlag 19.5.1961/264









# ENERGICERTIFIKAT

## Byggnad

Typ av byggnad: Flervåningsbostadshus (fler än 6 bostäder) Byggnadsår: 1970  
Adress: As Oy Antellinpuisto Byggnadsbeteckning: 905-002-2007-0002-0  
Skolhusgatan 3-5

Energicertifikatet har utfärdats som en del av ett disponentintyg.

Energicertifikatet grundar sig på uppgifter om den faktiska energiförbrukningen under året: 2009

EP-värde	Låg förbrukning	EP-klass
- 100		
101 - 120		
121 - 140		
141 - 180		
181 - 230		
231 - 280		
281 -		
<i>Hög förbrukning</i>		

Byggnadens energiprestandavärde (EP-värde, kWh/brm<sup>2</sup>/år):

**174**

Skala för klassificering av energiprestanda: Stora bostadshus

## BYGGNADENS ENERGIFÖRBRUKNING

### Beräkning av enregiprestandavärde

Förbrukning av uppvärmningsenergi	811 601 kWh/år
Förbrukning av fastighetsel	45 200 kWh/år
Förbrukning av kylenergi	0 kWh/år
<b>Totalt</b>	<b>856 801 kWh/år</b>
Byggnadens bruttoarea	4 938 brm <sup>2</sup>
<b>Byggnadens energiprestandavärde</b>	<b>174 kWh/brm<sup>2</sup>/år</b>

### Den faktiska förbrukningen av energi och vatten

Förbrukningsslag	Förbrukning	Enhet	År
<b>Uppvärmningsenergi</b>			
Fjärrvärme	723 000	kWh	2009
<b>Fastighetsel</b>			
Uppmätt fastighetsel	45 200	kWh	2009
<b>Kylenergi</b>			
Fjärrkylning	0	kWh	
Elförbrukning för kylning	0	kWh	
<b>Vattenförbrukning</b>			
Total vattenförbrukning	4 900	m <sup>3</sup>	2009
Förbrukning av varmt bruksvatten		m <sup>3</sup>	

### Omvandling av faktisk förbrukning för beräkning av energiprestandavärde

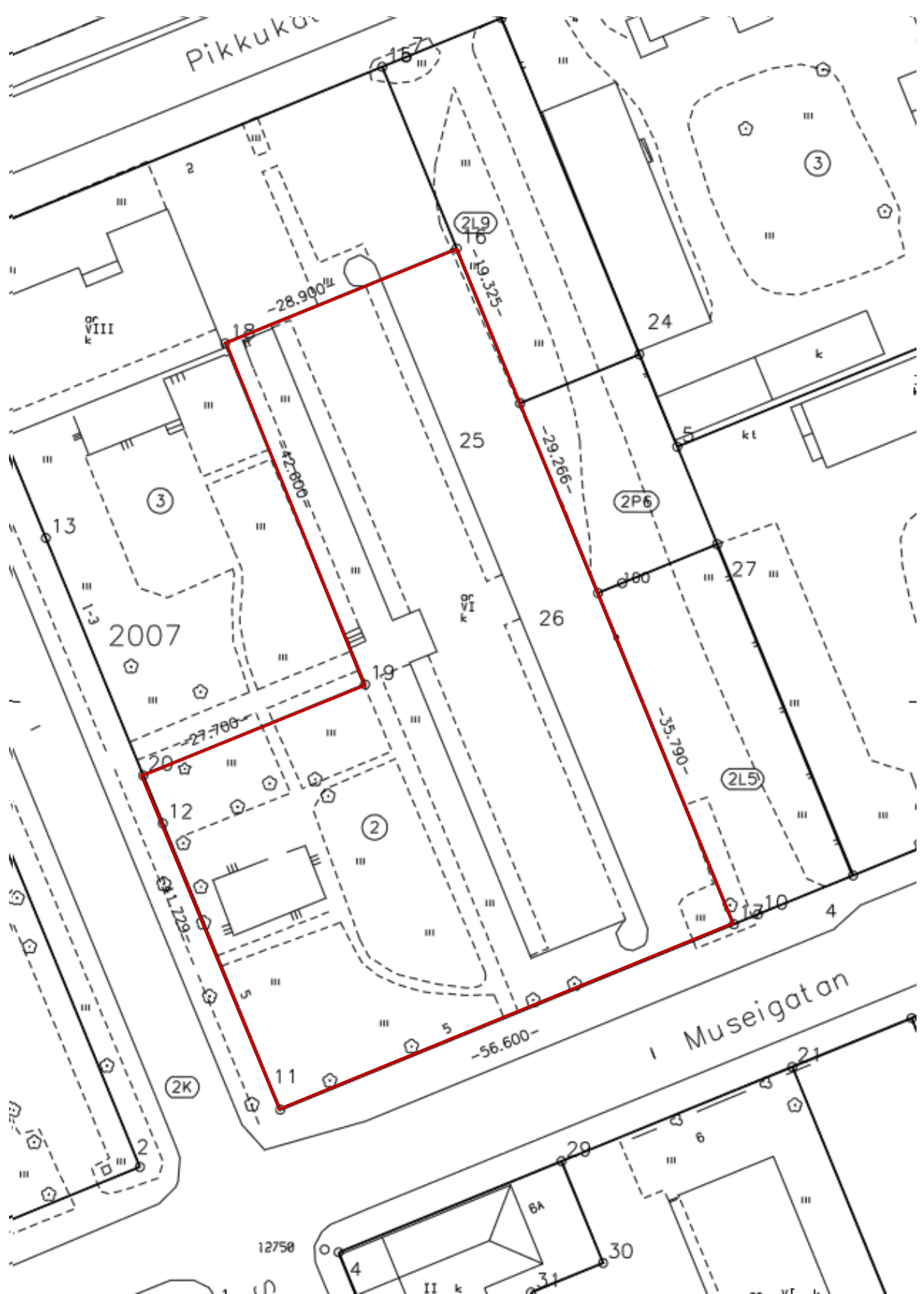
Jämförelseort: Vasa  
 Graddagstalet på jämförelseorten under ett normalår: 4588  
 Årets 2009 graddagstal på jämförelseorten: 4326  
 Lokala korrigeringskoefficienten för Jväs kylä k2: 1.08 (Vasa)  
 Verkningsgraden för värmeproduktionssystemet: 1  
 Energiförbrukning av varmt bruksvatten: 0,4 m<sup>3</sup> \* 4900 m<sup>3</sup> \* 58 kWh/år = 113680 kWh/år  
 Värmeenergi förbrukning:  
 1,08 \* (4588/4326) \* ([723000 kWh + 0 kW] - 113680 kWh) + 113680 kWh = 811601 kWh/år

### Byggnadens inomhusklimat samt ventilations- och uppvärmningssystem

Självdraagsventilation	<input type="checkbox"/>	Uteluftsventiler	<input type="checkbox"/>
Mekanisk frånluftventilation	<input checked="" type="checkbox"/>	Filtrering av tilluften	<input type="checkbox"/>
Mekanisk tilluft- och frånluftventilation	<input type="checkbox"/>	Värmeåtervinning	<input type="checkbox"/>
Värmedistributionssätt: <span style="margin-left: 20px;">Vattenburen radiatorvärme</span>		Kylning	<input type="checkbox"/>
Ventilationens luftflöden har uppmätts och konstaterats vara tillräckliga år		<input type="checkbox"/>	-
Ventilationssystemet har rengjorts och balanserats år		<input type="checkbox"/>	-
Kylanordningarnas skick och energiprestanda har balanserats år		<input type="checkbox"/>	-
Uppvärmningssystemet har balanserats år		<input type="checkbox"/>	-

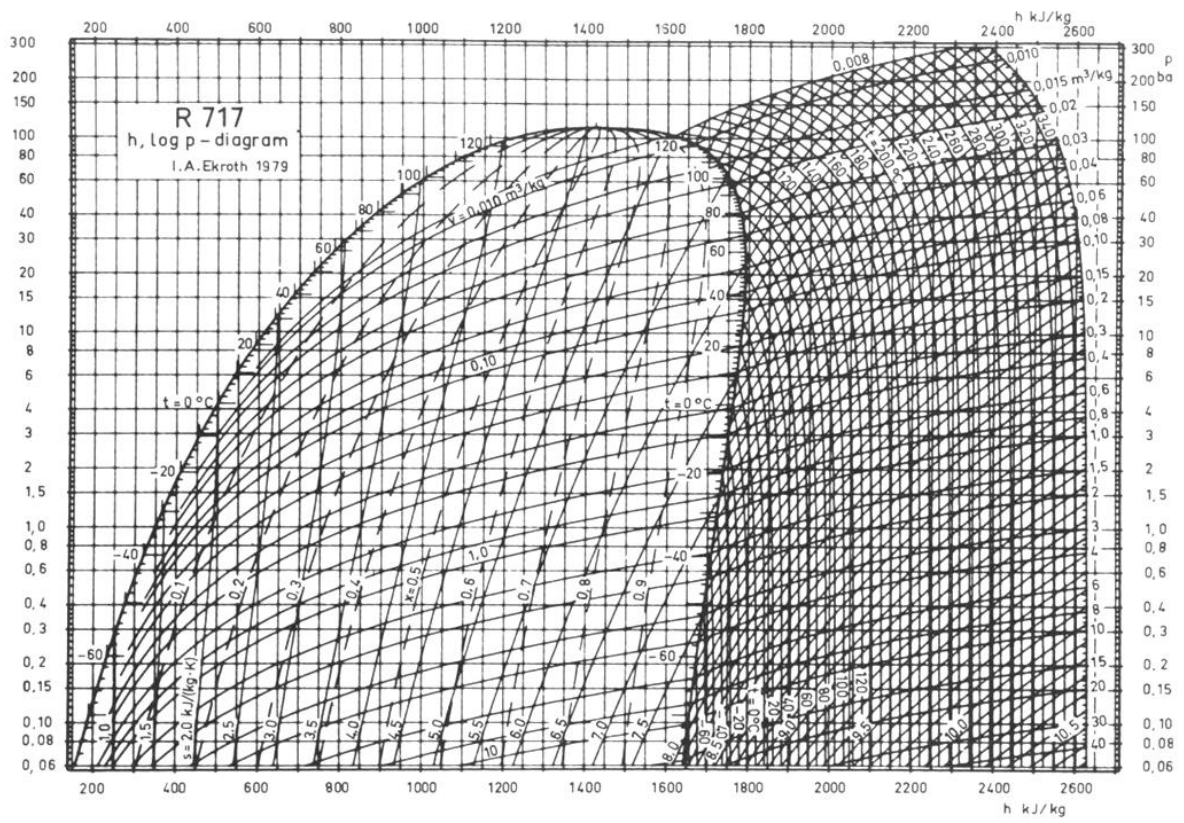


Bilaga 2  
Stomkarta över Skolhusgatan 3 - 5



(Vasa stad Tekniska sektorn / Fastighets- och grönsektorn, 08.03.2011).

Bilaga 3  
Tillståndsdiaqram för R717



(Alvarez, 2003, 1246).

Bilaga 4  
Värdetabell

År	Årlig energikostnad för fjärrvärme	Årlig energikostnad för värmepump	Årlig energiinbesparing vid användning av värmepump
2011	39072€	18346€	20726€
2012	41839€	19777€	22062€
2013	44801€	21319€	23482€
2014	47973€	22982€	24991€
2015	51369€	24775€	26594€
2016	55006€	26707€	28299€
2017	58901€	28791€	30110€
2018	63071€	31036€	32035€
2019	67536€	33457€	34079€
2020	72318€	36067€	36251€
2021	77438€	38880€	38558€
2022	82921€	41913€	41008€
2023	88791€	45182€	43609€
2024	95078€	48706€	46372€
2025	101809€	52505€	49304€
2026	109017€	56600€	52417€
2027	116736€	61015€	55721€
2028	125001€	65774€	59227€
2029	133851€	70905€	62946€
2030	143327€	76435€	66892€
<b>Totalt</b>	<b>1615855€</b>	<b>821172€</b>	<b>794683€</b>

Offert 1

IVT Greenline HE D43 5 st IVT Greenline HE D43 värmepump	64 270,0 €
Arbetstank 500 liter utan slinga	795,0 €
Beredare 750 liter 4 st beredare med fyra slingor	13 400,0 €
Borrning av energibrunn Borrhål 17 x 200 meter Tillkommer +46 €/m rördrivning	67 320,0 €
Kollektor i energibrunnen Värmekälla och installation i energibrunnen	31 280,0 €
Kollektor in till fastigheten Rör och vätska mellan energibrunn och värmecentral	6 440,0 €
Monteringstillbehör	20 000,0 €
Montering	21 000,0 €
Grävarbeten	4 300,0 €
Elpanna 26 kW 2 st elpannor	3 914,0 €
<b>Offereras totalt</b> Inklusive 23 % moms	<b>232 719,0 €</b>

## Offert 2

### Nibe 1330

4 st Nibe 1330 60 kW värmepump

### Elpanna 70 kW

1 st elpannor

### Beredare VPA

3 st VPA 450/300

### Ouhman värmeautomatik

### Cirkulationspump

### Monteringstillbehör

### Montering

Totalt: 98 257,0 €

### Energibrunn

Borrhål 24 x 200 meter

134 400,0 €

### **Offereras totalt**

Inklusive 23 % moms

**232 657,0 €**

Apparatlista solvärmeanläggning

Pos	Benämning
1	El-kassett
4	Bergkollektor/Jordkollektor
15	Utomhustemperaturgivare
19	Växelventil
44	Avstängningsventil
52	Säkerhetsventil
63	Smutsfilter
84	Nivåkärl
85	Expansionskärl
88	Varmvattentemperaturgivare
89	Framledningstemperaturgivare
94	Returtemperaturgivare
96	Elvattenvärmare
116	Solladdpaket
117	Akkumulator med vattenvärmare och solslinga

(Nibe, 13.03.2011).

Apparatlista luftvärmepumpanläggning

Pos	Benämning
VP1	Värmepump
15	Uttemperaturgivare
35	Cirkulationspump
43	Shunt
44	Avstängningsventil
49	Backventil
52	Säkerhetsventil
63	Smutsfilter
76	Avtappningsventil
89	Framledningsgivare
93	SMO 10
94	Returgivare

(Nibe, 14.03.2011).