

# Rekorderlig Renovering

Demonstrationsprojekt för energieffektivisering i  
befintliga flerbostadshus

Slutrapport för Lagersbergs renoveringsetapp 2 –  
Kommunfastigheter i Eskilstuna



Utarbetad av  
Per Levin, Projektengagemang  
Camilla Karlsson, Kommunfastigheter i Eskilstuna

Juni 2015

### **BESTÄLLARGRUPPEN BOSTÄDER**

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. BeBo initierades 1989 av Energimyndighetens företrädare NUTEK. Gruppen driver idag utvecklingsprojekt med inriktning på energieffektivitet och miljö.

Syftet med gruppens arbete är att energieffektiva system och produkter tidigare ska komma ut på marknaden. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändningen samtidigt som funktion och komfort inte får försämrats utan ska snarare ska förbättras.

## SAMMANFATTNING

Syftet med BeBo-projektet "Rekorderlig Renovering" är att i anslutning till Sveriges nationella miljömål God bebyggd miljö verka för att demonstrationsprojekt genomförs med målen att:

- Minska köpt energi med 50 %, väl förankrat i bostadsföretagens ledning.
- Identifiera vilka insatser/åtgärder som behövs för att nå 50 %.
- Följa upp och dokumentera projekten för att kunna föra kunskapen vidare.

Denna redovisning omfattar slutrapport för Kommunfastigheters ombyggnadsprojekt för andra etappen av Lagersberg i Eskilstuna. Rapporten fokuserar på effekterna och konsekvenser av insatser för en halvering av inköpt energi. Resultaten från denna etapp är tänkt att tillgodogöras inför kommande renoveringsetapper i området.

Demonstrationsobjektet består av sju trevånings lamellhus på Lagrådsgratan i stadsdelen Lagersberg i Eskilstuna, vilken är byggd år 1969-1974. Hela området består av 23 huskroppar med totalt 432 lägenheter. Renoveringen i Lagersbergsområdet är indelad i fyra etapper, och i denna rapport redovisas arbetet med etapp 2, med 119 lägenheter (117 st efter renoveringen). Kostnaderna för energisparåtgärderna utgjorde endast ca 30 % av projektets totala kostnad.

Utgångsläget för områdets specifika energianvändning, dvs med fjärrvärme från en gemensam stor undercentral, var  $187 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ . Konvertering till uppdelad primär fjärrvärme inklusive kulvertbyte genomfördes under 2010-2011, med en beräknad besparing på  $12 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ , vilket betydde att utgångsläget för Lagersbergsområdet beräknades till  $175 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ . Uppmätta värden för de aktuella byggnaderna hamnade dock lägre, 150, 163, resp.  $166 \text{ kWh/m}^2$ .

Följande energirelaterade åtgärder genomfördes mellan april 2013-april 2014:

- Utvändig tilläggsisolering av yttervägg och av vindsbjälklag.
- Utbyte av fönster och fönsterdörrar och bröstningspartier vid balkonger.
- Installation av ny FTX-ventilation.
- Installation av lägenhetstermostater.
- Installation av solceller på tre byggnader.
- Installation av individuell varmvattenmätning och byte till snålspolande blandare.
- Byte av trapphusbelysning.

I en byggnad genomfördes en pilotstudie för ett system, SFront, där tilluftskanalerna lades utvändigt på ytterväggarna inbäddade i tilläggsisoleringen.

Resultaten visar att:

- Mer än en halvering (55-60 %) av byggnadernas värmebehov har uppnåtts.
- Uppnådd energiprestanda ligger något bättre än för etapp 1.
- Energibesparingen blev i stort sett som förväntad, förutom att tappvarmvattnet inte minskade som beräknat trots lägenhetsmätning och debitering.

Åtgärdpaketet är lönsamt, även om Kommunfastigheters lönsamhetskrav inte uppnåddes. För SFront-systemet räcker inte energibesparingen för den tjockare ytterväggsisoleringen till för att göra systemet lönsamt ur strikt energisynpunkt. Andra motiv för att använda metoden kan komplettera och ändå göra metoden attraktiv, t.ex. möjlighet till kvarboende och platsbrist för tilluftskanaler.

En grov bedömning av producerad solel indikerar att endast ca 30 % direkt kommer byggnaderna tillgodo, resten exporteras ut på elnätet. Tillgodogjord solel hamnar då i storleksordningen  $4 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  för resp. solcellsbyggnad, dvs ca  $2 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  utslaget på hela etapp 2.

Några av erfarenheterna Kommunfastigheter gjort under projektets andra etapp kan sammanfattas i nedanstående punkter:

- Alla fönster byttes i denna etapp på grund av tidigare erfarenheter och det dåliga skicket. Hyresgästerna upplevde en tystare och varmare inomhusmiljö. Dock stöds inte detta av enkätsvaren.
- Tilläggsisoleringen och ny injustering har minskat värmeförlusten i entréhallar vilka då blivit kallare. Det blev då kallt på golvet i sovrum ovanför de indragna entréerna. Kommunfastigheter avser åtgärda detta i efterhand.
- Även i denna etapp hanns det inte riktigt med att isolera vindsbjälklaget innan det blev för kallt, vilket innebar klagomål från hyresgäster. När den gamla värmeisoleringen tas bort är det viktigt att hinna isolera vindsbjälklaget innan det blir för kallt ute. I etapp 3 hade detta åtgärdats.
- Trots extra tätning av samlingslådor och frånluftskanaler förekom fortfarande svårigheter vid injusteringen av luftflöden. I kommande etapp 3 byts mer av tilluftkanalerna ut och en noggrannare injustering avses genomföras.
- Drag från tilluftsdon har tidigare medfört igentäppning av hyresgästerna. I denna etapp kompletterades tilluftsdonen med en horisontell plåt bakom radiatorerna, vilken fördelade luftflödet åt sidorna för att minska dragproblemet ovanför. Detta har upplevts positivt av hyresgästerna.
- Installation av varmvattenmätning och vattenbesparande armaturer ger mindre och mer varierande besparing än förväntat. I detta fall har dock tappvarmvattenanvändningen inte ökat som i första etappen, men besparingen är betydligt mindre.

## INNEHÅLL

Sammanfattning	2
Förord	5
1. Inledning	6
Syfte och mål	6
Metod	6
2. Objektsbeskrivning	7
Beskrivning av byggnaderna	7
Byggnadsteknik	8
Installationsteknik	8
Energianvändning före åtgärder	8
3. Åtgärder	10
Utvändiga tilluftskanaler och tilläggsisolering	10
Besparingsberäkningar	13
4. Åtgärds kostnader	15
5. Lönsamhetskalkyler	16
Lönsamhetskalkyler enligt BeBo:s förutsättningar	16
Kommunfastigheters kalkylförutsättningar	16
6. Förberedelser för genomförande	20
7. Resultat från momentana mätningar	21
8. Resultat från uppföljning	22
Specifik energianvändning	22
Ventilation	25
Solceller	26
Erfarenheter	30
9. Slutsatser	31
Bilagor	31

## FÖRORD

Energianvändningen i bebyggelsen måste minskas för att bromsa dess negativa miljöpåverkan. På bred front ska behovet av köpt energi halveras till år 2050 i förhållande till användningen 1995.

Energimyndigheten har i uppdrag att ”driva på” energieffektiviseringen i bostadssektorn. Av erfarenhet vet man att demonstrationsprojekt är en verkningsfull metod för att sprida goda idéer och få fler att våga gå i samma spår.

En stor del av bostadsbeståndet är byggt under åren 1965 – 1975 inom miljonprogrammet. Dessa byggnader är intressanta för energieffektiviseringsprojekt, eftersom de är mycket lika vad gäller energistatus, byggnads- och installationsteknik och de ligger nu i tur för upprustning. Dessutom är de många, totalt omfattas 700 000 till 800 000 lägenheter.

Energimyndigheten stöttar med resurser inom ramen för BeBo-projektet ”Rekorderlig Renovering” (RR), för att demonstrera vilka energiåtgärder man ska satsa på och vilka konsekvenser de får på inomhusmiljö, beständighet och varsamhet. För att öka spridningen till fler fastighetsägare genomförs RR-projekt på flera orter i Sverige. Målsättningen är att projekten skall vara väl dokumenterade för att underlätta upprepning och att man även kan göra studiebesök så att den som söker information och kunskap om energieffektivisering kan förvissa sig om att det verkligen fungerar!

En arbetsgrupp för Kommunfastigheter har följt och bidragit till arbetet. Den har bestått av: Pär Karlsson och Lukas Lundström från K-fast, Mats Olsson från ICEE och Rainer Mastola från NCC.

Danderyd och Eskilstuna, juni 2015

Per Levin/Camilla Karlsson

## 1. INLEDNING

### Syfte och mål

Syftet med BeBo-projektet "Rekorderlig Renovering" är att i anslutning till Sveriges nationella miljömål God bebyggd miljö verka för att demonstrationsprojekt genomförs med målen att:

- Minska köpt energi med 50 %, väl förankrat i bostadsföretagens ledning.
- Identifiera vilka insatser/åtgärder som behövs för att nå 50 %.
- Följa upp och dokumentera projekten för att kunna föra kunskapen vidare.

BeBo:s fokus inom projektet ligger på energiåtgärder främst för klimatskärm och ventilation. I processen medverkar byggherre, konsulter och entreprenörer för att nå bästa lösningar. Som ett stöd har BeBo tillhandahållit energiberäkningar, möjlighet till rådgivning och uppföljning av åtgärder och fuktfrågor samt dokumentation.

Demonstrationsobjekten skall på ett representativt sätt kunna ge vägledning och kunskap om möjligheter samt svårigheter, hinder och vilken typ av stimulans eller stöd som kan vara aktuell.

### Metod

Dokumentationsarbetet har innehållit följande moment:

- Beskrivning av objekt
- Checklista
- Termografering
- Tryckprovning
- Ekonomiska förutsättningar/budget.

Analysarbetet har innehållit följande moment:

- Energiberäkningar som genomförts på samma sätt för alla delprojekt. Beräkningarna av byggnadernas befintliga skick har kalibrerats till inom 10 % avvikelse med hjälp av uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel före åtgärd, vilket bildar utgångspunkt för besparingsberäkningarna. Indata redovisas i bilaga.
- Lönsamhetskalkyler som utgår från BeBo:s och Kommunfastigheters kalkylförutsättningar. Endast merkostnader för energibesparande åtgärder tas med i kalkylen.
- Inneklimatet har följts upp genom kontakter med de boende.

Uppföljning av resultat och ekonomi har följts upp genom:

- Utökade mätningar.
- Genomgång av åtgärdskostnader.

Projekten inom Rekorderlig renovering indelas normalt i tre etapper:

Etapp 1: Val av objekt, åtgärdsförslag, projektering och upphandling.

Etapp 2: Genomförande med kontrollplan. Idrifttagning.

Etapp 3: Uppföljning av energi och inneklimat.

Denna redovisning omfattar slutrapport för Kommunfastigheters ombyggnadsprojekt för andra etappen av Lagersberg i Eskilstuna. Rapporten fokuserar på effekterna och konsekvenser av insatser för en halvering av inköpt energi. Resultaten från denna etapp är tänkt att tillgodogöras inför kommande renoveringsetapper i området.

## 2. OBJEKTSBESKRIVNING

Demonstrationsobjektet består i denna etapp av sju trevånings lamellhus på Lagrådsgatan i stadsdelen Lagersberg i Eskilstuna, vilken är byggd år 1969-1974. Dessutom finns en byggnad innehållande samlingslokal m.m. som inte ingår i utvärderingen. Hela området består av 23 huskroppar med totalt 432 lägenheter. Renoveringen i Lagersbergsområdet är indelad i fyra etapper, och i denna rapport redovisas arbetet med etapp 2, se figur 1.



**Figur 1** Fasad före åtgärd och situationsplan över etapp 2-området på Lagrådsgatan, som omfattar åtta byggnader fördelat på två undercentraler, placerade på Lagrådsgatan 6 respektive 24.

### Beskrivning av byggnaderna

Hela etapp 2 inklusive Lagrådsgatan 2 omfattar 14 757 m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>. Lagrådsgatan 2 omfattar en samlingslokal på 377 m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> och är endast med i delar av redovisningen.

	Lagrådsg. 4	Lagrådsg. 6	Lagrådsg. 8	Lagrådsg. 20-26
Antal lägenheter	18 (16)*****	24	12	65
Antal våningar ovan mark	3	3	3	3
Antal våningar i markplan	1	1	1	1
Antal trapphus	3	4	2	10
Antal hissar	0	0	1	4****
Antal tvättstugor i byggnad	0	1	0	3
Antal fristående tvättstugor	0	0	0	0
Antal varmgarage	0	0	0	0
Antal motorvärmare	finns**	0	0	0
Antal belysningsstolpar***	områdets	0	0	0
Area BOA, m <sup>2</sup>	1477	2214	1110	5331
Area LOA, m <sup>2</sup>	308	170	60	47
Area A <sub>temp</sub> *, m <sup>2</sup>	1871	3331	1575	7604

\* Uppmätt i CAD. \*\*Nog ej anv.\*\*\*Ej inventerat.\*\*\*\*En hiss installerad vid renovering.\*\*\*\*\*Två lägenheter ombyggda till lokal i samband med åtgärderna.

En uppvärmd sandficka betjänas också från Lagrådsgatan 4. Lagrådsgatan 6 innehåller ett litet gym, vilket har ett eget ventilationsaggregat kopplat till verksamhetsel.



### Byggnadsteknik

Beskrivning av vilken byggnadsteknik och vilka material som ursprungligen använts.

Stomme	Bärande lättbetongväggar i plan 2 och uppåt. Bärande betonginnerväggar i entréplanet.
Grund	170 mm pålad platta på mark, 50 mineralull, 60 överbetong
Yttervägg	Utvändig puts på 250 mm lättbetong, invändig puts
Balkongparti	Träpanel på 70 mm isolerad regelstomme, invändig skivbeklädnad
Yttervägg i markplan	Utvändig puts på 150 mm lättbetongblock, 150 mm betong (250 mm betong vid skyddsrum)
Tak	Kallvind med uppstolpat tak. 50+100mm mineralull, 150 betongbjälklag.
Fönster	Kopplade 2-glasfönster i trä.

### Installationsteknik

Beskrivning av tekniska installationer.

Ventilation	Vätskekopplat FTX-system med uppmätt verkningsgrad 15-45%. Tilluften tillförs rum via inblåsning bakom/under radiator. Tilluftkanaler inom lägenhet är förlagda i golv. Frånluft evakueras via kök och våtenheter.
Uppvärmning	2 st fjärrvärmeundercentraler placerade på Lagrådsgatan 6 och 24 som sedan försörjer angränsande hus. Primäranslutning till fjärrvärme utfördes under 2010-2011. Ett-rörs radiatorsystem utan termostatventiler.
Tappvarmvatten	Varmvatten bereds i fjärrvärmeundercentralerna och distribueras till närliggande hus via markkulvert. VVC-slingor finns, tom genom radiatorer i badrum, vilka dock i huvudsak är utbytta.
Belysning	Utbytt allteftersom, varierande.

### Energianvändning före åtgärder

Utgångsläget för området, dvs med fjärrvärme från en gemensam stor undercentral, var  $187 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ . Konvertering till primär uppdelad fjärrvärme inklusive kulvertbyte genomfördes under 2010-2011, med en beräknad besparing på  $12 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ , vilket betydde att utgångsläget beräknades till  $175 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ .

Avläsningspunkter för fjärrvärme och tappvarmvattenmängd finns i de båda undercentralerna, där den som är belägen i Lagrådsgatan 6 betjänar Lagrådsgatan 2 (gemensamhetslokal), 4, 6 och 8. Utgående värme och varmvattenvolym mäts för Lagrådsgatan 2 och 4 respektive Lagrådsgatan 8. Eftersom nummer 2 och 4 har gemensam avläsning och nummer 2 är en gemensamhetslokal är värdenas relevans begränsad och inte medtagen i sammanställningarna. Lagrådsgatan 6 och 8 kan här redovisas, med nummer 6 som en restpost när övriga byggnader dragits av. Förluster i VVC-slingor och kulvert belastar värdet för Lagrådsgatan 6. Dock kommer en del av denna värme nummer 6 tillgodo. Undercentralen i Lagrådsgatan 24 betjänar byggnaderna på Lagrådsgatan 20, 22, 24 och 26 (seniorboende). Här finns endast en fjärrvärmemätare och en varmvattenvolymmätare, varför dessa byggnader redovisas i grupp, inklusive förluster i kulvert och VVC-kretsar.

Elcentraler är placerade med separat avläsning för varje byggnad.

Uppmätta värden på värme, varmvatten och fastighetsel innan åtgärder baseras på data för perioden april 2012 till mars 2013.

När flera byggnader är sammanslagna, viktas uppmätta värden med  $A_{temp}$ -arean.

Uppmätta värden före åtgärder:

	<b>Lagrådsgatan 6</b>	<b>Lagrådsgatan 8</b>	<b>Lagrådsgatan 20-26</b>
Värme (kWh/m <sup>2</sup> år, normalårskorr.)	95	100	108
Varmvatten (kWh/m <sup>2</sup> )*	37	49	34
Fastighetsel (kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ )	19	17	21
Energiprestanda (kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ )	<b>150</b>	<b>166</b>	<b>163</b>
Hushållsel (kWh/m <sup>2</sup> år)	26	31	22

\*Varmvattenenergins andel av fjärrvärmens baseras på uppmätt volym i m<sup>3</sup> gånger 55.

Värmen för Lagrådsgatan 8 innehåller inte kulvert- och VVC-förluster, vilket ingår i de övriga. Byggnaden har också hög hushållsel- och varmvattenanvändning jämfört med de övriga.

### 3. ÅTGÄRDER

Grundförutsättningen inför identifiering av åtgärder inom RR-projektet är en 50-procentig energibesparing. Kommunfastigheter har också haft samma ambition för Lagersberg. Åtgärdspaket har tagits fram som enligt beräkningarna uppfyller ambitionen om en 50-procentig energibesparing.

Eftersom de uppmätta värdena på byggnadsnivå före åtgärd avviker från hela områdets kommer halveringsmålet att variera för de olika byggnaderna.

En halvering av uppmätt energiprestanda ger ett energiprestandamål för husen på:

Lagrådsgatan 6	75 kWh/m <sup>2</sup> år
Lagrådsgatan 8	83 kWh/m <sup>2</sup> år
Lagrådsgatan 20-26	82 kWh/m <sup>2</sup> år
Området	Ca 90 kWh/m <sup>2</sup> år

Följande åtgärder ingick i Kommunfastigheters plan för Lagersberg etapp 2 och har genomförts mellan april 2013-april 2014:

#### Värmeisolering

- ✓ Utvändigt tilläggsisolering av yttervägg med 50 mm mineralull med utanpåliggande puts på stålät. (Se även nedan för Lagrådsgatan 6.)
- ✓ Isolering av vindsbjälklag med 500 mm (borttagning av gammal isolering först).

#### Fönster & dörrar

- ✓ Utbyte av fönster, med U-värde 1,1 W/m<sup>2</sup>K.
- ✓ Utbyte av bröstmingspartier vid balkonger.

#### Ventilation

- ✓ Installation av ny FTX-ventilation från vätskekopplad FTX
- ✓ Aggregat med ca 89-93 % temperaturverkningsgrad (dubbel plattvax, Exhausto).

#### Värme

- ✓ Installation av lägenhetstermostater.

#### Tappvarmvatten

- ✓ Installation av solceller på tre byggnader, sammanlagt 704 m<sup>2</sup>.
- ✓ Installation av individuell varmvattenmätning och byte till snålspolande blandare.

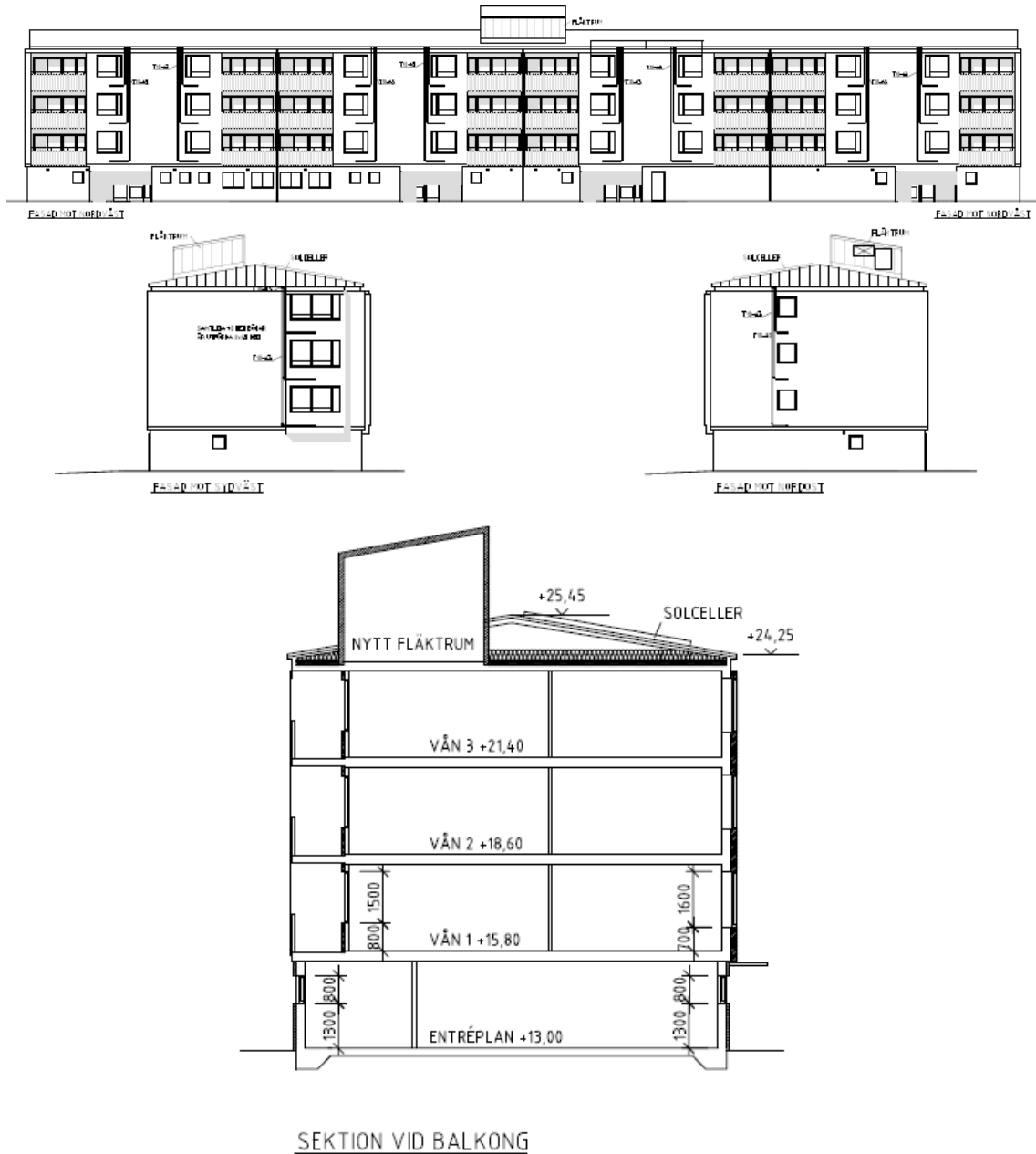
#### Övriga åtgärder

- ✓ Byte av trapphusbelysning
- ✓ Stambyte med kassettsystem samt kakel och klinker i badrum.
- ✓ Upprustning av kök (byte av bänkskivor och skåpluckor).

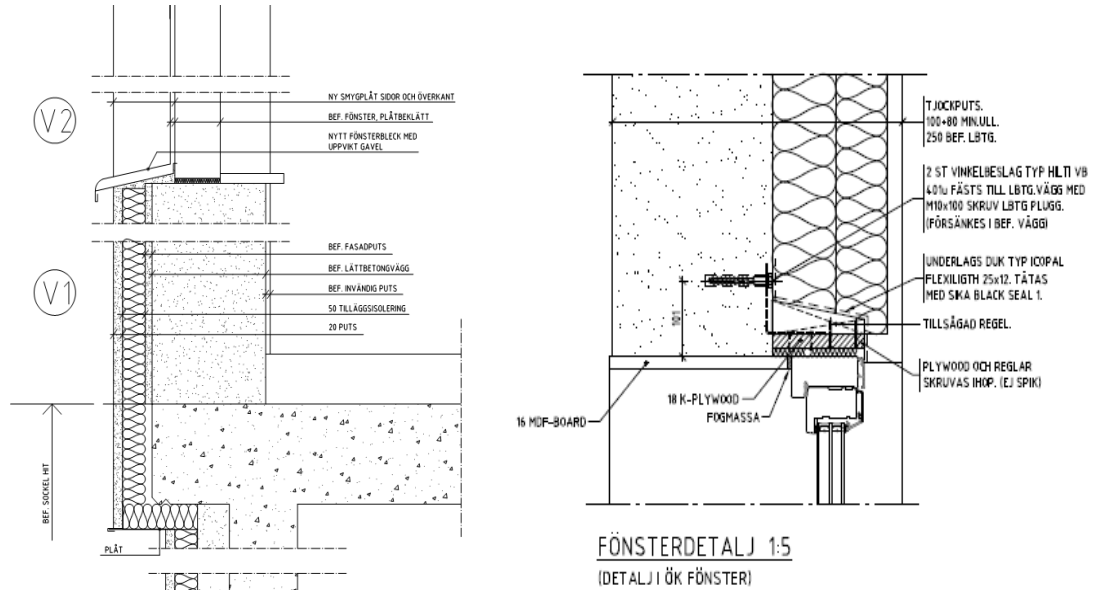
#### Utvändiga tilluftskanaler och tilläggsisolering

För byggnaden Lagrådsgatan 6 installerades tilluftskanaler i dimensioner 60/80/100 mm på utsida yttervägg, ett system kallat SFront. Tjockleken på tilläggsisoleringen var 180 mm, vilket betyder minst 80 mm värmeisolering utanpå kanalerna. I följande figurer 2-4 redovisas detaljer för tilläggsisoleringen. FTX-aggregatet placerades i detta fall i ett nytt fläktrum på vinden (genom taket), till skillnad från övriga hus där aggregaten placerades i entréplan.

Enligt leverantören ska temperatursänkningen på tilluften på grund av värmeförluster vara ca 0,3 °C per löpmeter vid 80 mm isolering utanpå och 1,3 m/s i lufthastighet. Vid dubbla lufthastigheten blir temperatursänkningen 0,15 °C per meter.



**Figur 2** Utvändig kanaldragning på fasaderna samt sektion med fläktrum och placering av solceller.



**Figur 3** Tilläggsisolering med och utan installationskikt för ventilationskanaler.



**Figur 4** Bilder på kanaldragning från byggtiden.

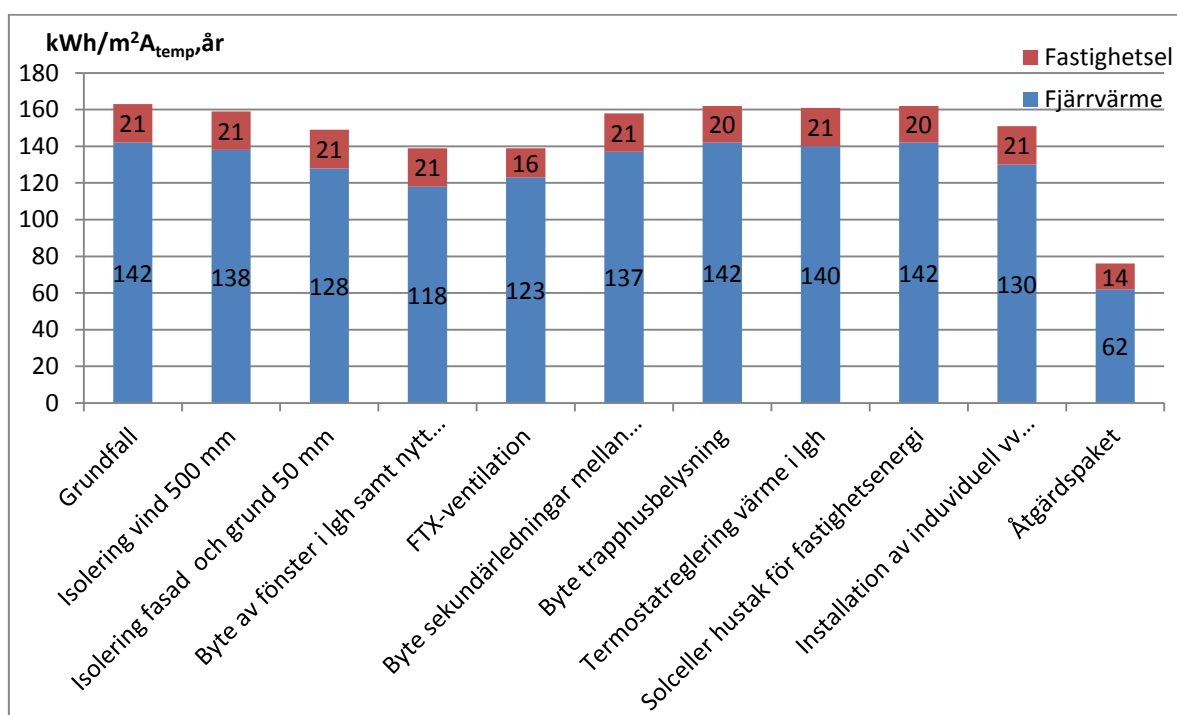
#### Besparingsberäkningar

Energiberäkningar har genomförts gemensamt för byggnaderna. Dessa utfördes av ICEE AB enligt RR-metodiken med att grundfallet före åtgärder kalibrerades till inom 10 % av uppmätta värden på värme och fastighetel. Resultaten visas i tabell 1 och figur 5.

Beräkningsindata redovisas i bilaga 1. Beräknad besparing ska dras från uppmätt energiprestanda varför resultaten för individuella byggnader kan avvika något. Figur 5 visar en beräkning anpassad till Lagrådsgatan 20-26.

**Tabell 1** Beräknade besparingar av enskilda genomförda åtgärder ( $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

Energibesparande åtgärd	Besparing fjärrvärme ( $\text{kWh/m}^2 \text{år}$ )	Besparing el ( $\text{kWh/m}^2 \text{år}$ )
Isolering fasad och grund 50 mm	14	
Byte av fönster + parti kök (U=1,1)	24	
Isolering vind 500 mm	4	
Ny FTX-ventilation	19	5
Byte sekundärledningar mellan husen, värmestam ventiler och reglerventiler	5	
Byte trapphusbelysning	0	1
Termostatreglering i lgh	2	
Solceller på 3 hus (sammanl. $704 \text{ m}^2$ )		1
Installation av IMD varmvatten och snålspolande armaturer	12	
<b>Summa</b>	<b>80</b>	<b>7</b>
<b>Total beräknad besparing</b>	<b>87</b>	



**Figur 5** Beräkning av energiprestanda före och vid genomförda individuella åtgärder och åtgärds paket för Lagersberg etapp 2.

Besparingen för Lagrådsgatan 6 förväntades vara ca  $7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  större än för övriga byggnader i etapp 2 på grund av den tjockare tilläggsisoleringen av ytterväggarna.

#### 4. ÅTGÄRDSKOSTNADER

Nedanstående tabell 2 visar en kostnadsbedömning av genomförda åtgärder. Kostnaderna har tagits fram av Kommunfastigheters projektledare baserat på fakturor.

**Tabell 2** Kostnader för energiåtgärderna på Lagersberg etapp 2, samt jämförelse per lägenhet med motsvarande åtgärder för etapp 1. I kostnaderna ingår moms och byggherrekostnad på 6,4 %.

Energibesparande åtgärd	Kostnad, kkr	Kostnad per lgh etapp 2 kr	Kostnad per lgh etapp 1, kr	Anm.
Isolering fasad och grund 50 mm	1 025	8 761	5 060	Endast isolerskikt
Byte av fönster + parti kök (U=1,1)	4 579	39 137	30 964*	50 % kostnad
Isolering vind 500 mm	940	8 034	11 359	
Ny FTX-ventilation	8 420	71 966	58 826	
Byte sekundärledningar mellan husen, värmestam ventiler och reglerventiler	1 679	14 350	3 730	
Byte trapphusbelysning	707	6 043	5 473	
Termostatreglering i lgh	366	3 128	3 103	
Solceller på 3 hus (sammanl. 704 m <sup>2</sup> )	2 524	21 573	28 093	(solfångare i etapp 1)
Installation av IMD varmvatten och snålspolande armaturer	1 234	10 547	27 471	
Summa	21 474	183 538	174 069	

\*Här renoverades hälften av fönstren med tilläggsruta.

Totalkostnaden för renoveringen i etapp 2 var 79 710 000 kronor, inklusive moms och byggherrekostnader, men exklusive merkostnader för SFront systemet 750 000 kr (rabatterat pris) och markarbeten för 5,5 Mkr. Kostnaderna för energisparåtgärder utgör endast ca 30 % av totala kostnaderna för etapp 2. Totalkostnad per lägenhet var 681 000 kr för etapp 2 jämfört med 574 000 för etapp 1.

Erfarenheter från den första etappen har gjort arbetet med åtgärderna effektivare. Att kostnaderna trots allt blev högre kan hänföras till nedanstående faktorer:

- Mer fasadarea per lägenhet
- Alla fönster byttes
- Ny hiss som kostade 1,8 Mkr
- Tätade ventilationskanaler på vind i större omfattning och även byte av vissa horisontella kanaler.



## 5. LÖNSAMHETSKALKYLER

Den teoretiska beräkningen kommer ofta i konflikt med den ekonomiska verkligheten för bostadsföretaget. Det finns flera faktorer som inverkar på de förslag som kan ge de bästa besparingarna, som t.ex:

- Hyrestak mot möjlig investering
- Ekonomi, räntor, avskrivningstider mm.
- Personal, förändring av projektledare
- Förändring i företagsledning/medverkan från ledning
- Kulturminnesmärkning
- Fokus i projekt ansiktslyftning (status) mot energifrågor.

### Lönsamhetskalkyler enligt BeBo:s förutsättningar

Kalkylprincipen är att endast merkostnader för energibesparande åtgärd ska belasta energikalkylen. Detta betyder att kostnader för t.ex. underhåll och ökad komfort eller modernisering ska dras bort från investeringskostnaden för energi.

Åtgärder som inte påverkar energianvändningen ska heller inte belasta energikalkylen såvida inte åtgärden utgör en förutsättning för att kunna genomföra energisparåtgärden.

#### *Kalkylförutsättningar*

Kalkylränta	5 % (utöver inflation)
Åtgärders livslängd:	
Installationsåtgärder	15 år
Byggnadstekniska åtgärder	40 år
Energipris:	
Elpris	1,2 kr/kWh
Årlig elprisökning utöver KPI	$q_{el} = 2 \%$
Fjärrvärmepris	0,8 kr/kWh
Årlig värmeprisökning utöver KPI	$q_{värme} = 1 \%$

Inflation 0 %

#### Kommunfastigheters kalkylförutsättningar

Kommunfastigheters beslut om genomförda åtgärder baseras på nedanstående kalkylförutsättningar:

Kalkylränta	5,5 % (utöver inflation)
Åtgärders livslängd:	
Installationsåtgärder	20 år
Byggnadstekniska åtgärder	40 år
Energipris:	
Elpris	1,25 kr/kWh
Årlig elprisökning utöver KPI	$q_{el} = 2 \%$
Fjärrvärmepris	0,87 kr/kWh
Årlig värmeprisökning utöver KPI	$q_{värme} = 2 \%$

Hyresrabatt      Sammanlagt 561 000 kr då en månadshyra gavs som kompensation för olägenheter under byggtiden.

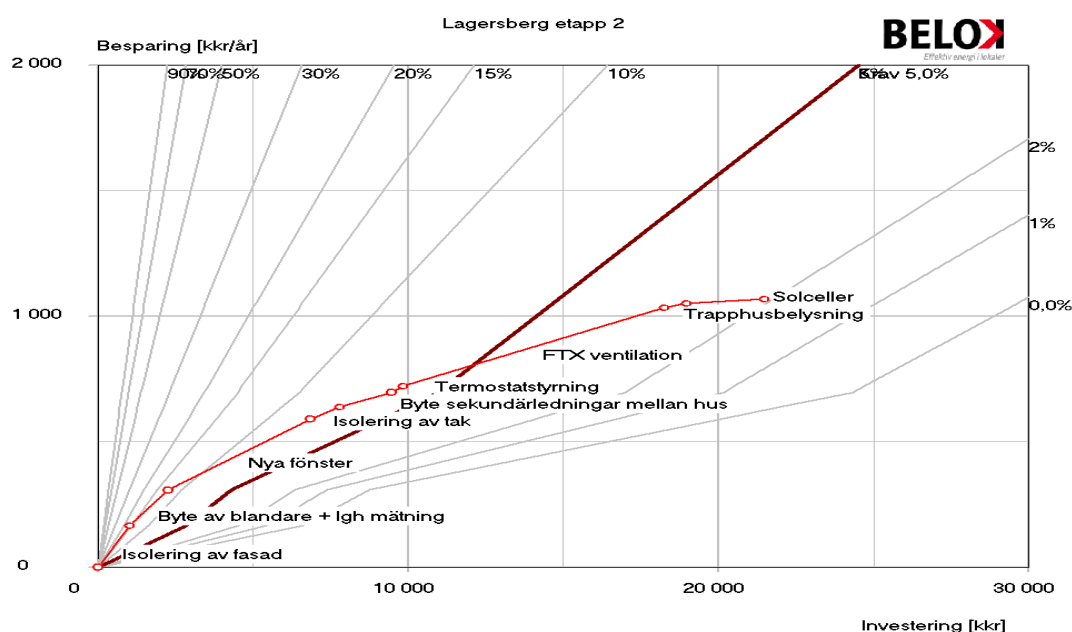
Driftkostnad      Inga ökade kostnader.  
Inga intäkter ingår i lönsamhetskalkylen.

Med BeBo:s kalkylförutsättningar blir de flesta klimatskärmsåtgärderna lönsamma, men få av de installationstekniska. Åtgärds paket visar lönsamhet men här har 40 års livslängd tillämpats på hela paketet, se tabell 4.

**Tabell 4** Beräknad tåld investering och nuvärde för Lagersberg etapp 2 utifrån åtgärdernas beräknade kostnadsbesparing (LCC) och BeBo:s kalkylföruts.

Lagersberg, etapp 2						
	Fjärrvärme, kWh/m <sup>2</sup> år	Fastighets-el, kWh/m <sup>2</sup> år	Besparing, kWh/m <sup>2</sup> år	Tåld investering, kkr	Verklig investering, kkr	Nuvärdesdifferens, kkr
Grundfall	142	21				
Isolering fasad och grund	128	21	14	3 271	1 025	2 246
Fönsterbyte	118	21	24	5 608	4 579	1 029
Isolering vind	138	21	4	935	940	-5
FTX	123	16	24	3 551	8 420	-4 869
Byte sekundärledningar mellan husen mm	137	21	5	656	1 679	-1 023
Byte trapphusbelysning	142	20	1	211	707	-496
Termostatreglering	140	21	2	263	366	-103
Solceller 3 hus	142	20	1	211	2 524	-2 313
Installation IMD o blandare	130	21	12	1 575	1 234	341
Åtgärds paket	62	14	87	21 559	21 474	85

Kostnader är inklusive moms.



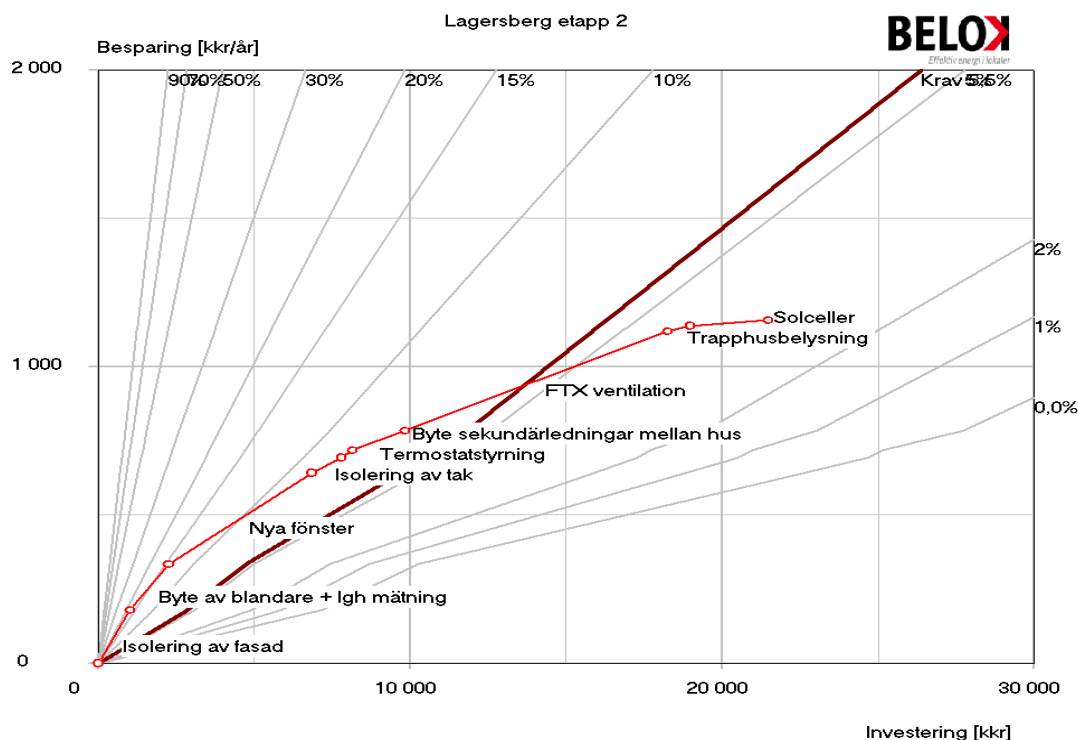
**Figur 6** Internräntediagram för genomförda åtgärder för Lagersberg etapp 2 med BeBo:s förutsättningar.

Internräntediagram för åtgärderna redovisas i figur 6 (Belok totalverktyg). Internräntan blir positiv, men under önskad räntenivå.

Kommunfastigheters förutsättningar skiljer sig från BeBo:s, vilket ger ett mer positivt resultat, se tabell 5 och figur 7. Detta bygger dock på att alla besparingar infrias. Observera att ingen differentiering av åtgärdernas livslängder kunnat göras i samma kalkyl, varför nuvärdesdifferensen för åtgärds paketet i tabellerna beräknats på 40 års livslängd, vilket ger ett för positivt resultat.

**Tabell 5** Beräknad tåld investering och nuvärde för Lagersberg etapp 2 utifrån åtgärdernas beräknade kostnadsbesparing (LCC) och Kommunfastigheters förutsättningar.

Lagersberg, etapp 2						
	Fjärrvärme, kWh/m <sup>2</sup> år	Fastighets-el, kWh/m <sup>2</sup> år	Besparing, kWh/m <sup>2</sup> år	Tåld investering, kkr	Verklig investering, kkr	Nuvärdesdifferens, kkr
Grundfall	142	21				
Isolering fasad och grund	128	21	14	3 838	1 025	2 813
Fönsterbyte	118	21	24	6 580	4 579	2 001
Isolering vind	138	21	4	1 097	940	157
FTX	123	16	24	4 778	8 420	-3 642
Byte sekundärledningar mellan husen mm	137	21	5	912	1 679	-767
Byte trapphusbelysning	142	20	1	262	707	-445
Termostatreglering	140	21	2	365	366	-1
Solceller 3 hus	142	20	1	262	2 524	-2 262
Installation IMD o blandare	130	21	12	2 190	1 234	956
Åtgärds paket	62	14	87	24 691	21 474	3 217



**Figur 7** Internräntediagram för genomförda åtgärder för Lagersberg etapp 2, med Kommunfastigheters förutsättningar.

Lönsamhetsberäkningar har också utförts med Kommunfastigheters kalkylförutsättningar, fast med 25 års livslängd för installationstekniska åtgärder i stället för 20 år. Resultatet av nuvärdesberäkningarna visar endast en marginell skillnad för installationstekniska åtgärder jämfört med de beräkningar som utförts med 20 års livslängd.

Merkostnaden för SFront-systemet blev ca 750 000 kr inkl moms och byggherrekostnader. Dock var detta pris rabatterat. Merkostnaden bestod i nytt fläktrum på taket (övriga byggnader har fläktrum i markplan) samt den tjockare tilläggsisoleringen och konsekvenser av detta i form av utflyttning av fönster m.m, samt dragning av tilluftskanalerna utanpå den gamla ytterväggen. Energibesparingen för detta har beräknats till ca  $7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ , vilket sammanlagt ger ett negativt nuvärde, räknat med Kommunfastigheters kalkylförutsättningar.

## 6. FÖRBEREDELSE FÖR GENOMFÖRANDE

Projektets genomförande bygger på identifiering av verklig energianvändning före och efter åtgärd. För att säkerställa kvaliteten på arbetet och kunna följa upp effekten av genomförda åtgärder har en verifikationsplan tagits fram för kontroller av kritiska arbetsmoment, mätningar och uppföljning.

Byggnaderna har kompletterats med följande mätutrustning:

- Mätare för fjärrvärme i undercentral
- Varmvattenmätare i UC
- Fastighetsel per byggnad
- Solceller - levererad el
- Innetemperaturer i lägenheter (referensgivare, ca 2 per byggnadskropp).

Luftflödes- och luftläckningsmätningar har utförts i några lägenheter. Termografering har ej utförts före åtgärder, men har utförts i uppföljningsarbetet. Loggning av temperaturverkningsgrad på ventilationsaggregat har utförts under vintern.

## 7. RESULTAT FRÅN MOMENTANA MÄTNINGAR

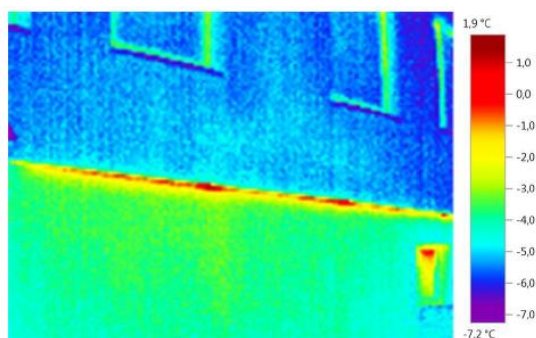
Luftläckningsmätningar har genomförts före åtgärd. Luftläcknings- och luftflödemätning samt termografering har utförts efter entreprenaden. Resultaten framgår av tabell 6.

**Tabell 6** Resultat av momentana mätningar.

	Före åtgärd	Efter åtgärd
Luftläckning ( $l/s, m^2 A_{om}$ ) vid 50 Pa, Lagrådsgatan 6A lgh 1302	0,39	-
Lagrådsgatan 6B, lgh 1101	-	0,79
Lagrådsgatan 4A, lgh 1301	-	1,25
Totalluftflöden genom FTX-aggregat, $l/sm^2 A_{temp}$	-	0,31 - 0,55
Termografering	-	Utförd utv., se nedan

Läcksökning i samband med tryckprovningsen visade på luftläckning kring utfackningspartier, vilket även upptäcktes i etapp 1, samt vid fönsterkarmar.

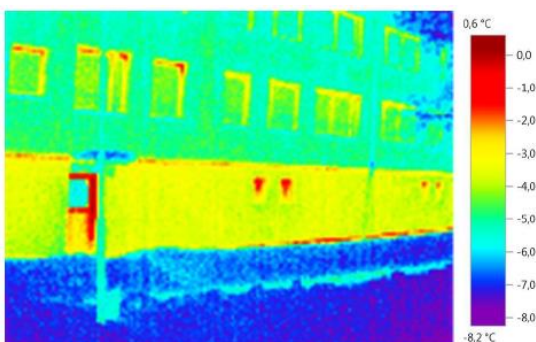
Termografering har utförts från utsidan främst för att dokumentera ev. värmeförluster från de utvändiga tilluftskanalerna, se figur 8 och 9. Trots relativ kall väderlek kunde endast en mycket liten temperaturökning från partier med kanaldraging skönjas, vilket verkar stämma med tillverkarens uppgifter på temperatursänkning, se kap 3.



Bilddata: Datum: 2015-02-02  
Klockslag: 12:59:34

Emissionsgrad: 0,93  
Refl. temp. [°C]: -5,0

**Figur 8** En liten temperaturökning syns mellan fönstren där kanalerna svänger av åt sidorna.



Bilddata: Datum: 2015-02-02  
Klockslag: 12:58:46

Emissionsgrad: 0,93  
Refl. temp. [°C]: -5,0

**Figur 9** Här syns en liten vertikal temperaturökning längs kanalerna mellan fönstren.

## 8. RESULTAT FRÅN UPPFÖLJNING

Åtgärderna inom etapp 2 utfördes från april 2013 till april 2014. Föreperioden avser tiden mellan april 2012 till mars 2013, och efterperioden mellan maj 2014 till april 2015. Föreperioden var kort på grund av tidigare utfört byte av undercentraler. Under 2012 inleddes uppföljning av energi- och vattenanvändning m.m. Erfarenheter och mätvärden levererades från Kommunfastigheter.

Övergripande resultat från uppföljningen för de tre redovisningsenheter med sammanlagt sex byggnader som kunnat avskiljas med mätningarna, Lagrådsgatan 6 (L6), Lagrådsgatan 8 (L8) och Lagrådsgatan 20-26 (L20-26), redovisas i detta kapitel. För att erhålla värme- och varmvattenanvändningen för L6 har L2-4 och L8 först dragits av. Jämförelse har gjorts för de poster där relevant underlag funnits tillgängligt.

### Specifik energianvändning

Uppmätt specifik energianvändning efter åtgärder för byggnaderna L20-26, L8 och L6 i etapp 2 blev mellan 79 och 95 kWh/m<sup>2</sup>, se tabell 7, vilket kan jämföras med motsvarande resultat för etapp 1 för L10-12 som blev 98 kWh/m<sup>2</sup>. Värdena är något högre än eller lika med beräknat. För redovisad period uppnåddes mellan 43 och 47 % besparing. Olika orsaker till detta diskuteras i det följande.

Värdena på specifik energianvändning både före och efter åtgärd skulle kunna minskas med energianvändningen i tvättstugor, vilka inte ingår i byggnadens fastighetsenergi enligt Boverkets definition. Dessa är dock lika både före och efter åtgärd och påverkar således inte besparingens storlek.

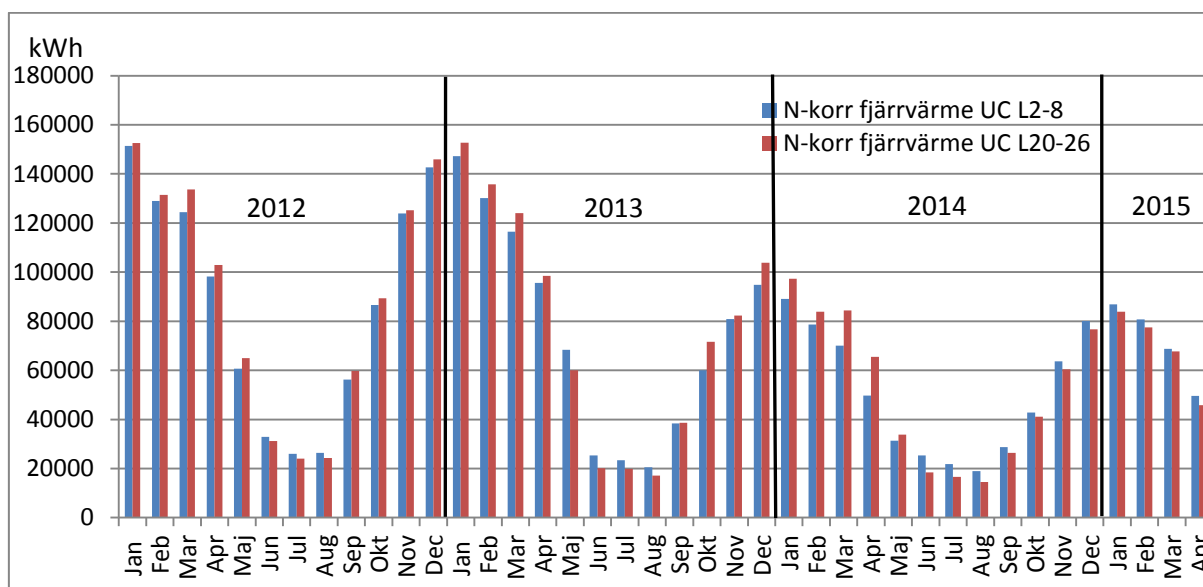
**Tabell 7** Uppmätta huvudresultat från före- och efterperioden för specifik energianvändning samt ingående delar. Bidrag från solceller ingår i driftel för byggnaderna L22, L26 och L6.

kWh/m <sup>2</sup>	L20-26		L8		L6	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Uppvärmning	108,4	49,3	100,0	38,7	94,6	37,5
Tappvarmvattenbehov	33,7	24,7	49,4	46,7	36,7	33,7
Driftel	21,3	13,8	16,9	9,3	19,0	7,8
Uppmätt specifik energianvändning	<b>163</b>	<b>88</b>	<b>166</b>	<b>95</b>	<b>150</b>	<b>79</b>
Beräknad specifik energianvändning	168	88	168	88	158	74
Hushållsel	22	23	31	32	26	29

### Värme- och varmvattenanvändning

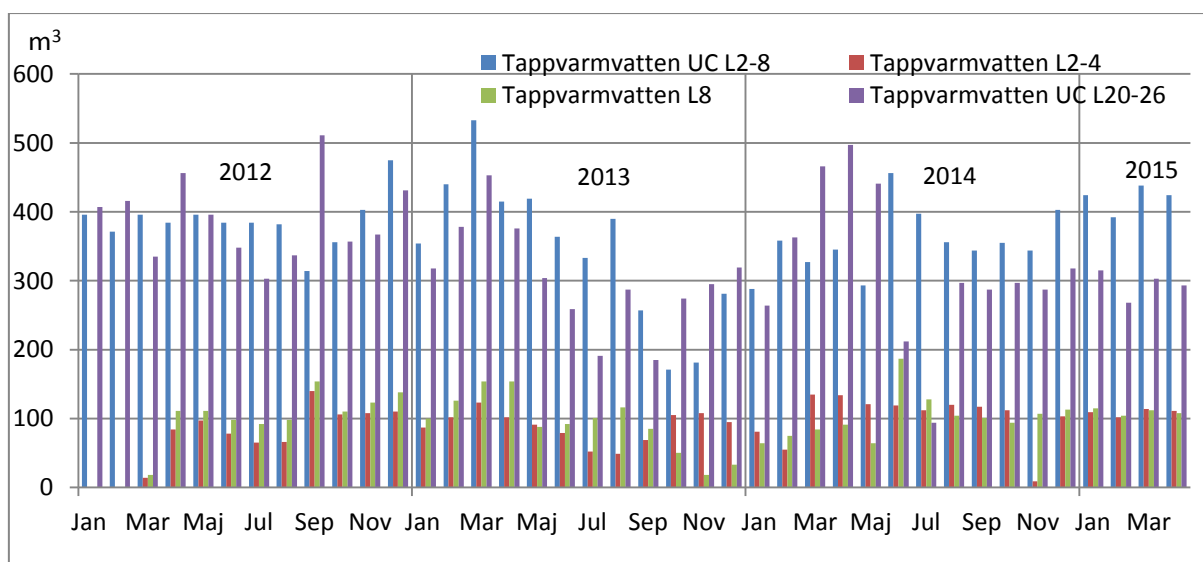
Mätresultaten visar att värmeanvändningen mer än halverats för alla byggnaderna i etapp 2. I figur 10 visas månadsvis fjärrvärmeanvändning inklusive varmvatten och förluster för perioden både före och efter åtgärder. Figuren visar att värme åtgår för tappvarmvattenberedning och VVC-förluster under sommarmånaderna. Utifrån mätvärden på fjärrvärme ett par varma sommarnätter har VVC-förlusterna före och efter åtgärder uppmätts till ca 17 och 11 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> för undercentralen på L6 respektive 11 och 10 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> för undercentralen på L24 (Lundström, Lukas

2015). Mätvärdet för undercentralen i L6 före åtgärd är högt, vilket tyder på att viss värme ändå läckte ut till systemet. Förlusternas storlek efter åtgärd stämmer relativt bra med varandra och för etapp 1 uppmättes också förlusterna till ca  $8,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ .



**Figur 10** Månadsvis normalkorrigerad värmeanvändning för undercentralerna.

Uppmätt tappvarmvattenanvändning månadsvis för etappens varmvattenmätare redovisas i figur 11. Minskningen under 2013 beror troligen på genomförandet av åtgärderna. Energianvändningen för tappvarmvattenanvändning ligger relativt högt, speciellt för byggnad L8, där en liten minskning skett från 49 till 47  $\text{kWh/m}^2$  exklusive förluster för VVC m.m. För undercentralen L2-8 är minskningen från 37 till 34  $\text{kWh/m}^2$  och för undercentralen L20-26 är besparingen större, från 34 till 25  $\text{kWh/m}^2$ . Även om varmvattenmängden inte ökat som i etapp 1, när ingen besparing upp till den beräknade 12  $\text{kWh/m}^2$ .

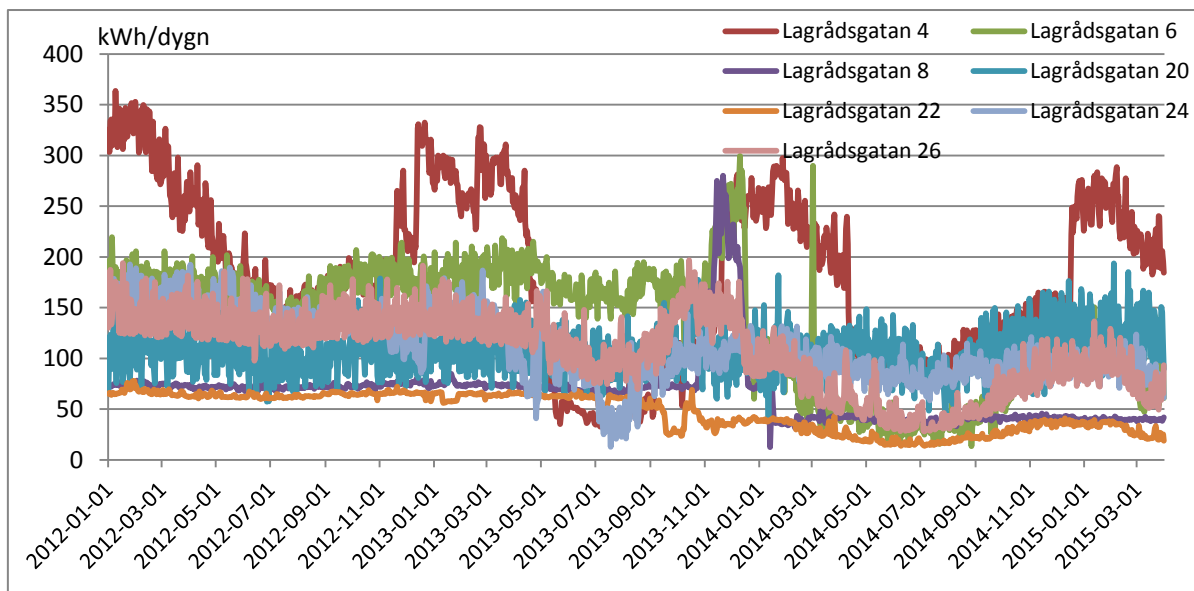


**Figur 11** Uppmätt tappvarmvattenmängd från etappens varmvattenmätare. Staplarna representerar olika antal lägenheter, varför de inte kan jämföras storleksmässigt.



### Elanvändning

I figur 12 visas dygnsvis elanvändning för byggnaderna. Ett säsongsbetonat mönster finns speciellt för L4, vilket beror på att området utebelysning matas härifrån samt värmning av en sandficka vintertid. Motorvärmare eller utvändiga garage finns inte på dessa mätare. En nedgång sommaren 2014 kan skönjas för byggnaderna med solceller, L6;22 och L26.



**Figur 12** Dygnsvis elanvändning för byggnaderna åren 2012-2015.

Fastighetselanvändningen varierar relativt mycket mellan byggnaderna och har minskat i alla byggnader utom L20, som fortfarande är mycket hög, se tabell 8. L4 är ännu högre av tidigare nämnda skäl, men har minskat. L2 är gemensamhetslokal och innehåller inga bostäder. Övriga byggnader har minskat sin elanvändning med beräknade ca 7 kWh/m<sup>2</sup> eller mer.

Det är oklart vad den höga fastighetselen i L20 beror på. Huset har en tvättstuga, men det finns också i L6, L24 och L26 som har mindre än halva elanvändningen. Hiss installerades i L22 i samband med åtgärderna. Hissar finns också i L8 och L26 (3 st). Undercentraler finns i L6 och L24. Garage finns i byggnaderna L8 och L24.

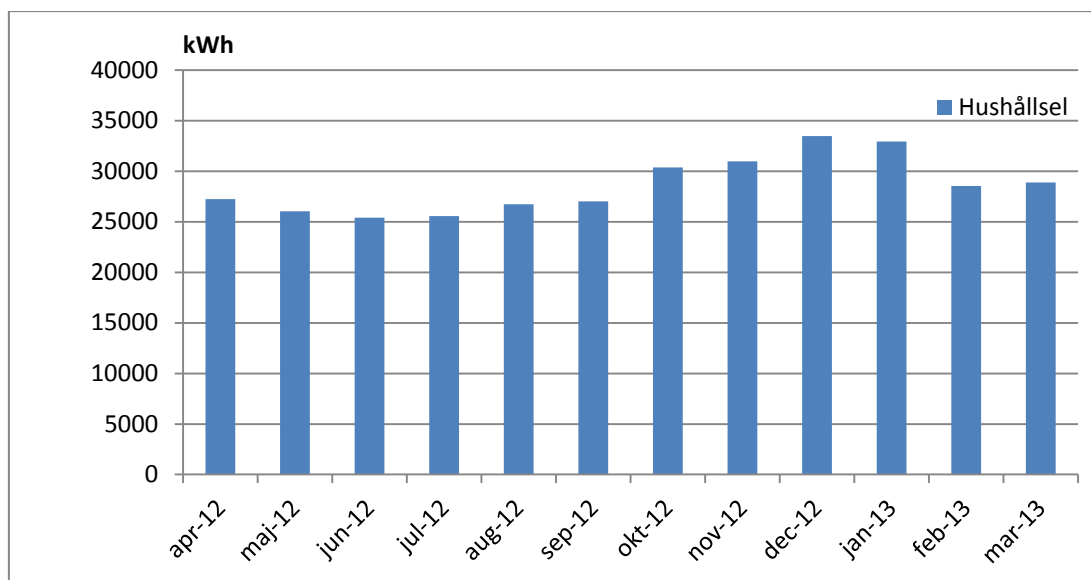
**Tabell 8** Byggnadernas fastighetselanvändning före och efter åtgärd (kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>).

	L2	L4	L6	L8	L20	L22	L24	L26
Före	20,3	42,5	19,0	16,9	25,1	15,7	22,5	21,4
Efter	17,4	30,3	7,8	9,3	26,7	6,3	13,8	10,2
Besparing	2,9	12,2	11,1	7,6	-1,6	9,4	8,7	11,2

Hushållselanvändningen är relativt sett inte så hög i området, se tabell 9. Endast L8 når upp till den schablon på 30 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> som används för nybyggnad. Användningen har ökat mellan före- och efterperioden för alla byggnader utom L26, som håller en betydligt lägre nivå både före och efter, vilket troligtvis beror på att byggnaden innehåller ett seniorboende. En viss säsongsvariation finns i hushållselen, vilket bland annat beror på mer belysning vintertid, se figur 13.

**Tabell 9** Byggnadernas hushållselanvändning före och efter åtgärd ( $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

	L4	L6	L8	L20	L22	L24	L26
Före	21,3	26,3	30,7	22,0	22,1	27,0	17,1
Efter	25,2	29,5	31,7	26,3	22,7	28,7	15,0
Besparing	-3,9	-3,2	-1,0	-4,3	-2,6	-1,7	1,9


**Figur 13** Hushållsel för hela etapp 2, redovisad månadsvis för efterperioden.

Värden på FTX-aggregatens elanvändning har kontrollerats vid injusteringen. Vissa mindre variationer förekommer, men inget som kan förklara skillnaderna i elanvändning mellan byggnaderna.

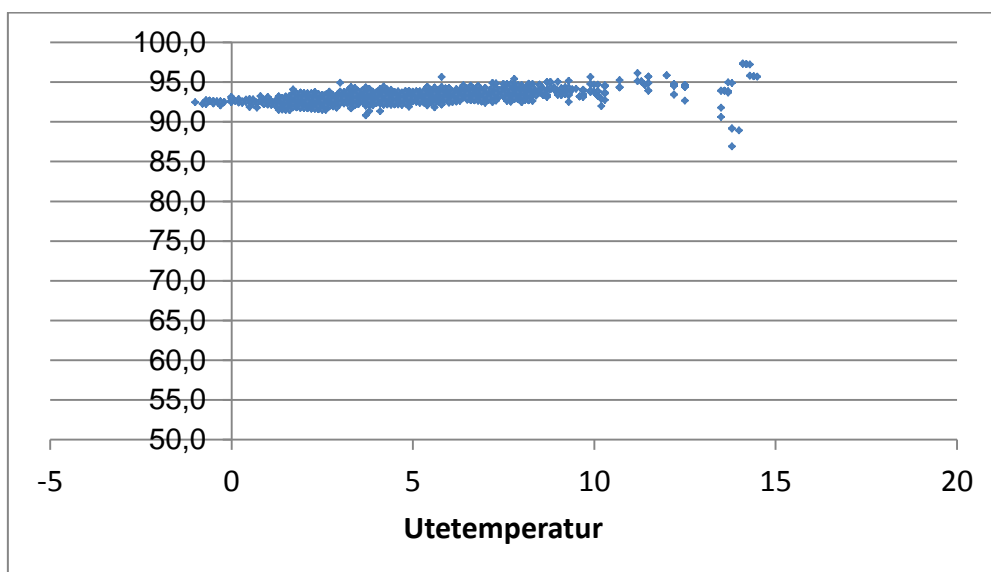
### Ventilation

FTX-aggregatens konstruktion med dubbla plattvärmväxlare skulle kunna vara känsliga för påfrysning vid låga utetemperaturer. Temperaturverkningsgraden har loggats för 7 aggregat sedan mitten av februari 2015. Tyvärr har inga tillräckligt låga utetemperaturer uppmätts under denna period, så avfrostningen har inte synts nämnvärt för dessa mätningar. I figur 14 visas resultat från loggning av ett av aggregaten på L6. Loggade temperaturverkningsgrader ligger alla över 85 % och många över 90 %.

SFP vid igångkörning var mellan 0,95 till 1,7 W/l/s för aggregaten, vilket ger en uppskattad elanvändning för FTX-aggregaten enligt tabell 10. Luftflöden genom FTX-aggregaten uppmättes vid injusteringen till mellan  $0,31 \text{ l}/\text{sm}^2 A_{\text{temp}}$  för L8 till  $0,55 \text{ l}/\text{sm}^2$  för L4 och L22, vilket givetvis påverkar el- och värmeanvändningen. Luftflödena är, förutom i L8, högre än BBR-kravet för nybyggnad, vilket troligtvis beror på svårigheter vid injusteringen att kompensera för kvarvarande otätheter i ventilationskanalerna.

**Tabell 10** Byggnadernas fastighetselanvändning efter åtgärd, uppskattad elanvändning för fläkt drift samt luftflöde genom aggregaten.

		L4	L6	L8	L20	L22	L24	L26
Efter	$\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$	30,3	7,8	9,3	26,7	6,3	13,8	10,2
Fläktel	$\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$	8,1	3,5	3,0	4,7	4,9	6,2	4,9
Luftflöde	$\text{l}/\text{sm}^2 A_{\text{temp}}$	0,55	0,38	0,31	0,46	0,55	0,45	0,40



**Figur 14** Temperaturverkningsgrad för aggregatet i L6 vid olika utetemperaturer. Punkterna representerar ca 10 min-värden under en månad.

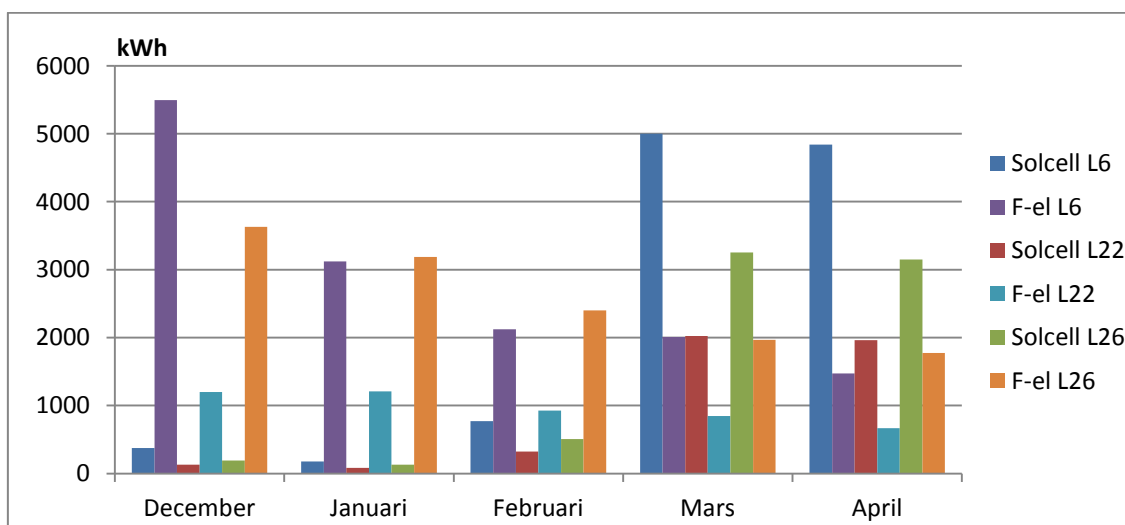
#### Solceller

Sammanlagt 704 m<sup>2</sup> solceller av typen polykristallint kisel (Nordic solar) har installerats på tre byggnader, se tabell 11 nedan.

**Tabell 11** Solcellsdata.

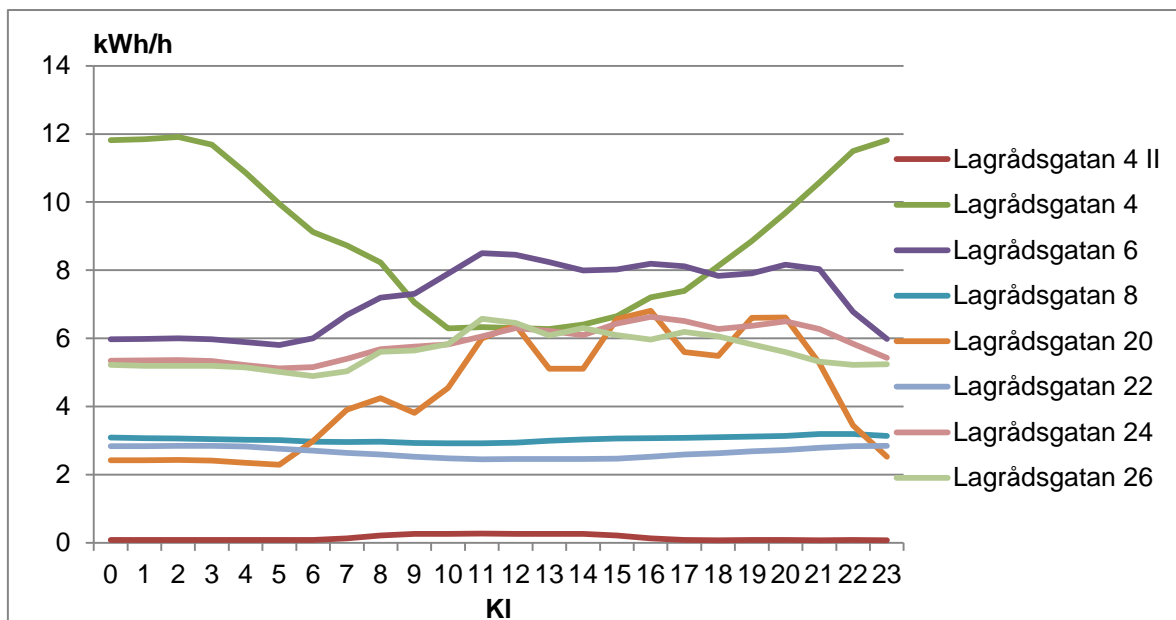
	L6	L22	L26
Installerad area, m <sup>2</sup>	342	139	223
Toppeffekt, kW	51,8	21,0	33,8
Beräknad årsproduktion, kWh	45 400	17 800	29 600
Beräknad årsprod., kWh/m <sup>2</sup>	13,6	12,0	12,9

Solcellselen tillgodogörs bara den byggnad som de sitter på, och överskottet tillförs elnätet. Relationen mellan byggnadernas fastighetsel och tillförd solcellsel framgår av figur 15, baserat på månadsvisa avläsningar. Här syns också tydligt säsongsberoende fastighetselanvändning för byggnaderna L6 och L26, när inte solcellerna bidragit.

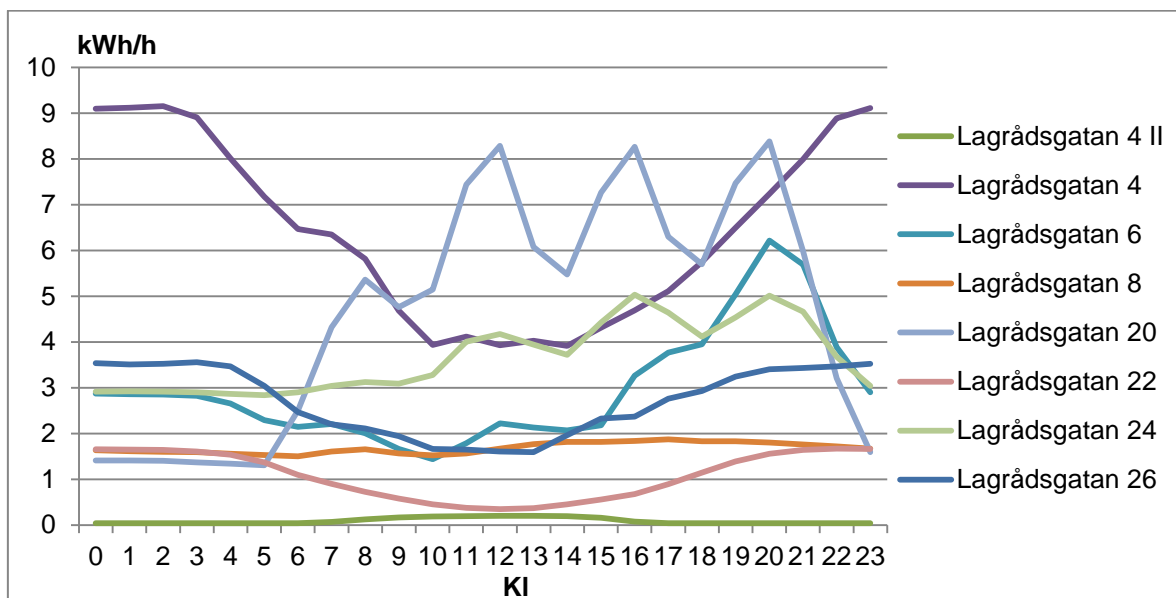


**Figur 15** Producerad solcellsel och resterande fastighetsel för solcellsbyggnaderna tom april 2015.

Medeldygnspröfiler har tagits fram för perioderna före och efter åtgärder, se figur 16 och 17. Effekterna av solceller syns på L6, L22 och L26, men inte så tydligt eftersom hela årets dagar är med. Den taggiga profilen för L20 syns tydligare efter åtgärd, och kan bero på tvättstugeutrustningens elanvändning. Dock syns inte detta för de andra byggnaderna med tvättstuga, dvs L6, L24 och L26.

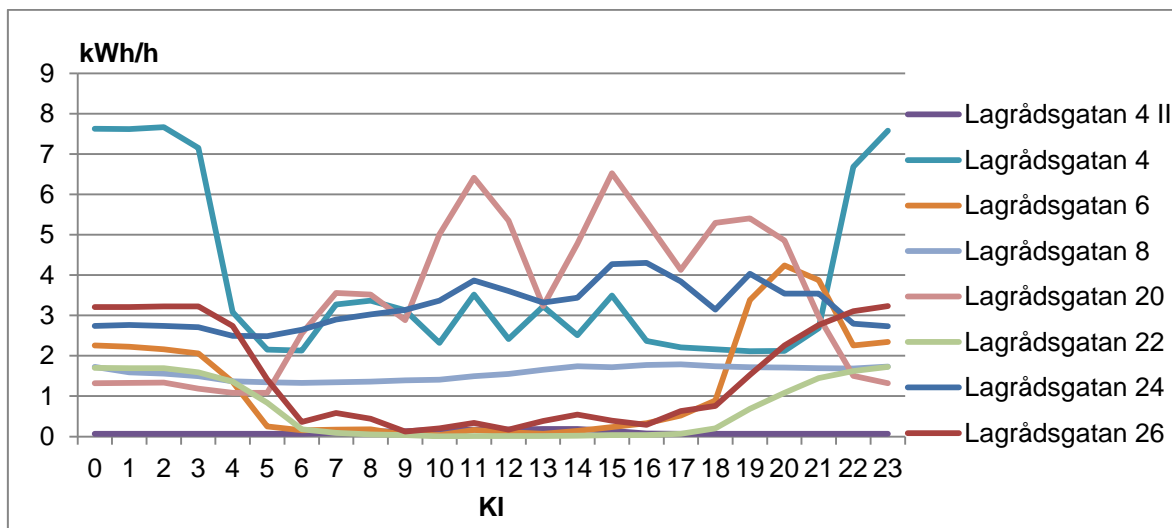


**Figur 16** Medeldygnspröfiler, timmedeleffekter, på fastighetsel före åtgärd.



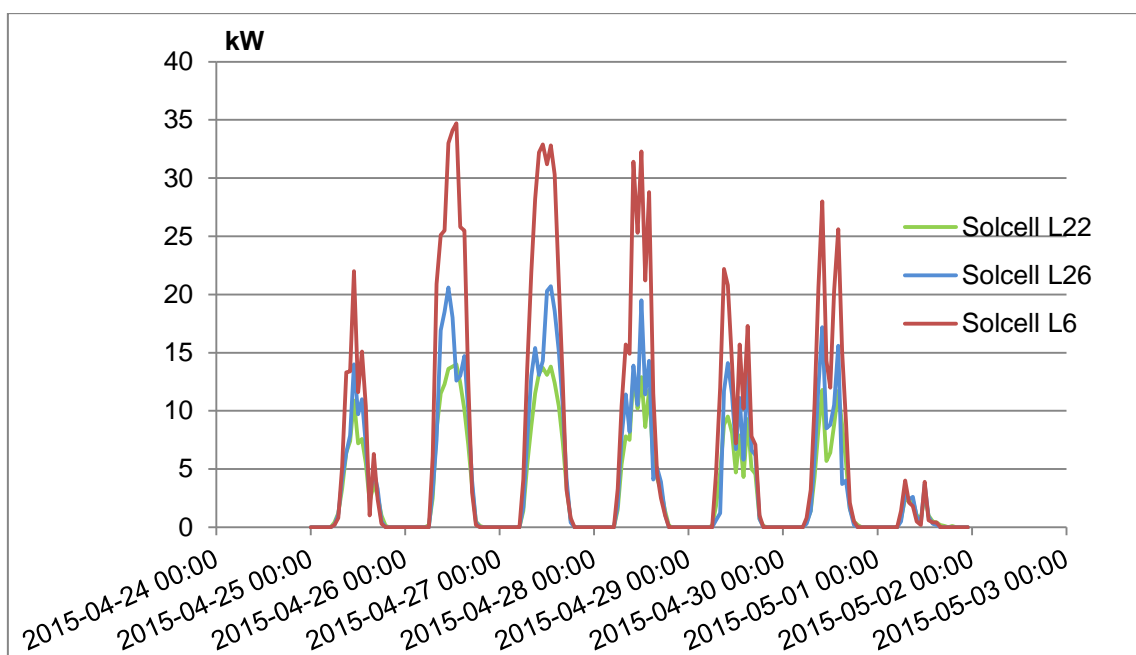
**Figur 17** Medeldygnspröfiler, timmedeleffekter, på fastighetsel för alla dagar året efter åtgärd.

För att bättre se utnyttjandet av solet har dygnspröfiler för juli månad tagits fram, se figur 18. Där syns en tydlig minskning av effekten dagtid för solcellsbyggnaderna



**Figur 18** Medeldygnspröfiler, timmedeleffekter, på fastighetsel för juli månad 2014, efter åtgärd.

Eskilstuna Energi & Miljö mäter sedan april 2015 solcellselen med timvis lagring. I figur 19 visas värden för en veckoperiod för de tre anläggningarna. Många dagar erhålls effekter som är betydligt större än fastighetselen, jämför med figur 17 och 18.



**Figur 19** El från solceller under sista veckan i april 2015. Solcellerna bidrar mellan ca kl 07 och 17.

En grov bedömning baserat på ovanstående diagram indikerar att endast ca 30 % av producerad solet kommer byggnaderna tillgodo, resten exporteras ut på elnätet. Tillgodogjord solet hamnar då i storleksordningen  $4 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  för resp. solcellsbyggnad, dvs ca  $2 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  utslaget på hela etapp 2.

#### Lönsamhet

Resultaten visar att åtgärdspaketen är lönsamma, om än dock ej så att Kommunfastigheters lönsamhetskrav uppnås.

För SFront-systemet räcker inte energibesparingen för den tjockare ytterväggsisoleringen till för att göra systemet lönsamt. Andra motiv för att använda metoden kan komplettera och ändå göra metoden attraktiv, t.ex. möjlighet till kvarboende och platsbrist för tilluftskanaler.

### Boendeenkät

Varje år genomförs en NKI undersökning hos Kommunfastigheters hyresgäster. Hälften av alla hyresgäster tillfrågas varje år. Antalet svarande i Lagersberg etapp 2 var år 2012 - 20st 2013 - 19st och 2014 - 26st. Detta av ca 117 lägenheter. Svarefrekvensen är därmed för låg för att kunna dra några säkra slutsatser.

Kring frågorna "rent och snyggt" som innehåller frågor om sophantering, möjlighet till källsortering och hur entreprenörerna städar efter sig, har resultatet förbättrats från 2013 med 70 % nöjdhet till ca 80 % nöjdhet 2014.

På frågor kring lägenheten som avser trivsel i lägenheten angående utrustning var 70 % nöjda 2012 och 84 % nöjda 2014. Angående underhåll var 70 % nöjda 2012 medan 74 % var nöjda 2014. Detta kan tyda på att hyresgästerna är nöjda med den standard Kfast valt på renoveringen.

Lägenhetens inomhuskomfort avser frågor om temperatur sommar/vinter, luftkvalitet, ljudmiljö och allmänna utrymmen/utformning av entré. Dock har frågan om temperatur/värme på vinterhalvåret plockats ut och då blev resultatet 2013 60 % nöjdhet och 2014 71 % nöjdhet.

Avseende frågan om komfort/temperatur värme på vintern har nöjdheten minskat kraftigt från 2012 60 % nöjdhet till 2014 endast 39 % nöjdhet. Detta resultat överensstämmer med resultaten från etapp 1. En av anledningarna kan vara att temperaturen i lägenheterna var högre innan renoveringen, ca 23-24 °C. Efter renoveringen injusterades alla lägenheter till ca 20±1 °C. Kommunfastigheter håller på att se över att det inte finns för stora drag i lägenheterna som orsakar obehag och förstärker känslan av att det är kallt. Bl.a. har en plåt monterats bakom radiatorerna för att fördela tilluften åt sidorna i stället för rakt upp.

Uppmätta inomhustemperaturer under våren 2015 visar dock på en stor spridning mellan lägenheternas inomhustemperaturer, se tabell 11. Några lägenheter är varmare och några kallare och tyder på att injusteringen inte lyckats riktigt. Medeltemperaturen för alla lägenheter under perioden var 21,7 °C.

**Tabell 11** Inomhustemperaturer i några referenslägenheter i etapp 2.

		L6, lgh 4:5 °C	L6, lgh 2:3 °C	L24, lgh 4:1 °C	L24, lgh 2:2 °C	L24, lgh 4:4 °C	L2 lgh 2:4 °C
mar-15	medel	19,2	22,4	20,9	22,5	21,7	21,9
	max	20,7	23,7	22,0	23,4	24,3	23,0
	min	16,4	21,0	20,1	21,8	16,7	21,3
apr-15	medel	18,2	22,0	20,9	22,8	21,7	22,0
	max	19,9	23,1	21,6	23,5	23,1	23,1
	min	11,4	19,7	20,3	22,0	19,9	21,3

Frågan om trygghet har ökat från 2013 68 % till 2014 72 % nöjdhet. Kommunfastigheter har dragit i gång trygghetsvandringar i området samt renoverat upp

utemiljön och tagit bort en del buskage på innergårdarna som kan skapa en känsla av otrygghet.

80 % av hyresgästerna var 2014 nöjda med utemiljön. 2013 var siffran 61 %.

För trivsel i området och kvarteret var 2013 62,5 % nöjda och 2014 var 64% nöjda.

Slutligen finns också frågor om miljömedvetenheten, att själva kunna agera miljömedvetet. 2013 tyckte 88 % att det hade möjlighet och 2014 tycker 77 % att de har möjlighet att agera miljövänligt.

### Erfarenheter

Några av erfarenheterna Kommunfastigheter gjort under projektets andra etapp kan sammanfattas i nedanstående punkter:

- Alla fönster byttes i denna etapp på grund av tidigare erfarenheter och det dåliga skicket. Hyresgästerna upplevde en tystare och varmare inomhusmiljö. Dock stöds inte detta av enkätsvaren.
- Tilläggsisoleringen och ny injustering har minskat värmeförlusten i entréhallar vilka då blivit kallare. Det blev då kallt på golvet i sovrum ovanför de indragna entréerna. Kommunfastigheter avser åtgärda detta i efterhand.
- Även i denna etapp hanns det inte riktigt med att isolera vindsbjälklaget innan det blev för kallt, vilket innebar klagomål från hyresgäster. När den gamla värmeisoleringen tas bort är det viktigt att hinna isolera vindsbjälklaget innan det blir för kallt ute. I etapp 3 hade detta åtgärdats.
- Trots extra tätning av samlingslådor och frånluftskanaler förekom fortfarande svårigheter vid injusteringen av luftflöden. I kommande etapp 3 byts mer av tilluftkanalerna ut och en noggrannare injustering avses genomföras.
- Drag från tilluftsdon har tidigare medfört igentäppning av hyresgästerna. I denna etapp kompletterades tilluftsdonen med en horisontell plåt bakom radiatorerna, vilken fördelade luftflödet åt sidorna för att minska dragproblemet ovanför, vilket har upplevts positivt av hyresgästerna
- Installation av varmvattenmätning och vattenbesparande armaturer ger mindre och mer varierande besparing än förväntat. I detta fall har dock tappvarmvattenanvändningen inte ökat som i första etappen, men besparingen är betydligt mindre.

## 9. SLUTSATSER

En värmebesparing på 55-60 % har uppnåtts genom åtgärderna i byggnaderna. Dock har beräknad energianvändning inte riktigt uppnåtts, främst beroende på att besparingen på tappvarmvatten inte blivit som beräknat. Detta trots att individuell mätning och debitering (IMD) genomförts för lägenheterna. Varmvattenanvändningen varierar mycket mellan byggnaderna.

Den specifika energianvändningen per  $m^2 A_{temp}$  uppmättes till mellan 95 och 79  $kWh/m^2$  under mätperioden, vilket ska jämföras med beräknade mellan 88 och 74  $kWh/m^2$ . Dock låg den uppmätta energianvändningen för de enskilda byggnaderna lägre före åtgärd än den beräknade. Uppnådd energiprestanda är något bättre än för etapp 1.

Resultaten visar att åtgärdpaketet är lönsamt, om än dock ej så att Kommunfastigheters lönsamhetskrav uppnås. För SFront-systemet räcker inte energibesparingen för den tjockare ytterväggsisoleringen till för att göra systemet lönsamt. Andra motiv för att använda metoden kan komplettera och ändå göra metoden attraktiv, t.ex. möjlighet till kvarboende och platsbrist för tilluftskanaler.

En grov bedömning av producerad solel indikerar att endast ca 30 % direkt kommer byggnaderna tillgodo, resten exporteras ut på elnätet. Tillgodogjord solel hamnar då i storleksordningen  $4 kWh/m^2 A_{temp}$  för resp. solcellsbyggnad, dvs ca  $2 kWh/m^2 A_{temp}$  utslaget på hela etapp 2.

## BILAGOR

- Bilaga 1 – Indata
- Bilaga 2 – Ritningar
- Bilaga 3 – Bilder



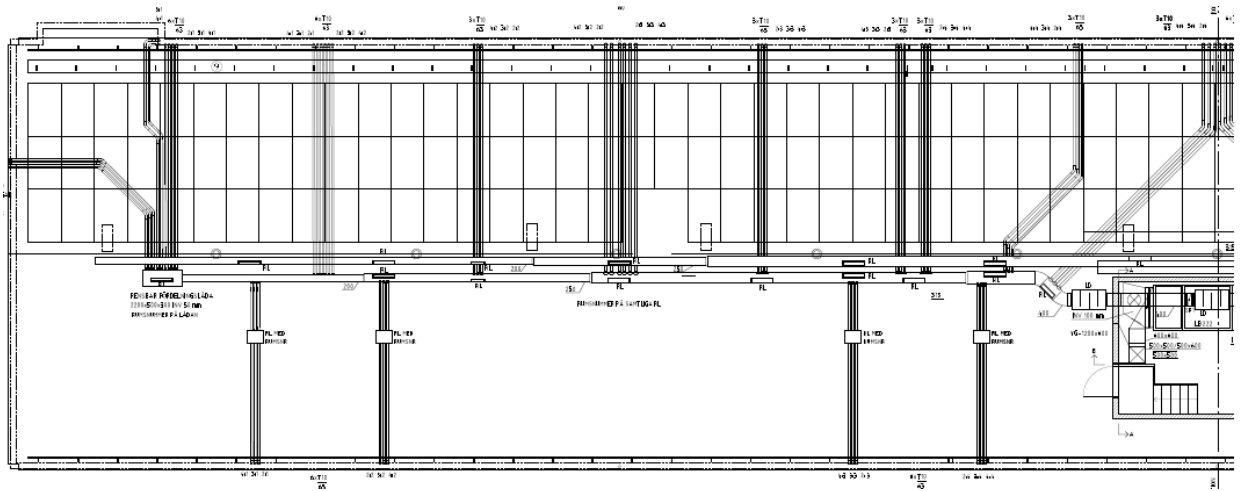
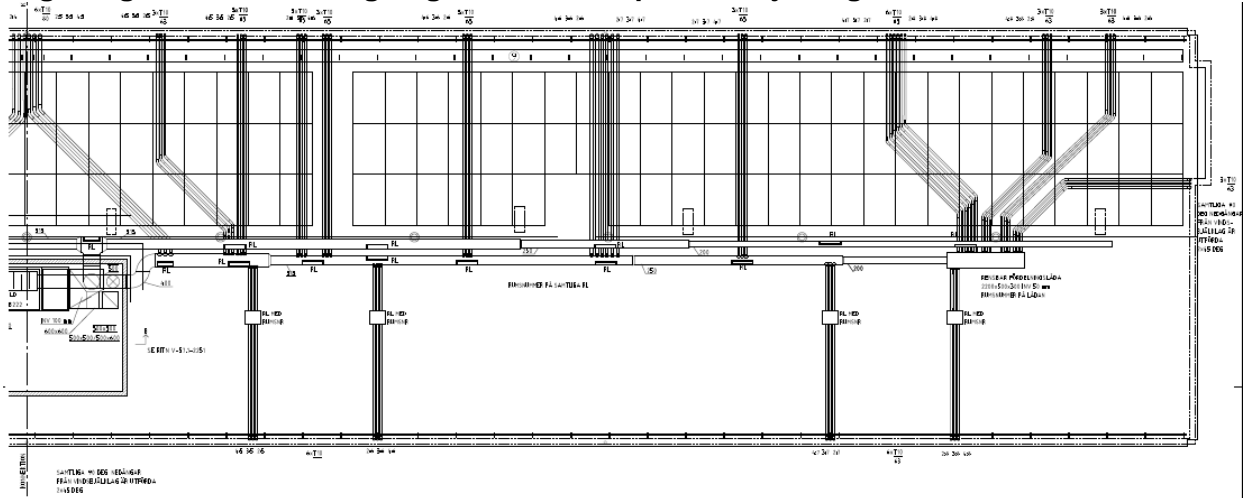
## BILAGA 1 – Beräkningsindata

		Lagrådsgatan	
		Före åtgärd	Efter åtgärd
$A_{temp}^1$	m <sup>2</sup>	1492	1492
Omslutande area <sup>1</sup>	m <sup>2</sup>	2248	2261
Glasarea <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	242,6	230,6
U-värden <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K		
Yttervägg		0,450	0,282
Källarvägg		0,709	0,363
Tak		0,262	0,091
Fönster		2,8	0,9
Grund		0,270	0,270
Dörrar		1,0	1,0
$U_m$ inklusive köldbryggor <sup>2</sup>	W/K	0,646	0,361
Ventilation, grundflöde <sup>3</sup>	l/s,m <sup>2</sup>	0,37	0,33
Specifik luftläckning, 50 Pa <sup>4</sup>	l/ s,m <sup>2</sup>	0,8	0,8
Tappvarmvatten <sup>5</sup>	kWh/år	39	27
Hushållsel <sup>3</sup>	kWh/år	21,0	21,0
Fastighetsel <sup>3</sup>	kWh/år	12,8	6,6

- 1) Uppmätta värden på ritning
- 2) Beräknade värden
- 3) Uppgifter från Kommunfastigheter
- 4) Antagna värden
- 5) Fördelat på de tre husen utifrån totalvärde och antaget antal personer i varje hus.

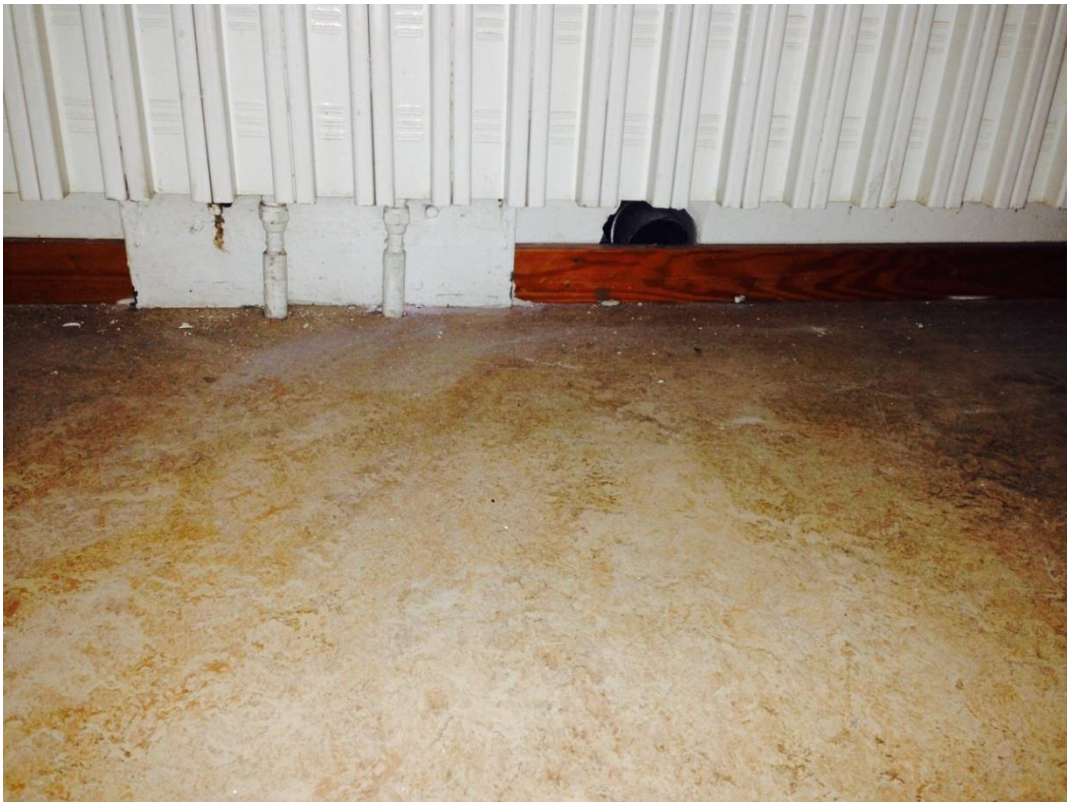
## BILAGA 2 – Ritningar

### Lagrådsgatan 6. Kanaldragning och fläktrum på vindsbjälklag.



**BILAGA 3 – Bilder**

Tilluftskanalers övergång till vindsbjälklag innan isolering med nätmatta.



Håltagning för tilluftskanal under radiator.



Tilluftsdon under radiator.



Monterad tilluftskanal och nytt utflyttat fönster.



Inklädd fönstersmyg vid utflyttat fönster.



Nästan färdigputsat på våningsplanen.



Puts på bottenvåning kvarstår.