



**Linnéuniversitetet**

Kalmar Växjö

Examensarbete

# Energirenovering i flerbostadshus

*En jämförelse av; frånluftsvärmeåtervinning,  
spillvattenvärmeåtervinning och solhybrider med  
borrhål*



*Författare: Zackarias Bolling,  
Mohammed Hadrus  
Handledare: Katarina Rupar-Gadd  
Examinator: Michael Strand  
Handledare, företag: Per Wickman,  
EnergiRevisor och Henrik Risberg,  
HögforsGST  
Datum: 2022-06-08  
Kurskod: 2BT01E, 15hp  
Ämne: Bioenergiteknik  
Nivå: Grundnivå*

Institutionen för byggd miljö och  
energiteknik



## Sammanfattning

Globalt utgör byggnader för mer än 40% av världens energianvändning. I EU är 35% av byggnaderna mer än 50 år gamla samtidigt som 75% av dem är energiineffektiva. Byggnader från bland annat det svenska miljonprogrammet, den tid då en miljon bostäder byggdes mellan åren 1965 och 1974 i Sverige, är i behov av att rustas upp och energieffektiviseras för att de inte ska nå slutet av sin tekniska livslängd. I detta projekt jämförs tre energisystem på tre olika fastigheter i södra Sverige. Ett FX-system med fjärrvärmecentral i Lund, en spillvattenanläggning i Växjö och ett äldreboende i Ronneby med solhybrider och borrhål.

Jämförelsen görs bland annat genom en ekonomisk analys med LCC, återbetalningstid och investeringens minskning av primärenergianvändning. Genom en energiteknisk analys har jämförelser fastställts gällande energiförbrukning, potentiell energi att ta vara på ur frånluft och spillvatten samt förändringen av fastigheternas energideklarationer före och efter installation utifrån BBR29 i Boverkets Gripen tillsammans med en certifierad oberoende energiexpert. Jämförelsen har även lyft för- och nackdelar med de olika systemen. FX-systemet med fjärrvärmecentral medför risk för kallras och att obehandlad luft tas in i fastigheten, däremot är installationen enkel om lämplig i fastigheter med frånluftskanaler. Spillvattenanläggningen är beteende beroende och begränsas av en lägsta returtemperatur men möjliggör energiåtervinning ur spillvatten samt att solhybrider med borrhål begränsas av tillgången på användbar mark för installation men producerar både värme och el.

Resultatet av den ekonomiska analysen blev att återbetalningstiden, utan hänsyn till kalkylränta, var kortast för solhybridanläggningen med borrhål som var omkring 9 år medan spillvattenanläggningen hade längst återbetalningstid på 95 år. FX-systemet med fjärrvärmecentral hade en återbetalningstid på 22 år medan endast FX-systemet hade 11 år.

Utifrån den energitekniska analysen minskade solhybridanläggningen med borrhål primärenergitalet från energideklarationen mest med  $61 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ , år motsvarande 33,7%, medan FX-systemet med fjärrvärmecentral minskade med  $24 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ , år motsvarande 21,0%. För spillvattenanläggningen minskade primärenergitalet minst av de tre anläggningarna med  $6 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ , år motsvarande 7,8%. Solhybridanläggningen med borrhål hade det högsta årliga anläggnings COP på 5,3 medan FX-systemet med fjärrvärmecentralen hade 3,9. Lägst årligt anläggnings COP hade spillvattenanläggningen med 3,8. Energin, för de standardiserade frånlufts- och spillvattenflödena, var att frånluften innehöll 2,4 gånger mer energi att ta vara på än spillvattnet. Spillvattnet hade  $26,4 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ , år medan frånluften hade  $64,4 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ .

En av slutsatserna med projektet var att spillvattenåtervinningen inte lämpar sig som första renoveringsåtgärd utan mer som effektivisering av redan energieffektiva byggnader som behöver reducera energianvändningen ytterligare. Installation av solhybrider med borrhål var lönsammast, men begränsas av markyta för borrhålen. FX-systemet lämpar sig för fastigheter med befintligt frånluftssystem.

## Summary

Globally, buildings account for more than 40% of the world's energy use. In the EU, 35% of buildings are more than 50 years old while 75% of them are energy inefficient. Buildings from among other things the Swedish "miljonprogrammet", which notes the time period between 1965 to 1974 during which over a million homes were built, are in need of refurbishment and energy renovation to stop them from reaching the end of their technical lifespan. This project compares three different energy systems applied in energy renovations on three different properties in southern Sweden. An FX-system with a heat distribution system in Lund, a wastewater heat recovery system in Växjö and a nursing home in Ronneby with solar hybrids and boreholes.

The comparison is achieved with among other things, an economic analysis with LCC, payback time and the investment's reduction of primary energy use. Through an energy technical analysis, comparisons have been established regarding energy consumption, potential recoverable energy available in the exhaust air and wastewater. The effect of the installations on the properties' energy declaration was also established based on the National Board of Housing's "Gripen", for BBR29 together with a certified independent energy expert. The comparison also highlights the advantages and disadvantages of the different systems. The FX-system with heat distribution system entails the risk of cold drafts and the intake of untreated air to the property, however, the installation is simple suitable for properties with previously installed exhaust air ducts. The wastewater heat recovery system is behavior dependent and is limited by a minimum return temperature of the wastewater but enables energy recovery from wastewater. The solar hybrids with boreholes are limited by the availability of usable land for the installation but produce both heat and electricity.

The result of the economic analysis was that the payback time, without interest, was the shortest for the solar hybrid system with about 9 years while the wastewater heat recovery system had the longest payback time of 95 years. The FX-system with heat distribution system had a payback time of 22 years while the FX-system alone had a payback time of 11 years.

Based on the energy technical analysis, the solar hybrid system reduced the primary energy use the most with 61 kWh/A<sub>temp</sub>, year corresponding to a 33,7% decrease, while the FX-system with district heating plant decreased by 24 kWh/A<sub>temp</sub>, year corresponding to 21,0%. For the wastewater heat recovery, the primary energy reduced the least of the three energy systems by 6 kWh/A<sub>temp</sub>, year corresponding to 7,8%. The solar hybrid plant with boreholes had the highest annual plant COP of 5,3, while the FX system with the district heating plant had 3,9. The lowest annual plant COP had the wastewater plant with 3,8. The energy, for the standardized exhaust air and wastewater flows, was that the exhaust air contained 2,4 times more energy to utilize than the wastewater. The wastewater had 26,4 kWh/A<sub>temp</sub>, year while the exhaust air had 64,4 kWh/A<sub>temp</sub>.

One of the conclusions of this project was that wastewater heat recovery is not suitable as a first renovation measure, but rather as a streamlining of already energy-efficient buildings that need to further reduce their energy use. Installation of solar hybrids with boreholes was the most profitable but is limited by the required available space for the boreholes. The FX-system is suitable for properties with existing exhaust air system.

# Abstract

I projektet jämförs tre energisystem på tre olika fastigheter i södra Sverige. Ett FX-system med fjärrvärmecentral i Lund, en spillvattenanläggning i Växjö från EU-projektet READY och ett äldreboende i Ronneby med solhybrider och borrhål.

Resultatet av rapporten visade att solhybridanläggningen med borrhål hade lägst återbetalningstid på 9 år medan spillvattenanläggningen hade längst på 95 år. FX-systemet med fjärrvärmecentral hamnade på 22 år medan endast FX-systemet hade en återbetalningstid på 11 år. Störst reduktion av primärenergitalet skedde av solhybridanläggningen med borrhål som reducerade primärenergitalet med 33,7%, spillvattenanläggningen hade minst reduktion med 7,8%. FX-systemet med fjärrvärmecentral minskade primärenergitalet med 21%. Lägst årligt anläggnings COP hade spillvattenanläggningen på 3,8 medan FX-systemet hade 3,9 och solhybridanläggningen hade högst på 5,3. Den tillgängliga energin var 2,4 gånger större i frånluften än spillvattnet.

En av slutsatserna med projektet var att spillvattenåtervinningen inte lämpar sig som första renoveringsåtgärd utan som effektivisering av redan energieffektiva byggnader som behöver reducera energianvändningen ytterligare. Spillvattenanläggningen var beteende beroende och begränsas av en lägsta returtemperatur men möjliggjorde energiåtervinning ur spillvatten. FX-systemet lämpar sig för fastigheter med befintligt frånluftssystem. Installation för värmeåtervinning ur frånluft är enkel om frånluftskanaler finns tillgängligt, men systemet medför risk för kallras och att obehandlad luft tas in i fastigheten. Installation av solhybrider med borrhål var lönsammast och producerar både värme och el till fastigheten, men kan begränsas av den markyta som borrhålen behöver.

*Nyckelord:* Energirenovering av flerbostadshus, energideklaration, primärenergital, spillvattenvärmeåtervinning, frånluftsvärmeåtervinning, solhybrider med borrhål.

# Förord

Rapporten är resultatet av två studenters kandidatuppsats på 15hp, motsvarande tio veckors heltidsstudier, på Energi- & Miljö högskoleingenjörsprogrammet vid Linnéuniversitetet i Växjö. Detta projekt har gjorts utifrån förslag av Per Wickman, certifierad oberoende energiexpert, och Henrik Risberg, ansvarig på hybridvärme på HögforsGST med handledning av universitetslektor och programansvarig för Energi- & Miljö, högskoleingenjör Katarina Rugar-Gadd.

Vi vill rikta ett stort tack till Per Wickman och Henrik Risberg som under projektets gång sett till att platsbesök blivit av och erbjudit oss att få följa med på besiktning och upprättande av energideklarationer på andra fastigheter i Växjö för att ge oss en introduktion till arbetet. Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare Katarina Rugar-Gadd som gett stöttning under projektets gång. Ett stort tack ska även riktas till Martin Skoglund för sitt engagemang under detta projekt som har försett oss med data och bidragit med sin kunskap när vi behövt hjälp med spillvattenanläggningen. Samt tack till alla övriga som bidragit till denna rapport.

Zackarias Bolling & Mohammed Hadrous

# Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Summary	II
Abstract	III
Förord	IV
Innehållsförteckning	V
Ordlista & ekvationer	VII
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Kv. Lärlingen, Lund	3
1.1.2 Kv. Alabastern, Växjö	4
1.1.3 Johannishus, Ronneby	5
1.2 Syfte och mål	7
1.3 Avgränsningar	8
2. Teori	10
2.1 Boverket	10
2.1.1 BBR	10
2.1.2 Energideklaration	10
2.1.3 Energiprestanda & primärenergital	11
2.1.4 BEN	12
2.1.5 Primärenergifaktorer i andra länder	13
2.2 Stöd vid energieffektiviseringsåtgärder	14
2.3 Livscykelkostnader	14
2.4 Normalårskorrigerering	15
2.5 Värmepump	15
2.6 Värmeväxlare	16
2.6.1 Batterivärmeväxlare	16
2.6.2 Spillvattenvärmeväxlare	17
2.7 Frånluftsvärmeåtervinning med värmepump, FX	18
2.7.1 Funktion, FX-system	18
2.7.2 Tidigare studier	19
2.8 Spillvattenvärmeväxlare med värmepump	21
2.8.1 Funktion, SVVX med VP	22
2.8.2 Tidigare studier	23
2.9 Solhybrider, PVT	24
2.9.1 Funktion, solhybrid	24
2.9.2 Tidigare studier	25
2.10 Fjärrvärme	26
2.11 Beskrivning av anläggningssystem	27
2.11.1 Kv. Lärlingen, Frånluftsvärmeåtervinningssystem med fjärrvärmecentral	27
2.11.2 Kv. Alabastern, Spillvattenvärmeåtervinning	28
2.11.3 Johannishus, Solhybrider med borrhål	29
2.12 Energi	30
2.13 Prissättning & Smarta energilösningar	31
2.13.1 Prissättning	31

2.13.2 Smarta energilösningar	32
3. Metod	33
3.1 Metod för att uppnå syfte och mål	33
3.2 Litteraturstudie	34
3.3 Dataanalys & beräkningar	34
3.5 Tillförlitlighet	35
3.5.1 Validitet	35
3.5.2 Reliabilitet	35
3.6 Metodval	35
4. Genomförande	36
4.1 Teori	36
4.1.1 Underlag teori	36
4.1.2 Datainsamling	36
4.2 Energideklarationer & Energibesparing	37
4.2.1 EnergiVision & Energideklarationer	37
4.2.2 Underlag för Energideklarationer	38
4.2.3 Indata för energideklarationer för respektive anläggning	38
4.2.4 Energibesparing	41
4.3 Livscykelkostnader, LCC	41
4.3.1 Beräkning av el- och fjärrvärmepris	42
4.3.2 LCC-parametrar	42
4.3.3 Ekonomisk besparing & Återbetalningstid	43
4.4 Anläggnings SCOP och årligt COP	43
4.5 Energi i spillvatten och frånluft	44
4.5.1 Beräkning av spillvattenenergi	44
4.5.2 Beräkning av frånluftsenergi	45
5. Resultat och analys	46
5.1 För- och nackdelar med systemen	46
5.2 Energideklarationer & Energibesparing	47
5.3 Livscykelkostnader, ekonomisk besparing och återbetalningstid	48
5.4 Anläggnings SCOP och årligt COP	51
5.5 Energi i spillvatten och frånluft	52
6. Diskussion & slutsats	53
6.1 För- och nackdelar med systemen	53
6.2 Energideklarationer	54
6.3 Livscykelkostnader, ekonomisk besparing och återbetalningstid	55
6.4 Anläggnings SCOP och årligt COP	57
6.5 Energiberäkning	58
6.6 Slutsats	59
7. Referenser	62
8. Bilagor	1

## Ordlista & ekvationer

Nedan redogörs för definitioner av begrepp och ekvationer som använts i rapporten.

### Ordlista

$A_{temp}$  – Summa av arean som är uppvärmd till mer än 10°C [1]

Brinevätska – Vätska som inte kan frysa, vanligtvis vatten blandat med glykol eller etanol

Gråvatten – Vatten från diskmaskin, handfat, dusch och tvättmaskin

PV – Photovoltaic (eng.)

PVT – Photovoltaic Thermal (eng.)

Spillvatten – Blandning av grå- och svartvatten

Svartvatten – Vatten ur toalettstolen

SVVX – Spillvattenvärmeväxlare

TVV – Tappvarmvatten

VVB – Varmvattenberedare

VVC – Varmvattencirkulation

VP – Värmepump

### Ekvationer

$$(i) E_{TVV} = \frac{0,35 \times \dot{V}_{KV} \times 55}{\eta_{TVV}}, \text{ se kapitel 2.1.4}$$

$$(ii) E_{TVV} = \frac{\dot{V}_{TVV} \times 55}{\eta_{TVV}}, \text{ se kapitel 2.1.4}$$

$$(iii) COP = \frac{P_f + P_k}{P_k} = \frac{\text{Producerad värme}}{\text{Tillförd el}}, \text{ se kapitel 2.5}$$

$$(iv) \dot{Q}_{12} = \dot{m} \times \bar{c}_p \times \Delta t, \text{ se kapitel 2.12}$$

$$(v) \dot{m} = \rho \times \dot{V}, \text{ se kapitel 2.12}$$

# 1. Introduktion

I introduktionen beskrivs bakgrunden till projektet följt av beskrivning av de tre anläggningarna. Introduktionen innehåller även syfte, mål och avgränsning för projektet.

## 1.1 Bakgrund

Globalt utgör byggnader en tredjedel av världens växthusgasutsläpp och står för mer än 40% av världens energianvändning. I EU är 35% av byggnaderna mer än 50 år gamla samtidigt som 75% av dem är energi ineffektiva. Den mängd växthusgasutsläpp som en byggnad ger i från sig, till följd av energianvändning, sker till 80% i användarfasen. [2], [3], [4]

Den globala primärenergianvändningen förväntas öka med 32% till år 2040, jämfört med 2017. Människor spenderar 90% av sin tid inomhus, där komfort kopplat till system för bland annat värme, ventilation och luftkonditionering är viktigt och gör byggnader till världens största energikonsument. [2], [4]

EU har, genom sitt åtagande enligt Parisavtalet, som mål att nå klimatneutralitet till 2050. EU:s strategi, *Den europeiska gröna given* från 2019, är en samling politiska initiativ med syfte att underlätta för en grön omställning för att nå klimatneutralitet. Ett av initiativen i den gröna given är 55%-paketet, *Fit for 55*, som har som syfte att få den gröna givens mål och ambitioner till lagstiftning. I 55%-paketet ingår bland annat en översyn av direktivet om byggnaders energiprestanda. [5]

Sedan maj 2021 gäller förordningen om en europeisk klimatlag [6] som innebär att det är en rättslig skyldighet för EU och medlemsländerna att nå klimatneutralitet till 2050. Det innebär även att minska nettoutsläppen av växthusgaser fram till 2030 med minst 55% jämfört med 1990. [5]

Endast 1% av EU:s byggnadsbestånd genomgår renovering som påverkar energiprestandan. Av de dagens befintliga byggnader förväntas 85-95% av dem vara i bruk ända fram till 2050. Som följd av den gröna given presenterade kommissionen meddelandet ”En renoveringsvåg för Europa” i oktober 2020 som innehöll förslag till åtgärder gällande byggnader [7], [8]:

- Utsläppen från byggnadsbeståndet ska minska med 60%, jämfört med utsläppsnivåerna från 1990.
- Renoveringstakten av byggnaderna i EU ska minst dubblas till år 2030 och förväntar sig 35 miljoner renoverade byggnadsenheter tills dess.
- Den slutgiltiga energianvändningen från byggnadssektorn behöver minska med 14% jämför med 2015.

- Energianvändningen för uppvärmning och kylning ska minska med 18%.

Det är direktivet 2010/31/EU [9] som bland annat lade grunden för energihushållningsreglerna för nya byggnader samt energideklarationsreglerna [10]. De senaste ändringsförslagen till direktivet presenterades i december 2021 [11], [12]. Kommissionen föreslår att renoveringsplaner ska ske på nationell nivå för att nå noll-emissionsbyggnader till 2050. [13]

Begreppet noll-emissionsbyggnad är nytt i direktivet med definitionen ”en byggnad med mycket god energiprestanda och mycket lågt energibehov, där den låga mängden energi som krävs ska komma från produktion av förnybar energi”. Energiklasser från A till G ska harmoniseras mellan medlemsländerna genom att A ska innebära uppnått krav för noll-emissionsbyggnad medan energiklass G ska utgöras av de 15% sämsta byggnaderna nationellt. Energideklarationer får högre ställda krav gällande innehåll samt att fler byggnader omfattas av dessa krav. [13]

Miljonprogrammet, den tid då en miljon bostäder byggdes mellan åren 1965 och 1974 i Sverige, som idag nästan utgör 20% av Sveriges befintliga bostadsbestånd. Självdrag eller frånluftssystem används hos 85% av beståndet i Sverige [14]. Sedan början av 50-talet hade bostadsbyggandet stadigt ökat och det uttalade målet om att fortsätta höja takten för bostadsproduktionen kom att bli uttrycket *miljonprogrammet*. Det år det byggdes flest bostäder var 1970 med nästan 110 000 nya bostäder, av dessa var det ca 75 000 lägenheter i flerbostadshus och resterande 35 000 var småhus. Lägenheter som byggdes under miljonprogrammet var oftast ändamålsenliga och välplanerade. För att fastigheterna idag inte ska nå sin tekniska livslängd behöver de rustas upp och energieffektiviseras genom att utföra stambyte och förnyelse av elinstallationer, ventilation, fasad, balkong samt fönster. [15]

I flerbostadshuset kv. Lärlingen i Lund har Lunds Kommuns Fastigheter AB, LKF, tillsammans med HögforsGST installerat ett frånluftsvärmeåtervinningssystem med fjärrvärmecentral. I kv. Alabastern i Växjö har Växjöbostäder via EU-projektet READY [16] installerat spillvattenvärmeåtervinning från Evertherm i ett flerbostadshus. I Ronneby har Ronnebyhus installerat solhybrider med borrhål på äldreboendet Johannishus.

Idag saknar branschen en jämförelse över vilket typ av system som kan vara lämpligast vid energirenovering av äldre flerbostadshus [17], [18].

### 1.1.1 Kv. Lärlingen, Lund

Kvarter Lärlingen i Lund är ett flerbostadshus byggt 1946 bestående av 24 lägenheter fördelat på fyra trappuppgångar och tre våningar med en total  $A_{temp}$  på 1739 m<sup>2</sup>, se figur 1. I projektet analyserades anläggningen installerad under sommaren 2019. För detaljerad fastighetsdata se tabell 1. [18]

Anläggningen består av ett frånluftsventilationssystem med värmeåtervinning, FX-system, och en fjärrvärmecentral av märke HögforsGST och är en systemlösning. Investeringen för anläggningen var 850 000 kr exkl. moms och driftsattes i januari 2020. Underhåll består av filterbyte för F-systemet på ca 1 000 kr var sjätte månad inklusive arbetskraft, motsvarande totalt 2 000 kr/år. [18]



Figur 1. Bild över kv. Lärlingen i Lund, använd med tillstånd av Lunds kommuns fastighets AB, LKF.

Tabell 1. Detaljerad data för fastigheten på Kv. Lärlingen.

Nybyggnadsår	1946
Klimatort	Lund
Typkod	320 – Hyreshusenhet, bostäder
Antal våningsplan ovan mark	3
Antal källarplan	1
Antal trapphus	4
Antal lägenheter	24
$A_{temp}$ (m <sup>2</sup> )	1739
Typ av yttervägg (Schablon $U_m$ )	Helt av sten, lättbetong eller tegel
Typ av ventilation	F-system med återvinning
Värmesystem	Fjärrvärme / Frånluftsvärmeåtervinning med VP
Datum Energiuppgifter (år)	2021
Fastighetsel (kWh/år)	9 500 <sup>1</sup>

El till värmepump (kWh/år)	33 600 <sup>2</sup>
Värme (TVV + Rad.), <b>köpt</b> (kWh/år)	111 080 <sup>2</sup>
Vattenförbrukning (varm + kall)	3 032 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bestämd genom fläkteffekt, 7500 kWh [18], och belysning, 2000 kWh/år [17]. (Före installation 13 500, p.g.a. äldre fläkt). [17], [18]

<sup>2</sup> Avser efter åtgärd, se bilaga 2.

<sup>3</sup> Uppskattad vattenförbrukning, se kapitel 4.2.4.1.

### 1.1.2 Kv. Alabastern, Växjö

Kvarter Alabastern i Växjö består av fastigheter byggda 1966-68 och renoverade 2015-2018, se figur 2. Projektet utgår från Nydalavägen 22 med 36 lägenheter där en spillvattenvärmeväxlare med värmepump installerats av Evertherm under 2020 för återvinning av fastighetens spillvatten. På fastigheten installerades även, i samband med renoveringen, solhybrider och återvinning av ventilationsvärme, FTX. Investeringen för anläggningen var 1 711 566 kr exkl. moms och driftsattes februari 2020 [19]. Underhåll uppgår till 3 730 kr/år. För detaljerade fastighetsdata se tabell 2. [16]

Anläggningen använder sig av en värmepump och en värmeväxlaranordning nedsänkt i en kollektortank på 4 m<sup>3</sup> innehållandes spillvatten. Spillvattnet från fastigheten samlas upp i en pumpgrop under marken där spillvattnet finfördelas. En bufferttank finns installerad för utjämning av flödesvariationer. I kollektortanken sitter värmeväxlaren påkopplad en värmepump. Med hjälp av bufferttanken kan uppehållstiden för spillvattnet maximeras för att få ut så mycket energi som möjligt. Värmen lagras i två ackumulatortankar på 0,75 m<sup>3</sup> vardera. Anläggningen på Nydalavägen 22 använder sig av spillvatten från totalt 39 lägenheter varav några är från Nydalavägen 20, det närliggande flerbostadshuset. [19], [20]



Figur 2. Bild från platsbesök på Nydalavägen 22, kv. Alabastern i Växjö.

Tabell 2. *Detaljerad okorrigerade data för fastigheten på Kv. Alabastern.*

Nybyggnadsår	1968
Klimatort	Växjö
Typkod	320 – Hyreshusenhet, bostäder
Antal våningsplan ovan mark	3
Antal källarplan	1
Antal trapphus	4
Antal lägenheter	36
Atemp (m <sup>2</sup> )	2 646
Typ av ventilation	FTX
Värmesystem	Fjärrvärme / Spillvattenvärmeåtervinning med VP
Datum Energiuppgifter (år)	2021
Fastighetsel (kWh/år)	24 309 <sup>1</sup>
El till pumpar och VP (kWh/år)	18 699 <sup>2</sup>
Värme (TVV + Rad.), <b>köpt</b> (kWh/år)	191 174 <sup>3</sup>
Vattenförbrukning (varm)	1 019 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Se kapitel 4.2.4.2.

<sup>2</sup> Avser efter åtgärd, se bilaga 9.

<sup>3</sup> Avser efter årgärd, se bilaga 8.

<sup>4</sup> Uppmätt för 2021. [19]

### 1.1.3 Johannishus, Ronneby

Johannishus i Ronneby består av sex fastigheter med totalt 93 lägenheter fördelat på äldreboende och förskola, se figur 3, byggda 1930 och renoverade 1978, 2010 och 2018. Total  $A_{temp}$  är 5 099 m<sup>2</sup>. I projektet analyseras installationen av solhybrider med bergvärmepump och borrhål som driftsattes 2018. För detaljerade fastighetsdata se tabell 3. [21], [22]

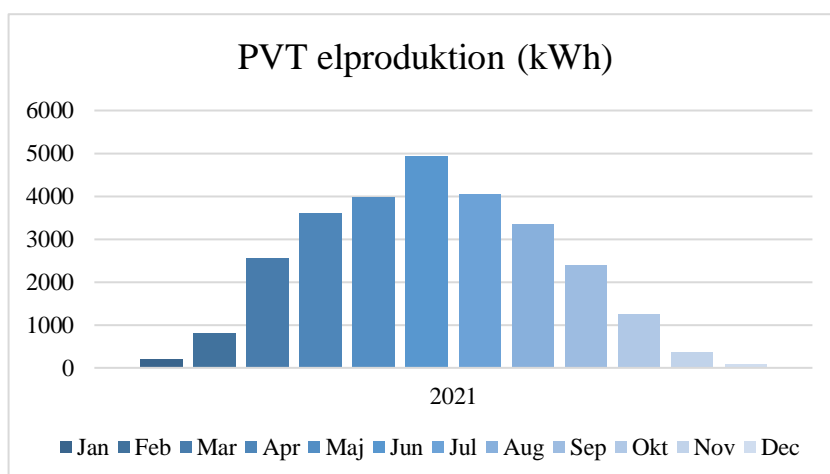
Anläggningen består av 104 paneler med underliggande kylkrets på fastighet 1 i figur 3 med system för tillvaratagande av värmen till 17 borrhål för att kyla av panelerna. Investeringen för anläggningen var 2 950 000 kr exkl. moms med uppskattad årlig underhålls- och reparationskostnad på 8000 kr. [21]

Fastigheten är idag helt frånkopplad fjärrvärmenätet och som reserv till värmepumparna används elpatroner vid eventuellt hög värmeförbrukning. [21]



Figur 3. Johannishus i Ronneby, översta bilderna visar hus 1 och den nedre vänstra bilden visar hus 1A på kartan. Kartan använd med tillstånd från Lantmäteriet.

År 2021 producerade PVT på Johannishus 27 525,2 kWh el, se figur 4.



Figur 4. Elproduktion från solhybrid, omarbetad bilaga 15.

Tabell 3. *Detaljerad data för fastigheten på Kv. Johannishus.*

Nybyggnadsår	1930 / 1978
Klimatort	Ronneby
Typkod	823 – Specialenhet, vårdbyggnad
Antal våningsplan ovan mark	2
Antal trapphus	0
Antal lägenheter	81
Atemp (m <sup>2</sup> )	5 099 <sup>1</sup>
Typ av yttervägg (Schablon U <sub>m</sub> )	Helt av sten, lättbetong eller tegel
Typ av ventilation	FTX
Värmesystem	Bergvärme och solvärme med VP
Datum energiuppgifter (år)	2021
Fastighetsel (kWh/år)	139 742 <sup>2</sup>
Värmebehov (kWh/år)	833 710 <sup>3</sup>
El till värmepump (kWh/år)	184 000 <sup>4</sup>
Vattenförbrukning	3 232 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Avser samtliga fastigheter.

<sup>2</sup> Uppskattad av certifierad oberoende energiexpert [17].

<sup>3</sup> Beräknad från bilaga 17.

<sup>4</sup> Verklig elförbrukning, se bilaga 16.

## 1.2 Syfte och mål

Syfte med projektet är att jämföra tre olika energisystem för reduktion av energianvändning i flerbostadshus för att fungera som underlag för framtida beslut gällande energieffektiviseringsåtgärder. Energisystemen avser frånluftsvärmeåtervinning med fjärrvärmecentral i kv. Lärlingen i Lund, spillvattenvärmeåtervinning med värmepump i kv. Alabastern i Växjö och solhybrider med värmepump och borrhål i Johannishus i Ronneby

Jämförelsen ska göras med hjälp av ett LCC verktyg från Upphandlingsmyndigheten samt energideklarationer utifrån basdata för fastigheten före och efter renoveringsåtgärd för respektive fastighet enligt BBR29 genom beräkningsprogrammet EnergiVision och Boverkets Gripen, tillsammans med certifierad oberoende energiexpert. Platsbesök på de tre fastigheterna ska genomföras med fastighetsskötare och installationsansvariga.

Målet med projektet är att jämföra de tre olika anläggningarna ur ett ekonomiskt- och energitekniskt perspektiv och kunna fastställa;

- Skillnaden mellan möjlig energi att ta vara på ur frånluft och spillvatten, baserat på standardiserade flöden.

- Hur primärenergitalet påverkas efter installation av respektive energisystem.
- Total energianvändning och procentuell förändring av fastighetens energianvändning per uppvärmd area,  $A_{temp}$ .
- Livscykelkostnader utifrån Upphandlingsmyndighetens LCC-verktyg. Återbetalningstid med avseende på ekonomisk besparing samt kostnad för drift och underhåll. Utan hänsyn till returtemperatur- och flödestaxor.
- Anläggnings SCOP och årligt COP.
- Tre för- och nackdelar med varje system.

### 1.3 Avgränsningar

Avgränsningar görs för att minska breddningen på projektet, som avser tio veckors heltidsstudier för två studenter och begränsas därmed i tid, därav följande avgränsningar;

- I projektet analyseras endast tre fastigheter vad gäller de tre olika energisystemen. Avgränsningen avser att endast jämföra FX-system med fjärrvärmecentral, spillvattenvärmeåtervinning och solhybrider med borrhål på tre fastigheter.
- Undersökning av värmeåtervinning ur frånluft, som ett system, begränsas till viss del eftersom den installerade fjärrvärmecentralen i kv. Lärlingen tas med i de ekonomiska och energitekniska beräkningarna. FX-systemet och fjärrvärmecentralen ses som ett komplett system som undersöks i rapporten.
- Ingen hänsyn tas till eventuella förluster hos systemen. Detta hade krävt ytterligare analyser och mätuppställningar vilket inte varit möjligt att genomföra på grund av tidsbegränsningen.
- Systemens restvärde och miljöpåverkan vid sluthantering analyseras inte i denna rapport.
- Nyttjandetid har begränsats till 15 år vilket motsvarar uppskattad livslängd för bland annat värmepumpar och övriga pumpar. För en mer representativ nyttjandetid för hela systemet hade ett byte och en ny mindre investering behövt tilläggas för att ersätta värmepumpar och övriga pumpar efter 15 år. Det ska tilläggas att exempelvis borrhål kvarstår under längre tid.
- Vid beräkning av energi att ta vara på ur de olika energimedierna avgränsas rapporten i att inte göra en analys för mängden solenergi som solhybrider kan ta vara på då detta blir för omfattande för denna rapport. Beräkning har endast genomförts för energin i spillvatten och frånluften.
- Beräkningen av möjlig energi att ta vara på ur spillvatten och frånluft, teoretisk mängd, begränsas även i noggrannhet och har valt att endast göras

som en uppskattning eller fingervisning. På grund av tidsbegränsningen har bland annat spillvatten antagits ha liknande egenskaper som vanligt vatten då inga analyser för dess faktiska sammansättning kunnat göras.

- Den teoretiska mängden energi som är möjlig att ta vara på ur spillvatten och frånluft begränsas genom att inte kontrollera och jämföra mot verkliga värden från anläggningarna.
- Vid den ekonomiska kalkylen har eventuella fjärrvärmesaxor till följd av icke-optimal hantering av mottagen fjärrvärme tagits hänsyn till, då kostnaderna bedömts vara ortsberoende och som inte har kunnat göra likvärdigt för de tre fastigheterna.
- Spillvattenanläggningen vid kv. Alabastern avgränsas genom att utgå från att allt spillvatten endast tillförs från Nydalavägen 22, egentligen kommer det lite från Nydalavägen 20 också. Värmeåtervinningen sker från 39 lägenheter.

## 2. Teori

Nedan presenteras grundläggande teori och begrepp som ligger till grund för rapportens utförande, resultat, diskussion och slutsats.

### 2.1 Boverket

Boverket tillhör Finansdepartementet och är en förvaltningsmyndighet för frågor gällande bland annat samhällsplanering och byggd miljö. De förvaltar boende, bebyggelse samt bostadsfinansiering och arbetar med att ta fram föreskrifter, administrering av statliga stöd och bidrag, ansvarar för tillsyn av energideklarationer och tillämpning av plan- och bygglagen. De arbetar även för att sprida kunskap inom sektorsområdet samt följa miljömålet God bebyggd miljö. Boverkets arbete grundar sig i plan- och bygglagen, miljöbalken och bostadsförsörjningslagen. [23], [24]

Enligt *Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader*, som trädde i kraft första oktober 2006, anges bland annat att Boverket ansvarar för att föra register över genomförda energideklarationer och att behörigheten som krävs för detta ska beslutas av Boverket. [25], [26]

#### 2.1.1 BBR

Boverkets byggregler (2011:6), BBR, innehåller allmänna råd och föreskrifter gällande krav ur plan- och bygglagen, PBL, samt plan- och byggförordningen (2011:338), PBF. BBR innehåller regler om tekniska egenskapskrav i plan- och bygglagen (2010:900), PBL. BBR gäller för nybyggnation eller vid ändring av befintlig byggnad och innehåller bland annat regler om tekniska egenskapskrav ur PBL. [27]

BBR29 är den senast versionen och beslutades 30 juni 2020 av Boverket, som kontinuerligt uppdaterar byggreglerna. I BBR anges bland annat geografisk justeringsfaktor, viktningsfaktorer för olika energislag samt nybyggnadskrav gällande primärenergital för småhus, flerbostadshus och lokaler. Kravet för flerbostadshus är 75 kWh/m<sup>2</sup> enligt gällande BBR29, medan det var 85 kWh/m<sup>2</sup> för BBR26. Primärenergifaktorerna har ändrats i BBR29 som nu tilldelar fjärrvärmefaktorn 0,7 och el faktorn 1,8 jämfört med BBR25 till och med BBR28 som hade 1,0 för fjärrvärme och 1,6 för el. [28]

#### 2.1.2 Energideklaration

Energideklaration är ett dokument innehållande uppgifter gällande byggnadens energianvändning, som ger en överblick över dess energistatus och inomhusmiljö. Deklarationen är giltig i 10 år och det är byggnadsägarens skyldighet att upprätta en ny. De byggnader som ska ha en gällande energideklaration är [29]:

- Byggnader som ofta besöks, med golvarea större än 250 m<sup>2</sup>.

- Byggnader med tillåten nyttjande rätt, exempelvis hyresrätt eller bostadsrätt.
- Nybyggnationer eller byggnader som ska säljas.

Det finns undantag för vilka byggnader som inte behöver energideklareras [29]:

- Byggnader med inomhustemperatur mindre än 10°C.
- Industrianläggningar och verkstäder.
- Bostadshus som inte används mer än fyra månader per år, alternativt om bostaden används under en begränsad del av året och om energianvändningen beräknas vara mindre än 25% av helårsanvändningen.
- Byggnader mindre än 50 m<sup>2</sup>.

Från och med första januari 2014, innehåller energideklarationer energiklasser som är en skala från A till G, tidigare angavs istället energinivåer. Energiklass A representerar den lägsta energianvändningen för en byggnad, medan G representerar den högsta. Energiklasserna är procentuella intervall med krav för en ny byggnad som utgångspunkt. Genom Boverkets byggregler, BBR, fastställs minimikravet för en byggnads energiprestanda uttryckt i primärenergital [30]. Energiklass C tilldelas byggnader som har mer än 75% upp till 100% energianvändning för en ny byggnad. Energiklass A tilldelas byggnader med maximalt 50% energianvändning av en ny byggnad. Byggnadens energiprestanda uttrycks från och med första januari 2019 i termer av primärenergital, istället för specifik energianvändning som det var tidigare. [31]

I energideklarationen anges bland annat energiklass, energiprestanda (primärenergital), nybyggnadskrav vad gäller energianvändning, typ av värmesystem, uppvärmd area  $A_{temp}$ , radonmätning, obligatorisk ventilationskontroll (OVK) samt åtgärdsförslag från energiexperten för att minska byggnadens energianvändning. [31]

### 2.1.3 Energiprestanda & primärenergital

En byggnads energiprestanda är ett mått på hur bra energirelaterade egenskaper byggnaden har, vilket inkluderar byggnadens installations- och byggnadstekniska egenskaper. Byggnadens energiprestanda anges med ett primärenergital, som avgör den energiklass som erhålls vid energideklarationen. Primärenergitalet, och därmed energiprestandan, fastställs genom att bestämma byggnadens energianvändning. [30], [32]

Energianvändningen definieras som mängden levererad energi till byggnaden vid normalt brukande under ett normalår och anges i antal kWh/år. Inkluderad energi är för tappvarmvatten, uppvärmning, komfortkyla och fastighetsel. Resterande energi benämns som hushållsenergi i bostäder, exempelvis

elförbrukning för tvättmaskin och spis. För lokaler benämns den resterande energin som verksamhetsenergi, exempelvis elförbrukning för maskiner och apparater för lokalverksamheten. [30], [32]

Primärenergi är ett mått på den totala energimängd som går åt för att producera energin som byggnaden använder. Levererad mängd energi till slutanvändaren förutsätter mer energi initialt, primärenergi, till följd av omvandlingsprocesser och förluster. Byggnadens primärenergital beror på vilka energibärare som använts. De olika energibärarna har tilldelats viktningsfaktorer, även kallad primärenergifaktorer, som anger den mängd energi som måste tillföras för att leverera en viss mängd kWh el till byggnaden. Primärenergifaktorn för fjärrvärme är 0,7 och för el är faktorn 1,8. Det innebär att vid deklARATIONEN så tilldelas det 80% mer energianvändning för byggnader som använts sig av el, med byggnader med uppvärmning via fjärrvärme tilldelas 0,7 kWh för varje använd kWh. [30], [31]

#### 2.1.4 BEN

Byggherren eller den certifierade energiexperten använder sig bland annat av *Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår*, BEN, för att fastställa en byggnads energianvändning. Detta görs genom mätning eller beräkning och det är föreskriften som anger de faktorer som ska beaktas samt hur brukarnas energianvändning hanteras. Detaljerade värden är inte alltid tillgängliga vid upprättande av energideklARATIONER, BEN anger olika sätt att hantera detta. Eftersom fastställd energianvändning ska reflektera byggnadens tekniska egenskaper och inte hur brukarna faktiskt använder byggnaden, bestäms därför energianvändningen baserat på ett standardiserat brukande som kallas för *normalt brukande*. Fördelen är att det möjliggör för jämförelser av byggnader eftersom brukarnas användning normaliseras. Den senaste versionen är BEN3 som beslutades 12 juni 2018 och innehåller endast några få tillkomna kommentarer för BEN2. BEN anger bland annat normalisering av energi till tappvarmvatten, för flerbostadshus beräknas energin som  $25 \text{ kWh} * A_{\text{temp}}$  medan småhus har faktorn  $20 \text{ kWh}/A_{\text{temp}}$ . Enligt BEN2 kan 10% reduceras från  $25 \text{ kWh}/A_{\text{temp}}$ , år till 22,5 om energieffektiva sanitetsarmaturer installeras [33], såsom effektiva blandare [17]. Det normaliserade schablonvärdet är det som används i energideklARATIONEN även om det inte överensstämmer med det verkliga värdet. Schablonvärden används för att kunna jämföra byggnaders energiprestanda med varandra, på så sätt jämförs byggnader oberoende brukare. [30], [32], [33]

För att normalisera energi för varmvattenanvändning, då energi till tappvarmvatten är okänd, behöver antingen mängden kallvattenvolym eller tappvarmvattenvolym vara känd. Verkningsgrad för beredning av tappvarmvatten behöver anges, omkring 97% är en vanlig uppskattning [17], [18]. Enligt BEN2 används följande ekvationer, beroende på vilken

vattenvolym som är känd, för beräkning av energi för varmvattenanvändningen. [33]

$$(i) E_{TVV} = \frac{0,35 \times \dot{V}_{KV} \times 55}{\eta_{TVV}}$$

$$(ii) E_{TVV} = \frac{\dot{V}_{TVV} \times 55}{\eta_{TVV}}$$

där

$E_{TVV}$  = Energi för tappvarmvatten [kWh/år]

$\dot{V}_{KV}$  = Uppmätt kallvattenvolym [ $m^3/\text{år}$ ]

$\dot{V}_{TVV}$  = Uppmätt tappvarmvattenvolym [ $m^3/\text{år}$ ]

$\eta_{TVV}$  = Årsverkningsgrad för beredning av tappvarmvatten

Ekvation (i) används då kallvattenvolymen är känd, där BEN2 standardiserar tappvarmvattenmängden till 35% av total vattenanvändning. Faktorn 55 kWh/ $m^3$  används för att omvandla vattenvolymen till energimängd. För att normalisera byggnadens vattenanvändning subtraheras den beräknade energin för tappvarmvatten enligt ekvation (i) eller (ii) från den totala värmeenergin. Därefter adderas ett normalt brukande av tappvarmvatten som är 25 kWh per  $A_{temp}$  och år. [33]

#### 2.1.5 Primärenergifaktorer i andra länder

I en artikel av Latošov et al. [34], som redogör för primärenergifaktorer i Estland med syfte att beräkna en faktor för fjärrvärme, fastställdes det att primärenergifaktorn för fjärrvärme borde varit 1,0. I Estland var den tilldelade faktorn för fjärrvärme istället 0,9 medan faktorn för el var 2,0 [35]. Genom en statistisk fördelning av olika bränsleslag som användes vid de utvärderade fjärrvärmeanläggningarna, erhöll Latošov et al. den beräknade primärenergifaktorn för fjärrvärme på 1,0. Eftersom fjärrvärmeanläggningarna använde olika bränslen kunde därmed primärenergifaktorn för fjärrvärme variera mellan 0,55 och 1,3 beroende på värmeproduktionslösning och mängd förnybara bränslen i Estland. [34]

Primärenergifaktorn för fossila bränslen i Estland var 1,0 och för fasta biobränslen såsom, trä, briketter och pellets var det 0,75 medan den faktorn var mellan 0,0 till 0,3 i Tyskland, Italien, Serbien, Frankrike, Spanien, Slovenien och Tjeckien [34]. Enligt det danska "Byggningsreglementet" används 1,9 som primärenergifaktor för el och 0,85 för fjärrvärme [36].

Finland använder primärenergifaktorn 1,7 för el och 0,7 för fjärrvärme. Medelvärde för Europa 2015, baserat på data från 17 länder för el och 13 länder för fjärrvärme, var 2,6 för el och 1,2 för fjärrvärme. [37]

Enligt Noris et al. [38] är viktningsfaktorerna för primärenergital politiskt influerade och har en stark påverkan för vilka energisystem som mest troligt kommer att användas i nollenergihus.

## 2.2 Stöd vid energieffektiviseringsåtgärder

Stöd kan ges på EU-nivå för energieffektiviseringsåtgärder vid renovering. Stöden finansieras genom bland annat *European Structural and Investment Funds* (ESIF), *the European Fund for Strategic Investments* (EFSI) och *Horizon 2020* med fler. [39]

Bland utdelade stöd hör projektet READY, som var ett EU-finansierat projekt med ett "whole city approach" för att undersöka bland annat olika energieffektiviseringsåtgärder vid renovering i Sverige, Danmark och Litauen. Kv. Alabastern i Växjö är en av de fastigheter som genom projektet har energirenoverats och har bland annat försetts med ny fjärrvärmecentral, installation av spillvattenvärmeåtervinning, solhybrider samt från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning, FTX. För spillvattensystemet har stöd för halva investeringsbeloppet utdelats, €79 000. [16], [40]

Tidigare har det funnits stöd för energieffektivisering av flerbostadshus i Sverige men som avvecklats efter beslut om ny statlig budget för 2022. Stöd kunde då sökas av fastighetsägaren för energieffektiviseringsåtgärder i flerbostadshus med ett primärenergital över 100 kWh/m<sup>2</sup> år samt att åtgärden förbättrar energiprestandan med minst 20%. För beviljat stöd krävs även att den som utför åtgärderna genom aktiv samverkan bidrar till utbildning av yrkesarbetande med relevanta gymnasieskolor och Arbetsförmedlingen. Stöd ges endast till åtgärder som inte har påbörjats innan ansökan lämnats in. Begränsning fanns i stödet vad gäller att det inte fick ges till åtgärder där huvudsaklig energibärare byttes från fjärrvärme till el. [41]

## 2.3 Livscykelkostnader

LCC står för *Life Cycle Costs*, livscykelkostnader, och är ett ekonomiskt verktyg och jämförelsemetod som undersöker totalkostnaden för en genomförd eller planerad investering. Totalkostnaden innefattar samtliga kostnader under hela livslängden, som till stor del utgörs och påverkas av grundinvestering, drift- och underhållskostnad för systemet, kalkylränta, nyttjandetid och restvärde. Genom att jämföra olika investeringar med hjälp av LCC-metoden kan man ta reda på vilken investering som mer eller mindre är lönsammast av alternativen, metoden anger däremot inte om en investering är lönsam i sig. [42], [43], [44]

LCC-verktyget framtaget av Upphandlingsmyndigheten är ett verktyg för att skapa en totalbild över kostnader för exempelvis en anläggnings hela nyttjandetid. Beräkningen tar hänsyn till grundinvestering samt drift- och underhållskostnader. Även möjlighet för slutvärdeskostnad finns. [44]

## 2.4 Normalårskorrigerig

För att normalisera en exempelvis ovanligt kall eller varm vinter som leder till högre uppvärmningskostnader används normalårskorrigerig. Med normalårskorrigerig kan en byggnads värmebehov normaliseras. I Sverige används normalårskorrigerig i BEN för normalisering av fastighetens klimatberoende energianvändning. [33], [45]

Genom SMHI:s energi-index tas hänsyn till varierande väderförhållande under valda tidsperioder. Beräkningar av energi-index baseras på olika fördefinierade typhus, som exempelvis flerbostadshus eller kontor från olika byggnadsår. Typhusen representerar ett brett urval av byggnader. SMHI:s graddagar tar istället hänsyn för hur temperaturen varierar mellan dag, månad eller år utifrån en normalårstemperatur. Normalårskorrigerig genom SMHI:s energi-index och graddagar är en betald tjänst. [45]

Genom normalisering av väderförhållanden fann Shin et al. [46] att energibesparingen för en energireovering av en militärbas i Texas, USA, ökade från 37% utifrån uppmätt data till 45% från den kalibrerade simuleringen. Den kalibrerade simuleringen baserades på ett typiskt meteorologiskt år, som är det genomsnittliga vädret över en specifik period. Metoden lämpas för utvärdering av energibesparingsåtgärder under utformningsfasen. [46]

## 2.5 Värmepump

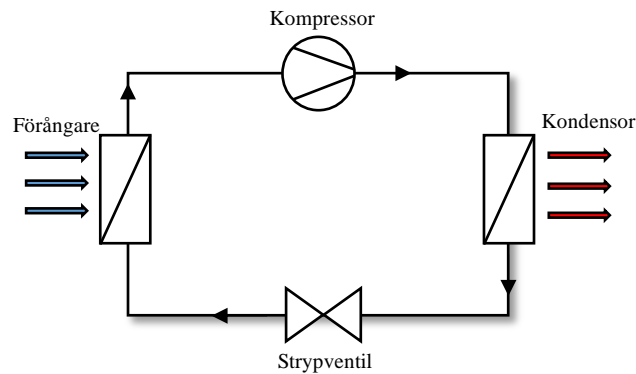
Värmepumpar bygger på energiöverföring med hjälp av ett cirkulerande flytande köldmedium, se figur 5, som förångas vid lågt tryck och låg temperatur, omkring  $-10^{\circ}\text{C}$ . Systemet utnyttjar tillgänglig gratis värmeenergi från exempelvis frånluft eller bergvärme för att förångas köldmediet till kall gas i förångaren. I kompressorn användas el för att komprimera gasen som får en förhöjd temperatur med det ökande trycket. Den varma gasen kyls ned i kondensatorn till varm vätska genom att värmväxlas mot antingen luft eller vatten som är ansluten till byggnadens värmesystem. Det varma köldmediet passerar slutligen en strypventil som sänker trycket och därmed även köldmediets temperatur. Värmefaktorn,  $\epsilon$ , vanligare benämnd som COP, Coefficient Of Performance, anger värmepumpens verkningsgrad. COP för värmepumpar är vanligen i storleksordningen 3-4 och beräknas enligt [47]:

$$(iii) \text{ COP} = \frac{P_f + P_k}{P_k} = \frac{\text{Producerad värme}}{\text{Tillförd el}}$$

Där;

$P_f$  = upptagen värme vid förångaren [W].

$P_k$  = el tillförd kompressorn [W].



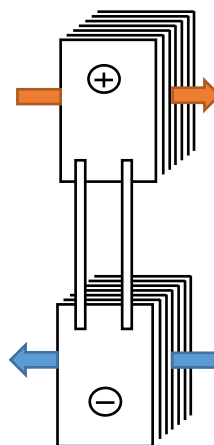
Figur 5. Principskiss värmepump, omarbetad [47].

## 2.6 Värmeväxlare

### 2.6.1 Batterivärmeväxlare

Återvinningen av energi i ventilationssystem görs på olika sätt, här redogörs för principen som använts i kv. Lärlingen.

Batterivärmeväxlare, eller luft-vätskeväxlare, fungerar genom att låta varm frånluft passera ett vätskebatteri. Systemet bygger på en vätskekrets kopplade mellan en eller två värmeväxlare där vätska cirkulerar i vätskebatteriet och tar upp värmeenergin från den utgående luften, se figur 6. Den uppvärmda vätskan kan användas för att värma den kalla tilluften eller, likt anläggningen i kv. Lärlingen, anslutas till ett värmepumpssystem där värmen växlas över till en värmepump. Vätskekretsen består av en frysskyddad vätska, som ofta benämns *brinevätska*. [18], [48]



Figur 6. Principskiss på uppställning av batterivärmeväxlare, omarbetad [18], [48].

## 2.6.2 Spillvattenvärmeväxlare

Återvinningen av energi ur spillvatten kan göras på flera olika sätt, här redogörs för principen använd på kv. Alabastern.

Den tekniska designen för spillvattenvärmeväxlare, SVVX, varierar i utformning och material men med liknande funktion. Spillvattnets sammansättning påverkar valet av material för designen av SVVX. Värmeväxlare är typiskt gjorda av metall på grund av god ledningsförmåga. Funktionen grundas i att föra över värme från det utgående spillvattnet till det ingående kallvatten utan blandning. [49]

Värmeväxlarelementet som används vid kv. Alabastern består av två parallellt sammanfogade plattor av ett polymeriskt material med en intern flödespassage, s.k. ETX-paneler patenterad av Ecoclime se figur 7. Resultatet är en kostnadseffektiv, sett till material, och korrosionsbeständig värmeväxlare som är enkel att forma, har god stadga samt viss flexibilitet. Det polymera materialet medför att smuts ej fäster på ytan. Värmeväxlarelementets effektivitet bygger på den sammantagna funktionen hos samtliga delar av systemlösningen, se kapitel 2.11.2. [50], [51]



Figur 7. Patenterad ETX-panel, tilldelad och använd med tillstånd från Evertherm.

Ytterligare värmeväxlare i kommersiella applikationer och studier är bland annat [49];

- Gravitation-,
- Spiral-,
- Platt/panel-,
- Rörvärmeväxlare, eller
- Externa/Integrerade/Modulära system.

## 2.7 Frånluftsvärmeåtervinning med värmepump, FX

För att upprätthålla ett gott inomhusklimat och samtidigt ta vara på energin i den varma frånluften kan frånluftsvärmepump installeras i kombination med frånluftsventilationssystem. I äldre flerfamiljshus finns en stor potential för energibesparing med installation av FX-system. [35], [52]

Frånluftsvärmepump är den vanligaste värmekällan att kombinera med fjärrvärme i Sverige. Frånluftsvärmepump kan täcka stora delar av tappvarmvattenförbrukningen [52], i genomsnitt 31% av det årliga värmebehovet. [53]

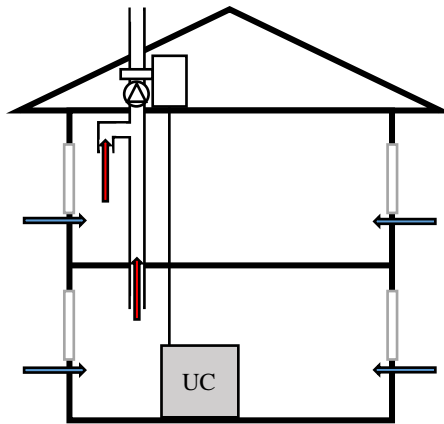
En populär ventilationsinstallation i flerbostadshus är FX-system, främst i höga byggnader där installation av FTX-system är begränsat i utrymme för kanalsystem för tilluften [35]. Många flerbostadshus byggda under miljonprogrammet är utrustade med frånluftsventilation, som underlättar installation av FX-system. [54]

### 2.7.1 Funktion, FX-system

Ett FX-system är en kombination av ett F-system, frånluftventilation, och en värmepump. Byggnadens lufttillförsel sker med hjälp av F-systemet genom uteluftsventiler och drivs av undertrycket orsakat av frånluftsfläkten. Undertrycket medför att luft alltid sugas in i byggnaden även vid ofrivillig ventilation, till exempel vädring. Frånluftsdonen placeras i våtutrymmen och undertrycket medför att tilluften söker sig till och ersätter frånluften. Systemet är därmed beroende av den eldrivna fläkten för att konstant förse fastigheten med ny tilluft. Uteluftsventilerna kan vara placerade i fönsterkarmen, s.k. spaltventiler, eller i fasaden, s.k. väggventiler. [47]

F-system medför risk för kallras vid felplacering eller justering av väggventiler. Väggventilerna kräver håltagning av fasaden och placeras högre upp vilket medför att den kalla tilluften naturligt faller och blandas på väg ner till golvet. Väggventilen kan placeras bakom en radiator för att på så sätt förvärma ingående luft och undvika kallras. Spaltventiler kräver ingen påverkan på fasaden men ökar risk för kallras. Ytterligare risk med FX-system är att obehandlad luft tas in i byggnaden vilket kan försämra luftkvalitén. Grovfilter kan appliceras för att rena inkommande luft. [47]

Fördelen med installation av frånluftsvärmeåtervinning är att den tillgängliga energin i den utgående frånluften kan tas tillvara på för värmesystem eller tappvarmvattenberedning i en undercentral (UC) [18]. Värmepumpens förångare, för frånluftsvärmeåtervinning, placeras då i frånluftskanalen. Värmepumpen medför underhåll och skötsel samt tillgång på el. [48]



Figur 8. *Frånluftssystem med värmeåtervinning, FX, omarbetad* [47], [48].

Fastigheter med sedan tidigare installerade F-system kan med fördel kompletteras med en frånluftsvärmepump för att återvinna värmeenergin i den utgående frånluften, se figur 8. FX-system är en mindre installation, storlek- och ingreppsmässigt, än liknande system som till exempel till- och frånluftsventilation med återvinning, FTX. FX kräver endast ett kanalsystem för frånluft till skillnad från FTX som kräver både från- och tilluft. [47]

Frånluftsvärmepump har, till skillnad från luft/luft-, luft/vatten- och bergvärmepump, till följd av en mer gynnsamt tempererad värmekälla påvisat god effektivitet. Frånluftsvärmepump är vanligare i norra Europa på grund av ett kallare klimat vilket försämrar effektiviteten hos luft/luft- och luft/vatten värmepumpar samt är enklare i funktion än bergvärmepumpar. [55]

### 2.7.2 Tidigare studier

I en studie av Korpela et al. [52] kartlades energiförluster hos äldre flerfamiljshus byggda mellan 1960-80 och den potential för energibesparing som existerar genom installation av FX-system. Undersökningen genomfördes på flerfamiljshus i Kymenlaakso i södra Finland. Resultatet visade stor återvinningspotential på 55,5 GWh/år genom installation av frånluftsvärmepump i regionen. Med frånluftsvärmepump kunde 30-50% av värmebehovet i flerbostadshus täckas. [52]

Behovet av renovering av fjärrvärme-uppvärmda flerbostadshus i Sverige är stort. I en studie av Gustafsson et al. [56] jämfördes olika energirenoveringar av svenska flerbostadshus. Resultatet av studien visade bland annat att installationen av en frånluftsvärmepump var ett bra komplement till fjärrvärmeuppvärmning genom reducering av LCC-kostnader, koldioxidutsläpp och primärenergiförbrukning. Gustafsson et al. fann även att till- och frånluftsventilation med återvinning, FTX, hade liknande miljöpåverkan men sämre lönsamhet. Studien fann att FX var den mest fördelaktiga installationen i kombination med fjärrvärme. [56]

Ett renoveringsprojekt på tre flerbostadshus, lamellhus byggda mellan 1969 och 1971, på området Tjärna Ångar i Borlänge startades 2015 [54], [57]. I den första byggnaden installerades frånluftsvärmeåtervinning med värmepump, FX, och tilluftsradiorer. I den andra byggnaden installerades tryckstyrda frånluftsfläktar och tilluftsradiorer medan i den tredje byggnaden installerades det mekaniskt balanserad ventilation med värmeåtervinning, FTX. Renoveringsåtgärderna och investeringskostnaderna inkluderade tilläggsisolering på vinden och utfackningsväggarna, ändring av tak, nya fönster och snålspolande blandare i kök och toalett för samtliga byggnader. I tabell 4 har rapporternas resultat sammanställts.

I jämförelsen av byggnaderna fann Khadra et al. [54] att byggnaden med F-system hade lägst LCC, men att energin i frånluften ej togs tillvara på. De fann även att FTX-system hade effektivast energiåtervinning men var dyrast på grund av den omfattande installationen som krävs i äldre flerbostadshus. Byggnaden med installerat FX-system hade lägre LCC än FTX-byggnaden och tog vara på energin i frånluften till skillnad mot F-systemet. [54]

Tabell 4. *Sammanställt resultat av Tjärna Ängar projektet, Omarbetad [54].*

Byggnad med:	FX	F	FTX
<b>Energianvändning</b> [kWh/m <sup>2</sup> /år] (före/efter)	146 / 66	164 / 109	149 / 95
-Varav (fjärrvärme+el)	(141+5)/(43+23)	(161+3)/(106+3)	(146+3)/(86+9)
<b>Primärenergital,</b> BBR29 [kWh/m <sup>2</sup> /år] (före/efter)	97 / 66	109 / 73	97 / 72
<b>LCC för 40 år</b> [kr/m <sup>2</sup> ]			
- Investering	1 789	1 399	2 292
- Underhåll	379	313	329
- Kostnad energibehov	1 699	1 654	1 541

Utifrån fjärrvärmeproducentens perspektiv medför installationen av ett FX-system en höjd returtemperatur på fjärrvärmerna. Ur ett fastighetsperspektiv kan FX-system reducera energiförbrukning med en lägre livscykelkostnad. [35]

I en studie av Mikola och Kõiv [58] som undersökte en frånluftsvärmepump i ett nybyggt flerbostadshus som genererade värme och varmvatten. Systemets COP var 3,0 under sommaren och omkring 2,9 – 3,4 under vintern. [58]

## 2.8 Spillvattenvärmeväxlare med värmepump

Spillvatten är en värmeförlust med stor potential och anses vara en förnybar värmekälla för värmepumpar. Vattnets höga värmekapacitet och densitet tillför en koncentrerad värmekälla för värmepumpar. Spillvatten produceras kontinuerligt och till skillnad mot utomhusluft så har vattnet en jämnare temperatur under året. Det är en energikälla som kan användas för tappvarmvatten och uppvärmning eller kylning av bostäder med hjälp av en värmepump. [59]

Sedan 80-talet har värmeåtervinning ur spillvatten använts i länder som Sverige, Norge, Tyskland och Schweiz, där spillvattnet användes som en värmekälla eller värmesänka och tillförde värme eller kyla för luftkonditionering och varmvatten. De flesta studier om spillvattenåtervinning är producerade i Kina. Så sent som slutet av 1900-talet introducerades spillvattenåtervinning med värmepump i Kina, därefter har utvecklingen snabbt gått framåt med många genomförda projekt. Det är vanligast i norra Kina, där byggnaderna under vintern har ett värmebehov för minst 4 månader. [59], [60]

### 2.8.1 Funktion, SVVX med VP

Värmeåtervinning från spillvatten kan generellt göras vid fyra olika placeringar, från att vattnet använts i byggnaden tills att det nått reningsverket. Värmeupptagningen kan ske direkt efter att det varma vattnet har använts i exempelvis duschen, vid utloppet för byggnadens kollektiva spillvatten, i avloppskanalen till reningsverket eller att värmeväxlaren är placerad hos reningsverket. [61]

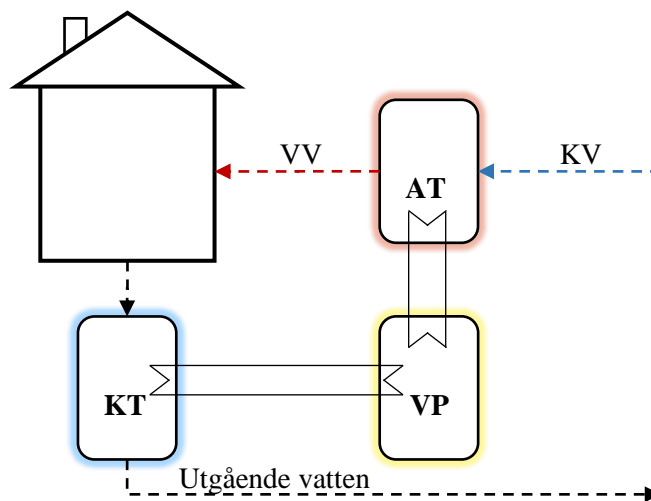
Spillvattentemperaturen i avloppskanalerna med vatten från bostäder, industri och kommersiella byggnader kan variera mellan 10 och 25°C under året, medan spillvatten som lämnar bostäder kan vara mellan 16 och 38°C. Spillvattenflödet är i intervallet 69 till 150 liter per dag och capita, med en median på 100 liter, enligt 130 studier på 20 länder. [61]

Vanligtvis lagras spillvattnet i en kollektortank som är påkopplat en värmeväxlare. Positionerna för in- och utflödena i kollektortanken är viktiga för att säkerställa jämn temperatur på vattnet som påverkar värmeväxlaren [62]. Värmeväxling sker mellan värmepumpens köldmedium och spillvattnet. Köldmediet kan värma vatten i en ackumulatortank som sedan kan användas för uppvärmning eller tappvarmvatten. Se figur 9 för principiell skiss av spillvattenvärmeåtervinning. [61]

Värmeväxlare är oftast av metalliskt material eftersom det generellt sätt har en bättre värmeledningsförmåga än icke-metalliska värmeväxlare. För värmeåtervinning från spillvatten behöver värmeväxlaren vara i kontakt med spillvattnet vilket kan leda till korrosion. Därför lämpar sig icke-metalliska värmeväxlare bättre för värmeåtervinning ur spillvatten trots sämre värmeledningsförmåga. [62]

En viktig del i värmeåtervinning från spillvatten är att kunna hantera större material i spillvattnet såsom fekalier, hår och plast. Med hjälp av filter kan innehållet filtreras bort från spillvattnet, som annars kan blockera värmeväxlaren. Mindre föroreningar i spillvattnet är det som vanligast orsakar ett ackumulerat ytskikt på värmeväxlaren, som försämrar effektiviteten. [60]

Den mängd energi som tillåts ta vara på begränsas av en nedre temperatur på utgående vatten till reningsverket. I Växjö kommun är det tillåtet att sänka spillvattentemperaturen till samma temperatur som det levererade dricksvattnet. Den nedre tillåtna returtemperaturen i Växjö kommun är 6°C [63]. [61], [64]



Figur 9. Principskiss, spillvattenvärmeåtervinning med kollectortank (KT) och ackumulatortank (AT), omarbetad bilaga 26.

### 2.8.2 Tidigare studier

I en studie av Wang et al. [62] sattes ett system upp med en icke-metallisk nedsänkt värmexlaren med värmepump för återvinning av energi ur spillvatten. Uppställningen, med en bättre termisk ledningsförmåga och korrosionsmotstånd än liknande traditionella icke-metalliska värmexlaren, kunde leverera producerat varmvatten på ca 40-60°C. Anordningen hade ett SCOP på 5,65 som efter 90 dagar i drift hade minskat i ledningsförmåga med 7,8%. [62]

Enligt flera studier som refereras i Shen et al. [60], så var medelvärdet för värmepumparnas COP mer än 3,0 för vatten från badrum på universitet, badhus och ur duschvatten från bostäder. Hepbalsi et al. [59], som redogör för flera studier inom olika typer av värmeåtervinning från spillvatten, angav COP intervall mellan 1,77-10,63.

Mikrobiell tillväxt och förorening som sätter igen värmexlaren är ett problem. Studier på mikrobiell tillväxt hos spillvattenvärmexlaren, som Xiao et al. [65], har funnit att föroreningar orsakade av bakterietillväxt i spillvattnet försämrade värmeledningsförmågan. Xiao et al. fann även att föroreningsgraden ökade vid 20-40°C och minskade när flödet ökades. [65]

Det är väsentligt att kunna hantera det större materialet i spillvattnet, Shen et al. [60] nämner flera lösningar för hantering av detta från andra studier. I Japan utvecklades en automatisk sil där större material såsom plast och hår silades bort, det silade vattnet innehöll därefter partiklar mindre än 2 mm. I Europa utvecklades ett så kallat automatiskt roterande filter där spillvatten

separeras från större material. Det roterande filtret fångar upp större material genom att rotera motströms och leder partiklarna till ett utlopp. [60]

Det finns flera sätt att hålla ytan på värmeväxlaren ren som Shen et al. [60] nämner. Det finns värmeväxlare som rengör ytan genom att använda sig av en extra vattenpump som tillför trycksatt vatten till inkommande ström, det gäller för värmeväxlare som är i direkt kontakt med värmepumpens förångare. Det finns även modeller som sprayar filtrerat spillvatten på värmepumpens förångare som innehåller köldmediet. Spillvattnets värme utnyttjas då värmen överförs till köldmediet då det faller ned på rören. Denna modell kräver en stor yta och behöver rengöras för hand. En tredje modell är plattvärmeväxlare med extra utrymme mellan plattorna för att undvika filtrering, men problem med ackumulering på ytan kvarstår. En fjärde modell värmeväxlare använder sig av gummibollar som slår bort ackumulerat material inuti rören i tubvärmeväxlaren. Gummibollarna har större diameter än rören och pressas igenom med hjälp av tryck, men kan leda till blockering. [60]

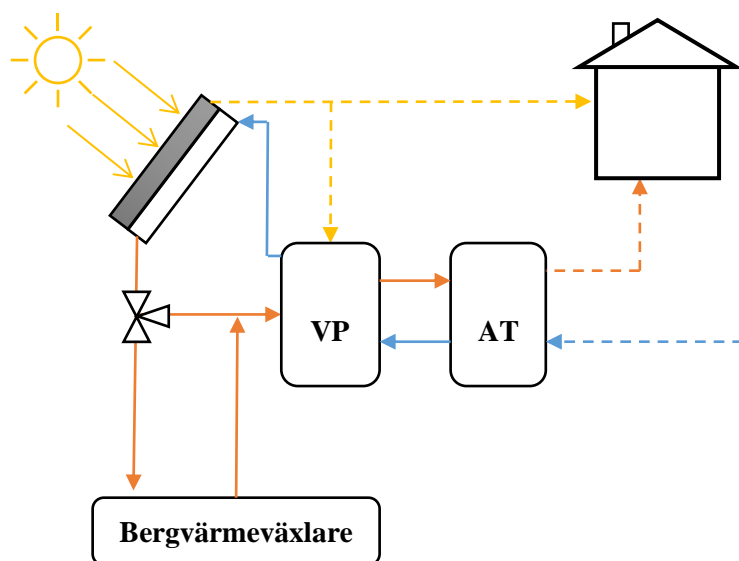
## 2.9 Solhybrider, PVT

Konceptet med solhybrider, PVT, uppkom på 70-talet och bygger på kombination av solceller, PV, och ett system för att kyla dem [66]. Solhybrider har potentialen att minska energianvändning från andra källor men påverkas negativt under kallare månader när omgivande luft är kall och minskad tillgänglig solenergi. Den vanligaste användningen av solhybrider är för uppvärmning av tappvarmvatten, i varmare länder är det vanligast att istället värma upp badpooler. Solhybrider användes 2017 endast i Europa till både värme och tappvarmvattnet, medan det endast användes till tappvarmvatten i resterande delar av världen. [67]

### 2.9.1 Funktion, solhybrid

Av infallen solstrålning kan 6-25% direkt omvandlas till el av solcellen medan resterande förloras som värme. Solcellen tappar ca 0,2-0,5% i effektivitet för varje grad temperaturökning av solcellen över 25°C, som är standardtemperaturen för effektivitetsmätning. [67]

Solhybrider består av solceller och en cirkulationsslinga. Värmen som minskar effektiviteten hos solcellen kan på så sätt genom cirkulationsslingan föras bort. Värmeöverföringsmediet i cirkulationsslingan kan vara luft eller vätska, vätska har som fördel att den kan kopplas till förångaren på en värmepump. En exempeluppställning kan ses i figur 10. [67], [68]



Figur 10. *Principskiss, solhybrid med bergvärmepump och borrhål, omarbetad* [67].

Kallvatten, blå streckad pil, anländer till en ackumulatortank, AT, där temperaturen på vattnet höjs. Värmen tillförs AT genom värmepumpen, VP, som tar värme från bergvärmepumpen eller cirkulationskretsen i solhybriden. Producerad el från solcellen, gul streckade pilar, kan användas för att driva VP, tillföra el till fastigheten eller säljas till elnätet. Upptagen värme från den cirkulerande kylslungan lämnar av värme till bergvärmepumpen eller till VP. Värmen producerad av värmepump kan användas efter fastighetens behov. [67]

Bergvärmepumpen kan vara horisontellt placerade omkring 1-1,5 meter ner eller vertikalt placerade i borrhål på ett djup omkring 200 meter. Vid djup större än 10 meter påverkas temperaturen i marken, som beror på fuktförhållande och jordtyp, mindre av årstidernas variationer [69]. [66]

### 2.9.2 Tidigare studier

Nouri et al. [66] anger flera studier som uppmätt COP för solhybrider med bergvärme. Han et al. rapporterade ha ökat systemets effektivitet med 12,3% efter installation av kollektortank som resulterade i ett COP på 3,28. En studie från Wang et al., omnämnd i Nouri et al., med solhybrider och bergvärme för produktion av värme angav resultatet att hur systemet presterade påverkades av ljusintensiteten och förhållandet mellan vattentank och arean på solpanelerna, där det optimala förhållandet var omkring 20-40 l/m<sup>2</sup>. Samma studie visade på ett COP på 5,27 för värmepumpen och ett COP på 3,75 för hela systemet. Enligt Nouri et al. var det som minst en återbetalningstid på fem år för system som genererar el, värme och kyla. I länder med kallare klimat och sämre solinstrålning var återbetalningstiden omkring 25 år till följd av högre kostnader och sämre systemutnyttjande. [66]

## 2.10 Fjärrvärme

Fjärrvärme bygger på en eller ett par centraliserade värmeproduktionsanläggningar som sträcker sig över ett område för värmeförsörjning till individuella fastigheter. Med fjärrvärme kan lokalt tillgängliga energikällor användas för värmeproduktion och möjliggöra framtida tillvarataganden av spillvärme. Infrastrukturen för fjärrvärme bör lämpligen vara anpassad för framtida energisystem och inte nuvarande. [70]

Returtemperatur är den temperatur som fjärrvärmerna har efter att värme avlämnats till konsumenten. En hög returtemperatur medför sämre verkningsgrad för produktionsanläggningen och minskar möjligheten för fjärrvärmeproducenten att ta vara på lågtempererad spillvärme på returen. Det blir allt vanligare att prissättning på fjärrvärme varierar efter fastighetens effektuttag, returtemperatur, månad och flöde. Varav specifika taxor tillkommit, direkt eller indirekt beroende av returtemperatur. Vilket medför att den ekonomiska besparingen för energieffektiviseringsåtgärder kan påverkas negativt. Lägre returtemperaturer kan bland annat minska växthusgasutsläpp och lokala luftföroreningar i samband med möjligheten att ta vara på spillvärme och utnyttja effektivare rökgaskondensation. Även vattenflöde och elförbrukning hos pumpar i fjärrvärmenätet kan minskas som följd då mer värme lämnas av. För att uppnå låg returtemperatur främjas hög tappvarmvattenförbrukning på grund av inkommande vattens avkylningspotential. [18], [71]

Kostnaden hamnar idag på fastighetsägaren som behöver genomföra åtgärd för att reducera returtemperatur för att undvika eventuella taxor samtidigt som fjärrvärmeproducenten får den ekonomiska vinsten [71].

Installationen av FX-system medför en ökning av returtemperaturen för fjärrvärme. Thalfeldt, et al [35] fann att FX-system i genomsnitt höjde returtemperaturen hos fjärrvärme med 10-15°C och kunde eliminera fjärrvärmebehov under sommar månaderna. [35]

Spillvattenvärmeväxlare med eller utan värmepump på fastighetsnivå är ett effektivt sätt att minska dess energiförbrukning och öka dess energieffektivitet. Dock fann Golzar och Silveira [72] att dessa lokala installationer kan ha stor inverkan på systemnivå. Bland annat fjärrvärme med temperatur- och flödesförändringar och medföljande ekonomisk påverkan. [72]

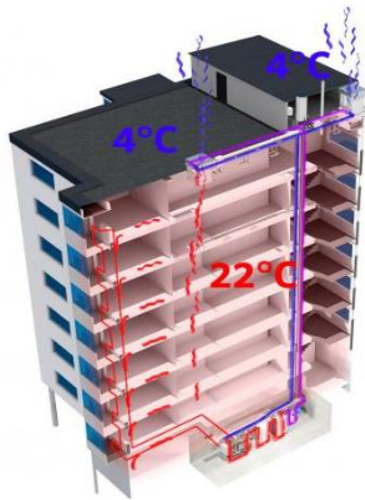
## 2.11 Beskrivning av anläggningssystem

Nedan redogörs för en detaljerad beskrivning av samtliga anläggningar analyserade i projektet.

### 2.11.1 Kv. Lärlingen, Frånluftsvärmeåtervinningssystem med fjärrvärmecentral

På kv. Lärlingen återvinner FX-systemet energi ur den varma frånluften från ventilationssystemet genom en batterivärmeväxlare, se figur 6 i kapitel 2.6.1, med hjälp av en brinekrets. Brinekretsen består av en vattenblandning med 30% glykol, för att undvika frysskador. Ledningarna för brinekretsen leds på utsidan av huset ner till källaren där den upptagna värmen växlas över till en bergvärmepump, se figur 11 för beskrivning av frånluftskanalerna. De patenterade hybridvärmesystemet som även utnyttjar fjärrvärme för uppvärmning från HögforsGST omfattar en primärkrets, uppvärmningskrets och en värmepump och medför att returtemperaturerna kan sänkas. Syftet med hybridvärmesystemet är att fungera som en komplett systemlösning till FX-systemet för att optimera samverkan med det lokala fjärrvärmeverket. [18]

Värmepumpen har tre anslutna recirkulerande kretsar. Den ena kretsen in till värmepumpen är återvinningskretsen, brinekretsen, som agerar kallsida för värmepumpen och värmer upp köldmediet som sedan förångas och komprimeras med hjälp av kompressorn i värmepumpen. Det nu varma köldmediet lämnar av värme till hetgaskretsen, som är värmepumpens andra anslutning, genom den första plattvärmeväxlaren i värmepumpen. Det patenterade Hybridvärmesystemet från HögforsGST inkluderar hetgaskretsen och VVC-kretsen. Köldmediet passerar därefter den andra plattvärmeväxlaren som värmer värmekretsen, som är den tredje anslutningen till värmepumpen. Värmekretsen har ett trevägssystem, finns det inte något värmebehov lagras värme i en ackumulatortank på 0,496 m<sup>3</sup> som signalerar för värmepumpen att stänga av då den är fylld. Värmepumpen producerar värme för både tappvarmvatten och radiatorsystemet. Systemet använder sig även av en funktion som utnyttjar värmepumpens hetgasväxling för att värma varmvattencirkulationsvattnet, VVC-vattnet, vilket medför att värmeförluster kan minimeras eftersom systemet tar vara på värmen. VVC ska vara minst 55°C ut till huset, hetgasväxlarens spillvärme används därför optimalt genom att koppla upp den mot VVC:n. När värmepumpen är igång är det i stort sett inga VVC-förluster. Se bilaga 1 för processbild. [18]

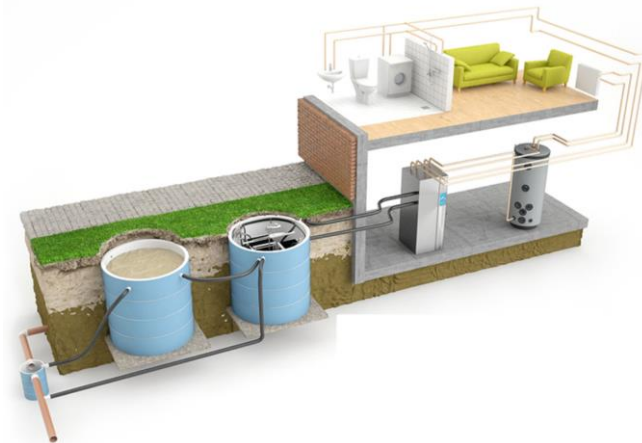


Figur 11. *Beskrivning av frånluftskanalerna i flerbostadshus, använd med tillstånd [73].*

Genom lokal samverkan med värmeverk stänger värmepumpen av under juli till augusti och delar av september, för att utnyttja billigare fjärrvärmepriser samt spara drifttimmar på värmepumpen. På så sätt kan 25% av värmepumpens drifttid sparas in på ett år. Av den producerade värmen går drygt 15% till tappvarmvattenuppvärmning och resterande, 85%, går till radiatorsystemet [18].

#### 2.11.2 Kv. Alabastern, Spillvattenvärmeåtervinning

Den patenterade systemlösningen på kv. Alabastern utgörs av en värmepump med en brinevätska, en värmeväxlaranordning i kontakt med spillvattnet samt ett rörledningssystem som möjliggör cirkulation av brinevätskan mellan värmepump och värmeväxlaren. Värmeväxlaren består av flera patenterade värmeväxlarelement, s.k. ETX-paneler, se kapitel 2.6.2. För värmeupptagning ur spillvattnet krävs en kollektortank med värmeväxlaranordningen och ett ledningssystem som förser tanken med spillvattnet, se figur 12 för systemlösning. Spillvattnet, som har finfördelats i pumpgruppen, kan cirkulera fritt i tanken under omröring vilket möjliggör att systemet kan inkludera svartvatten utan risk för igensättning. För lagring av ackumulerat spillvatten används en bufferttank som är ansluten till kollektortanken med en kollektortankledning, båda tankarna är värmeisolerade. Bufferttanken kan även ta emot vatten från kollektortanken vid för hög nivå. Genom att spillvattnet lagras under de tider på dygnet när tillflöde av varmvatten är som störst ges effektivare energiåtervinning jämfört med cykliskt varierande spillvattenflöden. När värmebehovet är som störst används den lagrade energin. Se bilaga 26 för driftbild. [74]



Figur 12. Beskrivning av Evertherms systemlösning, använd med tillstånd från Evertherm.

Den cirkulerande brinevätskan, bestående av en vattenblandning med 28% bioetanol [19], tar upp värme från spillvattnet i kollektortanken. Brinevätskan växlar sedan över värmen till värmepumpens köldmedium. När temperaturen på spillvattnet i kollektortanken har sjunkit under en viss förbestäm nivå töms tanken och spillvattnet släpps ut till avloppssystemet via kollektortankens avloppsledning. Köldmediet lämnar av värme till ackumulatortanken, ansluten till värmepumpen, som lagrar den utvunna värmen. En ackumulatortank används med fördel för att jämna ut flöden och på så sätt möjliggöra ett jämnt arbete för värmepumpen, som därför inte behöver stängas av och startas när behov uppstår. Om temperaturen i ackumulatortanken skulle sjunka under en viss nivå är det möjligt, med hjälp av en returledning, att återuppvärma vattnet. [74]

Enligt Evertherm har samtliga pumpar till följd av kort drifttid per dygn en lång livslängd [51]. Underhållskostnader för spillvattenanläggningen har uppgått till € 373 enligt projektsummeringen i READY-projektet [16], ett EU-finansierat projekt se kapitel 2.2 för vidare läsning, där Alabastern var en deltagande fastighet. Evertherm samordnar årligen spolning av pumpgrop med varmvatten och kontroll av samtliga andra tankar, samt kontrollerar driftrummet [19].

Av den producerade värmen går ca 56% till tappvarmvattenuppvärmning och resterande, 44%, går till radiatorsystem, se bilaga 8.

### 2.11.3 Johannishus, Solhybrider med borrhål

På Johannishus finns 104 solhybrider installerade, fördelade på fyra rader med 26 paneler per rad. Varje panel har en area av  $1,7 \text{ m}^2$  ( $1 \times 1,7 \text{ m}$ ), total area är  $176,8 \text{ m}^2$ . Den totalt installerade effekten är 27 000 kW där varje panel bidrar med 160 kW. Kylning sker genom en kylslinga innehållande en glykolkrets, som består av en vattenblandning med 30% glykol. Glykolkretsen pumpas

upp till taket och fördelar sig genom ett förgrenat 28 mm kopparrör till de fyra panelraderna. Varje kopparrör fördelar sig sedan i sex mindre 15 mm rör per panel. Totalt 156, 15 mm, rör finns installerade per rad. [21]

På fastigheten finns 17 borrhål av varierande djup, mellan 72 och 300 m, varav 13 har ett djup på omkring 250 m, se bilaga 12. Borrhålens placering kan ses i bilaga 13. Genom en temperaturmätare på fastighetens norra sida driftsätts pumpen för solhybridens etanolkrets när utomhustemperaturen är 4°C varmare än temperaturen i borrhålen. För att undvika att borrhålen fryser igen stoppas pumpen när villkoret ej är uppfyllt. Under varmare månader, när etanolkretsen värms upp till en högre temperatur än den i borrhålen, lämnas värme av i borrhålen. På så sätt laddas borrhålen med värmeenergi som sedan kan användas under kallare månader när värmebehovet är större. Genom att ladda borrhålen under varmare månader säkerställs att inte borrhålen utarmas på värme. Fel dimensionering av borrhålen medför risk för att de fryser fast, vilket påverkar värmeupptagning och orsakar problem för resterande månaders värmebehov. [21]

På anläggningen finns tre värmepumpar, en primär och två sekundära som avlastar varandra under drift för att spara på drifttid och undvika full drift för någon av värmepumparna. Glykolkretsen hämtar värme och kyler panelerna. Värmen från kretsen passerar en plattvärmväxlare i källaren på fastigheten där den avger värme med en förlust på ca 3% [21], till en etanolkrets som består av en vattenblandning med 30% etanol. Etanolkretsen hämtar värme från plattvärmväxlaren, solhybridvärme, som sedan flödar vidare ner till borrhålen. [21]

Glykolkretsen passerar plattvärmväxlaren före borrhålen för att säkerställa att värmepumpen får arbeta inom rätt temperaturintervall. Hade glykolkretsen istället passerat borrhålet först och därefter höjt sin temperatur genom värmväxling med solhybridens etanolkrets, hade köldmediets temperatur i värmepumpen fått en ofördelaktig arbetstemperatur. Det hade i sin tur minskat COP och eventuellt skadat värmepumpen. Som följd hade risken ökat för att gasen blivit för varm, s.k. hetgasalarm. Brinevätskans temperaturförändring,  $\Delta t$ , före och efter värmepumpen är ungefär 3°C. [21]

## 2.12 Energi

Värmepumpar kan ta vara på energi tillgänglig i frånluft eller spillvatten, se kapitel 2.5. Genom föreskrifter för normalisering gällande tappvarmvatten och allmänna råd för luftflöde är det möjligt att uppskatta energin som lämnar en byggnad i form av spillvatten och frånluft.

För beräkning av värmemängdsändring, potentiell energi som kan tas vara på, från spillvatten eller frånluft används ekvation (iv) tillsammans med antal drifttimmar. I praktiken är det oftast tillräckligt att använda ett medelvärde för

ett ämnes specifika värmekapacitet, medan det teoretiskt är en funktion av temperaturen. [75]

$$(iv) \dot{Q}_{12} = \dot{m} \times \bar{c}_p \times \Delta t$$

där

$\dot{Q}_{12}$  = effekt, värmemängdsändring per tidskonstant mellan två stadier [kW]

$\dot{m}$  = massflödet [kg/s]

$\bar{c}_p$  = medelvärdet för specifik värmekapacitet vid konstant tryck [ $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ ]

$\Delta t = |t_2 - t_1|$  = temperaturförändringen [ $^\circ C$ ], där  $t_1$  är temperaturen innan och  $t_2$  är temperaturen efter värmeöverföringen i värmeväxlaren

Massflödet beräknas enligt ekvation (iv) [75].

$$(v) \dot{m} = \rho \times \dot{V}$$

där

$\rho$  = densitet [kg/m<sup>3</sup>]

Vattnets specifika värmekapacitet vid konstant tryck,  $c_p$ , beräknas genom ett medelvärde för  $t_1$  och  $t_2$  vilket ger  $\bar{c}_p$ , eftersom  $c_p$  och  $\rho$  är funktioner av temperaturen. Med känd drifttid och beräknad effekt enligt ovan kan möjlig energi som går att ta vara på från spillvattnet uppskattas. [75]

Enligt folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation FoHMFS 2014:18 [76] och Boverkets byggregler [28] ska uteluftsflödet minst vara 0,35 liter per sekund och golvarea i bostaden [77], [78]. I praktiken är det vanligt att dimensionera ventilationen med 0,35 liter per sekund och  $A_{temp}$  istället som dimensionerings mått, eftersom läckage kan uppstå [17], [18]. Luftens specifika värmekapacitet och densitet är, likt spillvattnets, temperaturberoende och uppskattas genom ett medelvärde [75].

## 2.13 Prissättning & Smarta energilösningar

### 2.13.1 Prissättning

Prissättning på el kan ske fast eller rörligt. Ett rörligt elpris innebär att priset sätts efter medelvärdet över den senaste månadens spotmarknadspris och bestäms efter den aktuella månaden. En tredje typ av avtalsform är timprisavtal, där priset förändras varje timme. Detta möjliggör för konsumenten att kunna påverka och minska elkostnaden genom att styra sin elkonsumtion baserat på dygnets prisvariation. Timprisavtal erbjuds endast av en del elhandelsbolag. [79]

Prissättning på fjärrvärme varierar med bland annat verksamhet på grund av olika förutsättningar och säsong. Priset sätts för den specifika fastigheten utifrån flödesförbrukning, s.k. flödespris, och utifrån avlämnad värmeeffekt, s.k. effektpris. Fast pris kan även förekomma. [80]

Nils Holgersson Gruppen släpper varje år en rapport där prisskillnader på värme, vatten och avlopp, varmvatten, el och renhållning mellan kommuner redovisas. Rapporten används för att jämföra bland annat el- och fjärrvärmepriser mellan olika kommuner och energibolag i Sverige [81]. El- och fjärrvärmepriser för 2021 kan ses i tabell 5 utifrån Nils Holgerssons typhus.

Tabell 5. *El- och fjärrvärmepris från Nils Holgersson typhus.* [81]

Kommun	Elpris (kr/kWh)	Fjärrvärmepris (kr/kWh)
Lund	2,27	0,97
Växjö	1,85	0,78
Ronneby	1,69	0,87
Snitt, Sverige	2,00	0,89

### 2.13.2 Smarta energilösningar

Timprisavtal möjliggör för smarta energilösningar som minskar elkostnaden genom att användas under dygnets billigare timmar. Bland exempel på smart energilösningar hör timprisstyrning av elförbrukning. I ett enfamiljshus i Växjö [17] finns en installerad ackumulatortank som producerar varmvatten under natten när elen är som billigast, se figur 13, med hjälp av en bergvärmepump. Tanken är dimensionerad för ett dygn och laddas normalt mellan kl. 04-06. Då körs endast tappvarmvatten med pumpen. Byggnaden använder lagrad energi från väggar och golv under dessa 2 timmar. [17]



Figur 13. *Akkumulatortank (vänster) med timprisstyrd värmepump (höger).*

## 3. Metod

I följande kapitel redogörs och motiveras metoden som har använts för att uppnå syfte och mål samt hur insamlad data bearbetats.

### 3.1 Metod för att uppnå syfte och mål

För att uppnå både syfte och mål har bland annat energideklarationer genomförts. Underlag för energideklarationer har utförts i EnergiVision och Excel med handledning av oberoende certifierad energiexpert, som därefter överförde värdena till Boverkets Gripen. Då endast enklare energiberäkningar har utförts tidigare har mycket tid lagts på att få en förståelse för, och samla data till, dessa genom både en kvalitativ och kvantitativ del.

Under projektet har möjlighet givits att följa med på två besiktningar för att skapa oss en god uppfattning för vad som behöver tas med. Genom Excel och med erhållen licens till programmet EnergiVision har egna underlag för energideklarationer, för de två fastigheterna som besiktades, gjorts parallellt med dem utförda av en certifierad oberoende energiexpert. Detta för att få en kännedom för programmet EnergiVision och hur energideklarationer i praktiken genomförs från början till slut.

Nedanför redovisas för hur samtliga mål med projektet uppnås genom metodval.

- **Skillnaden mellan möjlig energi att ta vara på ur frånluft och spillvatten, baserat på standardiserade flöden.**  
Uppnås genom beräkning för skillnad mellan energin möjlig att ta vara på ur frånluft och spillvatten.
- **Hur primärenergitalet påverkas efter installation av respektive energisystem.**  
Uppnås genom upprättandet av energideklarationer i Boverkets Gripen i dialog med certifierad oberoende energiexpert.
- **Total energianvändning, procentuell förändring av energianvändning och per uppvärmd area,  $A_{temp}$ .**  
Bestäms bland annat utifrån energideklaration och indata samlad för upprättandet av dem.
- **Livscykelkostnader utifrån Upphandlingsmyndighetens LCC-verktyg. Återbetalningstid med avseende på energibesparing samt kostnad för drift och underhåll. Utan hänsyn till bland annat returtemperatur- och flödestaxor.**  
Bestäms utifrån erhållna kostnader för samtliga anläggningar vid intervjuer och dialog med fastighetsansvariga. Verktöget finns tillgängligt online och hämtas från Upphandlingsmyndighetens hemsida.

- **Anläggnings SCOP och årligt COP.**  
Bestäms och anges som SCOP och årligt anläggnings COP för de olika anläggningarna utifrån erhållen data under projektets gång.
- **Tre för- och nackdelar för varje system.**  
Uppnås utifrån litteraturstudie och intervjuer där för- och nackdelar kan presenteras med källa klargjord i anläggningsbeskrivning och/eller relevant teorikapitel.

### 3.2 Litteraturstudie

För att jämföra de olika fastigheterna har en litteraturstudie gjorts samt intervjuer med fastighetsägare vad gäller systemen och dess funktioner. Intervjuer har använts som komplement till litteraturstudien för att få in kompetens från sakkunniga med arbetslivserfarenhet i de specifika områden vad gäller energisystemen.

Insamling av information, till grund för bland annat teorikapitel, har huvudsakligen hämtats ur artiklar från den vetenskapliga journaldatabasen ScienceDirect med filtrerad sökning för att precisera resultaten. Även tryckta handböcker från Universitetsbiblioteket har använts för att hitta relevant systembeskrivning. De tryckta handböckerna begränsas i möjlighet till kontinuerlig uppdatering av innehåll till skillnad från digitala källor.

Intervjuer och dialog har förts med bland annat;

- Per Wickman certifierad oberoende energiexpert på EnergiRevisor.
- Henrik Risberg på HögforsGST, ansvarig för installationen av systemlösningen på Lärlingen i Lund.
- Martin Skoglund, energiansvarig på Växjöbostäder.
- Magnus Johansson ansvarig på Solhybrid.
- Martin Lindström fastighetsansvarig på Ronnebyhus.
- Mats Olsson, Energisamordnare på Lunds kommuns fastighets AB.
- Dan Johansson på Lunds kommuns fastighets AB.

### 3.3 Dataanalys & beräkningar

Projektets kvalitet begränsas av graden av kvalitet på insamlad data för samtliga fastigheter. Data har samlats in kontinuerligt under projektets gång. Då insamlad data var från mätningar och uppskattade av branscherfarna är detta projekt beroende av att detta genomförts korrekt.

Energideklarationer är ett dokument som i grunden mest är en fingervisning då många faktorer kan påverka resultatet, till exempel förändring av viktningfaktorer, period för mätdata etcetera [18]. Därav ska utförda energideklarationer, som ger en god överblick över fastighetens energistatus och inomhusmiljö, endast ses som just det.

### 3.5 Tillförlitlighet

Samtliga beräkningar, utifrån energi och kostnad, bör endast ses som en fingervisning till följd av den osäkerhet som uppstår vad gäller uppmätta och uppskattade värden. För att öka rapportens tillförlitlighet har dialog kontinuerligt upprättats med handledare, bransch-kunniga, anläggnings-ansvariga samt har jämförelse mot tidigare studier gjorts. För att projektet ska vara mer representativt för verkligheten har vi valt att ta med andra referensprojekt under teori för att kunna jämföra och dra paralleller.

#### 3.5.1 Validitet

Rapportens validitet kan anses vara god och har genomförts med kontinuerlig dialog med handledare och beställare. För att få en grundläggande förståelse har beräkningsprogrammet EnergiVision, godkänt av Boverket, använts i dialog med certifierad oberoende energiexpert. Ingen egen data har uppmätts, rapporten är helt beroende av tilldelad uppmätt data från respektive fastighetsansvarig. Utöver detta har fakturor för fjärrvärme och fastighetsel använts från tidigare år för att bestämma dessa aspekter hos fastigheterna där mätning saknats.

#### 3.5.2 Reliabilitet

Studien kan till viss del anses som tillförlitlig då använd data, beskrivning av fastigheter och energideklarationer är granskade och erhållna av fastighetsansvariga samt fastighets-kunniga.

Projektet begränsas i tillförlitlighet på grund av tillgång av komplett data för respektive fastighet. Eftersom inga egna mätningar utförs är rapporten beroende av att dessa utförts korrekt. Då data eller underlag saknas görs lämpliga uppskattningar i dialog med fastighetsansvariga/kunniga för att öka tillförlitligheten i denna aspekt. Genom dialog med fastighetsansvarig och sakkunniga minimeras osäkerheten detta skulle medföra.

### 3.6 Metodval

Den valda metoden begränsas främst i urvalet av fastigheter. För att få ett mer representativt resultat hade flera fastigheter med liknande system behövts undersökas, i olika klimat och förutsättningar. Av dem icke-påverkningsbara begränsningarna som uppkommit, kan metoden anses bra för att producera ett relevant resultat i förhållande till syfte och mål.

## 4. Genomförande

I följande kapitel redogörs tillvägagångssätt för att uppnå rapportens syfte och mål.

### 4.1 Teori

Här redogörs genomförandet för insamling av underlag till teorikapitel.

#### 4.1.1 Underlag teori

Underlag till teori har hämtats främst från ScienceDirect, som är en databas för publikation av vetenskapliga artiklar. Utifrån dess artikelsökningsmotor har artiklar sorterats efter relevans och publiceringsdatum. Sökord som har använts är bland annat;

*Exhaust air heat pump, exhaust air energy recovery, wastewater heat recovery, wastewater heat exchanger, hybrid solar system, photovoltaic/thermal collector, energy renovation, primary energy savings.*

Sökorden har använts för att få fram relevant fakta och underlag för samtliga anläggningar med tillhörande studier som undersökt olika aspekter av installationerna.

Böcker lånade från Universitetsbiblioteket har även använts som underlag för teorin, där böcker valts med systembeskrivningar och som bedömts kunna ge ytterligare perspektiv.

Platsbesök på kv. Lärlingen i Lund med installationsansvarig, kv. Alabastern i Växjö med energiansvarig och fastighetskötare samt Johannishus i Ronneby med installations- och fastighetsansvarig har genomförts. Anteckningar har förts och bilder har dokumenterats, som sedan legat till grund för bland annat anläggningsbeskrivningarna. Insamlat material har även använts för att få en förståelse över hur verksamma aktörer resonerar kring sina anläggningar.

#### 4.1.2 Datainsamling

Data för fastigheterna har erhållits från fastighetskunniga samt fastighets- och installationsansvariga via mailkonversation, samtal, sms samt digitala- och personliga möten. Bland annat har äldre energideklarationer, typ av system, anläggningsfunktion, producerad värme, förbrukad el, fjärrvärmefakturor, el fakturor och anläggningskostnad erhållits ur denna datainsamling.

## 4.2 Energideklarationer & Energibesparing

I följande kapitel redogörs genomförande av EnergiVision, energideklarationer, underlag för energideklarationer, besparing samt indata för energideklarationer för respektive anläggning. Beräkningsunderlag för fastigheternas värmebehov och COP kan ses i bilaga 27.

### 4.2.1 EnergiVision & Energideklarationer

EnergiVision är ett beräkningsprogram för bland annat jämförelse av uppvärmningskostnader för olika energisystem och energieffektiviseringsåtgärder i flerbostadshus som kan användas för att göra energideklarationer. I programmet matas data in för fastigheten såsom energiförbrukning, värmesystem, typ av fastighet, uppgifter om fastigheten, energipriser med mera. Programmet beräknar sedan fram bland annat fastighetens energiprestanda och redovisar det med referensvärde från Boverkets föreskrifter. [82]

Insamlad data redovisas i tabeller i respektive kapitel 1.1.1 – 1.1.3 (tabell 1, 2 och 3) för de olika fastigheterna. En referensdeklaration upprättades utifrån fastighetens senaste godkända energideklaration som utgångspunkt, för jämförelse av renoveringen före och efter installation. Deklarationerna användes även för jämförelse av den medföljande reduktionen av fastigheternas energiförbrukning.

Underlag för energideklarationerna genomfördes i EnergiVision och Excel under handledning av certifierad oberoende energiexpert. Underlaget laddades sedan upp i Boverkets Gripen för att sammanställa beräkningarna till en energideklaration. För energideklarationen användes okorrigerade värden då Boverkets Gripen normalårskorrigerar själv [17].

För samtliga fastigheter genomfördes två beräkningar och deklarerationer. Deklarationerna redogjorde för skillnaden före och efter installationen för respektive fastighet. För en mer representativ jämförelse utgick samtliga beräkningar och deklarerationer från 2021 års energibehov för respektive byggnad, utan hänsyn till det faktiska installationsåret. Då data har saknats för 2021 har uppskattningar gjorts utifrån tillgänglig data från tidigare år.

I den första deklarerationen utgjorde fjärrvärme 100% av behovet för uppvärmning och tappvarmvatten, benämnt som fastighetens basförbrukning som även inkluderar fastighetselen före installation. I den andra deklarerationen, för respektive byggnad, reducerades inköpt fjärrvärme till följd av producerad värmeenergi från det installerade systemet och som ökade elanvändningen i byggnaden. Fastighetselen antogs vara densamma före och efter installation, med undantag för kv. Lärlingen som minskade fastighetselen till följd av effektivare fläktar efter renoveringsåtgärd.

För normalisering av fastigheternas energi till tappvarmvatten användes metoden och ekvationerna för normalisering enligt BEN2, se kapitel 2.1.4. Fastigheternas totala vattenförbrukning alternativt varmvattenförbrukning behövde vara känt. Därefter beräknades den energimängd som använts till uppvärmning av tappvarmvattnet i fastigheten. Därefter drogs den beräknade energimängden bort från totalt inköpt fjärrvärme. Det som kvarstod var inköpt fjärrvärme för uppvärmning av fastigheten. Enligt BEN ska ett normalt brukande av varmvatten vara  $25 \text{ kWh/A}_{\text{temp}}$ , vilket användes för samtliga fastigheter. Verkningsgraden för beredning av tappvarmvatten antogs vara 97% [17], [18].

#### 4.2.2 Underlag för Energideklarationer

Underlag för energideklarationerna, med och utan renoveringsåtgärd, beräknades i Excel. Inköpt fjärrvärme för fastigheternas uppvärmningsbehov beräknades genom att göra avdrag för brukarnas tappvarmvattenförbrukning från total mängd inköpt fjärrvärme, totalt värmebehov, se kapitel 2.1.4 och sista stycket i 4.2.1.

Fastighetens energibehov efter åtgärd beräknades genom producerad värme från värmepumpen och dess värmefördelning, som var uppmätt, beräknad eller uppskattad. Den producerade värmen drogs bort från den normaliserade inköpta fjärrvärmerna. Installationen av systemet för respektive fastighet medförde en ökning av elförbrukning, som i beräkningsunderlaget fördelas enligt värmepumpens värmefördelning.

I beräkningen för Johannishus i Ronneby, som även producerade el från solpanelerna, gjordes avdrag på elförbrukningen i enlighet med procentuellt använd el från den totala mängden producerad el.

#### 4.2.3 Indata för energideklarationer för respektive anläggning

Här redogörs för samtlig indata för utförda energideklarationer i dialog med certifierad oberoende energiexpert [17] och varifrån dem uppkommit. Fastighetsdata hämtades bland annat ur gamla energideklarationer samt via dialog med fastighetsansvarig/kunnig.

##### 4.2.3.1 Kv. Lärlingen, Lund

Kv. Lärlingens inköpta fjärrvärme anges i bilaga 6 och 7. Inköpt fjärrvärme hade ökat med ca 19% från 2020 till 2021 och förbrukad vattenmängd hade ökat med ca 60% mellan samma period, från  $4087 \text{ m}^3$  2021 jämfört med  $2548 \text{ m}^3$  2020 [83]. Vid dialog med installationsansvarig [18] rörde det misstanke om läckage av kallvatten, eftersom värmen inte ökade lika kraftigt. Därför antogs istället, i samband med dialog med installationsansvarig [18], en 19% ökning av total vattenförbrukning för 2021, vilket motsvarade en ökning av köpt värme, jämfört med 2020, därav användes  $3\,032 \text{ m}^3$  i beräkningarna.

För normalisering av värmebehovet användes ekvation (i) tillsammans med uppskattad vattenförbrukning, 3 032 m<sup>3</sup>, för att fastställa byggnadens uppvärmningsbehov. Därefter beräknades den normaliserade energin för tappvarmvatten enligt BEN2. Övriga fastighetsdata erhöles ur tabell 1 från kapitel 1.1.1. För sammanställning se tabell 6.

Tabell 6. Kv. Lärlingen, underlag för energideklaration.<sup>1</sup>

	Bas	Efter
<b>Fjärrvärme (inköpt)</b>	242 780	111 080 <sup>2</sup>
<b>varav;</b> Uppvärmning, norm.	182 609	70 664
TVV, norm.	43 475	23 720
<b>Normaliserat fjärrvärmebehov</b>	226 084	94 384
<b>Fastighetsel total</b>	13 500	43 100
<b>varav;</b> Fastighetsel	13 500 <sup>3</sup>	9 500 <sup>4</sup>
VP (Radiator)	-	28 560
VP (TVV)	-	5 040

<sup>1</sup> Se kapitel 1.1.1.

<sup>2</sup> Se bilaga 2.

<sup>3</sup> Äldre fläkt före installation medför högre fläktförbrukning och uppskattats förbruka 4 000 kWh mer än efter renoveringsåtgärden [17], [18].

<sup>4</sup> Bestämd genom fläkteffekt, 7500 kWh, [18] och belysning, 2000 kWh/år [17].

#### 4.2.3.2 Kv. Alabastern, Växjö

För genomförande av energideklaration sammanställdes data från tabell med erhållna mätvärden av energiansvarig på Växjöbostäder [19], se bilaga 10. Fastighetselen beräknades genom den totala elförbrukningen ur bilaga 8, som det gjordes avdrag för elförbrukningen för spillvattenanläggningen på 18 699 kWh och värmepumpen kopplat till solhybriderna på 15 915 kWh, se bilaga 11.

För normalisering av värmebehovet användes ekvation (ii) tillsammans med given tappvarmvattenförbrukning för att beräkna byggnadens uppvärmningsbehov. Därefter beräknades den normaliserade energin för tappvarmvatten enligt BEN2.

Eftersom anläggningen ej var i drift mellan 27 juli och 30 september under 2021 användes värden från motsvarande månader under 2020. Anledningen till driftstopp var ej fastställt. Däremot var anläggningen inte heller i drift under 7 augusti och 3 september 2020. För att få en komplett uppskattad månad för september 2020 multiplicerades elförbrukningen för värmepump och pumpar samt producerad värme med en faktor 30/27 (dagar i månad/dagar i drift). Augusti månad under 2020 valdes att användas för att kunna beräkna ett medelvärde med hjälp av värden från juli och september från 2020. För mer utförlig förklaring se bilaga 8 och 9. Övriga fastighetsdata erhöles ur tabell 2 från kapitel 1.1.2. För sammanställning se tabell 7.

Tabell 7. Kv. Alabastern, underlag energideklaration.<sup>1</sup>

	Bas	Efter
<b>Fjärrvärme (inköpt)</b>	222 608	191 174
<b>varav;</b> Uppvärmning, norm.	164 830	133 396
TVV, norm.	66 150	26 143
<b>Normaliserat</b>	230 980	159 539
<b>fjärrvärmebehov</b>		
<b>Fastighetsel total</b>	24 309	43 008
<b>varav;</b> Fastighetsel	24 309 <sup>2</sup>	24 309 <sup>2</sup>
VP (Radiator)	-	8 228
VP (TVV)	-	10 471

<sup>1</sup> Se kapitel 1.1.2.

<sup>2</sup> Härledd i stycke 3, utifrån bilaga 8, 9 och 11.

#### 4.2.3.3 Johannishus, Ronneby

Johannishus saknade uppmätt värmebehov för 2021 istället användes inköpt fjärrvärme från 2016 som var 833 710 kWh för att fastställa behovet, se bilaga 17. I bilaga 17 redovisas även inköpt vattenförbrukning för 2016. För normalisering av värmebehovet användes ekvation (i) tillsammans med vattenförbrukningen för att beräkna byggnadens uppvärmningsbehov. Därefter beräknades den normaliserade energin för tappvarmvatten enligt BEN2.

Fastighetselen beräknades av certifierad oberoende energiexpert [17], utifrån senast genomförd OVK på Johannishus. Elen som värmepumparna förbrukade under 2021 anges i bilaga 16. Värmepumparna var ej i behov av värmetillskott från elpatroner under 2021, de kördes heller inte på full last [22]. Därför antogs det att ett ökat normaliserat värmebehov kunde tillgodogöras enbart från värmepumparna.

För beräkning av normaliserad värme och elförbrukning från värmepumparna användes värmepumparnas COP som baserades på verkligt värmebehov från 2016 dividerat med verklig elförbrukning för 2021. Den normaliserade elförbrukningen för värmepumparna beräknades därefter utifrån normaliserat värmebehov och COP.

I underlaget för energideklarationerna gjordes avdrag för förbrukad el utifrån PVT-panelernas producerade el. Av den totala elproduktionen, 27 525 kWh, användes 10% för el till värmepumparna samt 30% för byggnadernas fastighetsel, resterande el användes till verksamhetsel och inkluderades därför inte i energideklarationerna [21]. Värmeproduktion för PVT-anläggningen erhöles ur bilaga 14 och var 60 349 kWh. PVT-anläggningens värmeproduktion inkluderades i fastighetens totala produktion av värme och angavs i energideklarationen, se bilaga 25. Hur stor andel av den producerade värmen från PVT-anläggningen som användes för värmepumparna eller för att ladda och lagras i borrhålen var ej möjligt att fastställa. Övriga

fastighetsdata erhöjls ur tabell 3 från kapitel 1.1.3. För sammanställning se tabell 8.

Tabell 8. *Johannishus, underlag energideklaration.*<sup>1</sup>

	<b>Bas</b>	<b>Efter</b>
<b>Fjärrvärme (inköpt)</b>	833 710	-
<b>varav;</b> Uppvärmning, norm.	769 573	-
TVV, norm.	127 475	-
<b>Normaliserat fjärrvärmebehov</b>	897 048	-
<b>Fastighetsel total</b>		
<b>varav;</b> Fastighetsel	139 742	131 484
VP (Radiator)	-	167 484
VP (TVV)	-	27 743
<b>Elproduktion PVT total</b>	-	27 525
<b>varav;</b> till Fastighetsel (30%)	-	8 258
till VP (10%)	-	2 753

<sup>1</sup> Se kapitel 1.1.3.

#### 4.2.4 Energibesparing

Den totala normalårskorrigerade oviktade, d.v.s. ej påverkade av primärenergifaktorer, energianvändningen för respektive fastighet, före och efter åtgärd, anges i energideklarationerna i bilaga 23-25. Kv. Lärlingen hade en total energianvändning på 242 133 kWh/år före åtgärd och 138 869 kWh/år efter. Energibesparingen var differensen mellan energianvändning före och efter åtgärd. Energibesparingen dividerades sedan med investeringskostnaden för att beräkna total energibesparing per investerad tkr. Investeringskostnaden dividerades även med total mängd energibesparing för att beräkna investeringskostnad per besparad kWh. Följande beräkningar genomfördes även för kv. Alabastern och Johannishus.

#### 4.3 Livscykelkostnader, LCC

För ekonomisk beräkning har LCC-verktyget av upphandlingsmyndigheten använts. LCC-verktyget är ett verktyg för att skapa en totalbild över kostnader för en, exempelvis, anläggnings hela nyttjandetid. Beräkningen tar hänsyn till grundinvestering samt drift- och underhållskostnader. Även möjlighet för slutvärdeskostnad finns. [44]

Till nyttjandetid sattes 15 år i dialog med branscherna [17], [18] då det är efter ca 15 år man kan räkna med att behöva byta till exempel kompressor eller liknande vilket medför en ny investeringskostnad. Livslängden för bland annat tankar, ledningar, batterier, fläktar, borrhål och ETX-paneler överstiger 15 år. Nyttjandetid avser då första bytet förmodligen behöver genomföras.

### 4.3.1 Beräkning av el- och fjärrvärmepris

Beräkning av el- och fjärrvärmepris gjordes utifrån Nils Holgersson rapport 2021. Tre elpriser respektive fjärrvärmepriser beräknades för de olika kommunerna samt ett snittpris för hela Sverige vilka redogörs i kapitel 2.13, tabell 5.

El- och fjärrvärmepris beräknades i Excel utifrån bestämda priser erhållna ur Nils Holgersson-rapporten [81] uttryckta i kronor per kvadratmeter från typhuset *Nils Holgersson*. Priset i rapporten uttrycks i kronor per kvadratmeter och utgår från rörligt pris och är angivet inklusive skatt och moms. Typhuset hade en totalarea på 1000 m<sup>2</sup> med 15 lägenheter och en energiförbrukning på 15 000 kWh för fastighetsel och 34 500 kWh hushållsel. Fjärrvärmeförbrukning för typhuset var 193 000 kWh med ett flöde av 3 860 m<sup>3</sup>.

Det erhållna priset beräknades om till kr per kWh med hjälp av indata för typhuset. Då elpriser är upphandlingsbara utnyttjas med fördel priser från rapporten då dessa är oberoende upphandling och presenterar ett fast pris med samtliga kostnader inkluderat. [81]

### 4.3.2 LCC-parametrar

Parametrar använda vid LCC-kalkyl kan ses i tabell 9.

Tabell 9, Parametrar för LCC-kalkyl

<b>Parametrar</b>	Lärlingen	Alabastern	Johannishus
Nyttjandetid (år)	15 <sup>1</sup>	15 <sup>2</sup>	15 <sup>3</sup>
Kalkylränta (%)	6%	6%	6%
<b>Kostnad (kr)</b>			
Inköpspris	850 000	1 711 566	2 950 000
Installation och leverans	-	-	-
Moms (25%)	212 500	427 892	737 500
<i>Bidrag</i>	-	790 000 <sup>4</sup>	-
Drift och underhåll (kr/år)	2 000	3 730 <sup>4</sup>	8 000
<b>Summa Investering (inkl. moms, exkl. drift och underhåll samt bidrag)</b>	1 062 500	2 139 458	3 687 500
<b>Elförbrukning (kWh/år)</b>	33 600	18 699	184 000

<sup>1</sup> Ansvarig installation, HögforsGST, avser livslängd för värmepump [18]. Batteri kvarstår under längre tid.

<sup>2</sup> Avser normal livslängd för pumpar, värmepump med mera, [17]. OBS! ETX-paneler har teknisk livslängd på 40-50 år [51].

<sup>3</sup> Avser normal livslängd för pumpar, värmepump med mera, [17]. Borrhål kvarstår under längre tid.

<sup>4</sup> Från READY-projekt, priser omvandlade 1:10 från € till SEK [16]. OBS! För en mer jämförbar ekonomiska analys togs ingen hänsyn till bidraget, beräkningarna gjordes utifrån total kostnad.

För uppskattning av endast FX-systemet användes hälften av investeringskostnaden för FX-systemet med fjärrvärmecentralen. Detta gjordes i dialog med installationsansvarig som ansåg denna uppskattning rimlig. [18]

#### 4.3.3 Ekonomisk besparing & Återbetalningstid

Den årliga besparingen togs fram genom att nuvärdesberäkna kostnaden av producerad värme från värmepump som om den vore köpt från fjärrvärmenätet, enligt;

$$\text{Producerad värme [kWh]} * \text{Värmepris [kr/kWh]} * \text{Nuvärdeskvot.}$$

Där nuvärdeskvoten var 9,71/15. Kostnaden för årlig elförbrukning av pumpar och värmepump, som installation medförde, nuvärdesberäknades också enligt;

$$\text{Förbrukad el [kWh]} * \text{Elpris [kr/kWh]} * \text{Nuvärdeskvot.}$$

Nuvärdeskvoten erhöles genom den givna nuvärdesfaktorn, beräknad av LCC-verktyget och erhålls ur bilaga 19, 20 och 21, dividerat med 15 för att få fram en nuvärdeskvot för nuvärdesberäkning av årliga inbesparingar. El- och fjärrvärmepriser hämtades ur kapitel 4.3.1.

Återbetalningstiden, med hänsyn till kalkylränta, beräknades genom att dividera den totala LCC-kostnaden med den årliga besparingen. Den totala kostnaden för installationen inkluderade investerings- och underhållskostnaden som var nuvärdesberäknade med en given kalkylränta på 6% och 15 års nyttjandetid. För omräkning av den årliga besparingen användes omräkningsfaktor för nuvärde, på 9,71, från LCC-kalkyl, se bilaga 19-21.

Återbetalningstiden, utan hänsyn till kalkylränta, beräknades genom att ta investeringskostnaden för installationen dividerat på den årliga besparingen, utan nuvärdesräkning.

För kv. Lärlingen användes samma årliga besparing till grund för beräkning av återbetalningstiderna, för den kompletta systemlösningen och endast FX-systemet. Eftersom det inte var möjligt att säkerställa hur mycket fjärrvärmecentralen bidrog till den ekonomiska besparingen.

#### 4.4. Anläggnings SCOP och årligt COP

Fastigheternas SCOP och årligt anläggnings COP fastställdes genom uppmätta värden för kv. Lärlingen, endast FX-systemet, och kv. Alabastern medan det saknades mätvärden för Johannishus. För Johannishus användes värmepumparnas elförbrukning från 2021, som var uppmätt till 184 000 kWh, se bilaga 16. För att uppskatta den producerade värmen från värmepumparna

användes värmebehovet från 2016 som var 833 710 kWh och baserades på inköpt fjärrvärme från 2016, se bilaga 17.

För kv. Lärlingen erhöles SCOP, som är medelvärdet för månadernas COP, från anläggningens driftprogram ”Fiksu” vilket redogörs för i bilaga 5. Anläggningens årliga COP beräknades utifrån totalt producerad värme, 131 700 kWh, och systemets elförbrukning, 33 600 kWh, för hela 2021, se bilaga 2.

För kv. Alabastern fastställdes SCOP utifrån uppmätta värden som redogörs för i bilaga 9. Anläggningens årliga COP beräknades utifrån totalt producerad värme, 71 441 kWh, och total elförbrukning 18 699 kWh, se bilaga 9.

För beräkning av kv. Lärlingens, kv. Alabasterns och Johannishus årliga anläggnings COP användes ekvation (iii) i kapitel 2.5.

## 4.5 Energi i spillvatten och frånluft

I det här kapitlet redogörs för tillvägagångssätt för en teoretisk beräkning av energi i spillvatten och frånluft, som är möjligt att ta vara på. Med antagandet att spillvattnet har samma specifik värmekapacitet och densitet som vatten. Nedan redogörs för samtliga beräkningar som ligger till grund för den slutliga resultatberäkningen.

### 4.5.1 Beräkning av spillvattenenergi

För att beräkna energi som går att ta vara på från spillvattnet beräknas först volymflödet utifrån normalt brukande av tappvarmvatten enligt BEN2 som är 25 kWh/A<sub>temp</sub>, år, tillsammans med ekvation (i) ger:

$$\Rightarrow 25 \left[ \frac{kWh}{A_{temp} \cdot \text{år}} \right] = \frac{0,35}{\eta_{TVV}} \times \dot{V} \left[ \frac{m^3}{A_{temp} \cdot \text{år}} \right] \times 55 \left[ \frac{kWh}{m^3} \right]$$

$$\Leftrightarrow \dot{V} = \frac{25 \times \eta_{TVV}}{0,35 \times 55} = \frac{25 \times 0,97}{0,35 \times 55} \approx 1,26 \left[ \frac{m^3}{A_{temp} \cdot \text{år}} \right]$$

Enligt bilaga 9 var medelvärdet för spillvattnets in- och utloppstemperatur 24,0°C (t<sub>1</sub>) respektive 6,3°C (t<sub>2</sub>). Medelvärdet för inloppstemperatur på spillvattnet till värmväxlaren som var 24,0°C i kv. Alabastern används som standardtemperatur för spillvatten i beräkningarna. I Växjö kommun var det tillåtet att sänka spillvattentemperaturen ner till 6,0°C vilket användes i beräkningen och gav därmed Δt = 18°C.

Spillvattnets densitet och specifika värmekapacitet erhöles ur tabellvärden [84] där värden för t<sub>1</sub> istället togs vid 20°C (4,181 kJ/kg, °C) och värden för t<sub>2</sub> vid 5°C (4,206 kJ/kg, °C) som var listade i tabellen, eftersom den noggrannhet som kan erhållas vid interpolering ansågs vara försumbar i det

här fallet. Densiteten fastställdes enligt samma metod, där densiteten vid 20°C var 992,2 kg/m<sup>3</sup> och 1 000 kg/m<sup>3</sup> vid 5°C. Samtliga värden var angivna för 1 bar.

$$\bar{c}_{p,vatten} \approx 4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$\rho_{vatten} = 999,1 \text{ kg/m}^3$$

Massflödet för spillvatten beräknades enligt ekvation (v):

$$\dot{m} = \dot{V} \times \rho_{vatten} = 1,26 \times 999,1 \approx 1\,259 \frac{kg}{A_{temp} \cdot \text{år}}$$

Därefter kunde ekvation (iv) användas för att beräkna effekten. Med en uppskattad drifttid på 8 760 timmar/år (24h \* 365dagar) kunde energin beräknas.

#### 4.5.2 Beräkning av frånluftsenergi

Frånluftens temperatur i byggnader är omkring 21°C (t<sub>1</sub>) och efter batteriväxlaren omkring 4°C (t<sub>2</sub>), vilket ger Δt = 17°C [18]. Värden för densitet och specifik värmekapacitet för frånluften användes istället för temperaturerna 20°C och 0°C, enligt samma resonemang som för spillvattnet. Specifik värmekapacitet för torr luft användes, som var densamma vid 20°C och 0°C. Densiteten vid 20°C var 1,189 kg/m<sup>3</sup> och vid 0°C var den 1,276 kg/m<sup>3</sup>. Samtliga värden var angivna för 1 bar. [84]

$$\bar{c}_{p,torr\ luft} = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$\bar{\rho}_{torr\ luft} \approx 1,23 \text{ kg/m}^3$$

Volymflödet ska minst vara 0,35 liter per sekund och A<sub>temp</sub>, se kapitel 2.1.4 och 2.12. Massflödet för spillvatten beräknades enligt ekvation (v):

$$\dot{m} = \dot{V} \times \rho_{torr\ luft} = 0,35 \text{ l} \times \frac{m^3}{1000 \text{ l}} \times 1,23 = 430,5 * 10^{-6} \frac{kg}{A_{temp} \cdot s}$$

Därefter kunde ekvation (iv) användas för att beräkna effekten. Med en uppskattad drifttid på 8 760 timmar/år (24h \* 365dagar) kunde energin beräknas.

## 5. Resultat och analys

I följande kapitel presenteras rapportens resultat.

### 5.1 För- och nackdelar med systemen

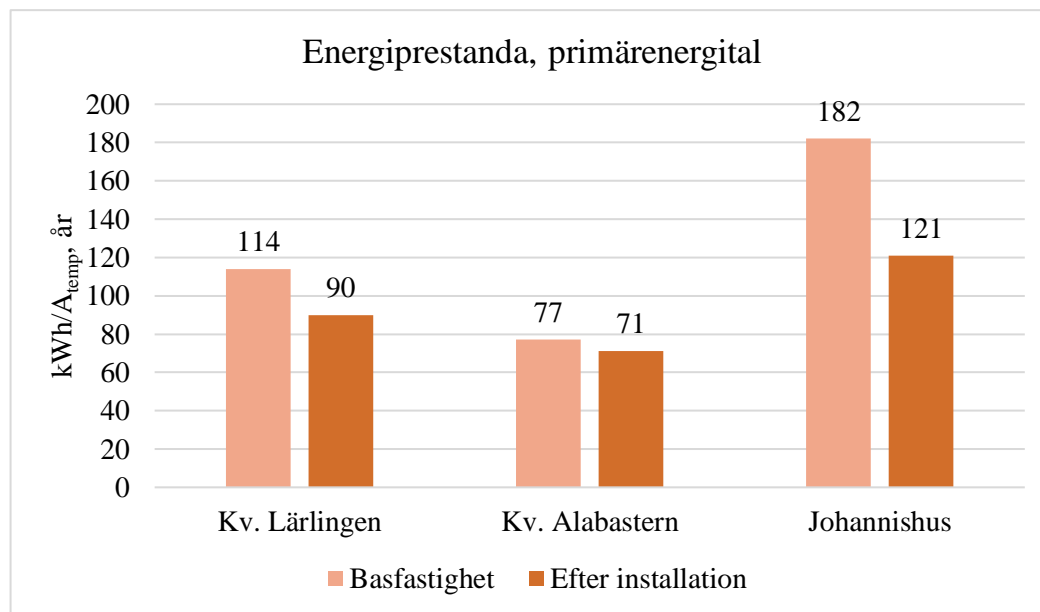
I tabell 10 presenteras tre för- och nackdelar för respektive energisystem.

Tabell 10. *För- och nackdelar med respektive system*

	<b>Fördelar</b>	<b>Nackdelar</b>
FX-system	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relativt enkel installation som endast kräver frånluftskanalssystem.</li><li>• Kan installeras som komplement på befintligt F-system.</li><li>• Kontinuerligt flöde med jämn temperatur.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Risk för kallras vilket kan undvikas med rätt placering av tilluftsdon.</li><li>• Risk att obehandlad luft tas in via undertrycket vilket kan försämra luftkvaliteten i fastigheten.</li><li>• Kräver el för lufttillförsel.</li></ul>
SVVX med VP	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relativt jämn temperatur under året.</li><li>• Tar vara på energi som beror av människors beteende.</li><li>• Lämpligt i redan energieffektiverade byggnader som sista åtgärd för att maximera energibesparingen.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hantering av föroreningar i vattnet är av stor betydelse eftersom det kan påverka effektiviteten.</li><li>• Mängden energi som tillåts tas vara på begränsas av en nedre temperatur på returvattnet.</li><li>• Effektivitet är beroende av människors beteende gällande vattenanvändning.</li></ul>
Solhybrider med borrhål	<ul style="list-style-type: none"><li>• Produktion av värme och el.</li><li>• Värmeåtervinning genom kylning av solpaneler, som ger ökad effektivitet, och som värmeladdar borrhål.</li><li>• Tillvaratagande av ”gratis” energi från solen till fastigheten.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elproduktion beror på väder och plats.</li><li>• Kan endast producera el under ”dagtid”.</li><li>• Installation av borrhål är platsberoende.</li></ul>

## 5.2 Energideklarationer & Energibesparing

På kv. Lärlingen minskade primärenergitalet efter renoveringsåtgärd med 24 kWh/A<sub>temp</sub>, år motsvarande 21,0%. För kv. Alabastern minskade primärenergitalet minst av de tre anläggningarna med 6 kWh/A<sub>temp</sub>, år motsvarande 7,8% medan för Johannishus minskade primärenergitalet mest med 61 kWh/A<sub>temp</sub>, år motsvarande 33,7% Se bilaga 23, 24 och 25 för resultatet för energideklarationerna och figur 14 för sammanställning av primärenergital.



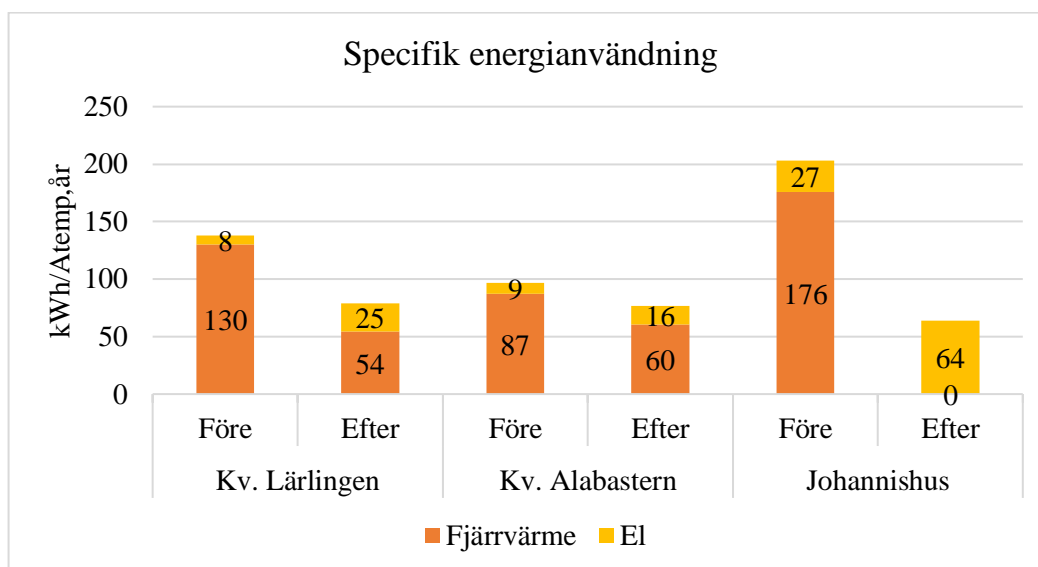
Figur 14. Sammanställning primärenergital före och efter installation utifrån bilaga 23, 24 och 25.

FX-systemet vid kv. Lärlingen medförde att fjärrvärmeförbrukningen minskades med 76 kWh/A<sub>temp</sub>, år och elförbrukningen ökade med 17 kWh/A<sub>temp</sub>, år.

På kv. Alabastern minskade fjärrvärmeförbrukningen med 27 kWh/A<sub>temp</sub>, år och elförbrukningen ökade med 7 kWh/A<sub>temp</sub>, år efter installationen av spillvattenvärmeåtervinningen.

Johannishus eliminerades hela fjärrvärmebehovet efter installationen av PVT-panelerna och bergvärmepump som ökade elförbrukningen med 37 kWh/A<sub>temp</sub>, år.

Störst reduktion av fjärrvärmeförbrukning gjordes på Johannishus medan minst uppnåddes på kv. Alabastern. Störst ökning av elförbrukning skedde hos Johannishus medan minst skedde på kv. Alabastern. Se figur 15 för sammanställning av specifik energianvändning.



Figur 15. Sammanställning, specifik energianvändning.

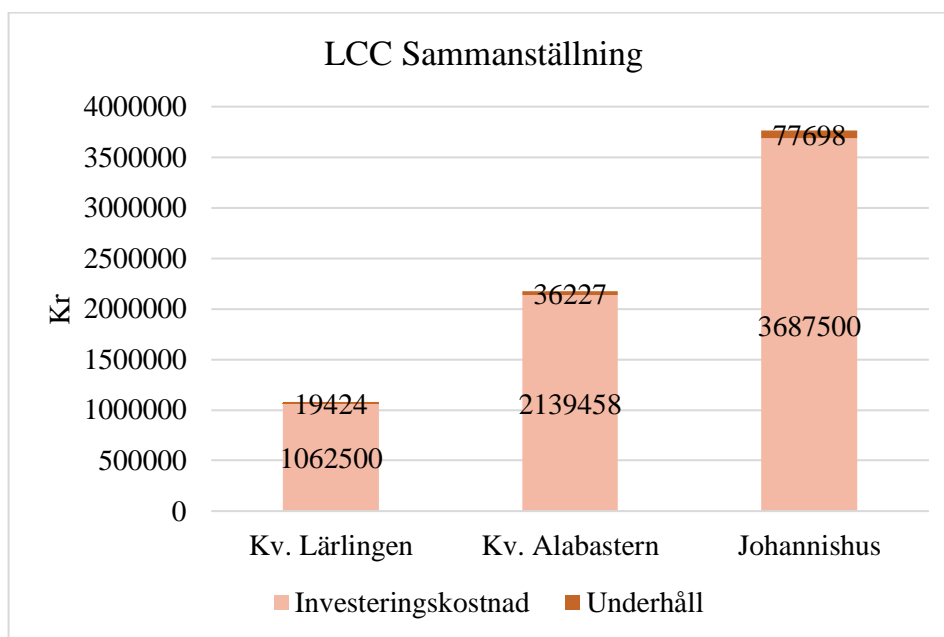
### 5.3 Livscykelkostnader, ekonomisk besparing och återbetalningstid

LCC beräknades med 6% kalkylränta för samtliga anläggningar. Med en nyttjandetid på 15 år och ett elprissnitt Sverige, se kapitel 4.3.1, blev totalkostnaden, nuvärdesberäknat, för anläggningarna enligt figur 16.

Kv. Lärlingens totala kostnad för den kompletta systemlösningen blev 1 081 924 kr. Fördelat på 1 062 500 kr för investeringskostnad och underhåll på 19 424 kr, se bilaga 19. Investeringskostnaden för endast FX-systemet blev 531 250 kr, baserat på resonemanget i kapitel 4.3.2.

Kv. Alabastern totala kostnad blev 2 175 685 kr. Fördelat på 2 139 458 kr investeringskostnad och underhåll på 36 227 kr, se bilaga 20.

Johannishus totala kostnad blev 3 765 198 kr. Fördelat på 3 687 500 kr investeringskostnad och underhåll på 77 698 kr, se bilaga 21.



Figur 16. Sammanställning av LCC.

Vid nuvärdesberäkning gjordes den största besparingen på Johannishus medan kv. Alabastern fick den minsta. Längst återbetalningstid med hänsyn till kalkylränta fick kv. Alabastern på 128,4 år medan Johannishus hade lägst på 14,7 år, se tabell 11.

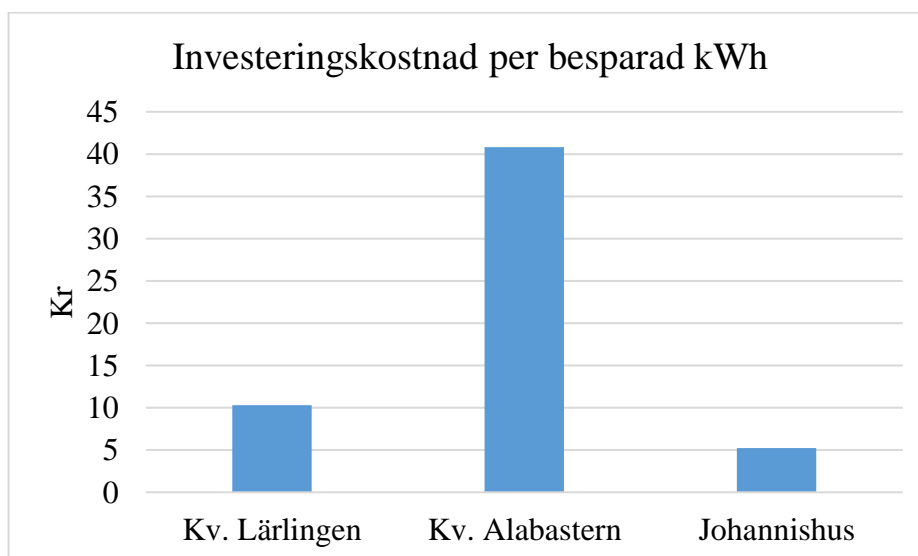
Utan hänsyn till kalkylränta och sett till investering hade Johannishus störst besparing och lägst återbetalningstid medan kv. Alabastern hade högst återbetalningstid på 95,3 år och lägst besparing på 22 454 kr, se tabell 11.

Endast FX-systemet på kv. Lärlingen, utan fjärrvärmecentral eller hänsyn till kalkylränta, hade en återbetalningstid på 11 år.

Tabell 11. Resultat besparing & återbetalningstid, se bilaga 22.

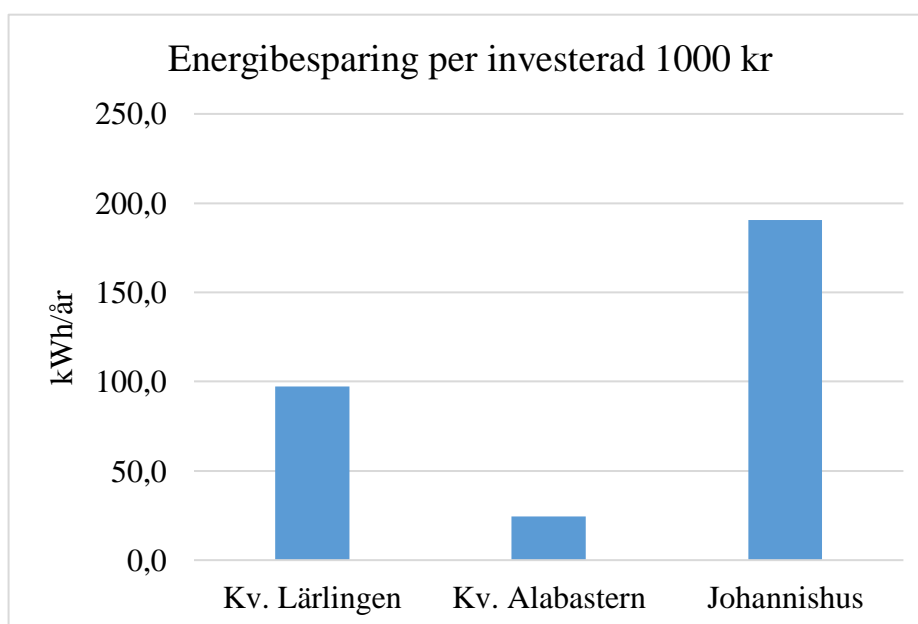
Anläggning	Kv. Lärlingen	Kv. Alabastern	Johannishus
<b>Besparing</b> (hänsyn till kalkylränta, kr)	32 375	16 950	260 497
<b>Återbetalningstid</b>	33,4	128,4	14,7
<b>Besparing</b> (utan hänsyn till kalkylränta, kr)	48 013	22 454	395 958
<b>Återbetalningstid</b>	22,1	95,3	9,3

Johannishus hade lägst investeringskostnad per total energibesparing, normalårskorrigerad och oviktad, med 5 kr/kWh medan kv. Alabastern hade högst med 41 kr/kWh. Kv. Lärlingen medförde en investeringskostnad av 10 kr per besparad kWh/år, se figur 17.



Figur 17. *Investeringskostnad per besparad total energianvändning.*

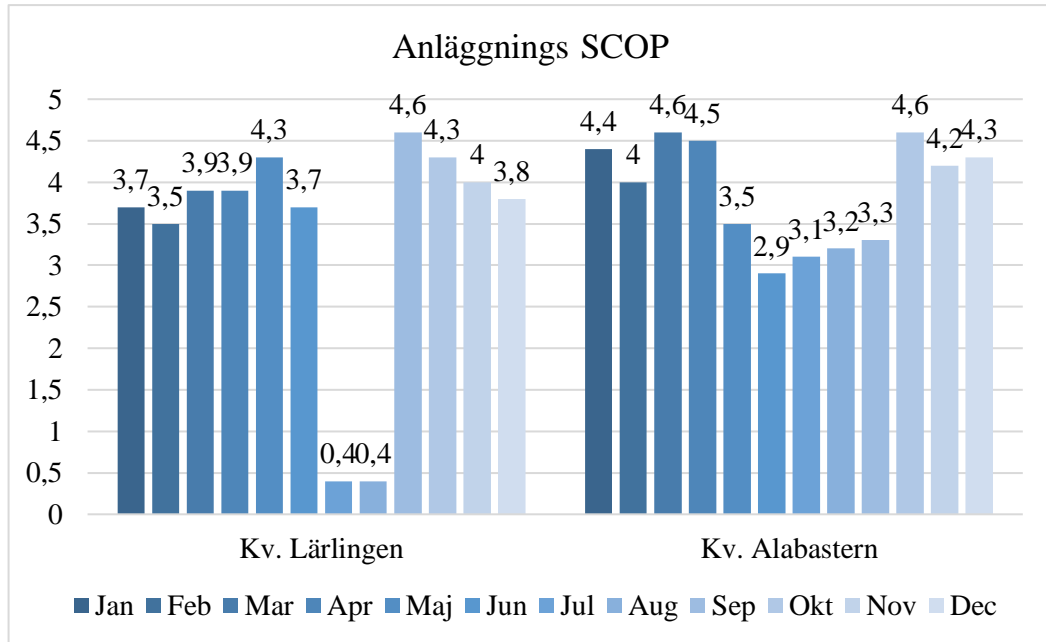
Sett till energibesparing, total oviktad och normalårskorrigerad energianvändning, per investerad tkr hade Johannishus högst energibesparing med 190,5 kWh/år medan kv. Alabastern hade lägst med 24,5 kWh/år. Johannishus hade en energibesparing på 97,2 kWh/år per investerad 1000 kr, se figur 18.



Figur 18. *Energibesparing av total energianvändning per investeringskostnad.*

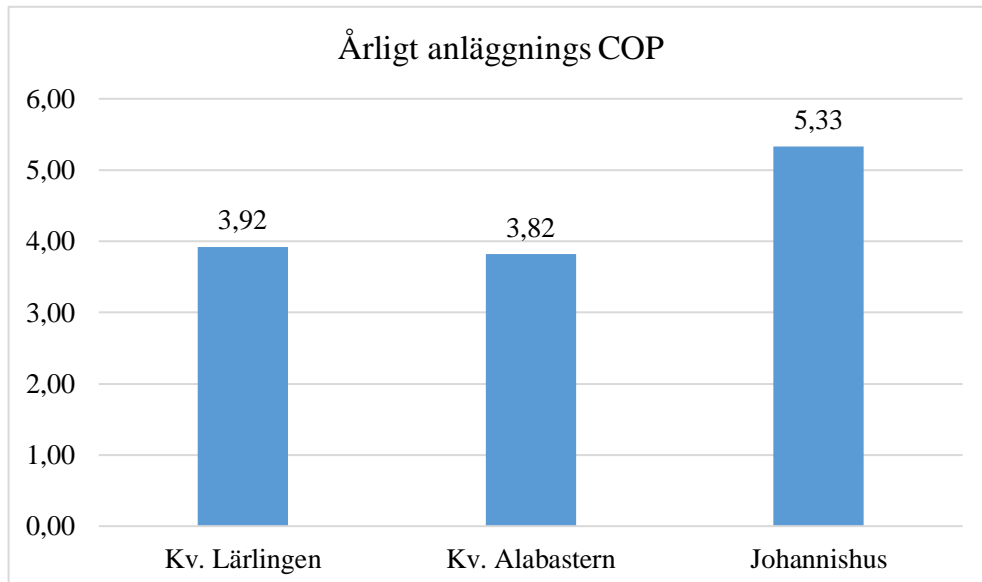
## 5.4 Anläggnings SCOP och årligt COP

Kv. Lärlingens anläggnings SCOP var 3,4 och kv. Alabastern hade ett högre SCOP på 3,9. Se figur 19.



Figur 19. Anläggnings SCOP.

Kv. Lärlingens anläggnings COP var 3,9 och 3,8 för kv. Alabastern och högst hade Johannishus med 5,3. Se figur 20.



Figur 20. Anläggnings COP.

## 5.5 Energi i spillvatten och frånluft

Den beräknade spillvatteneffekten utifrån ekvation (iv) blev:

$$\dot{Q}_{\text{spillvatten}} = \dot{m} \times \bar{c}_p \times \Delta t = 1\,259 \times 4,19 \times 18,0 \approx 94\,954 \frac{\text{kJ}}{\text{A}_{\text{temp}} \cdot \text{år}}$$

Vilket resulterade i följande möjliga energimängd att ta vara på ur spillvatten baserad på det härledda vattenflödet om 1,26 m<sup>3</sup> per A<sub>temp</sub> och år utifrån BEN2:

$$\Rightarrow Q_{\text{spillvatten}} = 94\,954 \frac{\text{kJ}}{\text{A}_{\text{temp}} \cdot \text{år}} \times \frac{\text{år}}{365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} \times 8\,760 \frac{\text{h}}{\text{år}} \approx 26,4 \frac{\text{kWh}}{\text{A}_{\text{temp}} \cdot \text{år}}$$

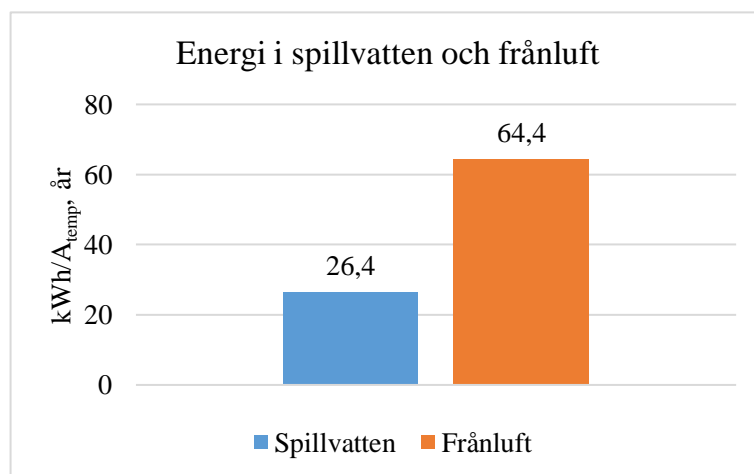
Den beräknade frånluftseffekten blev:

$$\dot{Q}_{\text{frånluft}} = \dot{m} \times \bar{c}_p \times \Delta t = 430,5 \times 10^{-6} \times 1,005 \times 17 \approx 7,35 \times 10^{-3} \frac{\text{kW}}{\text{A}_{\text{temp}}}$$

Vilket resulterade i följande möjliga energimängd att ta vara på ur frånluft, baserat på minsta standardiserade frånluftsflödet om 0,35 liter per sekund och A<sub>temp</sub>:

$$\Rightarrow Q_{\text{frånluft}} = 7,35 \times 10^{-3} \frac{\text{kW}}{\text{A}_{\text{temp}}} \times 8\,760 \frac{\text{h}}{\text{år}} \approx 64,4 \frac{\text{kWh}}{\text{A}_{\text{temp}} \cdot \text{år}}$$

Den teoretiska energin, för de standardiserade flödena, som finns tillgänglig att ta vara på ur spillvatten var 26,4 kWh/A<sub>temp</sub>, år medan det var 64,4 kWh/A<sub>temp</sub>, år för frånluft. Det finns ungefär en faktor 2,4 mer energi att ta vara på ur frånluften, vilket innebär att temperaturskillnaden, Δt, för spillvatten ska vara omkring 44°C för att motsvara energin i frånluften, förutsatt standardiserade flöden. Se figur 21.



Figur 21. Energi i spillvatten och frånluft.

## 6. Diskussion & slutsats

I projektet har tre fastigheter med tre olika energisystem jämförts och utvärderats. Kv. Lärlingen i Lund med FX-system och ny fjärrvärmecentral, kv. Alabastern i Växjö med spillvattenvärmeåtervinning samt Johannishus i Ronneby med solhybrider och borrhål.

### 6.1 För- och nackdelar med systemen

Under projektets gång har flera för- och nackdelar dykt upp vad gäller de olika energisystemen. Till för- och nackdelar valdes att beskriva det som utmärkte sig som speciellt för den givna systemlösningen. De olika energisystemen har flera liknande för- och nackdelar men som antingen är mer eller mindre relevant på de andra anläggningarna.

Många fastigheter från det svenska miljonprogrammet är sedan tidigare försedda med frånluftssystem som med fördel kan installera ett FX-system, eftersom det är en enkel åtgärd. För FX-systemet finns det risk att förorenad luft dras in i fastigheten genom förstärkt självdrag, vilket till viss del kan lösas med hjälp av filter. Vid vissa platser kan andra system med förbehandling av luft vara mer lämpliga på grund av diverse omkringliggande luftföroreningar. Ytterligare en är nackdel risken för kallras som kan uppstå, vilket kan lösas genom att placera tilluftventiler bakom exempelvis element. Kv. Lärlingens installerade fjärrvärmecentral, från HögforsGST, hanterar flödet och  $\Delta t$  för den köpta fjärrvärmens. Genom att säkerställa ett högt  $\Delta t$  och minimera flödet vid lägre värmebehov kan eventuella taxor från det lokala fjärrvärmebolaget minimeras.

Fördelen med FX-system jämfört med spillvattenvärmeåtervinning och solhybrid med borrhål är att den har det mest kontinuerliga och temperatursjämnade flödet, som innebär en tillförlitlig energikälla. Spillvattenflödet varierar under dygnet, men går att hantera genom uppsamling i kollektortankar. Tillgänglig solenergi varierar under året och dygnets timmar, samt att den lagrade energin i marken är som mest under sommaren när behovet är som minst. Det är viktigt med rätt dimensionering av borrhål för att säkerställa att värmebehovet kan täckas när det är som störst.

Den största nackdelen med spillvattenvärmeåtervinning har i tidigare studier visat sig vara beläggningar på värmexlaren till följd av föroreningar i spillvattnet. Genom Evertherms patenterade lösning säger dem sig ha löst detta. Den årliga spolningen av pumpgrop och kontroll av systemet kan komma att elimineras i framtida spillvattensystem.

En av fördelarna med spillvattenvärmeåtervinning som teknik är att det möjliggör för mer fullständig energiåtervinning ur byggnader. Spillvattenvärme-återvinning kan lämpa sig på fastigheter som har totalrenoverats med tilläggsisolering, bytt fönster, installerad

ventilationsåtervinning och solhybrider. I dessa fastigheter kvarstår energibesparing att göras på utgående spillvatten, därav kan det vara en god lösning för att minska energianvändningen ytterligare.

En viktig fördel med solhybridanläggningen är att den producerar både värme och el. Om den kombineras med borrhål så kan solcellerna kylas ner och få ökad elproduktion, samtidigt som värmen under varmare månader lagras i marken och minimerar risken för att borrhålen fryser fast. En betydande nackdel för solhybridanläggningen med borrhål är att det är platsberoende. För att installationen ska kunna genomföras krävs utrymme för borrhålen med rätt förutsättningar i marken, något som kan vara mindre möjligt i tätbebyggda områden.

## 6.2 Energideklarationer

Energideklarationerna för samtliga fastigheter efter energireoveringsåtgärderna visar att det är fördelaktigt att övergå till el för värmeförsörjning jämfört med fjärrvärme, trots skillnaden i primärenergifaktorerna mellan el och fjärrvärme. Resultatet utifrån energideklarationerna visar därför att ju mer el som har använts för värmepump, desto större förbättring av fastighetens energiprestanda. Detta gäller så länge anläggningens årliga COP är större än kvoten mellan primärenergitalet för el och fjärrvärme, 1,8/0,7.

Resultatet var att Johannishus hade den största energiförbättringen enligt energideklarationerna, till följd av mest värmeproduktion från värmepumparna. Minst energiförbättring hade kv. Alabastern, till följd av att värmepumpen producerade mindre mängd värme än kv. Lärlingen och Johannishus. Kv. Alabastern klarar däremot nybyggnadskravet efter reoveringsåtgärden enligt våra energideklarationer, däremot har vi inte tagit hänsyn till fastighetens PVT-anläggning.

Energideklarationer är till stor del en fingervisning för en byggnads energiprestanda eftersom deklARATIONERNA beror på energiexperternas kompetens och erfarenhet. I de fall energiexperten saknar data behöver uppskattningar göras vilket medför en viss osäkerhet. Deklarationerna påverkas också av vilket år som de är utförda, trots att normalårskorrigerings görs så blir det inte exakt. Primärenergifaktorer som används i energideklarationer är politiskt influerade, vilket innebär att om de ändras i kommande versioner av BBR så ändras även byggnadens energiprestanda.

### 6.3 Livscykelkostnader, ekonomisk besparing och återbetalningstid

För en rättvisare ekonomisk jämförelse gjordes de ekonomiska beräkningarna utan hänsyn till eventuella energieffektiviseringsstöd. Spillvattenanläggningen vid kv. Alabastern hade genom READY-projektet fått bidrag på halva investeringsbeloppet, men som valdes att inte ta hänsyn till. Detta eftersom stöd dels beror på renoveringsåtgärdens omfattning, dels om energieffektiviseringsstöd finns tillgängligt vid tidpunkten för renoveringen. Som nämnt i kapitel 2.2 har bidrag tidigare delats ut till renoveringsåtgärder där installationen inte huvudsakligen byter energibärare, från fjärrvärme till el. Varken kv. Lärlingen eller kv. Alabastern bytte genom installationen huvudsaklig energibärare till el, sett till specifik energianvändning. Efter beslut om ny statlig budget för 2022 avvecklades det dåvarande energieffektiviseringsstödet. Ifall liknande stöd skulle återkomma hade renoveringar som kv. Lärlingen och kv. Alabastern gynnats och blivit mer lönsamma att installera.

Ingen hänsyn har tagits till eventuell kostnadsfördelning för investeringarna. Den procentuella fördelningen av rörliga och fasta kostnader påverkas av investeringens omfattning. Johannishus installerade 17 borrhål vilket gör att snittpriset per borrhål rimligtvis hade varit lägre än om dem endast installerat ett borrhål. Därför är investering- och totalkostnaderna för respektive energisystem mer en fingervisning och beror på fastighetens förutsättningar och åtgärdens omfattning. I val av renoveringsåtgärd för en specifik fastighet bör lämpligen en LCC upprättas för att fastställa totalkostnaden under nyttjandetiden i kombination med den förväntade årlig besparingen för att avgöra energisystemens lönsamhet för fastigheten i fråga.

Nyttjandetiden på 15 år, som har använts i den ekonomiska analysen, har bland annat baserats på pumpar och värmepumpars livslängd, då de runt denna tid behöver ersättas vilket medför en ny mindre investering. Energisystemens övriga beståndsdelar såsom värmeväxlarbatteri, borrhål och ETX-panelar har längre nyttjandetid, vilket innebär att totalkostnaden räknat för en längre tid ger en lägre kostnad per år.

Resultatet visar att ur ett totalkostnadsperspektiv, räknat på 15 år, hade FX-systemet med fjärrvärmecentral på kv. Lärlingen den lägsta totalkostnaden medan solhybriderna med borrhål på Johannishus hade högst. Till följd av skillnaden i renoveringsåtgärdernas omfattning och fastigheternas olika storlekar och verksamheter kunde ingen slutsats kring detta dras. FX-systemet på kv. Lärlingen inklusive fjärrvärmecentralen medförde en högre investeringskostnad jämfört med endast FX-systemet. Fjärrvärmecentralen hanterar flödet och  $\Delta t$  för att minska eventuella taxor vid förbrukning av fjärrvärme. Denna ekonomiska besparing redogörs inte heller för och tas inte hänsyn till vid beräkningen av återbetalningstiden. Eftersom fjärrvärmecentralens ekonomiska besparing inte kunde fastställas, kan inte heller någon slutsats dras gällande dess lönsamhet.

Besparingen och effektiviteten på spillvattenanläggningen påverkas bland annat av beteendet hos de boende i flerbostadshus. Vid sparsamt beteende blir den tillgängliga energin och besparingen mindre och vid ett slösaktigt beteende blir det högre. Snålspolande armaturer medför därmed en ökad återbetalningstid för denna typ av anläggning. En spillvattenanläggning påverkas även av fastighetens totala vattenförbrukning, som kan vara hög trots sparsamma hyresgäster om det bor många på mindre yta eller vice versa.

Den långa återbetalningstiden omkring 95 år, utan hänsyn till kalkylränta, för spillvattenanläggningen beror på den energibegränsning som spillvattnet har, vilket innebär att produktionen av värme och därmed den ekonomiska besparingen även begränsas. Återbetalningstiden för FX-systemet med fjärrvärmecentralen, utan hänsyn till kalkylränta, var ungefär 22 år och beror dels på att investeringskostnaden för fjärrvärmecentralen inkluderades men inte kostnadsbesparingen som den ger upphov till. Investeringskostnad och återbetalningstid för en renoveringsåtgärd med endast FX-system var lägre och kortare, eftersom större delen av den ekonomiska besparingen är till följd av värmepumpens värmeproduktion. Återbetalningstiden för endast FX-systemet var 11 år till följd av halvering av den totala investeringskostnaden för kv. Lärlingen. Solhybriderna med borrhål hade kortast återbetalningstid, ungefär 9 år, som troligtvis beror på att anläggningen inte begränsas av tillgänglig energi till värmepumparna, om borrhålen är rätt dimensionerade. Vilket innebär att de tre värmepumparna kan producera all den värme som fastigheterna behöver, vilket ökar den årliga besparingen. Lönsamheten för samtliga energisystem vid kv. Lärlingen, kv. Alabastern och Johannishus begränsas inte av värmepumparnas kapacitet utan av tillgänglig energi att ta vara på från de olika energikällorna.

Den ekonomiska besparingen och återbetalningstiden för de tre energisystemen påverkas av el- och fjärrvärmepriserna som varierar mellan år. Priserna som användes var snittpriser för Sverige 2021, vilket innebär att samma tillvägagångssätt med priser för andra år hade gett ett annat resultat. En anledning till den korta återbetalningstiden vid Johannishus är anläggningens höga COP i kombination med el- och fjärrvärmepriserna för 2021. En ekonomisk besparing, uppnås så länge COP multiplicerat med fjärrvärmepris är större än elpriset. Däremot innebär det inte att investeringen varit lönsam, eftersom lönsamheten bestäms utifrån flera faktorer såsom nyttjandetid och storleken på besparingen.

Investeringarna för renoveringsåtgärderna minskade fastigheternas totala energianvändning olika mycket. Solhybridanläggningen med borrhål hade lägst investeringskostnad per besparad kWh, utan att särskilja mellan el och värme. Kostnaden var hälften jämfört med FX-systemet med fjärrvärmecentralen från HögforsGST. Investeringskostnaden för spillvattenanläggningen var åtta gånger så hög för varje besparad kWh jämfört med solhybridanläggningen med borrhål. En av anledningarna till att resultatet för spillvattenanläggningen blev högre än de andra systemen beror dels på den

höga investeringskostnaden, dels på den begränsade mängd energi som spillvattnet innehåller. För FX-systemet inkluderades kostnaden för fjärrvärmecentralen som uppskattades kosta lika mycket som FX-systemet. Detta innebär att den totala investeringskostnaden fördubblades, utan hänsyn till fjärrvärmecentralens eventuella ekonomiska besparing.

Jämförelsen mellan investering och minskning av total energianvändning fungerar mer som en fingervisning eftersom dimensioneringarna av anläggningarna beror på flera faktorer som påverkar resultatet. Om flaskhalsen för värmepumpens värmeproduktion är mängden frånluft eller spillvatten, kan samma anläggningsdimensionering på en annan fastighet producera mer värme om den har tillgång till mer frånluft eller spillvatten.

## 6.4 Anläggnings SCOP och årligt COP

Fastigheternas SCOP kunde endast beräknas för anläggningarna vid kv. Lärlingen och kv. Alabastern eftersom den på Johannishus saknade mätdata för producerad värme. Kv. Lärlingen hade ett SCOP som var 3,4 medan kv. Alabastern hade ett högre SCOP som var 3,9. Däremot var anläggningen i kv. Lärlingen ur drift under juli och augusti månad vilket minskade SCOP, eftersom de två månaderna räknades med.

Johannishus årliga anläggnings COP var högre än för kv. Lärlingen och kv. Alabastern som bägge hade COP strax under 4 medan Johannishus var omkring 5,3. Solhybridanläggningen producerade 27 525 kWh el och omkring 60 000 kWh värme. Av den producerade elen användes uppskattningsvis 40%, fördelat till värmepumpar och fastighetsel, för avdrag i energideklaration samt avdrag för elförbrukning vid beräkning av COP. Eftersom det inte var möjligt att fastställa hur mycket av solhybridvärmens som användes till värmepumparna eller för lagring och uppvärmning av borrhålen, så är det inte möjligt att veta hur mycket värmepumparnas COP var. Johannishus årliga anläggnings COP förbättrades genom att solhybridanläggningen tillförde värme och reducerade elförbrukningen.

Däremot, till skillnad från kv. Lärlingen och kv. Alabastern så var producerad värme från Johannishus inte uppmätt, utan uppskattad baserad på fastigheternas fjärrvärmebehov från 2016. Elförbrukningen för värmepumparna var däremot given för 2021. Avsaknaden av komplett data för 2021 för Johannishus medför viss felmarginal i resultatet. Däremot ska det inte ha skett några renoveringsåtgärder på Johannishus sedan 2016, tiden för fjärrvärmefakturorna, fram tills 2018 då de installerade solhybriderna och borrhålen. Därför har värmebehovet från 2016 antagits vara densamma som för 2021.

Tidigare studie för FX-system, som har redogjorts för, hade visat anläggnings COP på 3,0 under sommaren och 2,9-3,4 under vintern. Kv. Lärlingen hamnar

därmed över samtliga värden från studien, med ett SCOP på 3,4 och ett årligt anläggnings COP på 3,9. Att kv. Lärlingens COP är högre kan möjligtvis förklaras av att byggnader kan ha olika ventilationsflöden, som påverkar energiupptaget.

Tidigare studie för andra typer av spillvattenvärmeåtervinning med värmepump har visat SCOP på 5,65 medan andra funnit COP intervall mellan 1,77 till 10,63. Anläggningen på kv. Alabastern hade ett SCOP på 3,9 och årligt anläggnings COP på 3,8. Att det varierar kraftigt kan bero på skillnad på vattenflöden och nedre begränsning på returtemperatur från fastigheten och därmed tillgänglighet av energi för värmepumpen att arbeta med. Studien på icke-metalliska spillvattenvärmeväxlare, som även visade att effektiviteten minskade med 7,8% efter 90 dagar till följd av beläggningar, har inte kunnat tillämpas och utvärderas för kv. Alabastern i denna aspekt. Däremot har ingen anmärkt någon försämring av värmeproduktion från de tidigare årens mätvärden.

Resultatet för Johannishus var ett årligt anläggnings COP på 5,3 medan tidigare studie angivit ett anläggnings COP på 3,75 och ett COP för värmepump på 5,27. El- och värmeproduktion från solhybridanläggningen beror på faktorer som väder och geografisk plats, vilken gör jämförelser mellan liknande anläggningar svårare än andra energisystem. Den geografiska placeringen påverkar även borrhålen där värmepumparna hämtar större delen av värmeenergi från.

## 6.5 Energiberäkning

Beräkningarna för den mängd energi som kan tas vara på ur frånluft och spillvatten har baserats på standardiserade flöden, varav spillvattenflödet per  $A_{temp}$  har behövts härledas. Jämfört med det minsta tillåtna luftflödet så finns det teoretiskt omkring 2,4 gånger mer energi att ta vara på ur frånluften än spillvattnet. Det finns ännu mer energi att ta vara på för fastigheter med ett högre luftflöde än det minsta flödet om 0,35 liter per sekund och  $A_{temp}$ .

Resultatet visade att  $\Delta t$  för spillvattenvärmeväxlingen behövde vara omkring 44°C för att motsvara samma energimängd ur standardiserat frånluftsflödet. Spillvattensystemet har möjlighet att ta vara på mer energi från spillvattnet, men begränsas av en nedre gräns på returtemperaturen. Det är inte möjligt att växla ner spillvattnet till under 0°C eftersom det fryser fast. Beräkningarna var baserade på en lägst tillåten returtemperatur på 6°C, för Växjö kommun. Kommuner med en högre gräns än 6°C har en mindre mängd energi möjlig att ta vara på ur spillvattnet, vilket i sin tur påverkar lönsamheten negativt.

## 6.6 Slutsats

I projektet har tre fastigheter med tre olika energisystem analyserats och ställts mot varandra. Genom att bestämma livscykelkostnader och energideklarationer utifrån erhållen data för respektive fastighet har energi-besparing, ekonomisk besparing, för- och nackdelar samt tillgänglig energi utforskats och fastställts. Genom platsbesök och litteraturstudie har information om samtliga anläggningar inhämtats och legat till grund för förståelsen kring de analyser och beräkningar som sedan gjorts.

Av samtliga anläggningar hade Johannishus med solhybrider och borrhål lägst investeringskostnad per besparad kWh. Johannishus hade även den renoveringsåtgärd med kortast återbetalningstid. Av fastigheterna som undersöktes hade FX-system med fjärrvärmecentral lägst totalkostnad, utan hänsyn till åtgärdens omfattning. Eftersom kostnadsfördelningen inte heller kunde avgöras på Johannishus kunde det inte heller bestämmas om den hade varit lika kostnadseffektiv i mindre skala. Solhybriderna hade kortast återbetalningstid men krävde en högre grundinvestering vilket skulle kunna vara en begränsande faktor där kapital för investering är begränsat.

Vid en energirenovering lämpar sig FX-system som installation där återvinning av frånluft saknas eftersom det är en relativt enkel installation med kort återbetalningstid på 11 år som inte förutsätter allt för stort investeringskapital. Då investeringskapital inte är en begränsning kan installation av solhybrider med borrhål vara en god lösning för att minska specifik energianvändning men som begränsas av den projekterade platsen och borrhålets förutsättningar för installation. Med fjärrvärmecentralen ökade återbetalningstiden men möjliggör en optimerad samverkan mellan fastigheten och lokalt fjärrvärmeverk.

För värmeåtervinning ur frånluft eller spillvatten, utifrån standardiserade frånlufts- och spillvattenflöden, är slutsatsen att det är mer lönsamt att investera i värmeåtervinning ur frånluft. Det beror dels på att det finns mer energi att ta vara på ur frånluften, dels att en installation av ett FX-system är billigare än en spillvattenanläggning. Slutsatsen är att det är energieffektivare att ta vara på energin ur frånluften än spillvattnet.

Slutsatsen för spillvattenvärmeåtervinning är att den inte lämpar sig för byggnader som första renoveringsåtgärd, utan lämpar sig för ytterligare effektivisering av redan energieffektiva byggnader som en sista åtgärd. Värmeåtervinning ur spillvatten kommer troligtvis bli mer relevant kommande år då befintliga byggnader behöver ta vara på all energiförlust som de ger ifrån sig.

En ytterligare notering utifrån underlaget i bilaga 27 är att spillvattenvärmeåtervinningen vid kv. Alabastern täcker ca 30% av värmebehovet. Som tidigare studier visat kunde 30-50% av värmebehovet i

flerbostadshus täckas av FX-system, medan systemet vid kv. Lärlingen täcker ca 58%.

Det hade varit intressant att analysera nyare spillvattensystem som vid kv. Alabastern för att undersöka hur tekniken har utvecklats. Mer kan ha hänt under de två år som det varit sedan anläggningen driftsattes. Rimligast är att anläggningar som dessa kommer bli allt vanligare när man redan genomfört energibesparingsåtgärder för värmeförluster i fastigheten och behöver reducera förluster ytterligare. För en mer utförlig utvärdering av kv. Lärlingen hade fjärrvärmetakorna kunnat undersökas och inkluderas i beräkningarna för att fastställa den ekonomiska besparingen som fjärrvärmecentralen från HögforsGST ger. Det hade även varit intressant ifall en liknande studie som denna kunde göras på tre liknande byggnader. Vi har gjort vårt bästa för att jämförelsen ska bli någorlunda applicerbar och systemrepresentativ, men begränsas till följd av att fastigheterna är olika.

Vi har inte funnit någon liknande rapport när vi letat efter underlag vilket har gjort det svårt att dra generella slutsatser över hur vårt projekt står sig gentemot liknande studier. Vi har istället behövt utgå från studier som ej jämför olika energisystem, utan som har undersökt FX-system, spillvattenvärmeåtervinning eller solhybrider med borrhål separat. Det hade varit intressant med fler studier som utvärderar och jämför flera olika energisystem för val av energireoveringsåtgärd.

Under projektets gång har vi även fått möjlighet att kolla på smarta lösningar vad gäller den ekonomiska aspekten vid energibesparing. Bland annat timprisstyrning som nämnts i kapitel 2.13 där vi fått ta del av olika idéer vad gäller styrning av köpt el under tider på dygnet då elen är som billigast. Något som blivit allt mer aktuellt med skenande elpriser under vintern 2021. Även detta hade varit en intressant aspekt att få med i de här sammanhanget och som kan appliceras i systemlösningen i flerbostadshus.

Möjligheten att kunna utvärdera installationer i ett senare skede är av betydelse, dels ur en ekonomisk aspekt, ifall investeringen varit lönsam, dels ur en energibesparings aspekt, för att utvärdera installationens effektivitet. Tillgången på mätdata har genom projektet varierat mellan fastigheterna. För kv. Alabastern har komplett data för fastigheten funnits sammanställt i Excelark medan för kv. Lärlingen och Johannishus fanns informationen utspritt och krävde många samtal och mailkonversationer för att få fram underlag till samtliga beräkningar. För att utvärderingar som dessa ska kunna ske är det viktigt med uppmätt data för att investeringar ska kunna utvärderas i senare skede. Att kunna utvärdera och följa upp reoveringsåtgärder, genom att ha rätt förutsättningar där elförbrukning, temperaturer samt el- och värmeproduktion mäts, är viktigt för att kunna göra lönsamma och energieffektiva reoveringsbeslut i framtida projekt.

Att uppnå ett kunskap- och erfarenhetsutbyte mellan högskola och fastighetsbranschen är också av stor betydelse. För att forskning och rapporter

som bland annat denna ska genomföras krävs intresse och efterfrågan från båda parter. Det är viktigt att högskolor som utför projekt för att driva forskningen framåt ges goda förutsättningar för utvärdering och att data finns tillgänglig. Samspelet mellan högskolor, företag och kommuner är viktig för en energiteknisk utveckling.

Vi hoppas även med denna rapport kunna bidra till ökad kunskap och underlätta vid framtida beslut om val av energisystem vid energirenovering. I projektet har tre energisystem jämförts och deras olika styrkor och svagheter har redogjorts för. Med projektet har vi kommit fram till att det bästa energisystemet för energirenovering är FX-system eller solhybrider med borrhål beroende på fastighetens förutsättningar. Spillvattenvärmeåtervinning kan lämpa sig som sista åtgärd.

## 7. Referenser

- [1] Boverket, "Vad är Atemp för något?," u.å. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/fragor--svar/bbr-boverkets-byggregler/avsnitt-9-energi-hushallning/atemp/vad-ar-atemp-for-nagot/>. [Använd 16 05 2022].
- [2] P. Huovila, M. Ala-Juusela, L. Melchert, S. Pouffary, C.-C. Cheng, D. Urge-Vorsatz, S. Koeppel, N. Svenningsen och P. Graham, "Buildings and Climate Change - Summary for Decision Makers," 2009. [Online]. Available: <https://www.unclearn.org/resources/library/buildings-and-climate-change-summary-for-decision-makers/>. [Använd 15 04 2022].
- [3] R. F. De Masi, A. Gigante och G. P. Vanoli, "Numerical analysis of phase change materials for optimizing the energy balance of a nearly zero energy building," *Sustainable Cities and Society*, vol. 63, 2020.
- [4] C. Z. Li, L. Zhang, X. Liang, B. Xiao, V. W. Tam, X. Lai och Z. Chen, "Advances in the research of building energy saving," *Energy and Buildings*, vol. 254, 2022.
- [5] Europeiska rådet och Europeiska unionens råd, "Den europeiska gröna given," 21 03 2022. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/>. [Använd 28 04 2022].
- [6] Council of the European Union, "REGULATION (EU) 2021/ OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law)," Bryssel, 2021.
- [7] Regeringskansliet, "En renoveringsvåg för Europa," 19 11 2021. [Online]. Available: <https://www.regeringen.se/faktapromemoria/2021/11/2021fpm35/>. [Använd 28 04 2022].
- [8] Europeiska kommissionen, "Renoveringsvågen: Fördubblad renoveringstakt för att minska utsläppen, stimulera återhämtningen och minska energifattigdomen," 14 10 2020.

- [Online]. Available:  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/IP\\_20\\_1835](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/IP_20_1835). [Använd 28 04 2022].
- [9] Europaparlamentet och Europeiska unionens råd, ”EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda (omarbetning),” 19 05 2010. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031&qid=1651181839984>. [Använd 28 04 2022].
- [10] Boverket, ”Förslag till reviderat direktiv om byggnaders energiprestanda,” 16 12 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/nyheter-inom-energiomradet/forslag-till-reviderat-direktiv/>. [Använd 28 04 2022].
- [11] European Commission, ”Energy performance of buildings directive,” u.å. [Online]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en). [Använd 28 04 2022].
- [12] European Commission, ”DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL,” 15 12 2021. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0802&qid=1641802763889>. [Använd 28 04 2022].
- [13] Regeringskansliet, ”Direktivet om byggnaders energiprestanda,” 22 02 2022. [Online]. Available: <https://www.regeringen.se/faktapromemoria/2022/02/202122fpm59/>. [Använd 29 04 2022].
- [14] P. Borglund, Interviewee, *Utvecklingstekniker/Produktspecialist kyla & frånluftsvärmepump*. [Intervju]. 2022.
- [15] Boverket, ”Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder,” 03 06 2020. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>. [Använd 29 04 2022].
- [16] R. M. Hummelshøj, ”READY - Resource Efficient Cities Implementing Advanced Smart City Solutions (ver. 2),” COWI A/S, 2020. [Online]. Available: <http://www.smartcity->

- ready.eu/wp-content/uploads/2021/02/Final-Publishable-Summary-Report-READY\_v2.pdf. [Använd 15 04 2022].
- [17] P. Wickman, Interviewee, *Certifierad oberoende energiexpert*. [Intervju]. 2022.
- [18] H. Risberg, Interviewee, *Ansvarig Hybridvärme HögforsGST*. [Intervju]. 2022.
- [19] M. Skoglund, Interviewee, *Energiansvarig, Växjöbostäder*. [Intervju]. 2022.
- [20] Evertherm, "ÅTERVINNING AV VÄRME I SPILLVATTEN - Lösningsbeskrivning," u.å. [Online]. Available: <https://www.evertherm.se/losningar/atervinning-av-varme-i-spillvatten>. [Använd 18 04 2022].
- [21] M. Johansson, Interviewee, *Solhybrid*. [Intervju]. 2022.
- [22] M. Lindström, Interviewee, *Fastighetsförvaltare*. [Intervju]. 2022.
- [23] Boverket, "Om Boverket," 04 11 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/>. [Använd 17 04 2022].
- [24] Boverket, "Boverkets uppdrag och styrning," 04 11 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/boverkets-uppdrag/>. [Använd 17 04 2022].
- [25] Regeringskansliet, "Regeringskansliets rättsdatabaser," 01 06 2006. [Online]. Available: <https://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2006:985>. [Använd 26 04 2022].
- [26] Sveriges Riksdag, "Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader," 21 06 2006. [Online]. Available: [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006985-om-energideklaration-for\\_sfs-2006-985](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006985-om-energideklaration-for_sfs-2006-985). [Använd 26 04 2022].
- [27] Boverket, "Om Boverkets byggregler, BBR," 13 10 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/om-bbr/>. [Använd 17 04 2022].

- [28] Boverket, "Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd," u.å. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>. [Använd 26 04 2022].
- [29] Boverket, "Ska din byggnad ha en energideklaration?," 03 03 2022. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/>. [Använd 01 04 2022].
- [30] Boverket, "Primärenergital och byggnadens energiprestanda," 01 09 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energiushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energiprestanda/>. [Använd 01 04 2022].
- [31] Boverket, "Energideklarationens innehåll," 28 04 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>. [Använd 01 04 2022].
- [32] Boverket, "Beräkning av byggnadens energiprestanda," 28 04 2021. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/for-energiexperter/berakning-av-byggnadens-energianvandning/>. [Använd 01 04 2022].
- [33] Boverket, "Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår," 23 11 2016. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/ben---bfs-201612/>. [Använd 17 04 2022].
- [34] E. Latõšov, J. Kurnitski, M. Thalfeldt och A. Volkova, "Primary Energy Factors for Different District Heating Networks: An Estonian Example," *Energy Procedia*, vol. 96, pp. 674-684, 2016.
- [35] M. Thalfeldt, J. Kurnitski och E. Latõšov, "Exhaust air heat pump connection schemes and balanced heat recovery ventilation effect on district heat energy use and return temperature," *Applied Thermal Engineering*, vol. 128, pp. 402-414, 2018.

- [36] Byggningsreglementet, "Energiförbruk (§ 250 - § 298)," 01 01 2020. [Online]. Available: <https://byggningsreglementet.dk/Teknisk-bestemmelser/11/Krav>. [Använd 28 04 2022].
- [37] Boverket, "Förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibyggnader," 2015. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2015/forslag-till-svensk--tillampning-av-nara-nollenergibyggnader/>. [Använd 28 04 2022].
- [38] F. Noris, E. Musall, J. Salom, B. Berggren, S. Østergaard Jensen, K. Lindberg och I. Sartori, "Implications of weighting factors on technology preference in net zero energy buildings," *Energy and Buildings*, vol. 82, pp. 250-262, 2014.
- [39] European Commission, "Financing renovations," u.å. [Online]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/financing-renovations\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/financing-renovations_en). [Använd 16 04 2022].
- [40] CORDIS EU research results, "READY - Objective," u.å. [Online]. [Använd 15 04 2022].
- [41] Boverket, "Stöd till energieffektivisering i flerbostadshus," 04 01 2022. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/bidrag--garantier/stod-till-energieffektivisering-i-flerbostadshus/>. [Använd 16 04 2022].
- [42] S. K. Durairaj, S. Ong, A. Nee och R. Tan, "Evaluation of Life Cycle Cost Analysis Methodologies," *Corporate Environmental Strategy*, vol. 9, nr 1, pp. 30-39, 2002.
- [43] E. Abel och A. Elmroth, *Byggnaden som system*, Lund: Studentlitteratur, 2016.
- [44] Upphandlingsmyndigheten, "LCC-verktyg," u.å. [Online]. Available: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsiktigt-hallbara-inkop/lcc-verktyg/>. [Använd 21 04 2022].
- [45] "SMHI Energi-Index och Graddagar (Guide Normalårskorrigerig - Energi-Index.pdf)," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella->

- tjänster/fastighet/normalarskorrigering-varme. [Använd 22 04 2022].
- [46] M. Shin, J.-C. Baltazar, J. S. Haberl, E. Frazier och B. Lynn, "Evaluation of the energy performance of a net zero energy building in a hot and humid climate," *Energy and Buildings*, vol. 204, 2019.
- [47] C. Warfvinge och M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer*, Lund: Studentlitteratur, 2010.
- [48] P.-G. Persson, *VVS-system/Inneklimat Reglerhandboken 5:e utvidgade och uppdaterade utgåvan*, Schneider Electric, 2012, pp. 70-71.
- [49] O. Culha, H. Gunerhan, E. Biyik, O. Ekren och A. Hepbasli, "Heat exchanger applications in wastewater source heat pumps for buildings: A key review," *Energy and Buildings*, vol. 104, pp. 215-232, 2015.
- [50] P. G. Eriksson, "Värmeväxlarelement". Sverige Patent SE 0802068-7, 2008.
- [51] Evertherm, "Frågor och svar," u.å. [Online]. Available: <https://www.evertherm.se/faq>. [Använd 14 04 2022].
- [52] T. Korpela, M. Kuosa, H. Sarvelainen, E. Tuliniemi, P. Kiviranta, K. Tallinen och H.-K. Koponen, "Waste heat recovery potential in residential apartment buildings in Finland's Kymenlaakso region by using mechanical exhaust air ventilation and heat pumps," *International Journal of Thermofluids*, vol. 13, 2022.
- [53] J. Kensby, A. Trüschel och J. Dalenbäck, "Heat source shifting in buildings supplied by district heating and exhaust air heat pump," *Energy Procedia*, vol. 116, pp. 470-480, 2017.
- [54] A. Khadra, M. Hugosson, J. Akander och J. A. Myhren, "Economic performance assessment of three renovated multi-family buildings with different HVAC systems," *Energy and Buildings*, vol. 224, 2020.
- [55] G. V. Fracastoro och M. Serraino, "Energy analyses of buildings equipped with exhaust air heat pumps (EAHP)," *Energy and Buildings*, vol. 42, nr 8, pp. 1283-1289, 2010.

- [56] M. Gustafsson, M. S. Gustafsson, J. A. Myhren, C. Bales och S. Holmberg, "Techno-economic analysis of energy renovation measures for a district heated multi-family house," *Applied Energy*, vol. 177, pp. 108-116, 2016.
- [57] J. A. Myhren och M. Bergdahl, "Så blir renoveringen i miljonprogrammet hållbar (Slutrapport 2019: Varsam energieffektiv renovering – Tjärna Ängar)," 13 08 2020. [Online]. Available: <https://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/varsam-energieffektiv-renovering-tjaerna-aengar/>. [Använd 04 05 2022].
- [58] A. Mikola och T.-A. Köiv, "The Efficiency Analysis of the Exhaust Air Heat Pump System," *Engineering*, vol. 6, nr 13, pp. 1037-1045, 2014.
- [59] A. Hepbasli, E. Biyik, O. Ekren, H. Gunerhan och M. Araz, "A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems," *Energy Conversion and Management*, vol. 88, pp. 700-722, 2014.
- [60] C. Shen, Z. Lei, Y. Wang, C. Zhang och Y. Yao, "A review on the current research and application of wastewater source heat pumps in China," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 6, 2018.
- [61] H. Nagpal, J. Spriet, M. K. Murali och A. McNabola, "Heat Recovery from Wastewater—A Review of Available Resource," *Water*, vol. 13, nr 9: 1274, 2021.
- [62] Q. Wang, X. Zhang, X. Geng, X. Chen och M. Xing, "Experiments on the characteristics of a sewage water source heat pump system for heat recovery from bath waste," *Applied Thermal Engineering*, vol. 204, 2022.
- [63] C. Alm och M. Haegermark, "Energiåtervinning från spillvatten - Erfarenheter av system för energiåtervinning från spillvatten," 01 2022. [Online]. Available: [https://laganbygg.se/avslutade/energiatervinning-fran-spillvatten\\_\\_278](https://laganbygg.se/avslutade/energiatervinning-fran-spillvatten__278). [Använd 17 05 2022].
- [64] Växjö kommun, "Allmänna bestämmelser för brukande av Växjö kommuns," 16 12 2008. [Online]. Available: <https://vaxjo.se/download/18.59777ce315d3abb23512ff3f/1500358519568/ABVA%20->

%20V%C3%A4xj%C3%B620kommun%202009%20med%20informationsdel.pdf. [Använd 10 04 2022].

- [65] X. Chen, Q. Yang, R. Wu, N. Zhang och N. Li, "Experimental study of the growth characteristics of microbial fouling on sewage heat exchanger surface," *Applied Thermal Engineering*, vol. 128, pp. 426-433, 2018.
- [66] G. Nouri, Y. Noorollahi och H. Yousefi, "Solar assisted ground source heat pump systems – A review," *Applied Thermal Engineering*, vol. 163, nr 114351, 2019.
- [67] R. Lazzarin, "Heat pumps and solar energy: A review with some insights in the future," *International Journal of Refrigeration*, vol. 116, pp. 146-160, 2020.
- [68] H. Zondag, D. de Vries, W. van Helden, R. van Zolingen och A. van Steenhoven, "The thermal and electrical yield of a PV-thermal collector," *Solar Energy*, vol. 72, nr 2, pp. 113-128, 2002.
- [69] O. Ozgener och A. Hepbasli, "A review on the energy and exergy analysis of solar assisted heat pump systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 11, nr 3, pp. 482-496, 2007.
- [70] H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire, S. Svendsen, J. E. Thorsen, F. Hvelplund och B. V. Mathiesen, "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems," *Energy*, vol. 68, pp. 1-11, 2014.
- [71] K. Lindström och S. Ekelin, "Vinster med sänkta returtemperaturer i fjärrvärmesystem," 25 04 2022. [Online]. Available: [https://www.bebostad.se/projekt/oevriga-projekt/2019\\_01-vinster-med-sankta-returtemperaturer-i-fjarrvarmesystem](https://www.bebostad.se/projekt/oevriga-projekt/2019_01-vinster-med-sankta-returtemperaturer-i-fjarrvarmesystem). [Använd 28 04 2022].
- [72] F. Golzar och S. Silveira, "Impact of wastewater heat recovery in buildings on the performance of centralized energy recovery – A case study of Stockholm," *Applied Energy*, vol. 297, pp. 117-141, 2021.
- [73] HögforsGST, "Hybridvärme," u.å. [Online]. Available: <https://www.hogforsgst.com/sv/losningar/hybridvarme>. [Använd 01 05 2022].

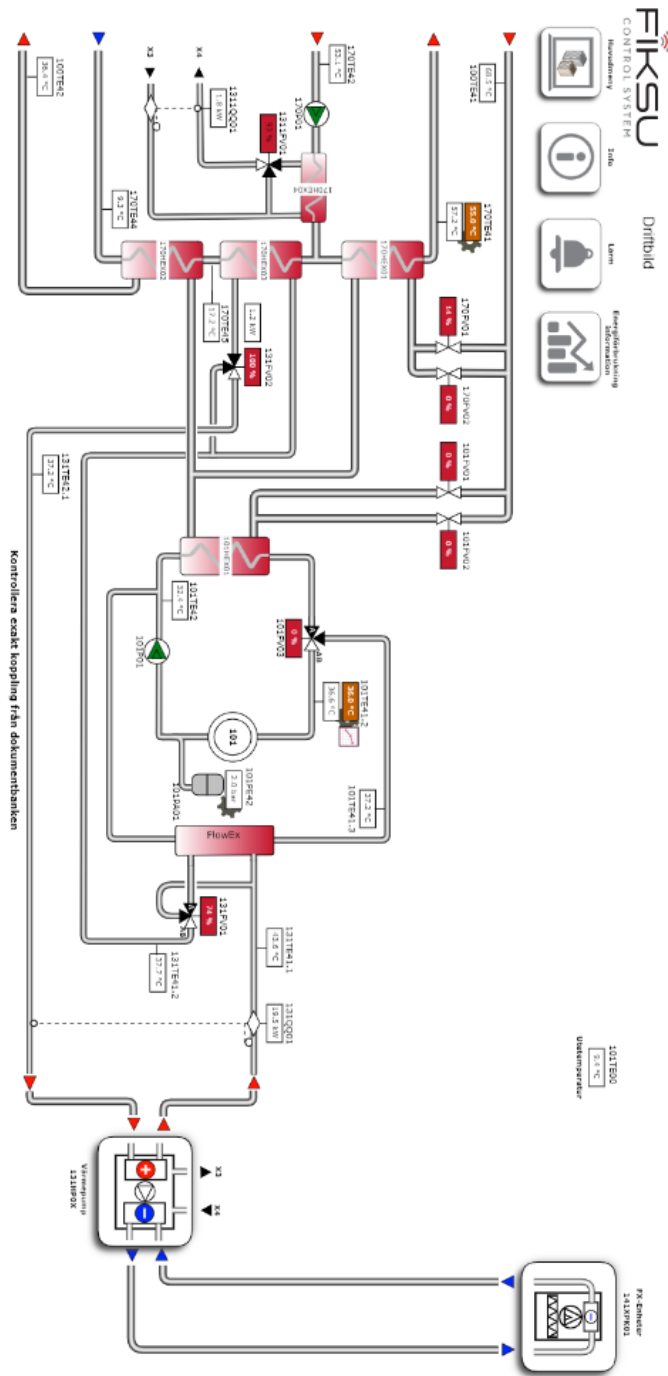
- [74] L. Olofsson, "Återvinningssystem och metod för återvinning av termisk energi från spillvatten". Patent SE 1651395-4, 2018.
- [75] H. Alvarez, *Energiteknik del 1*, Lund: Studentlitteratur, 2006.
- [76] Folkhälsomyndigheten, "FoHMFS 2014:18," 02 01 2014. [Online]. Available: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201418/>. [Använd 11 05 2022].
- [77] Arbetsmiljöverket, "Allmänventilation," 03 11 2021. [Online]. Available: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/allmanventilation/>. [Använd 11 05 2022].
- [78] Boverket, "Luft och ventilation i bostäder," 07 08 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/>. [Använd 11 05 2022].
- [79] Konsumenternas Energimarknadsbyrå, "Månadspriser på elbörsen," 15 05 2022. [Online]. Available: <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elpriser-statistik/manadspriser-pa-elborsen/>. [Använd 03 05 2022].
- [80] Konsumenternas Energimarknadsbyrå, "Fjärrvärme - pris och kostnad," 11 06 2019. [Online]. Available: <https://www.energimarknadsbyran.se/fjarrvarme/fjarrvarmeavta-l-och-kostnader/fjarrvarme-pris-och-kostnad/>. [Använd 03 05 2022].
- [81] Nils Holgersson rapporten, "Rapport 2021," [Online]. Available: <https://nilsholgersson.nu/rapporter/rapport-2021/>. [Använd 28 04 2022].
- [82] "EnergiVision," u.å. [Online]. Available: <https://www.energivision.se/>. [Använd 21 04].
- [83] M. Olsson, Interviewee, *Energisamordnare på Lunds kommuns fastighets AB.* [Intervju]. 2022.
- [84] S.-E. Mörtstedt och G. Hellsten, *Data och diagram: Energi- och kemitekniska tabeller*, Stockholm: Liber, 1999.

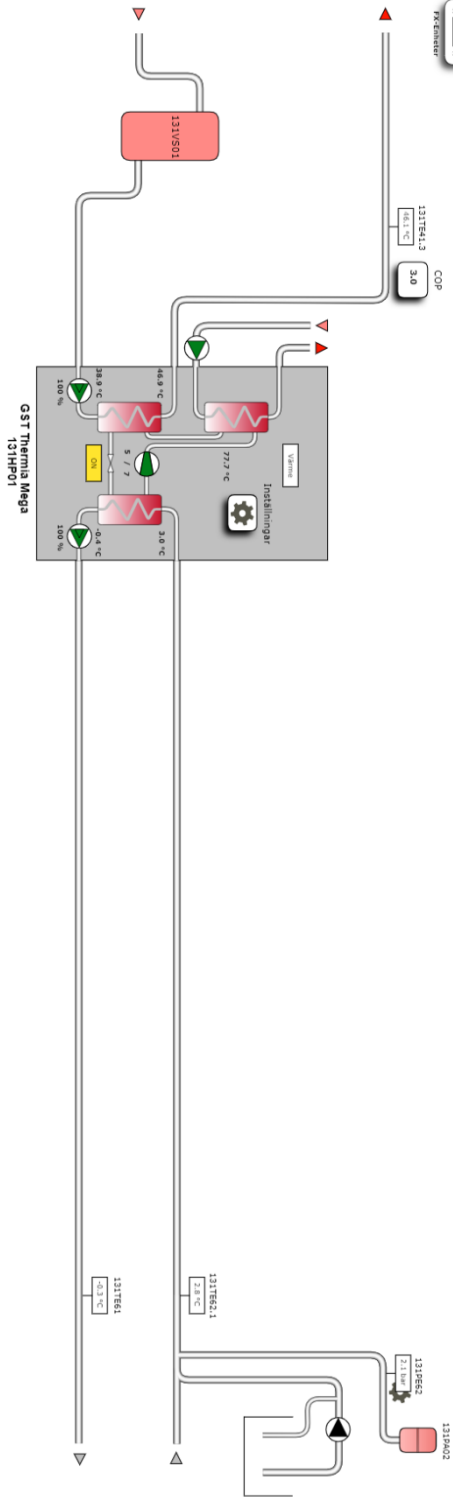
- [85] J. Kneifel och D. Webb, "Predicting energy performance of a net-zero energy building: A statistical approach," *Applied Energy*, vol. 178, pp. 468-483, 2016.

# 8. Bilagor

Nedan finns samtliga bilagor bifogade.

## Bilaga 1 FIKSU processbild





## Bilaga 2 Kv. Lärlingen tabell el & värme

Tabell 12. Lund data

Datum	Fjärrvärme, köpt*	Producerad värme VP**	Elförbrukning värmepump***
21-jan	19 880	17 250	4663
21-feb	22 770	11 910	3360
21-mar	14 850	15 670	4044
21-apr	6020	18 030	4597
21-maj	4340	11 430	2654
21-jun	4560	500	133
21-jul	4090	10	27
21-aug	5220	10	27
21-sep	3700	6590	1435
21-okt	3610	13 630	3161
21-nov	5310	18 800	4749
21-dec	16 730	17 870	4750
<b>Summa</b>	<b>111 080</b>	<b>131 700</b>	<b>33 600</b>
<b>Värmebehov</b>	<b>242 780</b>		

\* Bilaga 6, 7

\*\* Värden hämtade från bilaga 3.

\*\*\* Värden hämtade från bilaga 4.

## Bilaga 3 FIKSU värmepump producerad energi



Värmepump  
producerad energi



(1.1.2021 - 31.12.2021)

HögforsGST

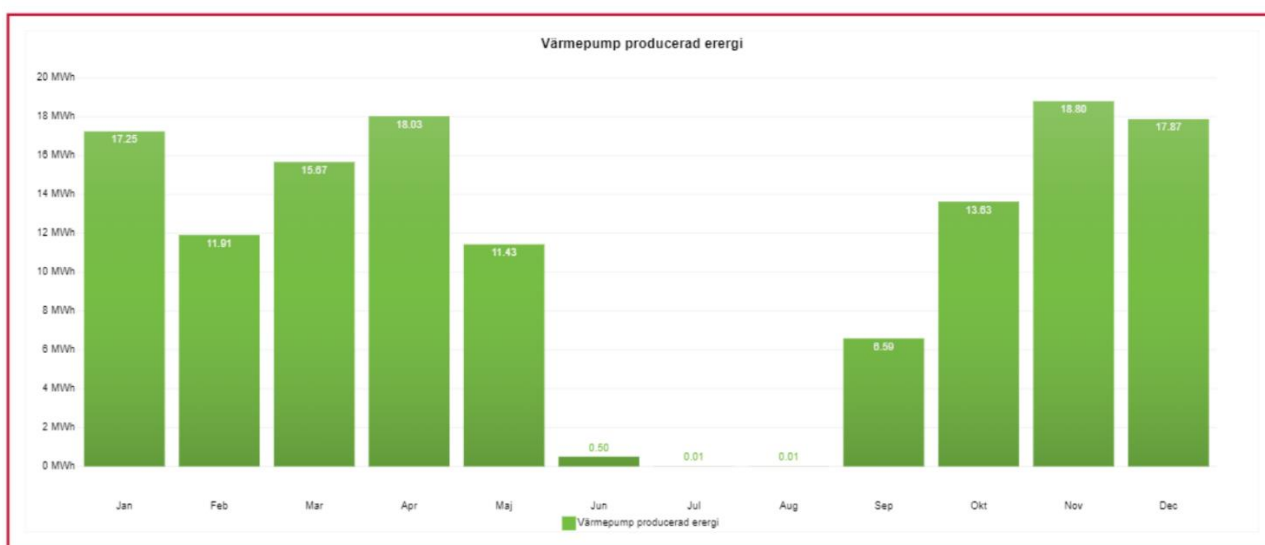
Sharing smart solutions



Rapporter

Fastighet: LKF Lärlingen 1 /  
Byggnads volym: m3  
Ort: Lund

SUMMA	Aktuell period (1.1.2021 - 31.12.2021)	Jämförelse period (1.1.2020 - 31.12.2020)
Totala intäkter:	131.70 MWh	123.56 MWh
Totala intäkter:	85320.51 kr	



## Bilaga 4 FIKSU värmepump elförbrukning



VÄRMEPUMP EL  
FÖRBRUKNING



(1.1.2021 - 31.12.2021)

Högfors GST

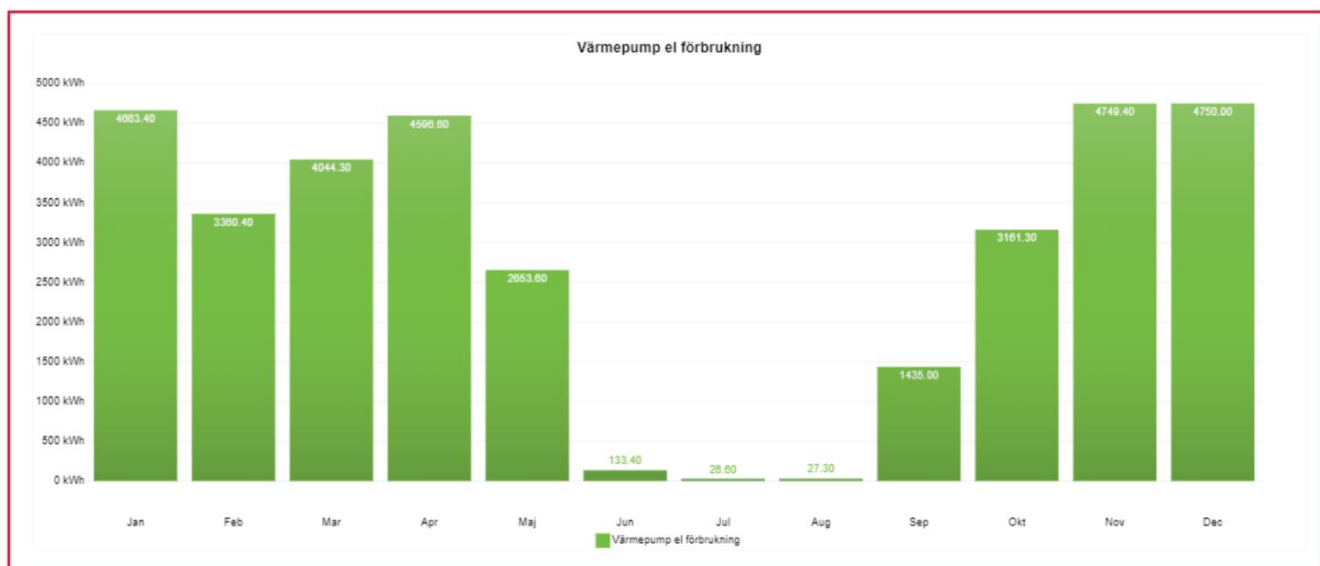
Sharing smart solutions



Rapport

Fastighet: LKF Lärlingen 1 /  
Byggnads volym: m3  
Postort: Lund

SUMMA	Aktuell period (1.1.2021 - 31.12.2021)	Jämförelse period (1.1.2020 - 31.12.2020)
Total förbrukning:	33601.30 kWh	31385.20 kWh
Total kostnad	36289.40 kr	



# Bilaga 5 FIKSU SCOP 2021



VÄRMEPUMP  
EFFEKTIVITET (SCOP)



(01.01.2021 - 31.12.2021)

Högfors GST

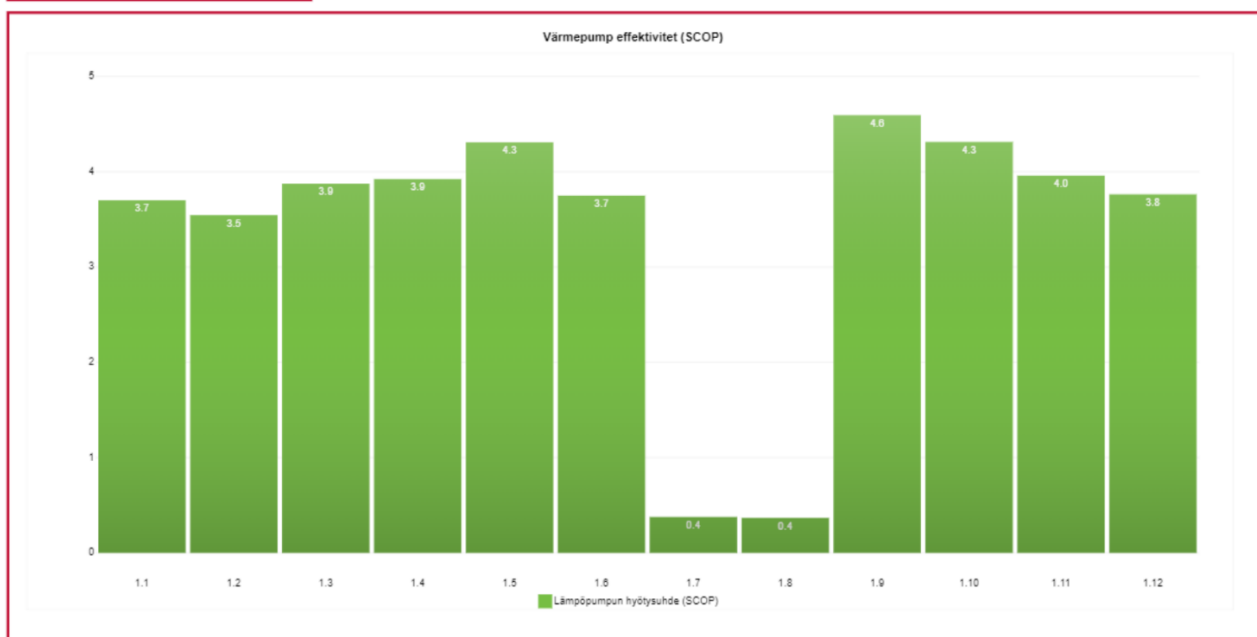


Rapporter

Fastighet: LKF Lärtingen 1 /

## SUMMA

Genomsnitt SCOP: 3.37



# Bilaga 6 Kv. Lärlingen fjärrvärmefaktura januari 2021

Fakturserie	Löpar	Bokföringsdatum	Verifikationsserie	Verifikationsnr	Alternativid
1	1533313	2/19/2021	29	1533313	306116463:EDI

## Kraftringen Nät AB

### Leverantör

Kraftringen Nät AB  
Box 25  
22100 Lund

### Leveransadress

Åldermansgatan 7  
22736 Lund  
SE

## Faktura

Fakturanummer	Fakturadatum	Förfalldatum
2164092302	2021-02-19	2021-03-22

### Fakturaadress

Lunds Kommuns Fastighets AB  
Box 1675  
22101 Lund  
SE

**Er referens** 220  
**Er kontaktperson** 220, Fastighetsmätare  
**Ert konstnadsställe** 220  
**Ert ordernummer**  
**Orderdatum**  
**Avtalsnummer** 1061527  
**Ert momsregistreringsnr** SE556050434101  
**Betalningsvillkor** 30 dagar  
**Dröjsmålsränta**

**Vår referens**  
**Vår kontaktperson** Kundservice  
**Vårt ordernummer** 735999153000053937, 961914  
**Följesedelnummer**  
**Leveransdatum**  
**Leveransvillkor**  
**Leveranssätt**  
**Fakturaperiod**

### Övrig fakturainformation

Förbrukningsställe 447673 Lunds Kommuns Fastighets AB Åldermansgatan 7 227 36 Lund SE Fakturaadressat 7365560504348 Kundnummer : 146426 Fjärrvärme avtal 1061527 Distributionsavtal Nätområde Mätpunkt Id 735999153000053937 Anläggningsbeteckning Tjänst 961914 Beräknad årsförbrukning 108.30 MWh Fjärrvärme avtal 976338 Serviceavtal Nätområde Mätpunkt Id 735999153000053937 Anläggningsbeteckning Tjänst 961914 Beräknad årsförbrukning 0

### Radinformation

Artikelnummer	Beskrivning	Kvantitet	Å-pris	Beloppet inkluderar	Belopp
976338	Serviceavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-01-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-01-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	31.00 DAG	13.6987 SEK		424.66 SEK
1061527	Effektavgift Effektavgiften baseras på 30 kW x 933 kr/år <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-01-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-01-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	31.00 DAG	76.6848 SEK		2377.23 SEK
1061527	Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-01-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-01-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	19.88 MWH	649 SEK		12902.12 SEK
1061527	Flödesavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-01-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-01-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	307.00 M3	3.50 SEK		1074.50 SEK

### Rabatter och avgifter

Typ	Orsak	Belopp	Baseras på belopp
-----	-------	--------	-------------------

### Momsinformation

Moms %	Momsbelopp	Momspliktigt belopp
25	4194.64 SEK	16778.51 SEK

### Fakturatotal

Totalt belopp exkl. moms	Totalt momsbelopp	Öresavrundning	Belopp att betala
16778.51 SEK	4194.64 SEK	-0.15 SEK	20973.00 SEK

Kraftringen Nät AB  
22100 Lund

**Företagsinformation**  
Momsregistreringsnr: SE556228113801  
Godkänd för F-skatt  
Godkänd för F-skatt

**Telefon**  
020326100  
**E-post**

**Bankuppgifter**  
Bankgiro  
Kontonummer: 53598793  
BIC: BGABSESS  
Betalningsreferens: 2164092302

## Bilaga 7 Kv. Lärlingen urklipp fjärrvärmefakturor 2021

Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-01-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-01-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	19.88 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-02-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-02-28 Mätpunkt, id 735999153000053937	22.77 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-03-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-03-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	14.85 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-04-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-04-30 Mätpunkt, id 735999153000053937	6.02 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-05-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-05-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	4.34 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-06-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-06-30 Mätpunkt, id 735999153000053937	4.56 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-07-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-07-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	4.09 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-08-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-08-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	5.22 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-09-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-09-30 Mätpunkt, id 735999153000053937	3.70 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-10-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-10-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	3.61 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-11-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-11-30 Mätpunkt, id 735999153000053937	5.31 MWH
Energiavgift <b>Notering:</b> Leveransperiod, fr o m datum 2021-12-01 Leveransperiod, t o m datum 2021-12-31 Mätpunkt, id 735999153000053937	16.73 MWH

## Bilaga 8 Kv. Alabastern tabell värme

Tabell 13. *Omarbetad efter bilaga 10 enligt beskrivning nedan (kWh).*

Månad	Levererad fjärrvärme	Producerad värme VP	Uppmätt fördelning TVV/Uppvärmning från VP	Fastighetsel (inkl. SVVX +PVTpump)
jan-21	26 293	6 414	2 541 (40%)/(60%) 3 774	5 608
feb-21	23 946	6 145	2 470 (41%)/(59%) 3 596	5 132
mar-21	18 584	6 686	2 854 (43%)/(57%) 3 786	4 615
apr-21	12 872	7 087	2 917 (41%)/(59%) 4 119	3 729
maj-21	4 041	6 858	4 717 (70%)/(30%) 2 006	3 795
jun-21	0	4 194	4 074 (100%)/(0%) 0	3 949
jul-20	616	5 471	4 900 (89%)/(11%) 600	6 473*
aug-20	4 762	6 405	4 700 (79%)/(21%) 1 300	5 735*
sep-20	1 602	7 339	5 000 (69%)/(31%) 2 222	5 215*
okt-21	9 874	7 669	2 535 (34%)/(66%) 5 026	5 099
nov-21	20 121	2 025	661 (31%)/(69%) 1 468	4 170
dec-21	28 456	5 148	1 806 (36%)/(64%) 3 211	5 403
			<b>38 675 (56%)/(44%)</b>	<b>58 923</b>
<b>Σ</b>	<b>151 167</b>	<b>71 441</b>	<b>30 886**</b>	
	<b>222 608</b>		<b>69 561</b>	

\* Inräknad PVT men ej uppmätt för 2020. Total elförbrukning för VP kopplad till PVT-systemet under 2021 var 15 915 kWh.

\*\*Den procentuella fördelningen för TVV ges av 38 675/69 561 och 30 886/69 561 för värme, ej genom ett medelvärde av procenten som råkar ge samma resultat. Producerad värme 71 441 kWh är större än summan av TVV och värmefördelningen, 69 561, och förklaras av mätfel och förluster.

Det existerar en differens mellan summan av inköpt levererad fjärrvärme och producerad värme vilken är större än summan av förbrukningen av energi för tappvarmvatten och uppvärmning, vilket härleds ur värmeförluster och/eller mätfel hos givare. Dessa förbrukningsvärden används inte för beräkningar.

Av driftstörning 27 juli - 30 september 2021 erhöles ej ett komplett år för produktion och förbrukning. För jämförelse användes ett omarbetat "komplett" år för att ge mer representativ bild. Omarbetad förbrukning och produktion 2021 ersattes under dessa månader av data från respektive månad från 2020. Däremot var VP ej i drift under perioden 7 augusti – 3 september 2020. För att erhålla en komplett månad för september multiplicerades samtliga värden med faktorn 30/27, vilket motsvarar antalet dagar i september genom antal dagar i drift. Eftersom VP ej var i drift under augusti användes medelvärde för juli och september 2020. Observera även att januari 2021 tappvarmvattenförbrukning (DHW) är antaget till 4640 kWh av Växjöbostäder. För procentuell fördelning av TVV och värme under augusti 2020 användes medelvärde för juli och september 2020. El till PVT kan ses i bilaga 16.

## Bilaga 9 Kv. Alabastern tabell värmepump

Tabell 14. *Omarbetad efter Bilaga 10.*

Månad	El VP (kWh)	El till pumpar (kWh)	Värme producerad av VP (kWh)	COP	Spillvatten, medel in-/ utloppstemp. (°C)	Netto värmeåtervinning Från avloppsvatten (kWh)
jan-21	1 373	95	6 414	4,4	23,1 / 6,2	5 041
feb-21	1 302	218	6 145	4,0	22,9 / 6,2	4 843
mar-21	1 343	104	6 686	4,6	23,2 / 6,2	5 343
apr-21	1 444	146	7 087	4,5	24,0 / 5,7	5 643
maj-21	1 848	84	6 858	3,5	24,6 / 6,2	5 010
jun-21	1 409	53	4 194	2,9	24,7 / 6,2	2 785
jul-20	1 707	64	5 471	3,1	24,9 / 6,1	3 764
aug-20*	<b>1 909</b>	<b>74</b>	<b>6 405</b>	<b>3,2</b>	<b>25,2 / 6,4</b>	<b>4 235</b>
sep-20**	<b>2 111</b>	<b>83</b>	<b>7 339</b>	<b>3,3</b>	<b>25,4 / 6,7</b>	<b>5 228</b>
okt-21	1 555	98	7 669	4,6	24,6 / 6,2	6 114
nov-21	444	41	2 025	4,2	21,8 / 7,7	1 581
dec-21	1 091	103	5 148	4,3	23,0 / 6,3	4 057
<b>μ</b>	<b>1 461</b>	<b>97</b>	<b>5 953</b>	<b>3,9</b>	<b>24,0 / 6,3</b>	<b>4 470</b>
<b>Σ</b>	<b>17 536</b>	<b>1 163</b>	<b>71 441</b>			<b>53 644</b>
		<b>18 699</b>				

\* Se förklaring i bilaga 8.

\*\* Däremot var VP ej i drift under perioden 7 augusti – 3 september 2020. För att erhålla en komplett månad för september multiplicerades samtliga värden med faktorn 30/27, vilket motsvarar antalet dagar i september genom antal dagar i drift. Eftersom VP ej var i drift under augusti användes medelvärde för juli och september 2020.

## Bilaga 10 Kv. Alabastern systemdata

Monito-ring Period	Total	Total/m <sup>2</sup>	Tot delivered heat. incl.losses(corr.)			Diff value Space heating (corr)		Total delivered DH-heat	DHW-consumption	DHW circulation losses	Space heating	Total building elec kWh
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh		
jan-19	34 014	10,1	9,3	31 155	-263		31 418	4 347	1,3	577	26 610	2 860
feb-19	29 443	8,8	7,9	26 584	3 429		23 155	4 692	1,4	542	18 000	2 860
mar-19	28 614	8,5	7,7	25 754	1 720		24 034	6 375	1,9	605	17 390	2 860
apr-19	19 433	5,8	4,9	16 574	1 555		15 019	6 042	1,8	585	8 810	2 860
maj-19	13 231	3,9	3,1	10 371	-908		11 279	6 038	1,8	614	5 230	2 860
jun-19	8 120	2,4	1,6	5 260	60		5 200	5 087	1,5	566	140	2 860
jul-19	7 971	2,4	1,5	5 111	-32		5 143	4 851	1,4	583	350	2 860
aug-19	8 048	2,4	1,5	5 189	-6		5 195	5 003	1,5	588	330	2 860
sep-19	11 015	3,3	2,4	8 027	62		7 965	5 072	1,5	593	3 040	2 988
okt-19	18 673	5,6	4,8	16 025	327		15 698	5 104	1,5	611	10 560	2 648
nov-19	24 978	7,4	6,6	22 149	1 033		21 116	4 781	1,4	601	16 180	2 829
dec-19	30 256	9,0	8,1	27 282	2 643		24 639	5 047	1,5	633	19 380	2 974
<b>TOTAL</b>	<b>233 796</b>	<b>69,6</b>	<b>59,4</b>	<b>199 479</b>	<b>9 618</b>		<b>189 861</b>	<b>62 439</b>	<b>1,9</b>	<b>7 098</b>	<b>126 020</b>	<b>34 317</b>
jan-20	31 704	9,4	8,6	28 784	5 131		23 653	5 261	1,6	635	18190	2 920
feb-20	25 814	7,7	6,6	22 183	3 330		18 853	4 869	1,4	526	17480	3 466
mar-20	24 121	7,2	5,8	19 658	1 424		18 234	6 486	1,9	574	18920	4 339
apr-20	13 118	3,9	2,5	8 429	721		7 708	6 168	1,8	493	9580	4 538
maj-20	7 119	2,1	0,8	2 640	-1 455		4 095	5 693	1,7	480	6650	4 993
jun-20	3 947	1,2	0,1	429	195		234	5 013	1,5	362	454	2 691
jul-20	5 721	1,7	0,1	202	-414		616	5 336	1,6	389	767	6 473
aug-20	7 625	2,3	1,4	4 851	89		4 762	5 394	1,6	533	267	2 715
sep-20	7 057	2,1	0,6	1 866	264		1 602	4 988	1,5	408	2671	4 996
okt-20	13 838	4,1	3	9 039	1 271		7 768	5 110	1,5	470	10283	4 559
nov-20	20 598	6,1	5	15 525	3 077		12 448	4 980	1,5	494	15 023	4 702
dec-20	28 570	8,5	7	23 376	3 521		19 855	5 047	1,5	521	21 628	4 946
<b>TOTAL</b>	<b>189 232</b>	<b>56</b>	<b>41</b>	<b>136 981</b>	<b>17 153</b>		<b>119 828</b>	<b>64 345</b>	<b>1,9</b>	<b>5 885</b>	<b>121 913</b>	<b>51 338</b>
jan-21	31 901	9,5	7,8	26 293	0		26 293	4 640	1,4	518	27431	5 608
feb-21	26 889	8,0	6,5	21 882	-2 064		23 946	4 822	1,4	463	24994	5 132
mar-21	24 525	7,3	5,9	19 818	1 234		18 584	5 782	1,7	522	19328	4 615
apr-21	14 536	4,3	3,3	11 014	-1 858		12 872	5 655	1,7	502	14242	3 729
maj-21	6 567	2,0	0,9	3 133	-908		4 041	5 854	1,7	444	4857	3 795
jun-21	4 596	1,4	0,0	20	20		0	4 142	1,2	366	47	3 949
jul-21	5 709	1,7	0,0	14	13		1	3 780	1,1	397	39	5 347
aug-21	8 348	2,5	1,2	4 173	-46		4 219	4 542	1,4	585	122	4 196
sep-21	10 826	3,2	2,2	7 511	159		7 352	5 397	1,6	576	3020	3 313
okt-21	15 868	4,7	3,2	10 663	789		9 874	5 476	1,6	520	12362	5 099
nov-21	25 680	7,6	6,4	21 473	1 352		20 121	4 304	1,3	582	17 964	4 170
dec-21	30 657	9,1	7,6	25 382	-3 074		28 456	4 715	1,4	558	28 691	5 403
<b>TOTAL</b>	<b>206 101</b>	<b>61</b>	<b>45</b>	<b>151 376</b>	<b>-4 383</b>		<b>155 759</b>	<b>59 110</b>	<b>1,8</b>	<b>6 033</b>	<b>153 097</b>	<b>54 356</b>
jan-22	32 274	9,6	7,9	26 681	2 806		23 875	4848	1	534	25257	5 431
feb-22	27 542	8,2	6,8	22 969	2 624		20 345	3967	1	480	21230	4 430

Monitoring Period	Electricity to heat pump	Heat produced by heat pump	Electricity to pumps	Delivered heat to heating system	Delivered heat to domestic hot water	Coefficient of Performance	Waste water inlet average temp/Outlet lowest °C	Net heat recovery from waste water	Net heat recovery of what is possible (calculated by Ecoclimate)	Net heat recovery to DHW (calculated by Ecoclimate) % of DHW
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	-	°C	kWh	%	% of DHW
feb-20 *	799	3 884	69	1 700	2 700	4,5	22,2/7,9	3 085	90	54
mar-20	1 539	7 342	102	3 833	3 100	4,5	23,1/6,3	5 803	92	46
apr-20	1 908	8 327	103	4 400	4 000	4,1	24,5/6,2	6 419	89	62
maj-20	2 248	8 594	101	3 900	4 300	3,7	24,9/6,2	6 346	88	80
jun-20	1 866	5 611	64	500	4 933	2,9	25,0/6,2	3 745	99	100
jul-20	1 707	5 471	64	600	4 900	3,1	24,9/6,1	3 764	103	95
aug-20**	155	341	22	0	600	1,9	24,4/9,4	186	80	12
sep-20	1 900	6 605	75	2 000	4 500	3,3	25,4/6,7	4 705	95	87
okt-20	1 849	8 386	97	5 033	3 900	4,3	25,3/6,2	6 537	93	64
nov-20	1 706	8 435	105	5 728	2 675	4,7	25,2/6,1	6 729	87,5	44,4
dec-20	1 423	6 983	99	4 644	2 273	4,6	23,9/6,1	5 560	86	45
jan-21	1 373	6 414	95	3 774	2 541	4,4	23,1/6,2	5 041	90	51
feb-21	1 302	6 145	218	3 596	2 470	4,0	22,9/6,2	4 843	93	56
mar-21	1 343	6 686	104	3 786	2 854	4,6	23,2/6,2	5 343	89	49
apr-21	1 444	7 087	146	4 119	2 917	4,5	24,0/5,7	5 643	87	51
maj-21	1 848	6 858	84	2 006	4 717	3,5	24,6/6,2	5 010	89	80
jun-21	1 409	4 194	53	0	4 074	2,9	24,7/6,2	2 785	98	107
jul-21 ***	1 001	3 067	44	0	3 023	2,9	24,6/8,1	2 066	94	98
aug-21***	36	0	19	0	81	0,0	23,5/18,6	-36	N/A	2
sep-21***	15	557	25	140	456	13,9	23,4/14,1	542	N/A	9
okt-21	1 555	7 669	98	5 026	2 535	4,6	24,6/6,2	6 114	92	47
nov-21	444	2 025	41	1 468	661	4,2	21,8/7,7	1 581	90	16
dec-21	1 091	5 148	103	3 211	1 806	4,3	23,0/6,3	4 057	86	39
jan-22	1 355	6 569	97	4 097	2 351	4,5	21,8/6,4	5 214		
feb-22	1 074	5 188	81	3 181	1 920	4,5	21,5/6,55	4 113		
mar-22	1 208	5 895	91	3 519	2 271	4,5	21,5/6,9	4 687		
<b>TOTAL AVE</b>	<b>33 598</b>	<b>143 481</b>	<b>2 200</b>	<b>70 261</b>	<b>72 559</b>	<b>4,2</b>		<b>109 883</b>	<b>91,03</b>	<b>56,22</b>

## Bilaga 11 Kv. Alabastern PVT

Tabell 15. *El till pumpar och värmepump (PVT)*

Period	Electricity to heat pump (kWh)
okt-20	55
nov-20	54
dec-20	123
jan-21	797
feb-21	646
mar-21	796
apr-21	769
maj-21	635
jun-21	2 012
jul-21	3 717
aug-21	2 838
sep-21	1 302
okt-21	869
nov-21	777
dec-21	757
jan-22	813
feb-22	731
mar-22	991
<b>TOTAL</b>	<b>18 682</b>
<b>Summa 2021</b>	<b>15 915</b>

Förbrukad el av PVT anläggningen på kv. Alabastern som är inkluderade i fastighetsel under bilaga 8.

## Bilaga 12 Johannishus borrhål

TOTALT FLÖDE KÖLDBÄRARE: 10,2 l/s		
BERGVÄRMEBORRA nr1.	228 m	0,55 l/s
nr2.	250 m	0,6 l/s
nr3.	250 m	0,6 l/s
nr4.	270 m	0,7 l/s
nr5.	250 m	0,6 l/s
nr6.	250 m	0,6 l/s
nr7.	250 m	0,6 l/s
nr8.	250 m	0,6 l/s
nr9.	253 m	0,6 l/s
nr10.	250 m	0,6 l/s
nr11a.	165 m	0,6 l/s
nr11b.	72 m	0,5 l/s
nr12.	250 m	0,6 l/s
nr13.	248 m	0,6 l/s
nr14.	300 m	0,8 l/s
nr15.	250 m	0,6 l/s
nr16.	250 m	0,6 l/s
nr17.	250 m	0,6 l/s

## Bilaga 13 Johannishus placering av borrhål



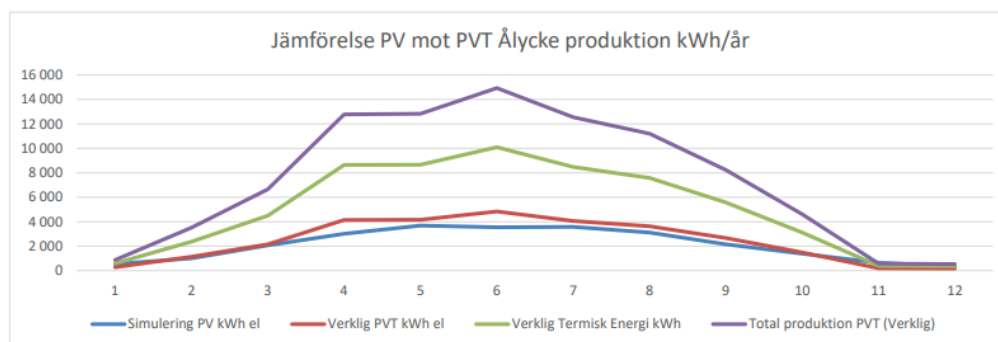
## Bilaga 14 Johannishus PVT värmeproduktion

Ålycke 27,04kW jämförelse simulering vanlig PV panel mot PVT

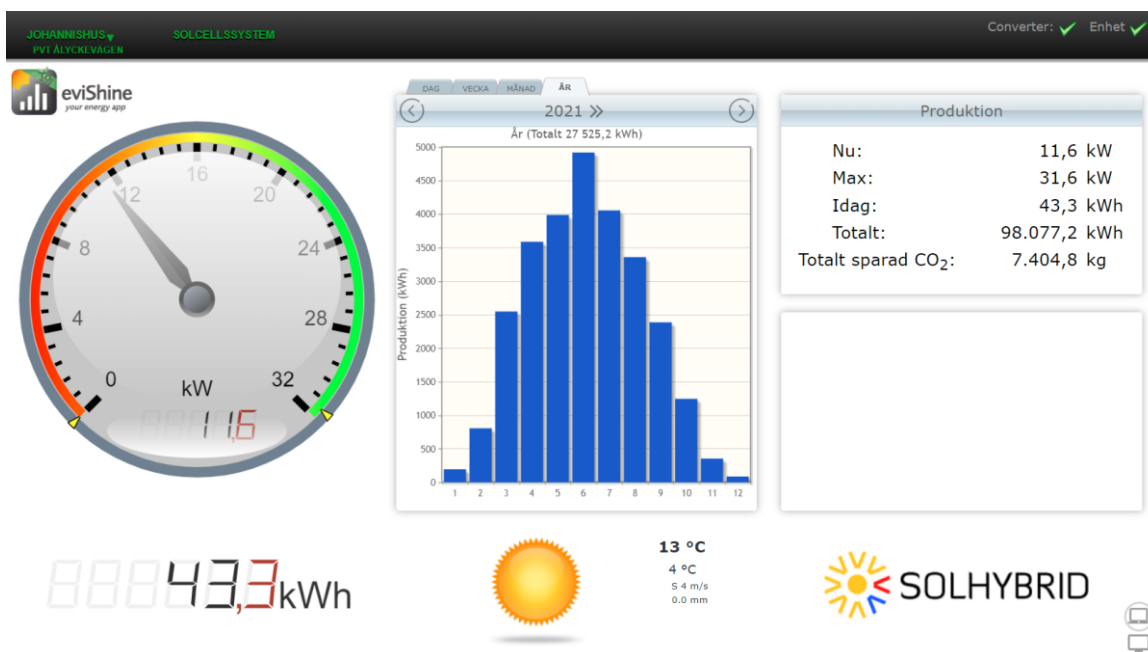
Månad	Simulering PV kWh el	Verklig PVT kWh el	Verklig Termisk Energi kWh	Total produktion PVT (Verklig)
1	546	281	586	867
2	1 006	1 137	2 372	3 509
3	2 073	2 156	4 498	6 654
4	3 016	4 140	8 637	12 777
5	3 685	4 154	8 667	12 821
6	3 544	4 838	10 094	14 932
7	3 574	4 065	8 481	12 546
8	3 120	3 630	7 573	11 203
9	2 159	2 667	5 564	8 231
10	1 395	1 496	3 121	4 617
11	642	188	392	580
12	353	174	363	537
<b>Total:</b>	<b>25 113</b>	<b>28 926</b>	<b>60 349</b>	<b>89 275</b>

Panelyta	168,5 m <sup>2</sup>
Simulerad Elproduktion	25113 kWh/år
Verklig elproduktion	28 926 kWh/år
Verklig termisk produktion	60723 kWh/år

Simulerat PV	149 kW/m <sup>2</sup>
Verklig PVT el	172 kW/m <sup>2</sup>
Verklig termisk	360 kW/m <sup>2</sup>
<b>Totalt:</b>	<b>532 kW/m<sup>2</sup></b>
Solinståndning	969 kW/m <sup>2</sup>
PVT/Total verkningsgrad	54,9% verkningsgrad
PV total verkningsgrad (sim)	15,4% verkningsgrad
Modulverkningsgrad	15,8% verkningsgrad
PV total verkningsgrad (verkl.)	17,7% verkningsgrad



# Bilaga 15 Johannishus EviShine elproduktion



# Bilaga 16 Johannishus elmätare 1

Företag: AB Ronnebyhus

## Förbrukningsrapport

Sida 1 (1)

INGPE03 - 2022-05-09 09:42:49

Urval:

Mätpunkt: 61-EL-01 Ålycke Sevicehus (Klimatkorrigerad förbrukning)

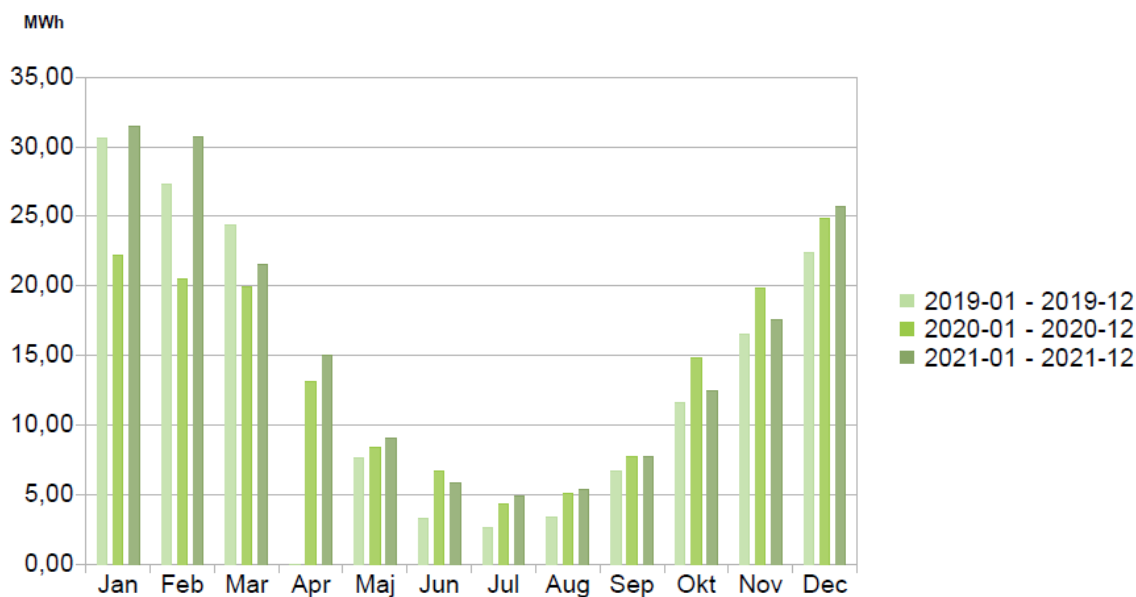
Måtslag: EL

Resurs:

Mätare: 0000087879

Abonnemangsnr:

Anläggningsid: 735999114001541083



A-temp: 5099 m<sup>2</sup>

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2019-01 - 2019-12	30,7	27,3	24,3	0,0	7,7	3,3	2,6	3,3	6,6	11,6	16,6	22,4
2020-01 - 2020-12	22,2	20,5	19,9	13,1	8,4	6,7	4,3	5,1	7,7	14,8	19,8	24,9
2021-01 - 2021-12	31,5	30,7	21,5	15,0	9,1	5,8	4,9	5,3	7,7	12,5	17,5	25,7
Budget 2022-01 - 2022-12	26,8	26,8	17,9	8,9	8,9	8,9	0,0	8,9	8,9	8,9	17,9	17,9
Avvikelse % mot föreg. år	41,6	50,1	8,2	14,0	8,6	-13,4	13,1	4,5	0,7	-16,0	-11,7	3,2
Nyckeltal 2021-01 - 2021-12 (kWh/m <sup>2</sup> A-temp)	6,2	6,0	4,2	2,9	1,8	1,1	1,0	1,0	1,5	2,4	3,4	5,0
Graddag verklig (3976 / år)	629	597	490	386	235	8	3	79	152	313	438	646
Graddag normal (4164 / år)	650	581	545	375	209	91	38	53	175	343	491	613

	Ack. utfall Jan-Dec			Helår		
Årsvärden	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Verklig förbrukning (MWh)	144	147	184	144	147	184
Klimatkorrigerad förbrukning (MWh)	156	167	187	156	167	187
Budgeterad förbrukning	346	162	0	346	162	0
Avvikelse mot budget i %	-58,4	-8,7	-	-58,4	-8,7	-
Avvikelse % för år 2021 mot år, Verklig	27,7	24,5		27,7	24,5	
Avvikelse % för år 2021 mot år, Klimatkorr.	19,7	11,8		19,7	11,8	
Nyckeltal verklig (kWh/m <sup>2</sup> A-temp)	28,2	28,9	36,0	28,2	28,9	36,0
Nyckeltal klimatkorr. (kWh/m <sup>2</sup> A-temp)	30,7	32,8	36,7	30,7	32,8	36,7

## Bilaga 17 Johannishus fjärrvärme (övre) & vatten (nedre) 2016

Förbrukning	Levereransperiod, fr o m datum 2016-01-01 Levereransperiod, t o m datum 2016-01-31 Mätarnummer 1305616 Mätpunkt, id 348814 Datum för föregående mätaravläsning 2016-01-01 Datum för senaste mätaravläsning 2016-02-01 Föregående mätarställning 1121.630 Senaste mätarställning 1176.240	54.61 MWH	Förbrukning	Levereransperiod, fr o m datum 2016-12-01 Levereransperiod, t o m datum 2016-12-31 Mätarnummer 1305616 Mätpunkt, id 348814 Datum för föregående mätaravläsning 2016-12-01 Datum för senaste mätaravläsning 2017-01-01 Föregående mätarställning 1804.590 Senaste mätarställning 1955.430	150.84 MWH
Förbrukning	Levereransperiod, fr o m datum 2015-12-28 Levereransperiod, t o m datum 2016-01-26 Mätarnummer 68514915 Mätpunkt, id 316347 Datum för föregående mätaravläsning 2015-12-28 Datum för senaste mätaravläsning 2016-01-27 Föregående mätarställning 5011.297 Senaste mätarställning 5271.056	260.00 M3	Förbrukning	Levereransperiod, fr o m datum 2016-12-27 Levereransperiod, t o m datum 2016-12-31 Mätarnummer 68514915 Mätpunkt, id 316347 Datum för föregående mätaravläsning 2016-12-27 Datum för senaste mätaravläsning 2017-01-27 Föregående mätarställning 8243.123 Senaste mätarställning 8527.018	46.00 M3

## Bilaga 18 Kv. Alabastern investeringsunderlag

<b>READY - kostnadssammanställning åtgärd</b>					
Åtgärd: Spillvattenvärmeåtervinning					
Task: 6.3					
<b>PRELIMINÄR</b>					
Datum: 2020-06-11					
Aktivitet	Kostnad / enhet kr	Antal enheter/ omgångar	Total kostnad kr	Total kostnad kr	Anm / förtydligande
Mark	308 267 kr	1	308 267 kr		
Bygg	0 kr	0	0 kr		Ej aktuellt
El	69 914 kr	1	69 914 kr		
VS	240 000 kr	1	240 000 kr		
Vent	0 kr	0	0 kr		Ej aktuellt
Styr	0 kr	1	0 kr		Ingår i EcoClimes leverans
Projektering	0 kr	1	0 kr		Ingår i VS ovan
EcoClime				970 815 kr	Enl offert 960.000:- + Frakt 10.815:- = 970.815:-
EcoClime				66 934 kr	Enl Ecoclime spec 200610
Övrigt/oförutsett	0 kr	1	0 kr		
		<b>Summa</b>	<b>618 181 kr</b>	<b>1 037 749 kr</b>	
		<b>Entr.arvode NCC 9%</b>	<b>55 636 kr</b>		
		<b>Summa exkl moms - Bravida faktura till VEAB</b>	<b>673 817 kr</b>	<b>1 037 749 kr</b>	
		<b>Summa inkl moms</b>	<b>842 272 kr</b>	<b>1 297 186 kr</b>	
			<b>Totalt inkl moms</b>	<b>2 139 458 kr</b>	
					EU-bidrag 79.000€
			<b>Totalt exkl moms</b>	<b>1 711 566 kr</b>	
			<b>EU-bidrag söks av VEAB</b>	<b>-790 000 kr</b>	<b>10,00 SEK/€</b>
			<b>Kostnad för VEAB exkl moms</b>	<b>921 566 kr</b>	<b>Faktureras till VB</b>
			<b>VEAB faktura till VB</b>	<b>1 151 958 kr</b>	<b>Inkl moms - prel belopp - beror på SEK/€-kursen när bidrag betalas ut</b>

## Bilaga 19 Kv. Lärlingen LCC

Resultat		
		<b>Kv. Lärlingen</b>
5.1	TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknad)	kr <b>1 081 924</b>
5.2	Driftskostnader per år	kr/år 0
5.3	Klimatpåverkan per år	kgCO <sub>2</sub> e/år 0
LCC-kalkyl		
		<b>Kv. Lärlingen</b>
INVESTERINGSKOSTNADER		
<i>Investeringskostnader</i>		
	Antal	stk 1
	Inköpspris	kr/stk 1 062 500
	Kostnad för leverans, installation och driftsättning	kr/stk 0
	<i>Investeringskostnader exl. omställningskostnader</i>	kr 1 062 500
	<i>Omställningskostnader</i>	kr 0
<b>S:A INVESTERINGSKOSTNADER</b>		<b>kr 1 062 500</b>
DRIFT- & UNDERHÅLLSKOSTNADER		
<i>Driftkostnader</i>		
	Energianvändning	kWh/år/stk 0
	Energipris	kr/kWh 2,00
	<b>Driftkostnader per år</b>	<b>kr/år/stk 0</b>
	Omräkningsfaktor till nuvärde	9,71
	<i>Driftkostnader under hela nyttjandetiden</i>	kr 0
<i>Underhållskostnader</i>		
	Kostnader för bruksartiklar	kr/år/stk 0
	Kostnader för service och underhåll	kr/år/stk 2 000
	Arbetskostnader	kr/år/stk 0
	<b>Underhållskostnader per år</b>	<b>kr/år/stk 2 000</b>
	Omräkningsfaktor till nuvärde	9,71
	<i>Underhållskostnader under hela nyttjandetiden</i>	kr 19 424
<b>S:A DRIFT- &amp; UNDERHÅLLSKOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>		<b>kr 19 424</b>
ÖVRIGA KOSTNADER		
<i>Årliga övriga kostnader</i>		
	Försäkringar, skatter och avgifter	kr/år/stk 0
	Hyra eller leasing	kr/år/stk 0
	Finansieringskostnad vid leasing eller hyra	kr/år/stk 0
	Licenser	kr/år/stk 0
	<b>Övriga kostnader per år</b>	<b>kr/år/stk 0</b>
	Omräkningsfaktor till nuvärde	9,71
	<i>Totala övriga kostnader under hela nyttjandetiden</i>	kr 0
<i>Övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</i>		
	Kostnader för sluthantering	kr 0
	Restvärde	kr 0
	<b>Totala övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</b>	<b>kr 0</b>
	<i>Nuvärde övriga poster vid slutet av kalkyltiden</i>	kr 0
<b>S:A ÖVRIGA KOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>		<b>0</b>
<b>TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknat)</b>		<b>kr 1 081 924</b>

## Bilaga 20 Kv. Alabastern LCC

Resultat		
<b>Kv. Alabastern Växjö</b>		
5.1 TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknad)	kr	2 175 685
5.2 Driftskostnader per år	kr/år	0
5.3 Klimatpåverkan per år	kgCO <sub>2</sub> e/år	0
LCC-kalkyl		
<b>Kv. Alabastern Växjö</b>		
INVESTERINGSKOSTNADER		
<i>Investeringskostnader</i>		
Antal	stk	1
Inköpspris	kr/stk	2 139 458
Kostnad för leverans, installation och driftsättning	kr/stk	0
<b>Investeringskostnader exl. omställningskostnader</b>	<b>kr</b>	<b>2 139 458</b>
<b>Omställningskostnader</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>S:A INVESTERINGSKOSTNADER</b>	<b>kr</b>	<b>2 139 458</b>
DRIFT- & UNDERHÅLLSKOSTNADER		
<i>Driftkostnader</i>		
Energianvändning	kWh/år/stk	0
Energipris	kr/kWh	2,00
<b>Driftkostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>0</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Driftkostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<i>Underhållskostnader</i>		
Kostnader förbrukningsartiklar	kr/år/stk	0
Kostnader för service och underhåll	kr/år/stk	3 730
Arbetskostnader	kr/år/stk	0
<b>Underhållskostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>3 730</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Underhållskostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>36 227</b>
<b>S:A DRIFT- &amp; UNDERHÅLLSKOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>	<b>kr</b>	<b>36 227</b>
ÖVRIGA KOSTNADER		
<i>Årliga övriga kostnader</i>		
Försäkringar, skatter och avgifter	kr/år/stk	0
Hyra eller leasing	kr/år/stk	0
Finansieringskostnad vid leasing eller hyra	kr/år/stk	0
Licenser	kr/år/stk	0
<b>Övriga kostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>0</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Totala övriga kostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<i>Övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</i>		
Kostnader för sluthantering	kr	0
Restvärde	kr	0
<b>Totala övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>Nuvärde övriga poster vid slutet av kalkyltiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>S:A ÖVRIGA KOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>		<b>0</b>
<b>TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknat)</b>	<b>kr</b>	<b>2 175 685</b>

## Bilaga 21 Johannishus LCC

Resultat		
		<b>Johannishus</b>
5.1 TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknad)	kr	<b>3 765 198</b>
5.2 Driftskostnader per år	kr/år	0
5.3 Klimatpåverkan per år	kgCO <sub>2</sub> e/år	0
LCC-kalkyl		
		<b>Johannishus</b>
INVESTERINGSKOSTNADER		
<b>Investeringskostnader</b>		
Antal	stk	1
Inköpspris	kr/stk	3 687 500
Kostnad för leverans, installation och driftsättning	kr/stk	0
<b>Investeringskostnader exl. omställningskostnader</b>	<b>kr</b>	<b>3 687 500</b>
<b>Omställningskostnader</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>S:A INVESTERINGSKOSTNADER</b>	<b>kr</b>	<b>3 687 500</b>
DRIFT- & UNDERHÅLLSKOSTNADER		
<b>Driftkostnader</b>		
Energianvändning	kWh/år/stk	0
Energipris	kr/kWh	2,00
<b>Driftkostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>0</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Driftkostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>Underhållskostnader</b>		
Kostnader förbrukningsartiklar	kr/år/stk	0
Kostnader för service och underhåll	kr/år/stk	8 000
Arbetskostnader	kr/år/stk	0
<b>Underhållskostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>8 000</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Underhållskostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>77 698</b>
<b>S:A DRIFT- &amp; UNDERHÅLLSKOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>	<b>kr</b>	<b>77 698</b>
ÖVRIGA KOSTNADER		
<b>Årliga övriga kostnader</b>		
Försäkringar, skatter och avgifter	kr/år/stk	0
Hyra eller leasing	kr/år/stk	0
Finansieringskostnad vid leasing eller hyra	kr/år/stk	0
Licenser	kr/år/stk	0
<b>Övriga kostnader per år</b>	<b>kr/år/stk</b>	<b>0</b>
Omräkningsfaktor till nuvärde		9,71
<b>Totala övriga kostnader under hela nyttjandetiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>Övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</b>		
Kostnader för sluthantering	kr	0
Restvärde	kr	0
<b>Totala övriga intäkter/kostnader vid slutet av kalkyltiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>Nuvärde övriga poster vid slutet av kalkyltiden</b>	<b>kr</b>	<b>0</b>
<b>S:A ÖVRIGA KOSTNADER (nuvärdesberäknat)</b>		<b>0</b>
<b>TOTAL KOSTNAD (nuvärdesberäknat)</b>	<b>kr</b>	<b>3 765 198</b>

## Bilaga 22 Besparing & återbetalningstid

För Tabell 16 och 17 används tidigare nämnd omräkningsfaktor (9,71) dividerat med nyttjandetiden (15 år) som faktor multiplicerat med kostnad årlig värmeproduktion.

Tabell 16. *Beräknad årlig besparing, priser snitt Sverige, med hänsyn till kalkylränta. (kr)*

	Kv. Lärlingen	Kv. Alabastern	Johannishus
Årlig värmeprod. (kostnad köpa fjv)	75 876	41 159	516 813
Årlig elförb. (kostnad slippa fjv)	43 501	24 209	256 317
<b>Årlig besparing</b>	<b>32 375</b>	<b>16 950</b>	<b>260 497</b>

Tabell 17. *Återbetalningstid, snitt Sverige priser.*

	Kv. Lärlingen	Kv. Alabastern	Johannishus
Totalkostnad, <b>TK</b> (LCC)	1 081 924	2 175 685	3 765 198
Årlig besparing	32 375	16 950	260 497
<b>Återbetalningstid</b>	<b>33,4</b>	<b>128,4</b>	<b>14,7</b>

I tabell 18 tas ingen hänsyn till kalkylränta, det vill säga tabell 16 och 17 utan omräkning.

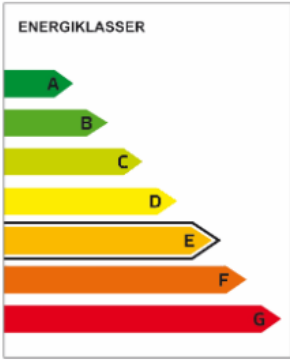
Tabell 18. *Återbetalningstid utan hänsyn till kalkylränta, snitt Sverige priser.*

	Kv. Lärlingen	Kv. Alabastern	Johannishus
Investeringskostnad inkl. moms	1 062 500	2 139 458	3 687 500
Värmeprod.	117 213	63 582	798 373
Elförb.	67 200	36 398	395 958
Omkostnad	2 000	3 730	8 000
Besparing	48 013	22 454	394 415
<b>Återbetalningstid</b>	<b>22,1</b>	<b>92,6</b>	<b>9,3</b>

# Bilaga 23 Kv. Lärlingen BasED & EfterED

## Energideklaration före renovering.

Äldermansgatan 7A, 227 36 Lund  
Lunds kommun  
Nybyggnadsår: 1946  
Energideklarations-ID: 1287313

sammanfattning av <b>ENERGIDEKLARATION</b>																																																			
 <p style="text-align: center;"><b>E</b> DENNA BYGGNADS ENERGI-KLASS</p> <p><b>Energiprestanda, primärenergital:</b> 114 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Krav vid uppförande av ny byggnad, primärenergital:</b> Energiklass C, 75 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Specifik energianvändning (tidigare energiprestanda):</b> 139 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Uppvärmningssystem:</b> Fjärrvärme</p> <p><b>Radonmätning:</b> Utförd</p> <p><b>Ventilationskontroll (OVK):</b> Utförd</p> <p><b>Åtgärdsförslag:</b> Har inte lämnats</p> <p><b>Energideklarationen är utförd av:</b> Per Wickman, 2022-05-29</p> <p><b>Energideklarationen är giltig till:</b> 2032-05-29</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: black; color: white; text-align: center;">Energianvändning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"><b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">2101 - 2112</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Energier för</td> <td style="text-align: center;">Energier för</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">uppvärmning</td> <td style="text-align: center;">tappvarmvatten</td> </tr> <tr> <td>Fjärrvärme (1)</td> <td style="text-align: right;">182609 43475 kWh</td> </tr> <tr> <td>Olja, fossil (2)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Gas, fossil (3)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Ved (4)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Fis/pelletsbriketter (5)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Ovrigt biobränsle (6)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (vattenburen) (7)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (direktverkande) (8)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (luftburen) (9)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Markvärmepump (el) (10)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-frånluft (el) (11)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/luft (el) (12)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/vatten (el) (13)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Tappvarmvatten (el) (14)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Ort (Energi-Index)</b> Lund</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Energiprestanda (primärenergital)</td> <td style="text-align: right;">114 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)</td> <td style="text-align: right;">75 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 2 (liknande byggnader)</td> <td style="text-align: right;">114 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)</td> <td style="text-align: right;">kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> </tbody> </table>	Energianvändning		<b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)		2101 - 2112		Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.		Energier för	Energier för	uppvärmning	tappvarmvatten	Fjärrvärme (1)	182609 43475 kWh	Olja, fossil (2)	kWh	Gas, fossil (3)	kWh	Ved (4)	kWh	Fis/pelletsbriketter (5)	kWh	Ovrigt biobränsle (6)	kWh	El (vattenburen) (7)	kWh	El (direktverkande) (8)	kWh	El (luftburen) (9)	kWh	Markvärmepump (el) (10)	kWh	Värmepump-frånluft (el) (11)	kWh	Värmepump-luft/luft (el) (12)	kWh	Värmepump-luft/vatten (el) (13)	kWh	Tappvarmvatten (el) (14)	kWh	<b>Ort (Energi-Index)</b> Lund		Energiprestanda (primärenergital)	114 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	75 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	114 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)	kWh/m <sup>2</sup> år
Energianvändning																																																			
<b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)																																																			
2101 - 2112																																																			
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.																																																			
Energier för	Energier för																																																		
uppvärmning	tappvarmvatten																																																		
Fjärrvärme (1)	182609 43475 kWh																																																		
Olja, fossil (2)	kWh																																																		
Gas, fossil (3)	kWh																																																		
Ved (4)	kWh																																																		
Fis/pelletsbriketter (5)	kWh																																																		
Ovrigt biobränsle (6)	kWh																																																		
El (vattenburen) (7)	kWh																																																		
El (direktverkande) (8)	kWh																																																		
El (luftburen) (9)	kWh																																																		
Markvärmepump (el) (10)	kWh																																																		
Värmepump-frånluft (el) (11)	kWh																																																		
Värmepump-luft/luft (el) (12)	kWh																																																		
Värmepump-luft/vatten (el) (13)	kWh																																																		
Tappvarmvatten (el) (14)	kWh																																																		
<b>Ort (Energi-Index)</b> Lund																																																			
Energiprestanda (primärenergital)	114 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	75 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 2 (liknande byggnader)	114 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)	kWh/m <sup>2</sup> år																																																		

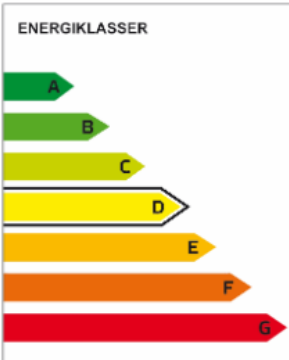
Energideklarationen i sin helhet finns hos byggnadens ägare.

För mer information:  
www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader.

## Energideklaration efter renovering.

Äldermansgatan 7A, 227 36 Lund  
Lunds kommun  
Nybyggnadsår: 1946  
Energideklarations-ID: 1284481

sammanfattning av <b>ENERGIDEKLARATION</b>																																																			
 <p style="text-align: center;"><b>D</b> DENNA BYGGNADS ENERGI-KLASS</p> <p><b>Energiprestanda, primärenergital:</b> 90 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Krav vid uppförande av ny byggnad, primärenergital:</b> Energiklass C, 75 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Specifik energianvändning (tidigare energiprestanda):</b> 80 kWh/m<sup>2</sup> och år</p> <p><b>Uppvärmningssystem:</b> Fjärrvärme och värmepump-frånluft (el)</p> <p><b>Radonmätning:</b> Utförd</p> <p><b>Ventilationskontroll (OVK):</b> Utförd</p> <p><b>Åtgärdsförslag:</b> Har inte lämnats</p> <p><b>Energideklarationen är utförd av:</b> Per Wickman, 2022-05-29</p> <p><b>Energideklarationen är giltig till:</b> 2032-05-29</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: black; color: white; text-align: center;">Energianvändning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"><b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">2101 - 2112</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Energier för</td> <td style="text-align: center;">Energier för</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">uppvärmning</td> <td style="text-align: center;">tappvarmvatten</td> </tr> <tr> <td>Fjärrvärme (1)</td> <td style="text-align: right;">70864 23720 kWh</td> </tr> <tr> <td>Olja, fossil (2)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Gas, fossil (3)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Ved (4)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Fis/pelletsbriketter (5)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Ovrigt biobränsle (6)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (vattenburen) (7)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (direktverkande) (8)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>El (luftburen) (9)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Markvärmepump (el) (10)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-frånluft (el) (11)</td> <td style="text-align: right;">28560 kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/luft (el) (12)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/vatten (el) (13)</td> <td style="text-align: right;">kWh</td> </tr> <tr> <td>Tappvarmvatten (el) (14)</td> <td style="text-align: right;">5040 kWh</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Ort (Energi-Index)</b> Lund</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Energiprestanda (primärenergital)</td> <td style="text-align: right;">90 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)</td> <td style="text-align: right;">75 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 2 (liknande byggnader)</td> <td style="text-align: right;">114 kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)</td> <td style="text-align: right;">kWh/m<sup>2</sup> år</td> </tr> </tbody> </table>	Energianvändning		<b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)		2101 - 2112		Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.		Energier för	Energier för	uppvärmning	tappvarmvatten	Fjärrvärme (1)	70864 23720 kWh	Olja, fossil (2)	kWh	Gas, fossil (3)	kWh	Ved (4)	kWh	Fis/pelletsbriketter (5)	kWh	Ovrigt biobränsle (6)	kWh	El (vattenburen) (7)	kWh	El (direktverkande) (8)	kWh	El (luftburen) (9)	kWh	Markvärmepump (el) (10)	kWh	Värmepump-frånluft (el) (11)	28560 kWh	Värmepump-luft/luft (el) (12)	kWh	Värmepump-luft/vatten (el) (13)	kWh	Tappvarmvatten (el) (14)	5040 kWh	<b>Ort (Energi-Index)</b> Lund		Energiprestanda (primärenergital)	90 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	75 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	114 kWh/m <sup>2</sup> år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)	kWh/m <sup>2</sup> år
Energianvändning																																																			
<b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)																																																			
2101 - 2112																																																			
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BF 3 2018:12)</b> Angivna värden ska inte vara normaliserade.																																																			
Energier för	Energier för																																																		
uppvärmning	tappvarmvatten																																																		
Fjärrvärme (1)	70864 23720 kWh																																																		
Olja, fossil (2)	kWh																																																		
Gas, fossil (3)	kWh																																																		
Ved (4)	kWh																																																		
Fis/pelletsbriketter (5)	kWh																																																		
Ovrigt biobränsle (6)	kWh																																																		
El (vattenburen) (7)	kWh																																																		
El (direktverkande) (8)	kWh																																																		
El (luftburen) (9)	kWh																																																		
Markvärmepump (el) (10)	kWh																																																		
Värmepump-frånluft (el) (11)	28560 kWh																																																		
Värmepump-luft/luft (el) (12)	kWh																																																		
Värmepump-luft/vatten (el) (13)	kWh																																																		
Tappvarmvatten (el) (14)	5040 kWh																																																		
<b>Ort (Energi-Index)</b> Lund																																																			
Energiprestanda (primärenergital)	90 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	75 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 2 (liknande byggnader)	114 kWh/m <sup>2</sup> år																																																		
Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)	kWh/m <sup>2</sup> år																																																		

Energideklarationen i sin helhet finns hos byggnadens ägare.

För mer information:  
www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader.

1

Zackarias Bolling, Mohammed Hadrous



# Bilaga 25 Johannishus BasED & EfterED

## Energideklaration före renovering.

sammanfattning av  
**ENERGIDEKLARATION**

Listerbyvägen 1, 372 75 Johannishus  
 Ronneby kommun  
 Nybyggnadsår: 1978  
 Energideklarations-ID: 1287320

**ENERGIKLASSER**

DENNA BYGGNADS  
ENERGIKLASS

**Energiprestanda, primärenergital:**  
182 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Krav vid uppförande av  
ny byggnad, primärenergital:**  
Energiklass C, 71 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Specifik energianvändning  
(tidigare energiprestanda):**  
201 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Uppvärmningssystem:**  
Fjärrvärme

**Radonmätning:**  
Utförd

**Ventilationskontroll (OVK):**  
Utförd

**Åtgärdsförslag:**  
Har inte lämnats

**Energideklarationen är utförd av:**  
Per Wickman, 2022-05-29

**Energideklarationen är giltig till:**  
2032-05-29

Energideklarationen i sin helhet  
 finns hos byggnadens ägare.

För mer information:  
 www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt  
 Boverkets föreskrifter och allmänna råd  
 (2007:4) om energideklaration för byggnader.

**Energianvändning**

Mätperiod  
Vilken 12-månadersperiod avser energipulppifterna?  
(ange första månaden i formatet ÅÅMM)

2101 - 2112

Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten ansluten mätperiod?  
Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12)  
Angivna värden ska inte vara normaliserade.

	Energi för uppvärmning	tappvarmvatten	
Fjärrvärme (1)	769573	127475	kWh
Olja, fossil (2)			kWh
Gas, fossil (3)			kWh
Ved (4)			kWh
Fäls/pellets/briketter (5)			kWh
Övrigt biobränsle (6)			kWh
Ei (vattenburen) (7)			kWh
Ei (direktverkande) (8)			kWh
Ei (luftburen) (9)			kWh
Markvärmepump (e) (10)			kWh
Värmepump-frånluft (e) (11)			kWh
Värmepump-luft/luft (e) (12)			kWh
Värmepump-luft/vatten (e) (13)			kWh
Tappvarmvatten (e) (14)			kWh

Beräknad energianvändning  
 Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalt  
 ånges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den  
 uppmätta energianvändningen.

Övrig ei som ingår i energiprestanda

Fjärrkyla (15) \_\_\_\_\_ kWh  
 Ei för komfortkyla (16) \_\_\_\_\_ kWh  
 Fastighetsel<sup>1</sup> (17) 139742 kWh

Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel

Summa<sup>2</sup> (1-17) 1036790 kWh

Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)

Hushållsel<sup>3</sup> (18) \_\_\_\_\_ kWh  
 Verksamhetsel<sup>4</sup> (19) \_\_\_\_\_ kWh

Finns solvärme?  
 Ja  Nej Ange solfångararea m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ Beräknad elproduktion kWh/år \_\_\_\_\_

Finns solcellssystem?  
 Ja  Nej Ange solcellens area m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ Beräknad elproduktion kWh/år \_\_\_\_\_

Byggnadens energianvändning<sup>5</sup>  
 (Normaliserat/korrigerat värde (Energi-index))  
 1025203 kWh/år

Ort (Energi-index)  
 Ronneby 930313 kWh/år

Energiprestanda (primärenergital)	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)
182 kWh/m <sup>2</sup> år	71 kWh/m <sup>2</sup> år	170 kWh/m <sup>2</sup> år	_____ kWh/m <sup>2</sup> år

<sup>1</sup> Den el som ingår i fastighetsenergin.  
<sup>2</sup> Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.  
<sup>3</sup> Den el som ingår i hushållsenergin.  
<sup>4</sup> Den el som ingår i verksamhetsenergin.  
<sup>5</sup> Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:8) - föreskrifter och allmänna råd.  
<sup>6</sup> Underlag för energiprestanda.

## Energideklaration efter renovering.

sammanfattning av  
**ENERGIDEKLARATION**

Listerbyvägen 1, 372 75 Johannishus  
 Ronneby kommun  
 Nybyggnadsår: 1978  
 Energideklarations-ID: 1287326

**ENERGIKLASSER**

DENNA BYGGNADS  
ENERGIKLASS

**Energiprestanda, primärenergital:**  
121 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Krav vid uppförande av  
ny byggnad, primärenergital:**  
Energiklass C, 71 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Specifik energianvändning  
(tidigare energiprestanda):**  
64 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Uppvärmningssystem:**  
Markvärmepump (ei)

**Radonmätning:**  
Utförd

**Ventilationskontroll (OVK):**  
Utförd

**Åtgärdsförslag:**  
Har inte lämnats

**Energideklarationen är utförd av:**  
Per Wickman, 2022-05-29

**Energideklarationen är giltig till:**  
2032-05-29

Energideklarationen i sin helhet  
 finns hos byggnadens ägare.

För mer information:  
 www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt  
 Boverkets föreskrifter och allmänna råd  
 (2007:4) om energideklaration för byggnader.

**Energianvändning**

Mätperiod  
Vilken 12-månadersperiod avser energipulppifterna?  
(ange första månaden i formatet ÅÅMM)

2101 - 2112

Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten ansluten mätperiod?  
Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12)  
Angivna värden ska inte vara normaliserade.

	Energi för uppvärmning	tappvarmvatten	
Fjärrvärme (1)			kWh
Olja, fossil (2)			kWh
Gas, fossil (3)			kWh
Ved (4)			kWh
Fäls/pellets/briketter (5)			kWh
Övrigt biobränsle (6)			kWh
Ei (vattenburen) (7)			kWh
Ei (direktverkande) (8)			kWh
Ei (luftburen) (9)			kWh
Markvärmepump (e) (10)	167484		kWh
Värmepump-frånluft (e) (11)			kWh
Värmepump-luft/luft (e) (12)			kWh
Värmepump-luft/vatten (e) (13)			kWh
Tappvarmvatten (e) (14)		27743	kWh

Beräknad energianvändning  
 Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalt  
 ånges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den  
 uppmätta energianvändningen.

Övrig ei som ingår i energiprestanda

Fjärrkyla (15) \_\_\_\_\_ kWh  
 Ei för komfortkyla (16) \_\_\_\_\_ kWh  
 Fastighetsel<sup>1</sup> (17) 131484 kWh

Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel

Summa<sup>2</sup> (1-17) 326711 kWh

Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)

Hushållsel<sup>3</sup> (18) \_\_\_\_\_ kWh  
 Verksamhetsel<sup>4</sup> (19) \_\_\_\_\_ kWh

Finns solvärme?  
 Ja  Nej Ange solfångararea m<sup>2</sup> 177 Beräknad elproduktion kWh/år 60349

Finns solcellssystem?  
 Ja  Nej Ange solcellens area m<sup>2</sup> 177 Beräknad elproduktion kWh/år 27525

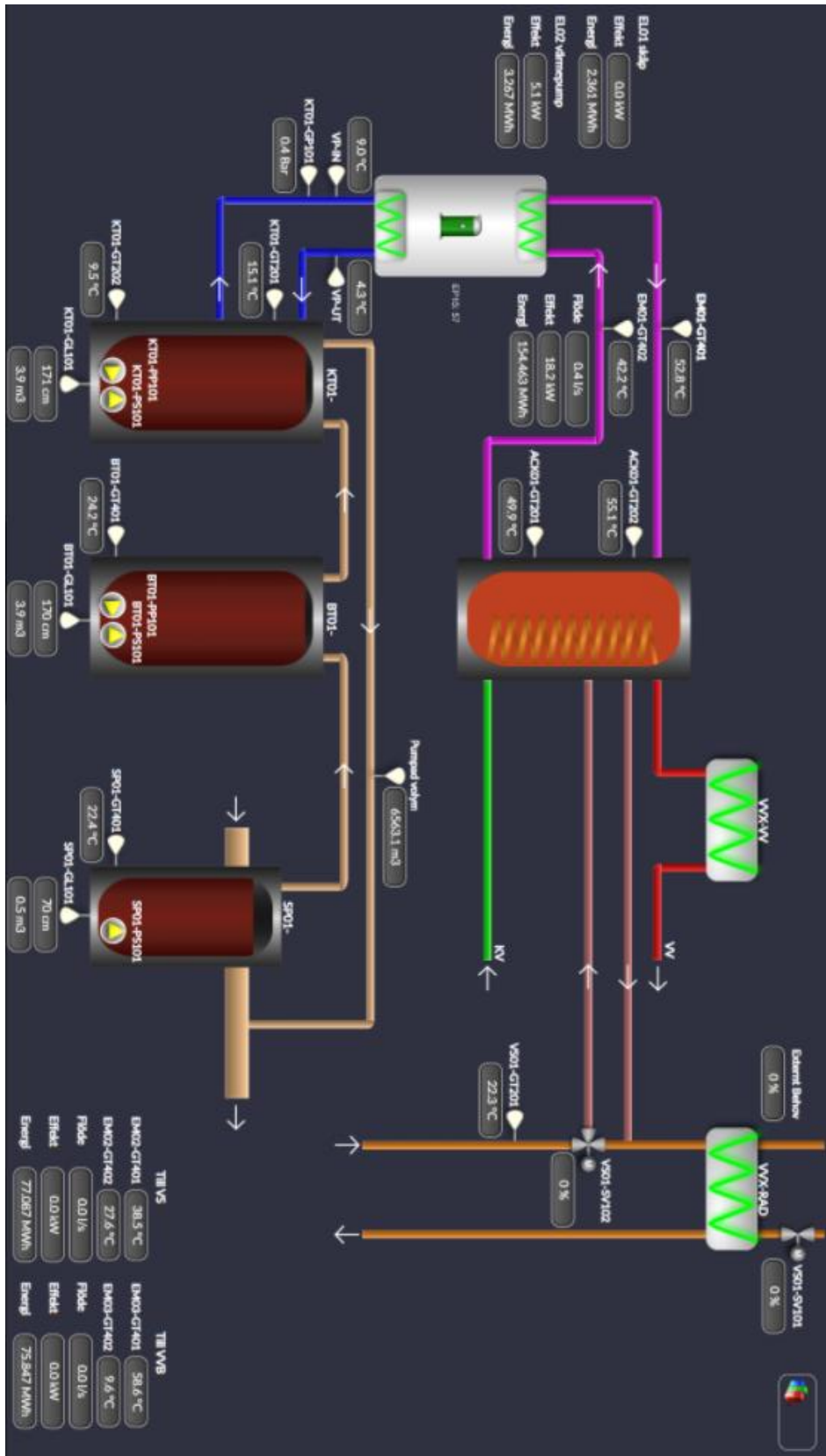
Byggnadens energianvändning<sup>5</sup>  
 (Normaliserat/korrigerat värde (Energi-index))  
 324189 kWh/år

Ort (Energi-index)  
 Ronneby 618533 kWh/år

Energiprestanda (primärenergital)	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)
121 kWh/m <sup>2</sup> år	71 kWh/m <sup>2</sup> år	170 kWh/m <sup>2</sup> år	_____ kWh/m <sup>2</sup> år

<sup>1</sup> Den el som ingår i fastighetsenergin.  
<sup>2</sup> Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.  
<sup>3</sup> Den el som ingår i hushållsenergin.  
<sup>4</sup> Den el som ingår i verksamhetsenergin.  
<sup>5</sup> Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:8) - föreskrifter och allmänna råd.  
<sup>6</sup> Underlag för energiprestanda.

# Bilaga 26 Kv. Alabastern driftbild



## Bilaga 27 Beräkningsunderlag

	Kv. Lärlingen		Kv. Alabastern		Johannishus	
	Bas	Efter	Bas	Efter	Bas	Efter
<b>Ingående totalt värmebehov</b>	<b>242 780</b>		<b>222 608</b>		<b>833 710</b>	
<b>Fjärrvärme (Tot INKÖPT)</b>	242 780	111 080	222 608	191 174	833 710	0
varav Fjärrvärme (uppvärmning) norm.	182 609	70 664	164 830	133 396	769 573	0
varav Fjärrvärme (TVV) norm.	43 475	23 720	66 150	26 143	127 475	0
<b>Normaliserat FJV-Värmebehov:</b>	<b>226 084</b>	<b>94 384</b>	<b>230 980</b>	<b>159 539</b>	<b>897 048</b>	<b>0</b>
<b>EL</b>						
<b>Fastighetsel total</b>	<b>13 500</b>	<b>43 100</b>	<b>24 309</b>	<b>43 008</b>	<b>139 742</b>	<b>326 711</b>
varav Bas Fastighetsel	13 500	9 500	24 309	24 309	139 742	131 484
varav (VP för uppvärmning)	0	28 560	0	8 228	0	167 484
Varav VP för TVV	0	5 040	0	10 471	0	27 743
<b>Kv. Lärlingen (efter)</b>						
<b>VP total värmeproduktion (kWh)</b>	<b>131 700</b>		<b>71 441</b>		<b>897 048</b>	
VP totalt förb. el (kWh)	<b>33 600</b>		<b>18 699</b>		<b>197 979</b>	
Fördelning	<b>Uppvärmning</b>	<b>TVV</b>	<b>Uppvärmning</b>	<b>TVV</b>	<b>Uppvärmning</b>	<b>TVV</b>
Procentuell fördelning (%)	85%	15%	44%	56%	86%	14%
Fördelning av prod. värme (kWh)	111 945	19 755	31 434	40 007	769 573	127 475
Fördelning av förb. el (kWh)	28 560	5 040	8 228	10 471	167 484	27 743
Atemp (m2)	<b>1 739</b>		<b>2 646</b>		<b>5 099</b>	
Total (kall)vattenförb. (m3)	3 032		-		3232	
Varmvattenförb. (m3)	-		1019		-	
<b>COP</b>	<b>3,92</b>		<b>3,82</b>		<b>5,33</b>	

Nedan anges avdrag från solceller för Johannishus. COP beräknat från normal värmeproduktion (833 710) och normal elförbrukning (184 000).

<b>Johannishus</b>			
Bas	Efter		
<b>833 710</b>			
833 710	0		
769 573	0	KallvattenFaktor (kWh/m3)	19,25
127 475	0	VarmvattenFaktor (kWh/m3)	55
897 048	0	Enligt BEN2 antar n: ref Per Henrik	0,97
139 742	326 711	<b>(Avdraget från Solceller med)</b>	
139 742	131 484	8 258	
	167 484	2 361	Fördelat procentuellt (uppvärmning/totaltVärmebehov) gångrat med 10% av producerad EL
	27 743	391	Fördelat procentuellt (TVV/totaltVärmebehov) gångrat med 10% av producerad EL
<b>Ronneby (efter) för norm. Brukande</b>		<b>Verkliga värden för LCC</b>	
897 048		VP COP	4,53
197 979		Normal VärmeProd.	833 710 från fjv 2016
Uppvärmning	TVV	Normal El-Förb.	184 000 från el 2021
86%	14%		
769 573	127 475	<b>Solcell elprod 2021:</b>	<b>27 525</b>
167 484	27 743	Till VP	10% Uppskattat enligt magnus
		Till Fastighetsel	30% Uppskattat enligt magnus
5 099		Resterande el till Verksamhet (inkluderas ej i Deklarationen)	
3232			
-		Solcellerna har area	176,8 m2
<b>5,33</b>		Totalproduktion	27525 kWh el
		Solhybrid värme	27500 uppskattas till ungefär samma

# **Lnu.se**

**Institutionen för byggd miljö och energiteknik**

351 95 Växjö

tel 0772-28 80 00, fax 0470-76 85 40