

Energieeffektiviserande renovering av miljonprogramshus

- Byggtekniska och installationstekniska lösningar
för Grönkullagatan 29



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggnadsfysik

Examensarbete:
Caroline Wedelsbäck
Karin Jönsson Vikterlöf

© Copyright Caroline Wedelsbäck, Karin Jönsson Vikterlöf

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2015

Sammanfattning

Byggnaderna från miljonprogramsåren har i dagsläget ett stort energibehov och de är dessutom många till antalet. Det finns ett stort behov av renovering av dessa. Helsingborg stad har ett klimatmål att 2035 vara energineutralt vilket sätter stor press på fastighetsägarna i staden. Nya byggnader behöver byggas energisnåla och det äldre bostadsbeståndet behöver renoveras till en standard som gör att målet går att nå.

AB Helsingborgshem har ett stort antal fastigheter på Drottninghög i Helsingborg där samtliga är byggda under miljonprogrammet. Idag pågår ett stort projekt som syftar till att lyfta området. En del i projektet är att renovera byggnaderna för att höja standarden och även sänka energianvändningen med minst 30 procent enligt AB Helsingborgshems krav.

Vårt arbete har syftat till att ta fram byggtekniska och installationstekniska lösningar som kan användas vid renovering av dessa fastigheter för att sänka energibehovet för byggnaden ytterligare. Målet för vår del har varit att nå nollenergihusstandard enligt FEBY12. Vi har studerat liknande projekt där målet varit att sänka energianvändningen drastiskt för miljonprogramhus. Genom dessa studier har vi funnit tekniska lösningar som är möjliga att applicera på Grönkullagatan 29, den byggnad som vi valt som referensobjekt.

Vi har sammanfattat alla tekniska lösningar som vi anser vara aktuella som energieffektiviserande åtgärder vid en renovering av Grönkullagatan 29. Dessa har presenterats med för- och nackdelar och summerats i en prioriteringslista över vilka åtgärder vi valt att undersöka närmare. Undersökningarna sker genom energisimuleringar i IDA Indoor Climate and Energy.

Vi har använt oss av en modell av byggnaden för att simulera energianvändningen under ett års tid och sedan jämföra resultaten av energianvändningen för de olika åtgärderna med varandra. Vi har baserat våra val av åtgärder på de resultat vi fått ut av energisimuleringen och inte låtit den ekonomiska biten styra våra val.

Det visar sig att man kan komma ner i passivhusnivå enligt FEBY12 genom att byta ut fönster till energieffektiva lågenergifönster med lägre U-värde, installera FTX-system och tilläggsisolera väggarna. Det är svårt men inte omöjligt att komma ner till den nivå på energianvändning så att man kan förlita sig på att solceller kan producera lika mycket energi som förbrukas. Det vill säga, det är svårt att klassa byggnaden som nollenergihus.

Nyckelord: Renovering, Miljonprogrammet, Passivhus, Nollenergihus

Abstract

Buildings from the so called Million programme has a high use of energy and in addition, there are many such houses. The need for them to be retrofitted is big. The City of Helsingborg has set a climate goal which states that the city in 2035 should be neutral in energy use which put a lot of pressure on the real estate owners in the city. All new buildings has to be energy efficient and older buildings has to be retrofitted to a standard which makes it possible to reach the goal.

AB Helsingborgshem owns many buildings at Drottninghög in Helsingborg which are all built during the Million programme. Drottninghög is undergoing a project where the goal is to lift the whole area. One part of the project is to raise the standards of living and also lower the energy use of the buildings with 30 percent based on a demand from AB Helsingborgshem.

Our focus has been to find technical solutions that can be used to retrofit these buildings to lower the energy use even more. Our goal has been to reach the standard of zero energy buildings. We have studied similar projects where the goal has been to lower the energy use in buildings from the Million programme. We have based on these studies found technical solutions that can be applied to Grönkullagatan 29, which is the building we have chosen as our reference object.

We have gathered all the technical solutions useable to lower the energy use at Grönkullagatan 29. These has been presented with their pros and cons and summarized in a priority list over which solutions we wanted to use. We have taken a closer look to the solutions by simulating them in IDA Indoor Climate and Energy.

We have used a model of the building to simulate the energy use over a year and compared the results of the usage for the different solutions. All our choices are based on the energy use and not the economy.

Our results show that you can reach the standard of passive house by replacing the windows, installing air supply with heat exchange and additional insulation for the walls. It seems to be difficult but not impossible to reach such low energy use so that solar cells can compensate the use and the standard of a zero energy house can be reached.

Keywords: Retrofit, the Million programme, Passive house, Zero energy house

Förord

Detta examensarbete omfattar 22,5 högskolepoäng och är det sista momentet i utbildningen Högskoleingenjör inom Byggt teknik med arkitektur vid Campus Helsingborg. Arbetet har genomförts under våren 2015 för Sweco Management i Helsingborg, vid avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola.

Vi vill rikta ett hjärtligt tack till vår handledare Malin Lind på Sweco Management som bistått med värdefull kunskap och som stöttat oss redan från idéstadiet. Vi vill också rikta ett stort tack till Henrik Banche på Sweco Systems i Helsingborg som försett oss med värdefullt material, utbildning och bistått med enorm kunskap inom programmet IDA ICE. Sist men inte minst vill vi tacka vår handledare på institutionen, Petter Wallentén, som varit ett bra bollplank och som genom givande diskussioner under arbetets gång lett oss in på rätt väg.

I övrigt vill vi passa på att tacka AB Helsingborgshem för det ritningsunderlag vi försetts med och Julia Toft Sandén samt Håkan Wedelsbäck för korrekturläsning.

Arbetet har fördelats jämnt mellan författarna och båda har varit lika delaktiga i alla moment.

Helsingborg, maj 2015

Karin Jönsson Vikterlöf och Caroline Wedelsbäck

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Problemformulering	4
1.5 Metod	4
2 Områdesstudier	5
2.1 Brogården	7
2.2 Gårdsten	9
2.3 Lagersberg	11
3 Byggtekniska och installationstekniska lösningar - Teori	13
3.1 Väggar	13
3.1.1 Utvändig tilläggsisolering	14
3.1.2 Invändig tilläggsisolering	14
3.2 Fönster	15
3.3 Tak	16
3.4 Källare	17
3.5 Balkong	18
3.6 Ventilation	18
3.7 Vatten	19
4 Inventering Grönkullagatan 29	21
4.1 Utformning	21
4.2 Klimatskal	22
4.2.1 Väggar & Tak.....	22
4.2.2 Fönster.....	22
4.2.3 Entréer	22
4.3 Mark	22
4.4 Installationer	23
4.4.1 Ventilation	23
4.4.2 Värme och sanitet	23
4.5 Konstruktion	24
4.5.1 Väggar	24
4.5.2 Tak.....	25
4.5.3 Balkonger.....	25
4.5.4 Grund.....	25
4.5.5 Bjälklag	25
5 Alternativa renoveringsåtgärder	27
5.1 Pilotprojekt	27
5.1.1 Energibesparingsåtgärder	27

5.1.1.1	Tilläggsisolering av fasad.....	27
5.1.1.2	Byte av fönster och dörrar.....	29
5.1.1.3	Installationer	29
5.1.1.4	Tak.....	29
5.1.2	Tillgänglighetskrav.....	31
5.2	Grönkullagatan 29.....	32
5.2.1	Åtgärdsplan	32
5.2.1.1	Fönster.....	32
5.2.1.2	Ventilation	32
5.2.1.3	Utfackningsväggar	33
5.2.1.4	Gavelväggar	33
5.2.1.5	Tak.....	34
5.2.1.6	Balkonger.....	34
5.2.1.7	Källare.....	34
5.2.1.8	Entré	34
5.2.1.9	Stammar	35
5.2.1.10	Belysning	35
5.2.2	Passivhus.....	35
5.2.3	Åtgärder för en 75 procentig minskning av energianvändningen.....	36
5.2.4	Nollenergihus	36
6	Simulering IDA ICE (Indoor Climate and Energy)	37
7	Resultat och analys.....	39
7.1	Passivhus	39
7.1.1	Fönster	39
7.1.2	Ventilation	40
7.1.3	Tilläggsisolering väggar	40
7.2	75 procents minskning	44
7.2.1	Tilläggsisolering tak.....	44
7.2.2	Balkonger	45
7.2.3	Källare.....	45
7.2.4	Entrépartier	46
7.2.5	Ventilation med frånluftsvärmepump	46
7.2.6	Slutgiltig åtgärd.....	48
7.3	Nollenergihus.....	49
7.3.1	Solceller	49
7.4	Känslighetsanalys	49
8	Diskussion och slutsats	51
8.1	Resultatdiskussion	51
8.2	Metoddiskussion.....	53
8.3	Slutsats.....	53
9.	Referenslista.....	55

9.1 Bilder, figurer och tabeller:	59
--	-----------

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Helsingborg har som stad en vision att vara energineutralt år 2035. Ordet energineutralt förklarar Emma Sjödahl i Helsingborgs stads energistrategi 2035:

Den energi som används i Helsingborg kommer från uthålliga förnybara energikällor. Staden är energineutral i den meningen att tillförseln av förnybar energi från anläggningar inom staden motsvarar den mängd energi som staden använder. Energianvändningen är effektiv och resurssnål. Samverkan i energifrågorna inom kommunen är god.

(Sjödahl 2011, s. 4)

Visionen 2035 bygger på delmål som är uppsatta till 2020. För planering och byggande är ett av målen att eftersträva lågenergihus vid ombyggnad av befintliga fastigheter. Detta innebär att det för AB Helsingborgshems fastigheter ställs krav på att energianvändningen maximalt får uppgå till 125 kWh/m² år 2035 och delmålet år 2020 innebär högst 143 kWh/ m². År 2035 förväntas även all energi som används i bostäderna vara förnybar (Sjödahl 2011).

Enligt Anna Aguayo Kjellman¹ tar de mål man satt upp för staden, Helsingborg en god bit på väg men inte riktigt hela vägen dit. De två stora områdena man arbetar med är tillförsel i form av förnybara energikällor och minskad energianvändning. Byggnation är en del i ett stort arbete och varje bidrag menar Anna Aguayo Kjellman är ett steg i rätt riktning.

Ett steg är att producera fler nollenergi- och passivhus. Dessa byggnader är välisolerade och har minimalt luftläckage för att klara av kraven på energianvändning enligt FEBY12. För nollenergihus ställs ytterligare krav på att byggnaden inte får förbruka mer energi än vad de själva tillför. Ett samlingsnamn för dessa byggnader är lågenergihus och för ombyggnad till ett lågenergihus ligger kravet 40 procent under Boverkets Byggregler och på minst 50 procent i jämförelse med tidigare förbrukning (Dehlin 2012). För att kompensera för den energi som används krävs därför att produktion av energi

¹ Anna Aguayo Kjellman Energiexpert Miljöförvaltningen Helsingborg telefonintervju 2015-03-20

sker i husen. Detta kan ske genom att exempelvis solceller eller solfångare installeras för att producera el respektive värme (Bärtås 2014).

AB Helsingborgshem, som är Helsingborgs kommunala bostadsbolag, är en del av Helsingborgs stads projekt på Drottninghög som kallas DrottningH. Projektet omfattar både nybyggnationer samt ombyggnation av miljonprogramshus som området till huvuddel består av. Miljonprogramshus är en benämning på de flerbostadshus som byggdes 1965-1974 för att riksdagen år 1964 fattade ett beslut att bygga en miljon bostäder för att få slut på bostadsbristen i Sverige. Dessa huskroppar känns oftast igen som trevånings lamellhus med avsaknad av vindsvåning (VVS Företagen 2009). Enligt Malin Lind², som är projektledare på Sweco i Helsingborg, byggdes Drottninghög i Helsingborg mellan år 1967 och 1969 som en del av miljonprogrammet. Idag står området inför en omfattande förändring tack vare det projekt som Helsingborgs stad driver sedan år 2011 tillsammans med AB Helsingborgshem, som står som hyresvärd för byggnaderna på området.

Sweco tillsammans med Skanska har påbörjat ett pilotprojekt på Drottninghög, där Malin Lind står som projektledare. Hon informerar om att de endast har strävat efter att klara de energikrav som AB Helsingborgshem ställer, vilket innebär att energianvändningen skall minska med 30 procent i förhållande till befintlig energianvändning. Pilotprojektet innefattar endast ett fåtal av de hus som finns i området. Det är sedan meningen att resterande delar av området också ska genomgå en renovering. Projektet DrottningH är långsiktigt och vid färdigställande kommer man tidsmässigt stå nära målbilden av ett energineutralt Helsingborg år 2035. För att lyckas nå målen bör man redan nu, år 2015, ha med sig stadens vision vid projektering av renovering och upprustning av byggnader. Man bör inte nöja sig med att precis klara dagens krav på energianvändning.

Höga krav på energianvändning innebär för miljonprogramshus omfattande renoveringar. Vid omfattande renovering kan omflyttning bli aktuellt, det vill säga att de boende erbjuds andra lägenheter under renoveringstiden. Enligt Therese Johansson³ som är produktutvecklare på AB Helsingborgshem är omflyttning på grund av renovering en komplex fråga. Therese menar på att AB Helsingborgshem är väldigt givmilda i den meningen att de ser till sina hyresgästers allra bästa trots att lagen inte ställer några krav på just detta. AB Helsingborgshem har en policy som talar om att företaget ska erbjuda sina hyresgäster en likvärdig lägenhet vid renoveringsåtgärder av befintlig

² Malin Lind Gruppchef/Projektledare Sweco Management AB Helsingborg intervju 2015-02-23

³ Therese Johansson Produktutvecklare AB Helsingborgshem intervju 2015-04-20

lägenhet. Likvärdigt kan i denna mening innebära att man ser till hyresgästens nya behov och nya förutsättningar.

Therese Johansson menar på att processen för omflyttning är lång och det krävs att den ska få ta sin tid för att man ska nå ett så bra resultat som möjligt, både för hyresgästerna men även för företaget i sig. Detta är något som behöver vara med i processen ända från idéstadiet vid omfattande renoveringar.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att ta fram ett underlag med byggtekniska och installationstekniska lösningar för energieffektivisering av ett miljonprogramshus på Drottninghög i Helsingborg. Utifrån detta underlag vill vi upplysa AB Helsingborgshem om vilka tekniska alternativ man har för fastigheterna. Vidare är syftet att bistå med underlag som kan underlätta för beslut om byggtekniska samt installationstekniska lösningar som leder till energieffektivisering och som i förlängningen gynnar miljön och bidrar till en hållbar framtid.

1.3 Avgränsningar

Rapporten begränsas till att undersöka och redovisa tekniska lösningar för att minska energibehovet för endast ett hus på området. Det hus vi valt är Grönkullagatan 29 och vi gör ett antagande att de framtagna lösningarna kommer att kunna appliceras på alla fastigheter inom projektet DrottningH. Rapporten fokuserar endast på de byggtekniska och installationstekniska lösningarna. De ekonomiska samt sociala aspekterna kommer rapporten inte fokusera på.

De framtagna lösningarna begränsas till att inte äventyra detaljplanens bestämmelser så att bygglov för renoveringen inte riskerar att få avslag. Lösningarna kommer inte heller att påverka planlösningen på lägenheterna i någon större utsträckning. Möjliga hyreshöjningar kommer inte att beaktas i denna rapport.

1.4 Problemformulering

Vilka byggtekniska och installationstekniska åtgärder krävs vid en renovering av Grönkullagatan 29 för att kunna klassa byggnaden som ett passivhus enligt FEBY12?

Är det byggtekniskt genomförbart att renovera Grönkullagatan 29 till den grad att energianvändningen sänks med 75 procent?

Finns det möjlighet att, i fallet med en sänkning med 75 procent av energianvändningen, installera solceller till den grad att huset kan klassas som ett nollenergihus?

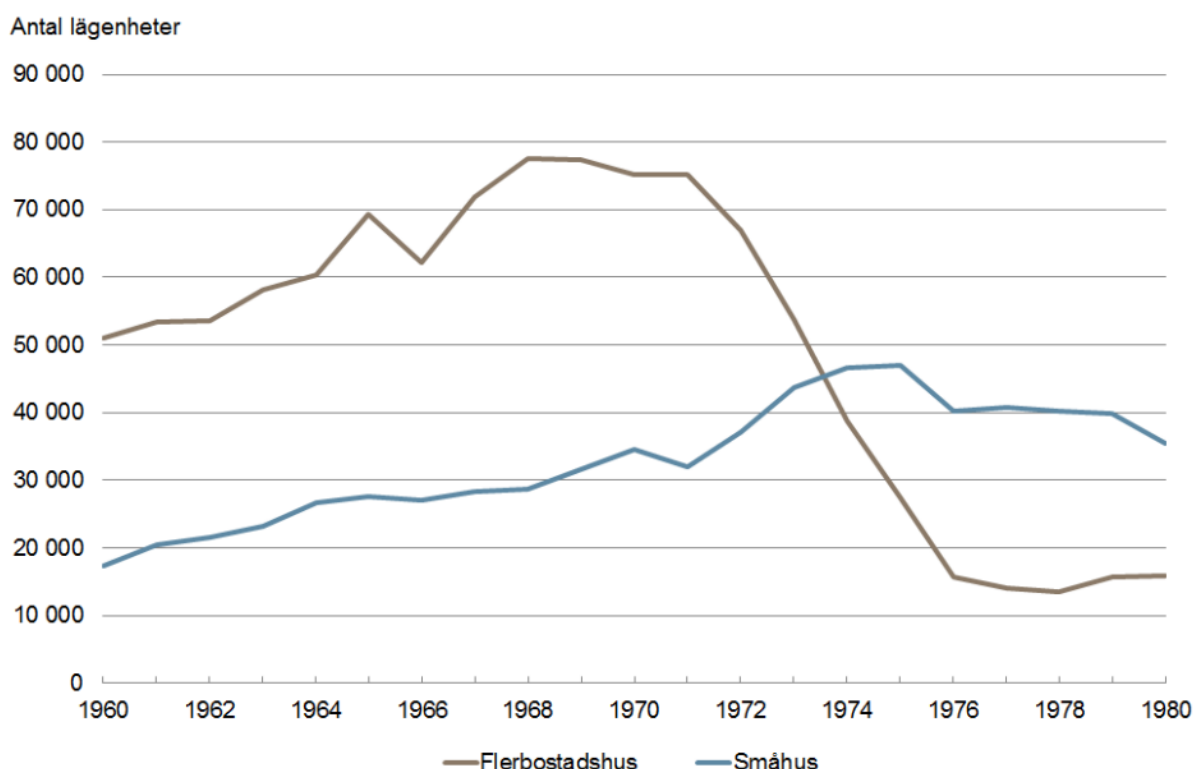
1.5 Metod

För att få en djupare inblick i vad våra planer skulle innebära för byggnaden startade vi med att göra en litteraturstudie över liknande projekt. Studien har sammanfattats i en områdesstudie där vi beskrivit några projekt med liknade mål mer ingående. För att få mer förståelse i det projekt som vi arbetar med har vi tagit del av den tekniska inventering som finns över området. Denna är till stor del gjord av Malin Lind som arbetar som projektledare för pilotprojektet från Sweco Management AB.

Efter en sammanställning av våra förutsättningar har vi vidare använt energisimuleringsprogrammet IDA ICE för att göra energiberäkningar och klimatsimuleringar. Henrik Banche som arbetar med energifrågor på Sweco skapade en modell över Grönkullagatan 29 i en tidigare undersökning av energibesparande åtgärder i samband med pilotprojektet. Vi använder oss av denna modell för att simulera de olika tekniska lösningarna som vi undersöker. Resultaten av simuleringarna ligger sedan till grund för de rekommendationer vi gör om vilka åtgärder som är aktuella.

2 Områdesstudier

Bostadsbyggandet fick i samband med regeringens beslut om en ökad bostadsproduktion år 1964 en målbild som kom att kallas miljonprogrammet. Miljonprogrammet innebar inte bara att en miljon bostäder skulle byggas utan man ville även att bostadsbyggandet skulle ske mer rationellt och industriellt. År 1970 nådde miljonprogrammet sin kulmen, det året stod 109 843 stycken nya lägenheter klara för uthyrning, se figur 1. Därmed var bostadsbristen åtgärdad och bostadsexplosionen som pågått i några år resulterade istället i uthyrningsproblem och epoken miljonprogrammet nådde sitt slut (Boverket 2014).



Figur 1: Antal färdigställda lägenheter år 1960-1980
(Andersson, A. Boverket 2014)

Miljonprogramsområdena har genomgått en resa. Under 60-talet sågs de som attraktiva ljusa bostäder, och att flytta till dessa från äldre, omoderna och trångbodda lägenheter var en ren standardhöjning (Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket u.å). Idag förknippas dessa lägenheter med ekonomisk och social utsatthet och rent byggnadstekniskt är de med dagens mått mätt i undermåligt skick. Underhållet är eftersatt och slitage på tekniklösningarna i dessa byggnader orsakar ett ojämnt inneklimat som i sin tur leder till dålig boendekomfort (Juell-Skielse 2010).

Ett resultat av att miljonprogramshusen byggdes under en epok då energin var billig och dagens krav på isolering inte existerade är att de idag ses som energislukare (Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket, u.å).

Avgörande för en byggnads energibehov är klimatskalets förmåga att inte leda värme ut från huset. Subventioner som gynnade storskaliga projekt ledde till användning av nya byggsystem för att rationalisera byggandet. Problem som detta medförde var att många av systemen var obeprövade och hantverkarna var ovana vid arbetsmomenten. Detta ledde till en kvalitetssvacka i produktionen som resulterade i undermåliga tekniska lösningar och otätheter i klimatskalet som förföljt miljonprogramshusen sedan de byggdes (Frid 2013).

Inte nog med att husen är i behov av en renovering på grund av den höga energianvändningen och kostnaderna det medför, myndigheterna har även fler krav idag än vad som gällde när bostäderna byggdes för nästan 50 år sedan. Man ställer utöver energianvändningen även krav på tillgänglighet för att alla ska kunna bruka och bo i bostäderna. Av samma anledning ställer man krav på säkerheten vid användning vilket man kan komma att behöva ta hänsyn till vid renovering (Forskningsrådet Formas 2012).

Andra problem vid renovering av befintligt bestånd är hyreshöjningarna som den förhöjda standarden eventuellt medför. Enligt Therese Johansson⁴ väljer AB Helsingborgshem att fasa in denna hyreshöjning under fem år. Trots detta upplevs det som ett större problem för hyresgästerna än själva renoveringen. Hyreshöjningarna är grundade på de delar i renoveringen som höjer standarden för de boende och alltså inte rena underhållskostnader så som byte av tak eller liknande. Trots dessa problem, som är vanligt förekommande tycker Therese Johansson att hyresgästerna inom AB Helsingborgshems bestånd ofta är väldigt förstående och tacksamma för att deras lägenheter renoveras. De som inte har möjlighet att bo kvar på grund av hyreshöjning eller omflyttning blir under arbetets gång erbjudna andra lägenheter med samma standard som befintligt boende. Efter omflyttning erbjuds även hyresgästerna att flytta tillbaka till sina gamla lägenheter efter att renoveringen genomförts, alternativt till en annan lägenhet i den nyrenoverade byggnaden.

Det finns många positiva verkningar av en energieffektiviserande renovering: De boendes inomhuskomfort ökar, ett områdes status kan höjas avsevärt och på sikt kan man i många projekt även se en ekonomisk vinning (Juell-Skielse 2010).

⁴ Therese Johansson Produktutvecklare AB Helsingborgshem intervju 2015-04-20

2.1 Brogården

Brogården i Alingsås

Byggår: 1971-1973



Bild 1: Brogården i Alingsås
(Andersson & Hultmark AB 2014)

Miljonprogramsområdet Brogården omfattas av 16 lamellhus i tre våningar med totalt 299 lägenheter. Detta område är det första i Sverige att renoveras med passivhusteknik (Skanska 2012). Ur *Brogården – Med fokus på framtiden* (Alingsåshem, Passivhuscentrum, Skanska, SP 2013) kan vi läsa att med passivhusteknik strävar man efter att låta den energi som redan finns i huset, i form av till exempel hushållsmaskiner och människor, få värma upp byggnaden. Detta innebär att fokus vid renovering ligger på lufttätet, isolering och minimering av köldbryggor. För ett passivhus ställs krav på att luftläckaget genom byggnadens klimatskal inte överstiger $0,3 \text{ l/s m}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa (Alingsåshem et. al 2013).

År 2006 inleddes projektet med en förstudie och tre år senare påbörjades renoveringen av första etappen som utnämndes till ett pilotprojekt. År 2013 stod fjärde och sista etappen klar och drygt tio år efter det beräknas projektet gå med vinst. En kalkyl för jämförelse gjordes och om inga åtgärder hade vidtagits beräknades Brogården börja gå med förlust år 2030 (Alingsåshem et. al 2013).

Vid renovering av Brogården till passivhusstandard, se bild 1, beslutade man att riva väggarna och endast behålla betongstommen samt husets kortsidor. Den nya ytterväggen fick ett U-värde, värmegenomgångstal, på $0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Detta genom att väggen byggdes upp med 440 mm isolering och att en luftspalt lämnades mellan den bärande konstruktionen och skärmteglet som

valdes som fasadmateriel. En avgörande parameter för att uppnå ett lågt energibehov var noggrannhet vid lufttätning av konstruktionen. De befintliga balkongerna byggdes in och nya utanpåliggande balkonger av prefabricerade element monterades. Detta resulterade i minskade köldbryggor. För att minska värmeförlusterna ytterligare byttes även fönstren ut till lågenergifönster med kryptongas vilka hade ett U-värde på $0,85 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. För grundplatta och tak genomfördes tilläggsisolering, och vad gäller installationer ersattes befintligt ventilationssystem med FTX-system. Ett FTX-system är ett ventilationssystem med värmeväxlare som drar nytta av den varma frånluften då värme från denna används till att värma upp tilluften som har en lägre temperatur (Alingsåshem et. al 2013).

Resultatet av dessa byggtkniska åtgärder blev en minskning av energiförbrukningen på mer än 50 procent. Energiförbrukningen gick från $216 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år till $92 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011). Där A_{temp} är den invändiga area som är uppvärmd till minst 10°C (Boverket 2014). För passivhus ställs krav på att energianvändningen för en fjärrvärmad bostadsbyggnad som är större än 400 m^2 och belägen i klimatzon III, det vill säga södra Sverige, ej får överstiga $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. I energianvändning räknas värme, varmvatten och fastighetsenergi enligt FEBY12 (Sveriges centrum för nollenergihus 2012).

2.2 Gårdsten

Gårdsten i Göteborg

Byggår: 2001-2005



Bild 2: Gårdsten i Göteborg
(Von Brömssen 2011)

Området Gårdsten i nordöstra delen av Göteborg var ett av många miljonprogramsprojekt som byggdes 1969-1972. När Gårdstensbostäder AB 1997 köpte upp stora delar av fastigheterna i området var arbetslösheten bland de boende hög och nästan var tredje lägenhet stod tom (Boverket 2007). I området fanns cirka 2000 lägenheter och planeringen för renovering av fastigheterna startade omgående efter köpet. Gårdstensbostäder AB började med den del av området som kom att kallas Solhusen 1 bestående av 11 hus med totalt 255 lägenheter (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011). Redan från starten var målet att få de boende engagerade och delaktiga i projektet. Därför bjöds de boende in till många olika möten och seminarier för att på bästa sätt hitta ett koncept som fungerade för alla inblandade (Boverket 2007). Efter att Solhusen 1 var färdigt utnyttjades den erfarenhet som fastighetsbolaget fått från det projektet och projekteringen drog igång för Solhusen 2, som bestod av 243 lägenheter i något bättre skick invändigt än de i Solhusen 1.

Båda projekten bestod av två typer av byggnader, lamellhus och loftgångshus, vilket resulterade i två olika modeller för renovering. De övergripande målen och visionerna för projekten sammanfattas här:

En stadsdel med aktiva invånare. Ett bostadsområde där människor tar ansvar för den miljö de lever i. En plats där mångfald inte bara betyder att många olika tänkesätt och livsstilar, olika nationaliteter, religioner, åldrar och erfarenheter finns representerade utan att dessa verkligen samexisterar, samverkar för att skapa en långsiktigt sund och trygg livsmiljö. Ett område där den nya generationen, traktens barn och ungdom, tror på framtiden.
(Boverket 2004, s.11)

Båda hustyperna renoverades för att kraftigt sänka energianvändningen men i samband med renoveringen användes olika tekniska lösningar för de olika hustyperna. Lamellhusen är tre våningar höga och placerade med de långa fasaderna mot nord och syd, se bild 2. Här valde man att tilläggsisolera alla ytterväggar utanpå den befintliga väggen med en luftspalt mellan fasaden och den nya isoleringen. Under takfoten på den södra fasaden installerades luftsolångare för att värma upp luftspalten mellan isolering och befintlig yttervägg. Genom denna lösning jämnades temperaturdifferensen ut mellan inomhus och utomhus (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011). Man tilläggsisolerade även tak och källarvägg. Utöver detta installerade man FTX-system och gjorde ett stambyte. För loftgångshusen som är fem våningar höga valde man några annorlunda typer av lösningar. Det var endast gavlarna som tilläggsisoleras och övriga fasader kläddes i glas. På den ena sidan var det loftgångarna och trapphusen som glasades in, och på den andra var det balkongerna (Karlsson, Linnér 2007). Man valde att ta in tilluften via de inglasade balkongerna för att förvärma denna något och slippa installera värmeväxlare. Loftgångshusen fortsatte alltså precis som innan att endast använda ett frånluftssystem. Man gjorde även här ett stambyte men valde att dessutom installera solpaneler på taket för att förvärma tappvattnet (Karlsson, Linnér 2007). För båda typer av byggnader bytte man ut de fönster som var i dåligt skick till fönster med lägre U-värde. I de fall där fönster var i gott skick bytte man endast ut den innersta rutan till ett lågmissionsglas (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011).

Med dessa åtgärder kunde energiförbrukningen sänkas från $270 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år till $160 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011). Även om det är en stor sänkning uppfylls inte kraven från BBR. Trots detta anses

projektet väldigt lyckat då de mål som sattes upp har uppnåtts; inga lägenheter står nu längre tomma och hyresgästerna stortrivs (Boverket 2007).

2.3 Lagersberg

Lagersberg i Eskilstuna

Byggår: 1969-1974



Bild 3: Lagersberg i Eskilstuna
(Berwick 2013)

Mellan 1969 och 1974 byggdes 23 huskroppar med totalt 430 lägenheter i Eskilstuna som en del i det omfattande miljonprogrammet. Fastigheterna ägs idag av Eskilstuna kommunfastighet AB och var i ett stort behov av renovering då både fasader och fönster var i undermåligt skick (Karlsson 2013). Området har delats in i etapper och etapp 1 och 2 har genomgått en renovering för energieffektivisering. I etapp 2 beslutade fastighetsbolaget att för ett av husen gå ett steg längre genom att undersöka hur lågt man skulle kunna komma med energianvändningen (Mjörnell, Blomsterberg 2014). I etapp 1 valde man några av de mest vanliga och beprövade åtgärderna för energibesparing. Man valde att utvändigt tilläggsisolera yttervägg och vindsbjälklag, man renoverade (byte vid behov) fönster, fönsterdörrar och balkongpartier. Det installerades i fastigheterna FTX-ventilation, solfångare och IMD, det vill säga individuell mätning och debitering av varmvatten. Man bytte även belysningen i trapphusen och med dessa åtgärder tillsammans har man uppnått en energibesparing på 42 procent. Den nya energianvändningen landade på $98 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år (Karlsson, Levin 2015).

För hus 222, se bild 3, i etapp 2 valde man ett innovativt fasadsystem från Front där ventilationssystemet integrerades i fasadens tilläggsisolering. Detta är ett system som utvecklades i samband med BeBos utvecklingsprojekt TURIK och kallas SmartFront. Man valde också att byta ut alla fönster och installera solceller (Mjörnell, Blomsterberg 2014). Målet för hela området Lagersberg var att halvera energianvändningen totalt sett och i hus 222 som man valt ut för en tuffare renovering var målet något lägre än 50 procent. Den ursprungliga energianvändningen i huset låg på $180 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, och målet var att komma ner till $83 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år (Mjörnell, Blomsterberg 2014). Det speciella med fasadsystemet var att ventilationssystemet (FTX) placerades i den 180 mm tjocka isoleringens innersta skikt. Detta innebar att de boende inte behövde störas lika mycket vid installation då arbetet till största del skedde utifrån (Mjörnell, Blomsterberg 2014). Det har ännu inte gjorts någon slutrapport för etapp 2 och därför kan inga slutgiltiga resultat presenteras.

3 Byggtekniska och installationstekniska lösningar - Teori

För att energieffektivisera en byggnad finns det många olika tekniska lösningar att ta till. Några är mer kostsamma än andra, några kan utföras med ganska lätta medel och dessa i olika kombination kan tillsammans skapa en väl fungerande energieffektiv byggnad. Om de tekniska lösningarna kombineras på fel sätt kan problem i form av fuktskador och ohälsosam inomhusmiljö uppstå, det är därför viktigt att förstå vilken påverkan lösningarna har på varandra och på huset. Vi listar nedan ett antal lösningar, några mer beprövade än andra och tar i detta kapitel inte hänsyn till hur dessa fungerar i kombination med varandra. Vi har valt att dela upp kapitlet i olika byggnadsdelar och förklarat energieffektiviserande förbättringar för just denna byggnadsdel.

3.1 Väggar

Isoleringsmaterial i väggelement har förändrats och utvecklats med tiden och idag har man många valmöjligheter för att uppnå en energisnålare byggnad. Historiskt använde man under 1940- och 1950-talet mest treetex-skivor som är porösa träfiberskivor. Isolermaterial som utgjordes av sten- och glasull började användas under 1950-talet och tio år senare började man asfaltimpregnera de treetex-skivor som tidigare använts vilket slog igenom för utvändigt vindskydd. På 1970-talet kom även cellulosafiberbaserade isolermaterial att användas inom byggbranschen. Idag är det mest förekommande material för isolering sten- och glasull, även kallat mineralull (Andersson et al. 2009). Man jobbar ständigt med att utveckla nya isolermaterial för att få ett bättre resultat vid isolering. PIR-isolering är ett nytt material med väldigt bra isolerförmåga. Fördelen med PIR-isolering, som är ett fast polyuretanskum, är att det i konstruktioner med begränsat utrymme möjliggör effektiva energibesparingar (Takcentrum Sverige AB, u.å)

Mineralull förekommer idag i olika densitet, antingen som skivor eller som lösull. Skivorna kan kapas för perfekt passform mellan reglar vilket är smidigt men kan dessvärre leda till köldbryggor om arbetet utförs slarvigt. Köldbryggor kan uppstå vid skarvning och vid de punkter i en konstruktion där reglarna är genomgående och inte kan isoleras. Lösullen sprutas in i konstruktionen med luft och är på så sätt enklare att placera samt att den lägger sig tätare kring reglar och övriga element i konstruktionen. Nackdelen med lösull är att den komprimeras med tiden och då försämras dess isolerförmåga, detta kan undvikas genom att vara noggrann vid placering av lösullen (Andersson et al. 2009).

Tilläggsisolering av väggar är en beprövad lösning som kan spara både pengar och energianvändning. Inomhusklimatet blir mer behagligt då temperaturen blir jämnare och uppvärmningskostnaderna minskar (Andersson, Fant,

Landfors, During, Södergren 2009). Tilläggsisolering av väggar kan utföras på två sätt; antingen väljer man att tilläggsisolera på utsidan av väggen eller att tilläggsisolera på insidan (Saint-Gobain ISOVER AB u.å).

3.1.1 Utvändig tilläggsisolering

Vid utvändig tilläggsisolering isoleras de befintliga köldbryggorna vilket betyder att denna placering ur energisynpunkt ofta är ett bra alternativ. Det är inte bara ur energisynpunkt som utvändig tilläggsisolering är till stor fördel utan även med tanke på fukt då den befintliga konstruktionen blir varmare och torrare (Andersson et al. 2009). Att tilläggsisolera en vägg utvändigt är ett omfattande arbete som enligt (Saint-Gobain ISOVER AB u.å) innebär att man river befintlig fasadbeklädnad, regler upp kring fönster och fortsätter med uppregling av väggen. Därpå följer montering av isolering och till slut montering av ny fasadbeklädnad. Sandin (2007) upplyser om att man kan montera isoleringen direkt på befintlig fasad, antingen genom mekanisk infästning eller genom limning. Vilken typ av utvändig isolering man väljer måste styras av den befintliga konstruktionen.

Nackdelarna med utvändig tilläggsisolering är att arkitekturen för byggnaden förändras då väggarna blir märkbart tjockare, fönsterlinjen sjunker in i fasaden och det mest problematiska är om väggen blir så pass tjock att den sticker ut utanför grundplatta och takfot. Ett annat problem som kan dyka upp är hantering av hälsoskadliga material om man behöver riva den befintliga fasaden, så som eternitplattor som innehåller asbest. Frigjord asbest kan orsaka stora hälsoproblem och vid hantering av detta krävs goda kunskaper och hög försiktighet. (Andersson et al. 2009). En utvändig tilläggsisolering är alltid att föredra framför den invändiga om den befintliga konstruktionen tillåter detta (Sandin 2009). Karlsson, Linnér (2007) lyfter en lite mer innovativ lösning för utvändig tilläggsisolering där man klär fasaden i glas för att värma upp luften närmast fasaden.

3.1.2 Invändig tilläggsisolering

Vid invändig tilläggsisolering påverkas inte arkitekturen exteriört men invändigt kommer boytan att minska. Det kan också innebära att arkitektoniska detaljer försvinner invändigt. Fuktproblem kan lätt uppstå då den befintliga konstruktionen blir kallare och det värmeläckage inifrån som tidigare funnits och torkat upp fasaden tätas igen och försvinner. Vid isolertjocklek som överstiger 45 mm finns även stor risk för frostsprängning i fasadmateriäl som puts eller tegel. (Andersson et al. 2009).

När man tilläggsisolerar invändigt behöver man oftast inte, som vid utvändig, riva ner någon väggbeklädnad. Det vanligaste tillvägagångssättet är man regler upp på befintlig konstruktion. Efter uppregling monterar man

isoleringen och därefter monterar man väggmaterialet som ofta utgörs av gipsskivor eller träpanel (Saint-Gobain ISOVER AB u.å). Beroende på hur konstruktionen ser ut kan man givetvis behöva använda sig av andra lösningar. Till exempel visas i Praktisk Husbyggnadsteknik av Sandin (2009) ett exempel där man invändigt tilläggsisolerar en befintlig lerstensvägg. Detta görs genom att montera en fukttålig värmeisolering intill väggens insida och sedan bygga upp en ny lättbetongvägg innanför.

3.2 Fönster

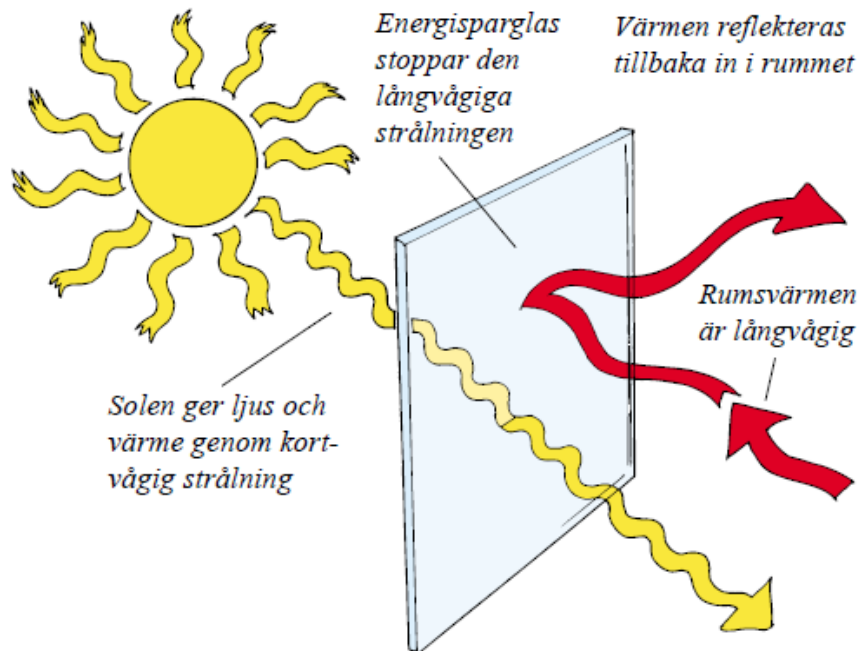
En viktig del i en byggnads klimatskal är fönster. Till ytan sett kan detta vara en ganska liten del, men det är något som påverkar byggnadens energibehov väldigt mycket. Fönster och glasning generellt är en viktig komponent för energieffektivitet både beträffande värme- och ljusenergi. Man kan till stor del minska värmeförluster genom att optimera fönstrets storlek och orientering. Det är också viktigt att se till konstruktionen av fönstrets båge och karm (Blomsterberg 2012). Inte nog med att fönstret eller dörren i sig ger upphov till stora värmeförluster. Genomföringen i väggen innebär ofta problem med byggnadens lufttäthet vilken också påverkar energibehovet.

Att fönster och dörrar ger upphov till större värmeförluster än andra delar av klimatskalet beror till stora delar på ett sämre U-värde. Ett fönsters uppgift är i grunden inte att isolera som till exempel väggar och tak utan fönster används i grund och botten för att släppa in dagsljus och ge en möjlighet att se ut. Att fönster ger upphov till större värmeförluster än andra byggnadsdelar är något som uppmärksammats mycket på senare tid när energifrågan har blivit allt mer aktuell (Blomsterberg 2012).

Idag finns det på marknaden ett flertal varianter av högpresterande fönster som kan användas för att minska värmeförlusterna. Blomsterberg (2012) påpekar vikten av vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på plats för att fönstrets funktion ska kunna utnyttjas maximalt. Några av de olika varianterna på högpresterande fönster och tekniska lösningar presenteras nedan:

- Flerglasfönster:
Fönster kan tillverkas på många olika sätt och den historiskt sett vanligaste tekniken att tillverka fönster på är med två kopplade glasrutor. Efter 1970 började man producera fönster med tre glasrutor, det är dessa som idag kallas flerglasfönster. Man kan antingen ha en enkelbåge med flera rutor monterade ihop, detta kallas isolerglas. Eller så har man kopplade bågar. Ett vanligt sätt att konstruera ett fönster på är att man har två kopplade bågar varav en av bågar innehåller ett isolerglas, dvs. där flera rutor är monterade på samma båge (Olsson-Jonsson 2011).
- Fönster med lågemissionsbeläggningar på rutan:

Dessa fönster har ett skikt osynligt för ögat på ett eller flera av glasrutorna i fönstret som förhindrar långvågig värmestrålning att absorberas av rutan, se figur 2. Det släpper dock in solens kortvågiga strålning och bidrar till att 96 procent av den värmestrålning som skulle gått förlorad kan behållas i rummet (Statens Energimyndighet u.å).



Figur 2: Illustration av fönstrets egenskaper vid solinstrålning
Statens Energimyndighet (u.å)

- Fönster med ädelgas som fyllnad mellan rutorna:
Dessa fönster är en typ av flerglasfönster, men isolerglasets mellanrum traditionellt sett fylls med luft fylls här istället med någon typ av ädelgas, oftast argon eller krypton. Man använder sig av dessa ädelgaser mellan rutorna för att minska ledning och konvektion av värme mellan glaset (Roos 2004).

Skall man renovera ett hus kan det ur bevarandesynpunkt vara omöjligt att byta ut fönster helt och hållet, då kan man förbättra funktionen genom att byta glas eller eventuellt addera en tilläggsruta till befintligt fönster (Blomsterberg 2012). Energieffektiva fönster kan även verka positivt genom att bidra till mindre buller i inomhusmiljön (Krögerström 2007).

3.3 Tak

Precis som tilläggsisolering av väggar kan tilläggsisolering av tak göras både invändigt och utvändigt beroende av befintlig konstruktion. Viktigt att komma ihåg är att tilläggsisolering utvändigt på ett kallt tak med en väl ventilerad vind inte har någon inverkan (Sandin 2009). Att tilläggsisolera taket på insidan med lösull behöver inte vara så omfattande men det förutsätter att det finns plats för

denna typ av åtgärd. Om plats finns kan man enkelt fylla upp vindsutrymmet med isolering. Vid platta tak är denna typ av åtgärd mer komplicerad och det mest praktiska alternativet är att tilläggsisolera utvändigt, i vissa fall är det mer aktuellt att uppföra en ny konstruktion än att komplettera den befintliga (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011).

Vid tilläggsisolering av vindsbjälklag bör man beakta att fuktproblem kan uppstå då taket blir kallare och det lättare bildas kondens i jämförelse med om man gör en utvändig tilläggsisolering (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011).

Vid utvändig tilläggsisolering av tak är det ofta en förutsättning att taktäckningen tas bort innan ny isolering monteras på den gamla, sedan monteras ny taktäckning på tilläggsisoleringen. Därför är det en fördel att tilläggsisolera i samband med att taktäckningen behöver bytas ut (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011).

3.4 Källare

Informationen i följande tre stycken är hämtad ur (Andersson et al. 2009). För tilläggsisolering av källare gäller samma fuktrisk som för tilläggsisolering av vägg och tak. Här är utvändig tilläggsisolering det bästa alternativet då källarmuren hålls varm och därmed torrare. Ur fuktsynpunkt är utvändig tilläggsisolering som tidigare nämnts det byggtkniskt sett bästa alternativet, dock är det en mer komplicerad arbetsgång än om man utför en invändig tilläggsisolering. Arbetet innebär att man gräver upp marken runt huset och detta utförs ofta i samband med att man ändå behöver åtgärda dräneringen. När man grävt upp marken placeras värmeisolering med vattenavvisande skikt närmast källarväggen och utanpå detta skikt en glasfiberduk.

Om man önskar en förenklad arbetsgång är invändig tilläggsisolering ett alternativ men här måste man ta fuktproblemen som kan uppstå i beaktning. Fuktproblemen kan orsaka mögelpåväxt. Här går man tillväga på samma sätt som vid tilläggsisolering av väggar genom att regla upp på befintlig vägg, placera isolering så att en luftspalt bildas till befintlig vägg och montera invändig beklädnad direkt på reglarna. För att minska risken för fuktproblem i konstruktionen rekommenderas att begränsa tjocklek på isoleringen till maximalt 45-70 mm.

Det kan även vara en god idé att isolera golvet för att undvika energiförluster. Problemet med att isolera betongplattan är att rumshöjden minskas vilket utgör en begränsning om detta utrymme används för personvistelse. På betongen kan till exempel en luftspaltsbildande matta placeras och på den reglas ett golv upp. Andra alternativ på lösningar är att placera PIR-isolering eller cellplast på betongplattan.

3.5 Balkong

Indragna balkonger utgör en stor köldbrygga då dessa innebär en genomföring i klimatskalet. Genomföringen uppstår då man ofta låter bjälklaget förlängas och även fungera som balkongplatta. En energieffektiviserande lösning på problemet är att glasa in balkongerna för att få ett varmare klimat mot genomföringen i fasaden. En annan åtgärd som eliminerar köldbryggan är att bygga in balkongplattan genom att flytta ut ytterväggen till bjälklagskanten, i nivå med fasaden. Därefter kan man montera en prefabricerad balkongplatta utanpå fasaden, eller installera självbärande balkonger som innebär att de står för sig själva jämte fasaden. Båda alternativen resulterar i en ny utanpåliggande balkong (Nilsson, Jönsson, Lääth 2011).

3.6 Ventilation

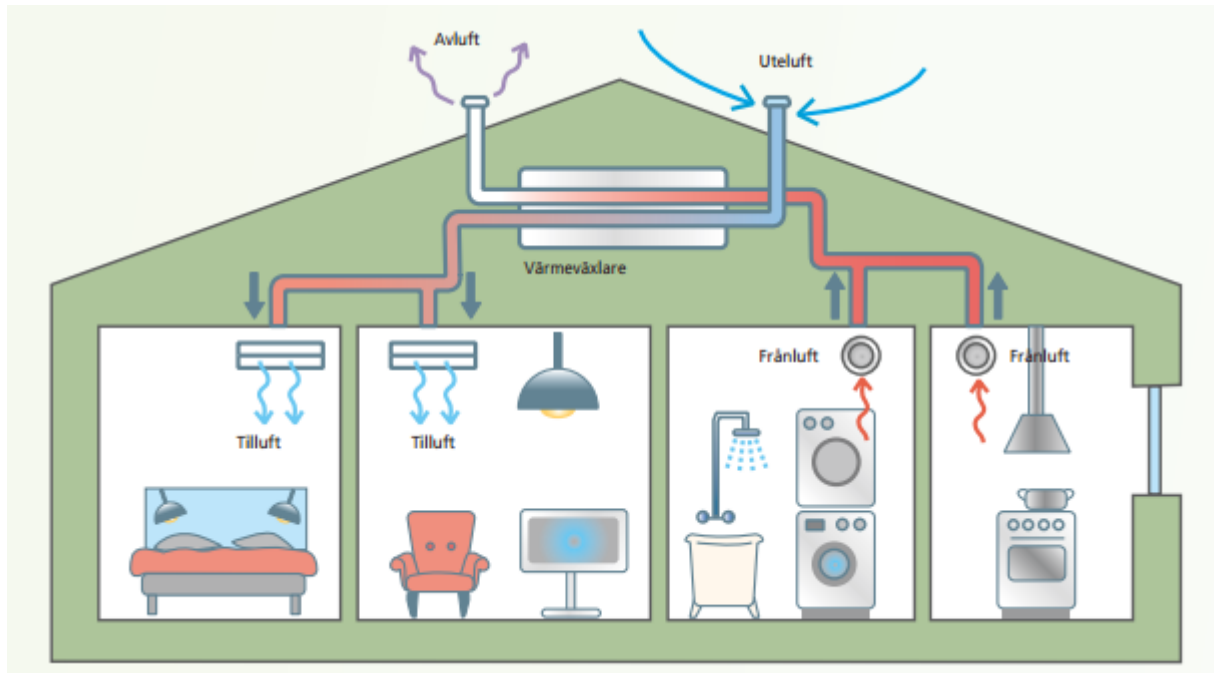
En god inomhusmiljö är en förutsättning för att människorna som bor i huset ska må bra. En god inomhusmiljö är starkt beroende av ett väl fungerande ventilationssystem. Boverket ställer krav i sina byggregler på att luftflödet i en bostad måste vara minst $0,35 \text{ l/s m}^2$ (Adalberth, Sehlin, Kjellman, Thapper, Wenngren 2010).

Den generella principen för en god ventilation i en bostad är att ren frisk luft tas in i sovrum och vardagsrum, den smutsiga luften dras sedan ut i badrum och kök där luften har en tendens att vara fuktig och illaluktande av till exempel matos. Ett vanligt system i äldre hus är självdrag, där man låter luften styras av temperaturskillnaden mellan ute och inne. Många hus har frånluftsfläktar för att dra ut luften i just kök och badrum. I båda dessa fall är det svårt att uppfylla kraven från Boverket då man inte riktigt kan styra luftflödet. Det har blivit allt vanligare att använda sig av system med från- och tilluft (FTX-system) i byggnader just för att man ska kunna styra flödet. Att återvinna den värme som finns i frånluften är en energibesparande åtgärd som blir vanligare och vanligare, se figur 3 (Adalberth et al. 2010). Denna lösning kan generera en energibesparing på upp emot 50-80 procent jämfört med ett system utan värmeåtervinning (Energimyndigheten 2011).

Blomsterberg (2012) påpekar att det är fyra parametrar som styr hur energibehovet påverkas av ventilationen:

- Ventilationens storlek (som styrs av BBRs krav)
- Infiltration/exfiltration (som bestäms av klimatskalets lufttäthet och de naturliga drivkrafterna)
- Verkningsgraden för värmeåtervinningen
- SFP (Specific Fan Power, dvs. fläkteffekten)

Alla dessa parametrar påverkar hur väl man kan styra ventilationen vilket i slutändan kommer att vara avgörande för energianvändningen i samband med ventilation. För att sänka energianvändningen ytterligare kan man använda sig av behovsstyrd ventilation vilket innebär att man kan anpassa ventilationens storlek efter närvaro, lukt, CO₂-halt eller relativ fuktighet i lokalen (Blomsterberg 2012).



Figur 3: Illustration av FTX-system i bostad (Adalberth et al. 2010)

3.7 Vatten

I de flesta av miljonprogrammets flerbostadshus saknas åtgärder som IMD (individuell mätning och debitering) för varmvatten och snålspolande armatur. Detta är orsaken till att en stor del av de äldre flerbostadshusen i Sverige har ett relativt högt värmebehov för varmvatten (30-40 kWh/m² A_{temp} och år). Vid nybyggnation av flerbostadshus ligger värmebehovet på 25 kWh/m² A_{temp} och år. Skulle byggnaden kompletteras med flera andra stora energibesparingsåtgärder så blir posten procentuellt ganska stor (Nykvist 2012).

I den befintliga bebyggelsen med relativt hög energianvändning för varmvatten finns stor potential att minska denna post. Då många byggnader från miljonprogrammet är i behov av ett stambyte kan man i samband med detta passa på att göra energibesparande åtgärder och på så sätt hålla installationskostnaderna för dessa nere (Nykvist 2012).

Med den teknik som finns idag kan man återvinna värme på några olika sätt, de två vanligaste är duschvärmeväxlare och spillvattenvärmeväxlare. Duschvärmeväxlare installeras i varje lägenhet, under en duschkabin eller under golvet i anslutning till golvbrunnen. Eftersom spillvattnet i en dusch ofta är ganska varmt och rent kan man få ut en hög verkningsgrad till det tappkallvatten som passerar genom växlaren. Med varmare tappkallvatten behövs inte lika stor mängd tappvarmvatten i blandaren (Nykvist 2012). Den vanligaste spillvattenvärmeväxlaren är en liggande rörvärmeväxlare. Denna installeras horisontellt i fastighetens källare och ersätter en del av det befintliga avloppsröret innan det kopplas samman med det kommunala avloppsnätet. I och med att allt spillvatten passerar här innehåller det mer smuts, fett och fasta partiklar som gör att det ställs högre krav på funktionen än i en duschvärmeväxlare. Idén är att spillvattnet ska förvärma den del av tappvattnet som ska beredas till varmvatten (Nykvist 2012).

4 Inventering Grönkullagatan 29

Området Drottninghög är beläget cirka två och en halv kilometer utanför centrala Helsingborg och bostadsdelen består till största del av trevånings lamellhus. Huskropparna är placerade parvis, med entréfasaderna mot varandra vilket leder till att det bildas allmänna ytor mellan husparen. På Drottninghög hittar man Grönkullagatan 29, se bild 1, som även det är ett trevånings lamellhus byggt under åren 1967-1969. Om inte annat anges är följande information under detta kapitel hämtat från Lind, Larsson (2012) samt relationsritningar gjorda av Nielsen, S. Kjessler & Mannerstråle AB (1967).



Bild 4: Gårdsfasad Grönkullagatan 29
(Wedelsbäck 2015)

4.1 Utformning

Huskroppen består av en prefabricerad betongstomme i tre plan, med platsgjuten källare. Bottenvåning samt plan två och tre omfattas av bostäder med åtta lägenheter per våningsplan fördelat på fyra trapphus. Lägenheterna är av större storlek, det vill säga tre respektive fyra rum och kök. Enligt Malin Lind⁵ är dagens skick på dessa lägenheter mycket varierande och beror på hyresgästernas individuella slitage. Lägenheterna har en enkel standard med äldre installationer. Fönster, dörrar, balkonger och badrum är i originalutförande, en del har genomgått mindre renoweringar. De flesta av dessa renoweringar är utförda för mer än 20 år sedan och trapphusen har i

⁵ Malin Lind Gruppchef/Projektledare Sweco Management AB Helsingborg intervju 2015-02-23

dagsläget ingen hiss. Källarplan består av förråd, tvättstuga samt undercentral och nås endast via en utvändigt trappa. Entréerna är indragna i huskroppen och i anslutning till dessa finns ett idag outnyttjat soprum.

4.2 Klimatskal

4.2.1 Väggar & Tak

Fasaden består av varierande material, så som fasadtegel, eternitplattor, trä och betongelement. Att blanda material gör att huskropparna får olika karaktär i de olika väderstrecken. Gavlarna är klädda med fasadtegel från sockel ända upp till ändplåten. Entréfasaden är klädd med både eternitskivor och en mindre del fasadtegel. Betongelement utgör gårdsfasaden tillsammans med träpanel i blå kulör mellan fönstren. Varje lägenhet har även en indragen balkong mot gårdssidan, en del av balkongerna är idag inglasade. Taket har en svag lutning och är uppstolpat direkt på betongstommen, dess ytskikt består av takpapp.

4.2.2 Fönster

Fönstren utgörs av pivothängda träfönster med utvändigt aluminiumprofil. Fönstren är i mycket dåligt skick då gångjärnen är utslitna, karmen är fuktskadad och infästningen är försvagad. Färg mellan rutorna har även börjat flagna. Fönsternas isolerförmåga är riktigt låg vilket orsakar stora energiförluster. Springorna kring fönstren, vilka ökar och minskar i förhållande till fukthalt, gör att värmeförlusterna är stora. Det är inte bara ur energisynpunkt det behövs en åtgärd utan även för att förbättra de boendes inneklimat. Springorna bidrar till ett väldigt dragigt inneklimat och detta vill man i möjligaste mån undvika för att öka den termiska komforten för hyresgästerna. Droppbleck och fönsterbleck är snålt tilltagna och har blivit deformerade vilket orsakar fuktskador i fasaden då regnvatten leds in i konstruktionen istället för att avledas bort från den.

4.2.3 Entréer

Entréerna är indragna vilket resulterar i att trapphuset blir aningen mörkt samt att golvet i lägenheten precis ovanför entrén blir märkbart kallt. Entrépartiet består av en äldre glasdörr med träram tillsammans med sidoljus i samma utförande. Dessa är i originalutförande och dörren glipar trots att den är stängd. Detta i samband med den stora köldbrygga som entrén orsakar är ett bidrag till de energiförluster huset har.

4.3 Mark

Undersökning av dränering för hustyp 2, som Grönkullagatan 29 är en del av, visade att dräneringen är undermåligt utförd. Dålig dränering orsakar att markvatten inte leds bort från huskroppen vilket kan komma att orsaka fuktproblem i konstruktionen. Undersökning visar på att dräneringsrören runt

källaren är för högt placerade och att dräneringsmaterialet trängt in i rören och gjort att de förlorat sin funktion.

4.4 Installationer

4.4.1 Ventilation

Grönkullagatan 29 betjänas av ett frånluftssystem med frånluftsfläktar på taket. Varje frånluftsfläkt betjänar sex lägenheter och en del av källaren. Frånluftsdonen är traditionellt monterade i kök och badrum för att dra ut smutsig och fuktig luft. Tilluftsdon finns i fönsterkarmen i form av uteluftsventiler som hyresgästerna själva kan öppna och stänga. Många av ventilerna är igensatta vilket leder till dålig luftcirkulation i lägenheterna och att tryckbilden blir ojämn. Som en följd av detta har det framkommit flera klagomål på inträngande matos från andra lägenheter.

4.4.2 Värme och sanitet

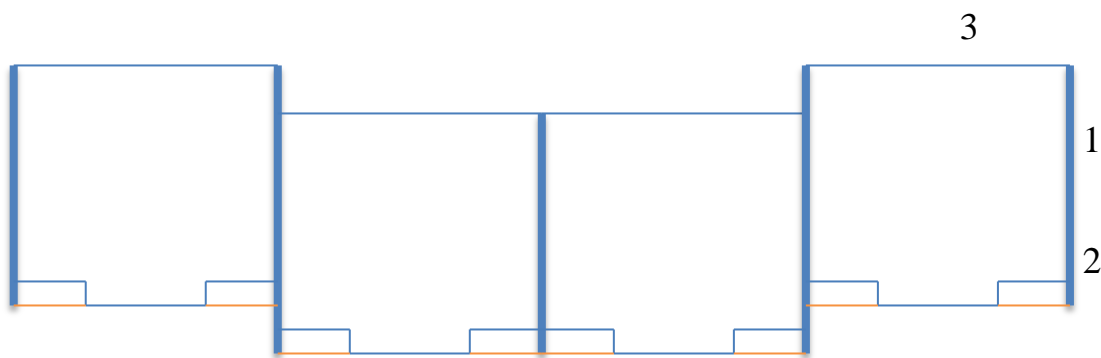
Det finns ett vattenburet radiatorsystem i alla lägenheter för uppvärmning. På Grönkullagatan 29 fördelas varmvattnet av ett ettrörssystem. Vattnet värms av en fjärrvärmväxlare i undercentralen som installerades någon gång under 1993-1994. En stor del av rörsystemet, främst i källaren är angripet av rost eller andra utfällningar. Trots detta är radiatorsystemet det som anses vara i bäst skick, det antas inte uppstå några problem med systemets funktion förrän om några år. Fjärrvärmväxlaren används också för att värma tappvarmvattnet. Tappkallvatten, tappvarmvatten och VVC fördelas från undercentralen till de andra tre husen via kulvertar. Undercentralen ligger i källaren på Grönkullagatan 29. I de fall som renoveringar har gjorts i badrum och kök är rörledningar även utbytta, likaså blandare och sanitetsporlin, men generellt sätt är alla tappvattenledningar original. Många ledningar är i dåligt skick och ofta rostiga. Gällande avlopp består stammarna i lägenheterna, platta och krypgrund av plast och gjutjärn. I källaren består ledningarna av plast som övergår i gjutjärn nere i grunden. Godset i rören av gjutjärn har på flera ställen börjat rosta och tunnats ut vilket innebär stor risk för läckage och fuktskador. Även andra ställen på stammen har problem med läckage, till exempel vissa avgreningar och anslutningar. Det uppstår ofta stopp i avloppet vilket har som följd att man får tillkalla spolningsfirma. Andra problem med avloppet är bakfall mot toalettstol och även otillräckligt fall mot golvbrunn i badrum vilket medför kvarvarande vatten på golvet och risk för fuktskador. Det bör noteras att ingen individuell mätning av energianvändning/åtgång på varmvatten finns idag, man har samlat allt till undercentralen som betjänar totalt fyra hus.

4.5 Konstruktion

Huskroppens konstruktion har avlästs från ritningar gjorda av Karlsson, Å. Kjessler & Mannerstråle AB (1965) över etapp 1. Uppgifter om konstruktionen har även hämtats ur konstruktionsrapporten *Drottninghög Västra Grönkulla Helsingborg - Rapport befintliga byggnadskonstruktioner* av Johan Larsson (2012) över Grönkullagatan 3. Antagande har gjorts att Grönkullagatan 29 är identisk med Grönkullagatan 3 med vissa reservationer. Enligt Malin Lind⁶ minskade man nybyggnadsprojektet efter första etappen för snart 50 år sedan. De ekonomiska resurserna var begränsade och när Grönkullagatan 29 skulle uppföras drog man ner på både isolering och installationer vilket resulterade i att isolertjockleken blev 15 mm tunnare.

4.5.1 Väggar

Husets bärande konstruktion är en prefabricerad betongstomme med uppreglade träväggar som utfackningsväggar. Stommens uppbyggnad visas förenklat i figur 4. Vägg 1 utgörs inifrån och ut av prefabricerade betongelement med en tjocklek på 150 mm, 70 mm isolering och 120 mm murat tegel med välventilerad luftspalt. Stommen intill balkongerna (vägg 2) är mot balkongernas insida täckt med eternitskivor. Utfackningsväggarna (vägg 3) utgörs av en invändig gipsskiva på 13mm, en träregelvägg med 70 mm isolering och fasaden består antingen av 120 mm murat tegel eller eternitplattor, båda varianterna har en välventilerad luftspalt. U-värdet på byggnadens befintliga väggar uppskattas ligga på 0,5 W/m² K.



Figur 4: Förenklad skiss av K-ritningar, illustration av husets olika väggtyper Karlsson, Å. Kjessler & Mannerstråle AB (1965)

Källarväggarna består av platsgjuten betong runt hela huset, under bärande stomme är källarväggarna 380 mm tjocka. För en del av väggarna finner man innanför betongelementen isolering i form av träullsplattor och putsat ytskikt.

⁶ Malin Lind Gruppchef/Projektledare Sweco Management AB Helsingborg intervju 2015-04-09

Under utfackningsväggarna är betongtjockleken endast 200 mm, dessa källarväggar är ej isolerade. Källarväggens U-värde har uppskattats till 0,81 W/m² K.

4.5.2 Tak

Taket är en uppreglad träkonstruktion med mellanliggande isolering som har en tjocklek på 100 mm. Taktäckningen utgörs av mörk takpapp.

Träkonstruktionen är infäst med bultpistol i takbjälklaget. U-värdet på taket uppskattas till 0,28 W/m² K.

4.5.3 Balkonger

Balkongerna är indragna, med undantag för några som även byggts på. Alla är placerade i västerläge. Bjälklaget är förlängt vilket resulterar i att bjälklaget här fungerar som balkongplatta. För de balkonger som blivit utbyggda, utgörs den utbyggda plattan av prefabricerade element som har fästs in i den befintliga balkongplattan, det vill säga bjälklaget.

4.5.4 Grund

Källargrunden utgörs av 100 mm platsgjuten betong med betongsula på nästan dubbel tjocklek under bärande konstruktion.

4.5.5 Bjälklag

Källarbjälklaget för fastigheten är 200 mm platsgjuten betong på form av träullsplattor. Vid anslutningen bjälklag och yttervägg uppstår en köldbrygga, för att minska energiförluster vid dessa möten har man isolerat bjälklagskanten med träullsskiva på ca 50 mm.

Mellanbjälklagen består av 180 mm tjocka prefabricerade betongelement, i badrum är mellanbjälklaget något tjockare för att rymma rör för vatten och sanitet, och mäts här upp till 230 mm.

Takbjälklaget består av 150 mm prefabricerade betongelement med ursparningar för takluckor.

5 Alternativa renoveringsåtgärder

Nedan presenteras det pilotprojekt som planeras utföras inom en snar framtid på Drottninghög. Därefter presenteras det projekt som vi arbetat med där fokus legat på energibesparande åtgärder.

5.1 Pilotprojekt

Pilotprojektet på Drottninghög innebär renovering, nybyggnation samt en del markarbete i etapp 1, enligt Malin Lind⁷ som är projektledare för Sweco i detta byggnadsprojekt. Detta projekt syftar till att det befintliga bostadsbeståndet skall rustas upp och renoveras för att uppnå ett bättre inneklimat samt att minska energianvändningen. Planen är att renoveringen ska kompletteras med två nybyggnationer som är utformade som punkthus i anslutning till två av de befintliga byggnaderna. Projektet är under projektering och det första spadtaget beräknas kunna tas vid årsskiftet 15/16.

5.1.1 Energibesparingsåtgärder

Enligt Malin Lind är de energibesparingsåtgärder man kommer att applicera i projektet tilläggsisolering av fasaden, byte av fönster samt byte till FTX-ventilationssystem. I nuläget diskuteras det även om man ska åtgärda takkonstruktionen enligt framtaget förslag men det är en kostnadsfråga som AB Helsingborgshem behöver fatta beslut i.

5.1.1.1 Tilläggsisolering av fasad

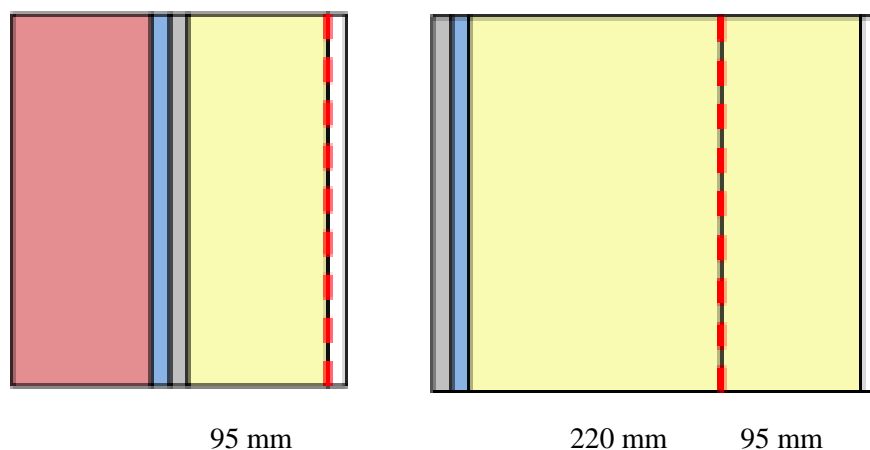
Enligt Lindskog (2015) är målet vid tilläggsisolering av utfackningsvägg på Grönkulla att uppnå ett U-värde på $0,12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Detta mål nås genom att riva ner fasadbeklädnaden utifrån och tilläggsisolera den befintliga konstruktionen med 220 mm mineralull. Den befintliga konstruktionen beskrivs i tabellform nedan där även den nya konstruktionen med tilläggsisolering redovisas, se tabell 1 och illustration i figur 5.

⁷ Malin Lind Gruppchef/Projektledare Sweco Management AB Helsingborg intervju 2015-04-15

Tabell 1: Redovisning av konstruktionerna inifrån sett
(Lindskog, M. 2015)

Befintlig konstruktion	Ny konstruktion
13 mm gips	13 mm gips
Ångspärr av plastfolie	95 mm träregelstomme c/c 600 95 mm mineralull
95 mm träregelstomme c/c 600 95 mm mineralull	Ångspärr av plastfolie
3-4 mm vindskiva	220 mm mineralull
5 mm luftspalt	25 mm luftspalt
120 mm fasadtegel (delar av utfackningsvägg)	12 mm fasadskiva (cementboard)

Vägg tjockleken ökar vid tilläggsisolering med nästan 130 mm för de delar där det i dagsläget är fasadtegel och ännu mer för övriga delar av fasaden. U-värdet för den nya konstruktionen är som tidigare nämnt $0,12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.



Figur 5: Principskiss över befintlig konstruktion till vänster och ny konstruktion till höger
(Lindskog, M. 2015 s.10)

Ovan nämnda åtgärd gäller endast för huskropparnas långsidor och gavlarna är enligt Malin Lind mer komplexa i avseendet att tilläggsisolera. Byggnaderna är placerade så nära tomtgräns att utrymme för att genomföra samma åtgärd som för långsidorna inte är möjlig. För gavlarna har man därför tagit fram ett

åtgärdsförslag som innebär att man plockar ner befintlig tegelfasad, isolerar med 70-80 mm PIR-isolering för att sedan återuppbygga tegelfasaden. Man väljer att behålla den befintliga tegelfasaden för att bevara det arkitektoniska i området.

5.1.1.2 Byte av fönster och dörrar

I första etappen av renoveringen på Drottninghög kommer man även att byta ut fönster och dörrar samt ändra entrépartiet för att minska energianvändningen. Enligt Malin Lind är just fönster och dörrar den största anledningen till hög energianvändning i dessa hus. Det beror främst på otätheter vid infästningar men glasens U-värde kan också förbättras avsevärt för att dra ner på energiförlusterna. Befintliga fönsterglas har ett U-värde på $2,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Fönster och dörrar skall bytas ut helt och hållet och ersättas med nya som har ett U-värde på $1,10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (Friberg 2014).

5.1.1.3 Installationer

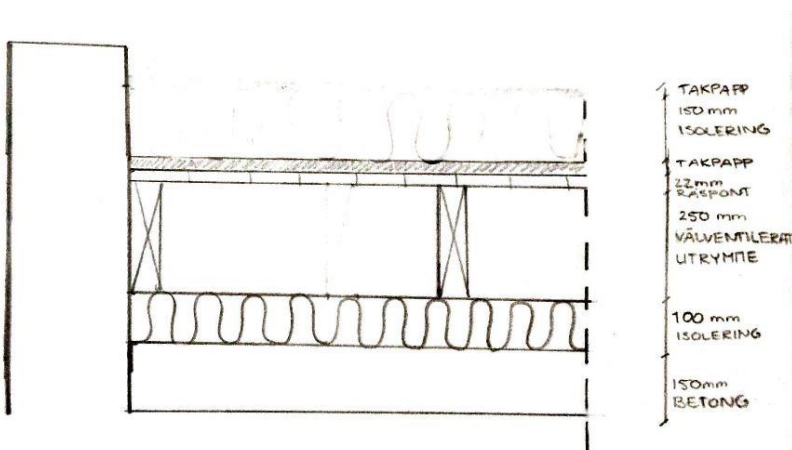
Malin Lind redogör även för att man i första etappen kommer att byta ut ventilationssystemet som idag är ett frånluftssystem. Detta system kommer att ersättas av ett FTX-system med lägenhetsaggregat vilket kommer återvinna värmen i frånluften.

5.1.1.4 Tak

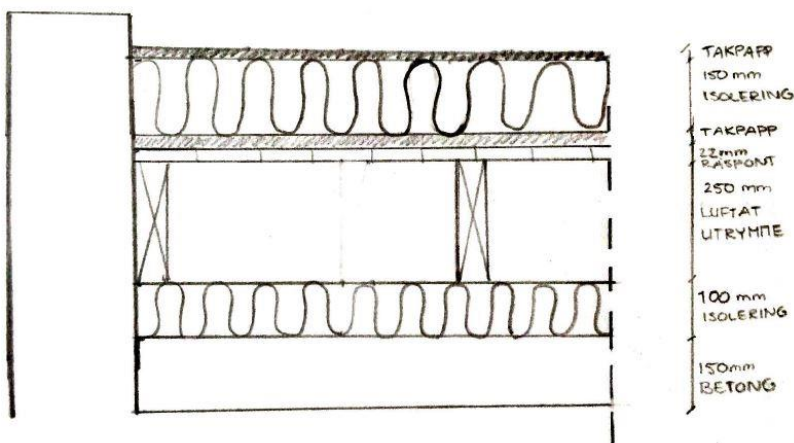
I dagsläget är det oklart om det kommer göras någon renovering av takkonstruktionen enligt Malin Lind, men målet på längre sikt är trots allt att nå ett U-värde på $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (Friberg 2014). Den befintliga takpappen är i behov av att bytas ut men Malin Lind menar på att det är upp till AB Helsingborgshem att fatta beslut i frågan då genomförandet beror på vilket ekonomiskt utrymme som finns. Ett alternativ är att endast byta ut den befintliga takpappen då detta är det minst kostsamma i frågan. Ett annat alternativ är att tilläggsisolera taket och behålla den befintliga takpappen för att sedan utanpå denna montera 150 mm mineralullsboard och slutligen lägga ny takpapp. För att detta ska ge någon effekt reduceras eller elimineras ventilationen på vinden. Se konstruktionernas uppbyggnad i tabell 2 samt figur 6 och 7.

Tabell 2: Redovisning av konstruktionerna inifrån sett
(Lindskog, M. 2015)

Befintlig konstruktion	Ny konstruktion
150 mm betongbjälklag	150 mm betongbjälklag
100 mm mineralull	100 mm mineralull
min 250 mm väl ventilerat utrymme max 400 mm väl ventilerat utrymme	min 250 mm luftat utrymme max 400 mm luftat utrymme
22 mm råspont	22 mm råspont
Flera lager takpapp	Flera lager takpapp
	150 mm mineralullsboard
	Takpapp



Figur 6: Redovisning av takkonstruktion i befintligt skick.



Figur 7: Redovisning av takkonstruktion efter tilläggsisolering.

5.1.2 Tillgänglighetskrav

Enligt Malin Lind har kravet på tillgänglighet behandlats av Helsingborgs kommun med resultatet att renoveringen inte innebär krav på tillgänglighet i hela byggnaden men dock ställer kommunen en del mindre krav vid denna typ av renovering. Det som skall bytas ut skall uppfylla tillgänglighetskraven när det står klart. Till exempel kommer balkongdörrarna i huset att bytas ut och ersättas av nya. De nya balkongdörrarna måste då uppfylla de mått som Boverkets byggregler (BBR 21) ställer som krav. Samma typ av krav gäller även för entrépartierna. Vid renovering kommer entréerna lyftas ut, det vill säga att de kommer vara i liv med fasaden och inte indragna som i dagsläget. Vid denna åtgärd gäller alltså att kraven från BBR uppfylls. Ytterligare en del som tillkommer vid renoveringen är stambyte i samtliga huskroppar och även här måste tillgänglighetskraven beaktas. Detta kommer enligt Malin Lind att innebära en ommöblering av badrummen för att uppnå full tillgänglighet i dessa utrymmen.

Eftersom planlösningen i lägenheterna inte kommer att ändras i någon större omfattning vid denna renovering ställs inte krav på hiss. Ett eventuellt krav på hiss i trapphusen hade varit en betydande faktor för projektets genomförbarhet enligt Malin Lind. En tredjedel av lägenheterna är i befintligt skick tillgängliga och i de nybyggnader som planeras kommer alla lägenheter vara tillgängliga. Andelen lägenheter som inte är tillgängliga skulle efter projektets genomförande vara betydligt mindre. Malin Lind menar på att om krav hade ställts på installation av hissar i varje trapphus hade kostnaden för projektet sprungit iväg vilket hade inneburit att projektet stannat upp. Alternativt hade man beslutat att riva alla huskroppar eller höja hyrorna så markant att kostnaderna för åtgärden täcks upp, detta vore inte hållbart med tanke på hyresgästerna som skulle bli drabbade i området.

5.2 Grönkullagatan 29

Vi har valt att kalla vårt projekt för Grönkullagatan 29. För projektet har vi gjort en åtgärdsplan över de byggtekniska och installaionstekniska åtgärder som vi kommer att använda oss av för att planera energiberäkningarna vi ska utföra i IDA ICE. Alla åtgärder vi planerar syftar till att nå de mål vi presenterar för projektet.

5.2.1 Åtgärdsplan

Våra inledande tankar kring åtgärdsplanen resulterade i en prioriteringslista där vi valde ut de byggnadsdelar som var högst prioritet på att åtgärda för att nå bästa resultat.

1. Fönster
1. Ventilation
2. Utfackningsväggar
2. Gavelväggar
3. Tak
4. Balkonger
4. Källare
4. Entré
5. Stammar
5. Belysning

Listan diskuterades med Henrik Banche⁸ och vi gick in lite mer djupgående på vilka alternativ han tyckte vore bäst för dessa byggnadsdelar.

5.2.1.1 Fönster

Vi planerar att byta ut alla fönster mot högpresterande fönster med låga U-värden. För att undersöka hur stor inverkan på energibehovet ett lågt U-värde har väljer vi att jämföra två stycken fönsterglas från samma tillverkare med olika U-värden. Pilkington Optitherm S3 (4-15Ar-4-12Ar-S(3)4) har ett U-värde på 1,0 W/m² K. Detta är ett 3-glasfönster med argongas mellan glasen. Pilkington Optitherm S3 (4S(3)-15Ar-4-15Ar-S(3)4) är också det ett 3-glasfönster med argongas, men på grund av andra tekniska egenskaper hos glaset och dess uppbyggnad kommer detta ner i ett U-värde på 0,6 W/m² K.

5.2.1.2 Ventilation

För ventilationen står valet mellan två vanligt förekommande lösningar, FTX-system eller frånluftsvärmepump. När det gäller FTX har vi antagit att det är smidigast att installera värmeväxlingsaggregaten lägenhetsvis. Henrik Banche

⁸ Henrik Banche Energikonsult Sweco Systems AB Helsingborg intervju 2015-04-29

påpekade att med en central värmeväxlare kan man få ut en något högre verkningsgrad. Det skulle dock innebära att fyra fläktrum hade behövt byggas på taket vilket hade kunnat äventyra ett eventuellt bygglov. När vi väljer värmeväxlare för FTX-systemet strävar vi efter att få ut en så hög verkningsgrad som möjligt och att aggregatet har ett lågt SFP-värde. Alternativt skulle man kunna använda en frånluftsvärmepump där värmen i frånluften används för uppvärmning av lägenheterna. Fördelen hade då varit att man inte hade behövt installera några nya tilluftsrör.

5.2.1.3 Utfackningsväggar

För utfackningsväggarna på husets långsidor är en utvändig tilläggsisolering aktuell och här står alternativen främst mellan vilka fasad- och isolermaterial som skall användas. En invändig tilläggsisolering hade även varit möjlig men vi har valt att inte undersöka energibesparingen av denna åtgärd då det kan innebära att man äventyrar fuktsäkerheten. Invändig tilläggsisolering utgör stor risk för både fuktproblem och köldbryggor, dessutom skulle det minska lägenheternas boarea.

Val av fasadmateriäl står mellan fibercementskivor eller putsad fasad i vit kulör för att behålla dagens arkitektoniska känsla av huset. Den främsta faktorn som behöver undersökas är tjockleken och kvaliteten på tilläggsisoleringen, det kommer att vara avgörande för väggens U-värde.

5.2.1.4 Gavelväggar

Tilläggsisolering av gavlarna är komplext då den sydvästra gaveln ligger precis i fastighetsgräns. Detta innebär att denna gavels vägg tjocklek inte kan utökas och därför krävs antingen en invändig tilläggsisolering eller optimering av den väggkonstruktion som finns idag. Alternativet att tilläggsisolera invändigt väljer vi att inte undersöka av samma anledning som ovan nämnt, då det kan äventyra byggnadens fukt säkerhet.

Ett av alternativen för åtgärd är att som för pilotprojektet plocka ner fasadteglet, isolera med PIR-isolering och sedan mura upp fasaden igen. Ett annat alternativ är att montera ner den murade fasaden och tilläggsisolera konstruktionen med mineralullsskivor för att sedan montera upp ett nytt fasadmateriäl. Skärmtegel skulle ge samma arkitektoniska intryck, fibercementskivor alternativt putsad fasad skulle ge huskroppen ett nytt utseende. Med det sista alternativet skulle gaveln smälta ihop mer med övriga fasader på byggnaden.

5.2.1.5 Tak

För taket är det tilläggsisolering som är lämpligast för att spara energi. Alternativet att tilläggsisolera utvändigt är det som är aktuellt i detta fall och det vi kommer att jämföra är tjocklek och kvalitet på isoleringen. För att få effekt av denna åtgärd kommer ventilationen på vinden att reduceras. Att tilläggsisolera invändigt skulle innebära att takhöjden blev lägre i de övre lägenheterna vilket inte är gångbart. Det finns också risk för fukt vilken skulle kunna skada huset. Eventuellt skulle man kunna lyfta konstruktionen för att få in mer isolering under tätskiktet, dock hade man trots detta behövt lägga ett nytt tätskikt vilket motiverar att vi inte undersöker denna typ av åtgärd.

5.2.1.6 Balkonger

För balkongerna gäller det att minimera de köldbryggor som finns, dessa är påtagligt stora då balkongerna i dagsläget är indragna. Ett alternativ för att eliminera de befintliga köldbryggorna är att bygga igen balkongerna och montera utanpåliggande balkonger istället. Detta görs genom att flytta ut ytterväggen i liv med övrig fasad och som resultat av denna åtgärd ökar boarean då vardagsrummen i varje lägenhet blir större till ytan.

Ett annat alternativ är att glasa in balkongerna och genom detta öka temperaturen som når köldbryggorna. Därmed minskas energiförlusterna genom att temperaturdifferensen mellan inomhus och utomhus blir mindre. Detta är dock svårt att simulera då det är mycket beroende av brukarens vanor. Till exempel ökar energianvändningen om brukaren har balkongdörren öppen ofta. Vi ser det som ett bra komplement till ovan nämnda åtgärd och kommer inte att göra någon beräkning för inglasning av balkongerna.

5.2.1.7 Källare

Det enda alternativet som är vettigt som energieffektiviserande byggteknisk åtgärd för källaren är att tilläggsisolera källarväggen utvändigt. Detta skulle innebära en stor inverkan på fastigheten då mark runt om huset hade behövts grävas upp. Då dräneringen eventuellt kan vara i behov av att bytas ut kan tilläggsisolering av källarväggarna ses som en åtgärd att göra i samband med denna för att spara pengar.

5.2.1.8 Entré

För entréerna planerar vi att bygga ett nytt entréparti i liv med övrig fasad, detta för att skapa ett vindfång som resulterar i att utomhusluften inte strömmar rakt in i byggnaden. Ytterligare ett resultat av denna åtgärd är att den köldbrygga som idag utgörs av bjälklaget mot lägenhet på våning två elimineras. Eliminering av köldbryggor gynnar inte bara energianvändningen utan ökar även komforten för hyresgästerna. Ytterligare en positiv parameter

är att denna typ av åtgärd kommer innebära att det befintliga entrépartiet, som kan anses ha ett arkitektoniskt värde, kommer kunna behållas och låta spegla byggnadens historia.

I anslutning till entréerna finns idag soprum som nås utvändigt genom en ståldörr. Dessa soprum står idag tomma och brukas ej, därför kommer vi bygga igen ingången och sätta in en skjutdörr mellan det tidigare soprummet och det vindfång som med ovan nämnd åtgärd kommer att skapas. Det gamla soprummet kommer vara avsett för att användas som barnvagnsförråd

5.2.1.9 Stammar

Byggnaden är i stort behov av att göra ett stambyte vare sig man skulle energieffektivisera byggnaden eller inte. I samband med den här typen av ingrepp finns det några åtgärder man kan tänkas göra för att effektivisera energianvändningen. Att installera en spillvattenvärmeväxlare hade säkert givit positiva resultat för byggnadens energianvändning, men det är svårt att simulera så därför väljer vi att inte undersöka saken närmare. Verkningsgraden på dagens värmeväxlare är inte så stor att det skulle kunna påverka det slutgiltiga resultatet så mycket. Individuell mätning och debitering för varmvatten kommer att installeras i samband med ett stambyte, men är även det svårt att simulera vilket gör att denna åtgärd uteblir ur våra beräkningar.

5.2.1.10 Belysning

Den energieffektiviserande åtgärd som har lägst prioritet i åtgärdsplanen men som samtidigt kan vara den enklaste att genomföra omfattas av byte till LED-lampor i gemensamma utrymmen samt installation av belysningsautomatik. Varför denna åtgärd tilldelats lägst prioritet är för att det är svårt att beräkna vilken påverkan denna post har, både i nuläget och efter åtgärd. Som tidigare nämnts är det en lätt åtgärd att vidta, speciellt byte till LED-lampor och är något som bör prioriteras i praktiken.

5.2.2 Passivhus

För att en byggnad skall klassas som ett passivhus krävs att energianvändningen, det vill säga tillförd energi, ej får överstiga $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och är i klimatzon III. Dessutom ställs det krav på att värmeförlusttalet är lägre än 15 W/m^2 samt att luftläckaget inte överstiger $0,3 \text{ L/s m}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa enligt FEBY12 (Sveriges centrum för nollenergihus 2012).

Vi kommer utefter prioriteringslistan undersöka vilka åtgärder som krävs för att komma upp i denna standard.

5.2.3 Åtgärder för en 75 procentig minskning av energianvändningen
Att sänka energianvändningen för huskroppen på Grönkullagatan 29 med 75 procent skulle innebära att energianvändningen skulle sjunka från 100,8 kWh/m² A_{temp} och år till 25,2 kWh/m² A_{temp} och år. Utgångsvärdet, 100,8 kWh/m² A_{temp} och år, är baserat på energisimulering av byggnadens grundutförande och har jämförts med normalårskorrigerade siffror för förbrukad fjärrvärme som vi fått från AB Helsingborgshem. Detta mål, en minskning med 75 procent, satte vi efter att ha gjort en snabb överslagsräkning på hur mycket yta huskroppen har för montering av solceller i ett kommande skede. Enligt Henrik Banche⁹ krävs 800 m² solceller för att producera 55 kWh/m² A_{temp} och år, dock med förutsättningen att dessa är placerade i söderläge med en lutning på 30-50 grader. Vi förutsätter att man kan placera solceller på 500 m² av husets totala takarea på 700 m². Vid montering av solceller på en yta av 500 m² med samma förutsättningar som Henrik Banche hade i sitt fall skulle det kunna produceras 28 kWh/m² och år, därmed hade byggnaden teoretiskt sett kunna klassas som ett nollenergihus.

För att uppnå detta mål utökar vi åtgärderna som krävdes för att uppnå passivhus med ytterligare åtgärder enligt prioriteringslistan.

5.2.4 Nollenergihus

För att en byggnad skall klassas som ett nollenergihus skall kraven som gäller för ett passivhus vara uppfyllda. Utöver dessa krav skall fastigheten producera den energi som används, detta för att hamna på en +/- nollnivå (Sveriges centrum för nollenergihus 2012). Det alternativ vi valt för att producera energi är att installera solceller på fastighetens tak. Solceller omvandlar ljus till elektricitet (Solarlab Sweden 2013).

Om vi ska kunna klassa byggnaden som ett nollenergihus krävs att vi kan visa på att solcellerna kan producera den mängd energi som huset kommer att använda när vi gjort så många byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder vi kan och behöver.

⁹ Henrik Banche Energikonsult Sweco Systems AB Helsingborg intervju 2015-04-29

6 Simulering IDA ICE (Indoor Climate and Energy)

IDA ICE är ett program som används för att studera ett specifikt utrymmes klimat och även energianvändning för en hel byggnad. I programmet simulerar man en byggnad indelad i en eller flera zoner, ett värmesystem och ett eller flera ventilationssystem. Programmet simulerar också skuggningar från omgivande byggnader, väderdata utifrån byggnadens position samt luftens fuktighet och inomhusmiljöns kvalitet inuti byggnaden. Man kan på olika nivåer beroende av noggrannhet beräkna energianvändningen utifrån vilket typ av projekt man arbetar med. EQUA Simulation AB är företaget som äger rättigheterna till programmet och utvecklar det (EQUA Simulation AB 2013).

Modellen som visas i bild 5 har överlåtits från Henrik Banche¹⁰ till oss för att utföra simuleringar på våra planerade åtgärder.



Bild 5: 3D-modell över Grönkullagatan 29
(Hämtad ur IDA ICE 2015)

Vid våra beräkningar och simuleringar har vi varit tvungna att göra vissa antaganden för att förenkla processen något.

Vi har gjort följande antaganden:

- Köldbryggorna antas ha ett ψ -värde som motsvarar 20 procent av byggnadens totala U_{medel} -värde. Detta antagande är gjort då dessa varit både komplexa och många till antalet.
- Glaspartier i balkongdörrar och entrépartier har i modellen simulerats som fönster.
- Övriga dörrar har i modellen simulerats som väggar.
- Att det i ytterväggen finns en väl ventilerad luftspalt, därför har vi valt att inte simulera fasadmaterialet vid beräkning av U-värdet.

¹⁰ Henrik Banche Energikonsult Sweco Systems AB Helsingborg

- Svebyprogrammets värden har använts för inmatning av brukarindata (Sveby Stockholm 2012).
- Att den A_{temp} som IDA ICE räknar ut är korrekt, detta för att korrekta ritningar inte har funnits till hands vilket lett till att vi inte kunnat beräkna en mer exakt A_{temp} .
- Vi har använt oss av den klimatfil som fanns närmast Helsingborg, denna är för Ängelholm.
- I IDA ICE är byggnaden placerad i Malmö då detta var närmast Helsingborg avståndsmässigt.
- Då byggnaden i dagsläget är otät har vi antagit ett ofrivilligt luftflöde på $0,8 \text{ l/s m}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa.
- IDA ICE tar inte hänsyn till den inverkan vädring har på energianvändningen. Vädring är en parameter som är personstyrd och enligt Levin (2009) har detta energipåslag ett värde på $4 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$ och år.

7 Resultat och analys

Här nedan presenterar vi de resultat vi fått fram med hjälp av energisimuleringar i IDA ICE. Genom dessa resultat besvaras följande problemformuleringar och redovisning av dessa sker enligt tidigare upprättad prioriteringslista.

- Vilka byggtekniska och installationstekniska åtgärder krävs vid en renovering av Grönkullagatan 29 för att kunna klassa byggnaden som ett passivhus enligt FEBY12?
- Är det byggtekniskt genomförbart att renovera Grönkullagatan 29 till den grad att energianvändning sänks med 75 procent?
- Finns det möjlighet att, i fallet med en sänkning med 75 procent av energianvändningen, installera solceller till den grad att huset kan klassas som ett nollenergihus?

7.1 Passivhus

Startvärdet på energianvändningen för Grönkullagatan 29 uppgår till 100,8 kWh/m² A_{temp} och år. Detta värde har vi fått genom en simulering av ursprungsmodellen i IDA ICE. Det är utifrån detta värde vi applicerat åtgärder för att sänka energianvändningen.

7.1.1 Fönster

Tabell 3: Redovisning av resultat från simulering Fönster
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 1

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Befintliga 2-glas	U-värde: 2,7 W/m ² K	100,8
Pilkington Optitherm S3 (4-15Ar-4-12Ar-S(3)4)	U-värde: 1,0 W/m ² K	88,6
Pilkington Optitherm S3 (4S(3)-15Ar-4-15Ar-S(3)4)	U-värde: 0,6 W/m ² K	85,7

Då byte till fönster med U-värde $0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ger en mindre energianvändning för byggnaden är det denna åtgärd som kommer användas i fortsatta simuleringar. Denna åtgärd ger en energibesparing på $15,1 \text{ kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år.

7.1.2 Ventilation

Tabell 4: Redovisning av resultat från simulering Ventilation
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 2

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning ($\text{kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år)
Befintligt frånluftssystem		85,7
FTX-system	Verkningsgrad:	54,9
RDKS	81%	
MiniMASTER	SFP: 1,5	
Frånluftsvärmepump		?

Resultatet av att installera ett FTX-system med egenskaper enligt ovan är att energianvändningen sänks med $30,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år.

För att få ett resultat av att installera en frånluftsvärmepump istället för ett FTX-system har vi utgått från en modell med det befintliga frånluftssystemet. Vi kommer simulera de åtgärder som i kombination med FTX-system visar sig vara mest energieffektiva för byggnaden. Utifrån det resultat vi får fram kommer vi beräkna hur mycket energi vi kan spara med hjälp av en frånluftsvärmepump. Vi väljer att gå denna väg efter samråd med Henrik Banche¹¹. För att det ska vara möjligt krävs det att vi har ett värde på byggnadens energianvändning utan att någon åtgärd berörande ventilationen vidtagits.

7.1.3 Tilläggsisolering väggar

Vi har undersökt två olika isoleringslösningar för både gavel- och utfackningsvägg och av dessa gjort fyra olika kombinationer. Resultaten redovisas i nedanstående tabeller.

¹¹ Henrik Banche Energikonsult Sweco Systems AB Helsingborg

Tabell 5: Redovisning av resultat från simulering Ytterväggar
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 3

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Utfackningsvägg: Befintlig konstruktion Gavelvägg: Befintlig konstruktion	Utfackningsvägg: U-värde: 0,5 W/m ² K Gavelvägg: U-värde: 0,5 W/m ² K	54,9
Utfackningsvägg: 235 mm mineralull Reglar c/c 600 Gavelvägg: 80 mm mineralull (utöver befintlig) Reglar c/c 600	Utfackningsvägg: U-värde: 0,140 W/m ² K Fasad: Fibercementskivor alternativt puts Gavelvägg: U-värde: 0,292 W/m ² K Fasadmaterial: skärmtegel	44,4
Utfackningsvägg: 235 mm mineralull Reglar c/c 600 Gavelvägg: 70 mm PIR (utbyte av isolering)	Utfackningsvägg: U-värde: 0,140 W/m ² K Fasad: Fibercementskivor alternativt puts Gavelvägg: U-värde: 0,318 W/m ² K Fasadmaterial: Befintlig tegelfasad	45,0
Utfackningsvägg: 210 mm PIR Gavelvägg: 70 mm PIR (utbyte av isolering)	Utfackningsvägg: U-värde: 0,096 W/m ² K Fasad: Fibercementskivor alternativt puts Gavelvägg: U-värde: 0,3182 W/m ² K Fasadmaterial: Befintlig tegelfasad	42,3
Utfackningsvägg: 210 mm PIR Gavelvägg: 80 mm mineralull (utöver befintlig) Reglar c/c 600	Utfackningsvägg: U-värde: 0,096 W/m ² K Fasad: Fibercementskivor alternativt puts Gavelvägg: U-värde: 0,2922 W/m ² K Fasadmaterial: skärmtegel	42,3

Då båda alternativen med antingen PIR-isolering i gavelväggen eller mineralull i gavelväggen gav samma totala energiförbrukning valde vi mineralull som tilläggsisolering, då dess U-värde var något lägre. Detta i kombination med PIR-isolering i utfackningsväggen gav en total årsförbrukning på $42,3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

För alternativet frånluftsvärmepump där beräkningar är gjorda med befintlig frånluftsflykt har vi endast gått vidare med det mest gynnsamma alternativet.

Tabell 6: Redovisning av resultat från simulering Yttervägg med befintlig frånluftsflykt

För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 4

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning ($\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år)
Utfackningsvägg: Befintlig konstruktion Gavelvägg: Befintlig konstruktion	Utfackningsvägg: U-värde: $0,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ Gavelvägg: U-värde: $0,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	85,7
Utfackningsvägg: 210 mm PIR Gavelvägg: 80 mm mineralull Reglar c/c 600	Utfackningsvägg: U-värde: $0,09548 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ Fasad: Fibercementskivor alternativt puts Gavelvägg: U-värde: $0,2922 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ Fasadmaterial: skärmtegel	69,9

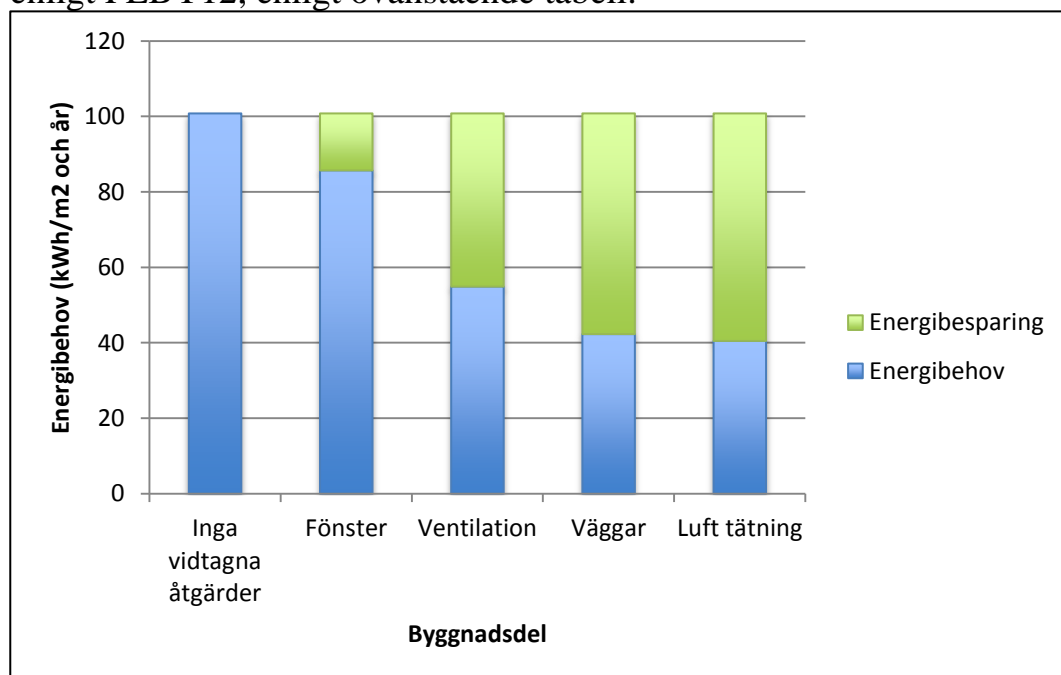
Huskroppen med FTX-system klassas som passivhus för samtliga ovan beprövade kombinationer av tilläggsisolering för gavlar och utfackningsväggar. Med de åtgärder som vidtagits antas läckaget sjunka från $0,8 \text{ L/s m}^2$, som motsvarar ett dåligt tätat hus, till $0,3 \text{ L/s m}^2$ som ställs som krav för passivhus. Med denna minskning sänks energianvändningen ytterligare enligt nedan.

Tabell 7: Redovisning av resultat från simulering Minskat luftläckage
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 5

Byggnadsdel	Åtgärd	Resultat Energianvändning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Fönster	Pilkington Optitherm S3 (4S(3)-15Ar-4-15Ar- S(3)4)	85,7
Ventilation	RDKS MiniMASTER	54,9
Utfackningsväggar	210 mm PIR	42,3
Gavelväggar	70+80 mm mineralull Reglar c/c 600	
Minskat läckage	0,8 L/s m ² → 0,3 L/s m ²	40,5

Minskat läckage från 0,8 L/s m² till 0,3 L/s m² vid en tryckskillnad på 50 Pa med befintligt frånluftssystem → resultat energianvändning = 69,8 kWh/m² A_{temp} och år. För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 6.

Diagram 1: Visar resultaten av åtgärderna för att uppnå passivhusstandard enligt FEBY12, enligt ovanstående tabell.



7.2 75 procents minskning

Med föregående åtgärd nådde huset passivhus-standard med en marginal på 9,5 kWh/m² A_{temp} och år. För att sänka energianvändningen ytterligare bygger vi på dessa åtgärder enligt prioriteringslistan.

7.2.1 Tilläggsisolering tak

Tabell 8: Redovisning av resultat från simulering Tak
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 7

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Befintlig konstruktion	U-värde: 0,28 W/m ² K	40,5
Mineralulls-board 150 mm	U-värde: 0,1221 W/m ² K	37,6
PIR isolering 150 mm	U-värde: 0,09027 W/m ² K	36,9

Tabell 9: Redovisning av resultat från simulering Tak med befintlig frånluftsfläkt
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 8

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Befintlig konstruktion	U-värde: 0,28 W/m ² K	69,8
PIR isolering 150 mm	U-värde: 0,09027 W/m ² K	65,1

Första steget i att sänka energianvändningen ytterligare är att tilläggsisolera taket. För denna byggnadsdel väljer vi att utvändigt montera en 150 mm tjock PIR-isolering då denna åtgärd resulterar i lägst energianvändning i jämförelse med det alternativ vi undersökte, att montera en 150 mm tjock mineralullsboard.

7.2.2 Balkonger

Den vinst i energianvändning vi får av att bygga in de nuvarande indragna balkongerna och istället montera nya balkonger utanpå fasaden är svår att simulera i IDA ICE. Vi har istället valt att göra ett antagande utifrån beräkningar av hur stor andel av husets totala köldbryggor som upptogs av balkongerna. Vi räknade byggnadens totala omkrets och undersökte hur många meter köldbryggor balkongerna utgjorde. Den procentsats vi satt till köldbryggornas ψ -värde tidigare (20 procent av byggnadens U_{medel} -värde) kan när balkongerna är borta räknas ner enligt följande beräkning.

$$\frac{(L_{\text{tot}} - L_{\text{balkong}})}{L_{\text{tot}}} \cdot 0,2 = \frac{77320 - 19900}{77320} \cdot 0,2 = 0,149$$

När vi byggt in balkongerna har vi beräknat att husets köldbryggor kan minska med ungefär fem procent. Vi har i denna beräkning inte tagit hänsyn till att det bildas andra köldbryggor i form av hörn i den nya fasaden och för att vara på säkra sidan väljer att nu istället räkna med att köldbryggornas totala ψ -värde representeras av 16 procent av byggnadens U_{medel} -värde.

Det totala U_{medel} -värdet för byggnaden ($0,268 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) användes för att få fram det nya totala ψ -värdet genom beräkning: $0,268 \cdot 0,16 = 0,043 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Efter simulation kan vi se att energianvändningen för modellen med FTX-system sjunker till $36,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år, för resultatrapport från IDA ICE se bilaga 9. För modellen med befintligt frånluftssystem sjunker energianvändningen till $64,1 \text{ kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år, för resultatrapport från IDA ICE se bilaga 10.

7.2.3 Källare

Tabell 10: Redovisning av resultat från simulering Källarvägg
För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 11

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning ($\text{kWh/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}}$ och år)
Befintlig konstruktion	U-värde: $0,81 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	36,0
PERIMATE DI-A-N ISOVER 100 mm	U-värde: $0,2609 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	35,4

Tabell 11: Redovisning av resultat från simulering Källarvägg med befintlig frånluftsfläkt

För resultatrapport från IDA ICE se bilaga 12

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Befintlig konstruktion	U-värde: 0,81 W/m ² K	64,1
PERIMATE DI-A-N ISOVER 100 mm	U-värde: 0,2609 W/m ² K	62,6

För källaren väljer vi att endast testa en utvändig tilläggsisolering av källarvägg med en isolertjocklek på 100 mm. Denna åtgärd ger en sänkning av energianvändningen på 0,6 kWh/m² A_{temp} och år för beräkningen med installerat FTX-system, och en sänkning på 0,5 kWh/m² A_{temp} och år för beräkningarna med det befintliga frånluftssystemet.

7.2.4 Entrépartier

Den sista byggtekniska åtgärden vi gör på Grönkullagatan 29 är att bygga nya entrépartier som placeras i liv med övrig fasad. Vi bygger även igen de ståldörrar som leder till före detta soprum i anslutning till entréerna och låter de gamla entrépartierna stå kvar för att tillsammans med de nya skapa ett vindfång.

Resultatet av ovanstående åtgärd i kombinationen med FTX-systemet ger en total energianvändning per år på 34,3 kWh/m² A_{temp}, för resultatrapport från IDA ICE se bilaga 13. Ovanstående åtgärd tillsammans med befintligt frånluftssystem resulterar i en energianvändning på 60,9 kWh/m² A_{temp} och år, för resultatrapport från IDA ICE se bilaga 14.

7.2.5 Ventilation med frånluftsvärmepump

Tabell 12: Redovisning av resultat från installation av frånluftsvärmepump

Åtgärd	Egenskaper	Energi-användning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Befintligt frånluftssystem		60,9
Frånluftsvärmepump	Energitäckningsgrad 100 % COP 3,64	40,7

För beräkning av en ungefärlig energibesparing för installation av en frånluftsvärmepump har vi utgått från värden som Henrik Banche bidragit med. Dessa värden är baserade på erfarenhet från liknande projekt där högpresterande pumpar installerats. Vi har antagit en energitäckningsgrad på 100 procent och ett COP (coefficient of performance) på 3,64. Den energianvändning vi fått fram genom simulering ligger på $60,9 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Av dessa uppgår uppvärmningen till $27,9 \text{ kWh m}^2 A_{\text{temp}}$ och år av vilka vi kan återvinna 100 procent vilket ger att resultatet för uppvärmning kan minska med $27,9 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. För att återvinna denna värme förbrukar värmeväxlaren en viss energi vilket baseras på COP-värdet (kan jämföras med verkningsgraden) som sätts till 3,64. För att återvinna 27,9 kW krävs 7,66 kW ($27,9/3,64=7,66$). Vi kan alltså göra ett antagande om att för en frånluftsvärmepump med dessa egenskaper kan vi spara ytterligare 20,24 $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Den nya energianvändningen blir nu $40,7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år.

7.2.6 Slutgiltig åtgärd

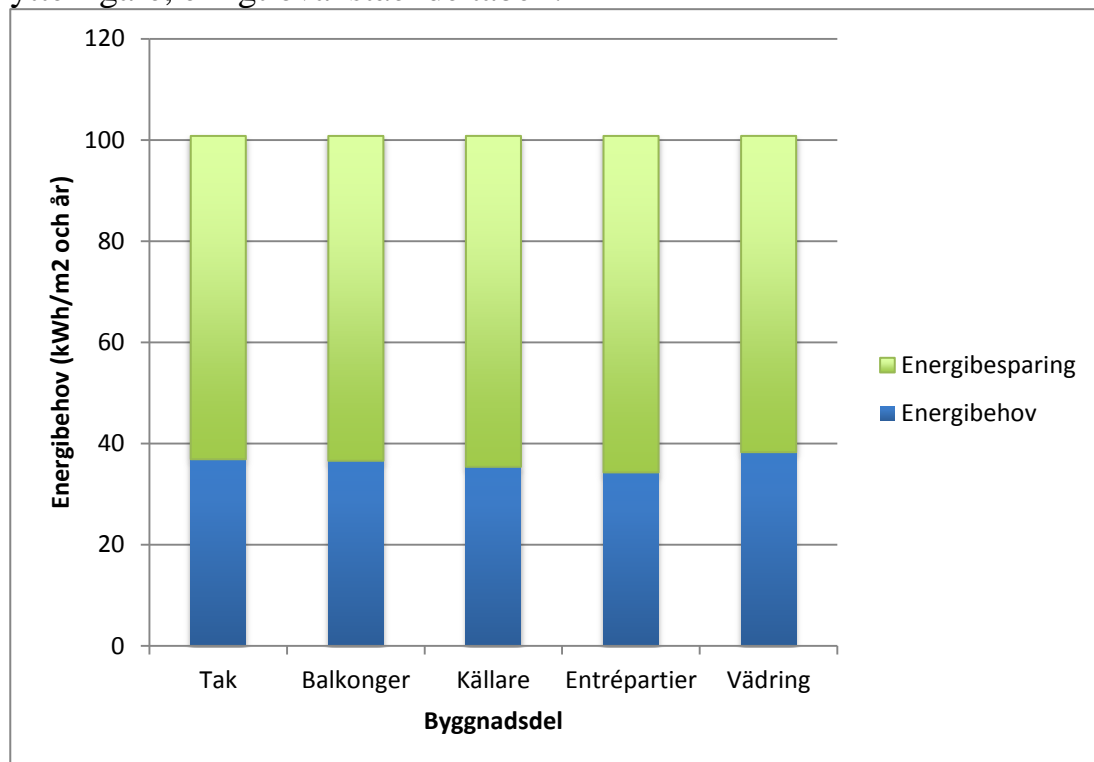
Den mest energieffektiva åtgärdscombinationen för Grönkullagatan 29 är följande:

Tabell 13: Redovisning av slutgiltig åtgärd

Byggnadsdel	Åtgärd	Resultat Energianvändning (kWh/m ² A _{temp} och år)
Fönster	Pilkington Optitherm S3 (4S(3)-15Ar-4-15Ar- S(3)4)	85,7
Ventilation	FTX-system RDKS MiniMASTER	54,9
Utfackningsväggar	210 mm PIR	42,3
Gavelväggar	70+80 mm mineralull Reglar c/c 600	
Minskat läckage	0,8 L/s m ² → 0,3 L/s m ²	40,5
Tak	PIR isolering 150 mm	36,9
Balkonger	Inbyggnad av balkonger	36,0
Källare	PERIMATE DI-A-N ISOVER 100 mm	35,4
Entrépartier	Nya partier i liv med fasad	34,3

På detta värde lägger vi till schablonvärdet för vädring som tidigare nämnts i samband med antaganden för vår modell i kapitel 6. Då får vi ett slutgiltigt resultat på 38,3 kWh/m² A_{temp} och år vilket utgör en besparing på 62 procent då den ursprungliga energiförbrukningen var 100,8 kWh/m² A_{temp} och år. Att sänka energiförbrukningen med 75 procent skulle innebära att ytterligare åtgärder behöver vidtas för att spara in 13,1 kWh/m² A_{temp} och år.

Diagram 2: Visar resultaten av åtgärderna för att sänka energibehovet ytterligare, enligt ovanstående tabell.



7.3 Nollenergihus

Utgångsvärdet med ovanstående åtgärder är en energiförbrukning på 38,3 kWh/m² A_{temp} och år, det vill säga 102 074 kWh/år med en A_{temp} på 2 665 m². För att kunna klassa byggnaden som ett nollenergihus krävs en energiproduktion som motsvarar denna förbrukning.

7.3.1 Solceller

Enligt tidigare beräkningar i kapitel 5.2.3 kan solceller med de antaganden kring placering som gjorts producera 183 kWh/m² år. För att täcka förbrukningen på 102 074 kWh/år skulle det krävas 600m² solceller på byggnadens tak, som har en yta på 673 m². Med denna mängd solceller nås en energiproduktion på 109 935 kWh/år. Antas denna åtgärd vara praktiskt genomförbar kan byggnaden klassas som ett nollenergihus.

7.4 Känslighetsanalys

För att skapa förtroende för vår modell har vi gjort en känslighetsanalys av modellen där vi varierat fem olika parametrar och sedan jämfört resultaten med varandra. Dessa resultat skiljer sig inte mycket åt vilket tyder på att de antaganden som gjorts i samband med modellens uppbyggnad är rimliga och ganska trovärdiga. Det resultat som varierar mest är det när vi ändrade klimatfil, dessa är registrerade olika år vilket kan innebära ganska stora skillnader i klimatet. Liksom dessa klimatfiler varierar kommer framtidens

klimat kunna variera, och likaså byggnadens energibehov på grund av dessa parametrar.

Tabell 14: Redovisning av resultat från känslighetsanalys

Försök	Detta är det grundutförande som vi utgått från	100,8 (kWh/m² A_{temp} och år)
Försök 1 - Kalmar	I detta försök ändrade vi placering från Malmö till Kalmar.	101,0
Försök 2 – 0,25	I detta försök ändrade vi parametern tidssteg från 1,5 till 0,25	100,6
Försök 3 - Klimat	I detta försök ändrade vi klimatfil från Ängelholm till Ljungbyhed	102,9
Försök 4 - Tolerans	I detta försök ändrade vi toleransen från 0,02 till 0,01	100,7
Försök 5 – läckage	I detta försök ändrade vi det totala läckaget i byggnaden från 0,8l/s m ² till 1,0 l/s m ²	100,9

Detta ger vårt resultat en känslighet på ca +/- 2 kWh/m² A_{temp} och år.

8 Diskussion och slutsats

8.1 Resultatdiskussion

En reflektion vi gjort är att det startvärde på energianvändningen som vår byggnad hade från början var ganska lågt jämfört med många andra byggnader från miljonprogrammet. Till exempel låg byggnaden i Lagersberg på en energianvändning på $180 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, jämfört med Grönkullagatan 29 som hade $100,8 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Vi har utgått från simuleringar i originalmodellen och jämfört med normalårskorrigerade siffror för förbrukad fjärrvärme som vi fått från AB Helsingborgshem, detta värde ligger på ca $105 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Utifrån detta har vi antagit att $100,8 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år är ett rimligt startvärde.

Med relativt enkla åtgärder fick vi ett resultat som innebar att byggnaden uppfyllde passivhusstandard. Med enkla åtgärder menar vi att de åtgärder som appliceras i pilotprojektet har använts och utvecklats något men inga nya byggtekniska eller installationstekniska lösningar har tillkommit. Det man kan säga är att man i pilotprojektet utgick från ett ganska mycket högre startvärde på energiförbrukningen än vad vi gjort, därav når vi lättare passivhusstandard för Grönkullagatan 29.

Om man ska välja ut några av åtgärderna att diskutera närmare kan lyftas att de två alternativ vi hade för fönsterbyte gav ganska lika resultat då energianvändningen endast hade en differens på $2,9 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Hade vi tagit ett beslut baserat på ekonomi hade det antagligen varit mer lönsamt att välja det fönster med högre U-värde ($1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Vi hade även med detta val nått passivhusstandard efter installation av FTX och tilläggsisolering av väggar. När vi valde åtgärd för väggarna fick vi fyra ganska lika resultat av de kombinationerna vi valde att undersöka. Två av resultaten var helt identiska men vi valde ändå att gå vidare med den åtgärd som hade lägst U-värde. Åtgärden innebar att man för gavelväggarna tilläggsisolerade med mineralull utanpå den befintliga isoleringen och fick byta fasadmaterial från tegel till skärmtegel. I och med att skillnaden var så liten skulle det vara lätt att motivera att behålla den befintliga tegelfasaden av arkitektoniska skäl. Dock antas arbetet för denna åtgärd vara mer omfattande än för den valda åtgärden. Ur en ekonomisk synpunkt bör man givetvis även ta hänsyn till kostnaden för de material som skall användas.

Resultatet för åtgärden av balkongerna blev mindre än vad vi hade förväntat oss. Det var svårt att simulera i IDA ICE vilket resultat vi skulle nå av åtgärden och därför valde vi att göra en alternativ beräkning, detta kan vara felkällan som gör att vi inte får det resultat vi förväntat oss. Baserat på det resultat vi fick ser vi det inte som en lönsam åtgärd då denna åtgärd är

omfattande och skulle innebära omflyttning av boende och en hyreshöjning då boytan skulle öka i varje lägenhet.

Ur en ekonomisk synpunkt anser vi att tilläggsisolering av källaren inte skulle vara lönsam så länge man inte behöver göra om dräneringen och då ändå kommer gräva upp marken. Det skulle innebära väldigt mycket jobb och ur energianvändningssynpunkt ger det inte särskilt stora resultat.

Om man trots allt skulle välja att applicera alla dessa åtgärder får man en sänkt energianvändning med 62 procent, vilket är väldigt bra och dubbelt så mycket som AB Helsingborgshem ställer krav på vid ombyggnation i dagsläget.

Två parametrar som är viktiga i detta avseende men som vi inte fokuserat på i denna rapport är inverkan av ekonomi, som tidigare nämnts, och även de sociala aspekterna. Vi är medvetna om att det inte går att fatta några beslut endast baserat på energihushållning utan för en hållbar process krävs att man tar hänsyn till alla tre aspekter, miljömässig, ekonomisk och social. Om vi hade behandlat samtliga aspekter i denna rapport hade vi kunnat jämföra dessa enligt Renobuild som är en beslutsmetod för hållbar renovering (Mjörnell, Capener, Elfborg 2013). I och med detta har vi haft svårt att jämföra vårt resultat med det resultat pilotprojektet visat på då de tagit samtliga parametrar i beaktning under hela processen.

Förutom de byggtkniska och installationstekniska lösningarna, som är det enda vi behandlat, är det många mänskliga parametrar som kan påverka energianvändningen. Hyresgästernas beteende kring vädring, närvaro, rörelse och komfort kan avvika från de schablonvärde vi antagit och därför påverka resultatet. Vi tror dock att denna möjliga avvikelse inte är i den storleksordningen att det skulle påverka vårt slutliga resultat märkbart.

Vi lyckades inte sänka energianvändningen med 75 procent efter vidtagna åtgärder. Det är möjligt att man till exempel hade kunnat öka tjockleken på isolering. Vi har begränsat oss till den väggtjocklek man undersökt för pilotprojektet för att vara på säkra sidan i detta avseende. Skulle man vilja öka tjockleken ytterligare skulle en fuktutredning krävas för att inte äventyra husets inomhusmiljö. Ett annat alternativ som vi valt att inte undersöka närmare på grund av komplexitet i beräkningarna var spillvattenvärmeväxlaren. Av de $34,3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år som vi till sist kommer till består $25,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år av energiförbrukning för varmvatten. Hade den posten kunnat halveras hade vi uppnått målet med en sänkning på 75 procent.

8.2 Metoddiskussion

Arbetet har varit jämt fördelat och flutit på bra under hela arbetsgången. Vi är nöjda med upplägget och samarbetet med Sweco, dock har tiden känts knapp mot slutet.

I början av våren la vi ned mycket tid på litteraturstudier om liknande projekt för att bredda vår kunskap och hitta lösningar, samt förstå vilka lösningar som var lyckade för energieffektivisering av miljonprogramshus. Det var svårt att hitta projekt där man använt sig av innovativa lösningar. Detta tror vi är på grund av att energieffektivisering av miljonprogramshus är en växande fråga och fortfarande ett ganska färskt ämne inom byggbranschen. De flesta projekt resulterade i åtgärder av beprövade lösningar. I många av de projekt vi läst om höll man fortfarande på med att antingen bygga eller utvärdera.

Modellen i IDA ICE som vi övertog från Henrik Banche har givit oss resultat med stor säkerhet i jämförelse med om vi hade använt oss av enklare och mer övergripande program för energiberäkning. Programmet är väldigt komplext och tidskrävande. Den kunskap vi besitter är yttlig och hade vi haft mer tid hade vi säkert kunnat beräkna några av åtgärderna med större noggrannhet istället för att göra antaganden.

En av utmaningarna i detta projekt har varit att ritningsunderlag och övriga handlingar inte stämmer överens med verkligheten. Detta har lett till flera antaganden i samråd med vår handledare Malin Lind på Sweco. Vi känner nu i efterhand att det hade kunnat vara enklare och mer lärorikt om pilotprojektet på Drottninghög pågick eller hade varit färdigställt. Nu har Grönkullagatan 29 istället blivit ett väldigt teoretiskt projekt.

8.3 Slutsats

De byggtekniska och installationstekniska lösningarna som krävs för att komma upp i passivhusstandard, enligt FEBY12, för Grönkullagatan 29 är följande:

- Utbyte av samtliga fönster till Pilkington Optitherm S3 (4S(3)-15Ar-4-15Ar-S(3)4)
- Installation av FTX-system RDKS MiniMASTER
- Tilläggsisolering av utfackningsväggar med 210 mm PIR-isolering
- Tilläggsisolering av gavelväggar med 70+80 mm mineralull
- Luft tätning av byggnaden vilket resulterade i luftläckage 0,3 L/s m²

Dessa lösningar var förutsägbara och inte särskilt innovativa. Det som skiljer våra lösningar från många vanligt förekommande är att vi använt oss av

väldigt högpresterande material och installationer. Det är helt klart byggtekniskt möjligt att renovera ett miljonprogramshus som i detta fall Grönkullagatan 29 till passivhusstandard, dock måste man väga in ekonomiska och sociala parametrar i undersökningen för att kunna fatta ett korrekt beslut om åtgärd.

Att sänka energiförbrukningen med 75 procent med de åtgärder vi undersökt är ej möjligt. Dock finns det möjlighet att trots detta kunna klassa huset som ett nollenergihus med förutsättning att solceller installeras och kan producera den mängd energi som byggnaden behöver.

9. Referenslista

Adalberth, K. Sehlin, M. Kjellman, A. Thapper, C. Wenngren, C. (2010). *Att bygga energieffektivt – fakta och råd om energi för dig som går i nybyggnadstankar*. [Broschyr]

http://kfsk.se/wp-content/uploads/2014/12/Att-bygga-energieffektivt_fakta-och-rad-om-energi-for-dig-som-gar-i-nybyggnadstankar.pdf [2015-03-18]

Alingsåshem, Passivhuscentrum, Skanska, SP (2013). *Brogården – Med fokus på framtiden*. [Broschyr].

http://www.alingsashem.se/uploads/pdf/Brogarden_mars13_webbx.pdf [2015-03-10]

Andersson, C. Fant, K. Landfors, K. During, O. Södergren, L-O. (2009). *Att tilläggsisolera hus – fakta, fördelar och fallgropar*. [Broschyr].

<https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CFMQFjAD&url=https%3A%2F%2Fenergimyndigheten.a-w2m.se%2FFolderContents.mvc%2FDownload%3FResourceId%3D2829&ei=CKYCVeO7HYviywP14oCgBw&usg=AFQjCNFgUH6tYdl2T9KKdCx195k5gYMXpg&sig2=jsf-795NERQW-0T4dG5gug&bvm=bv.88198703,d.bGQ> [2015-03-13]

Blomsterberg, Å. (2012). *D3.1a UTMÄRKANDE DRAG FÖR LÅGENERGIBYGGNADER OCH LÅGENERGIRENOVERINGAR*.

http://www.energimyndigheten.se/Global/F%C3%B6retag/BUSS/D3%201a%20Utm%C3%A4rkande%20drag%20l%C3%A5genergihus_slutlig%20pdf.pdf [2015-03-13]

Boverket (2004). *Från två till 120 anbud*. [Broschyr]

<http://www.gardstensbostader.se/Global/G%C3%A5rdstensbost%C3%A4der/Broschyrer/Fran2till120anbyd.pdf> [2015-03-12]

Boverket (2007). *Så fick miljonprogrammet ett nytt ansikte*. [Broschyr]

http://www.gardstensbostader.se/Global/G%C3%A5rdstensbost%C3%A4der/Broschyrer/sa_fick_miljonprogrammet_ett_nytt_ansikte.pdf [2015-03-12]

Boverket (2014). *Atemp*.

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/> [2015-05-21]

Boverket (2014). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*.
<http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/> [2015-04-03]

Bärtås, L. (2014). *Fakta om nollenergihus*.
<http://www.byggahus.se/bygga/nollenergihus-fakta> [2015-03-12]

Dehlin, S. (2012). *D3.2 – Behov av kompetensutveckling vid produktion av lågenergibyggnader och lågenergirenovering av befintliga byggnader*.
<https://www.energimyndigheten.se/Global/F%C3%B6retag/Energieffektivt%20byggande/Build%20up%20skills/D3%202%20Behovsanalys.pdf>
[2015-03-13]

Energimyndigheten (2011). *Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX-system)*.
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/FTX-system/>
[2015-04-16]

Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket (u.å). *Miljonprogrammet – en unik satsning*.
<http://www.renoveraenergismart.se/miljonprogrammet/> [2015-04-03]

EQUA Simulation AB (2013). *User Manual -l IDA Indoor Climate and Energy Version 4.5*.
<http://www.equaonline.com/iceuser/pdf/ICE45eng.pdf> [2015-04-09]

Forskningsrådet Formas (2012). *Miljonprogrammet – Utveckla eller avveckla?* Stockholm: Edita AB.

Friberg, J. (2014). *Energiberäkning Grönkulla hus 5*. Helsingborg: Gunnar Karlson AB

Frid, M. (2013) *Solcellsdrivet FTX-system för miljonprogrammhus*. Examensarbete, Högskolan Dalarna. Borlänge: Högskolan Dalarna.
<http://du.diva-portal.org/smash/get/diva2:668199/FULLTEXT02.pdf>
[2015-04-29]

Juell-Skielse, M. (2010). *Dags att halvera energibehovet i miljonprogramshusen.*

<http://omvarldsbevakning.byggstjanst.se/artiklar/2010/juni/dags-att-halvera-energibehovet-i-miljonprogramshusen/> [2015-04-09]

Karlsson, C. Levin, P. (2015) *Slutrapport för Lagersbergs renoveringsetapp 1.* Eskilstuna: Kommunfastighet.

Karlsson, C. (2013). *Förstudie av energieffektivisering och Fronts fasadsystem i befintligt flerbostadshus från miljonprogramstiden.*

http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2012/12/eskilstuna_2011_08_Slutrapport_Lagersberg_2013.pdf [2015-04-03]

Karlsson, E. Linnér, Å. (2007). *Hållbar förnyelse av rekordårens bebyggelse.* Examensarbete, Malmö Högskola. Malmö: Malmö Högskola.

<http://dspace.mah.se/bitstream/handle/2043/13532/Examensarbetet.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [2015-02-24]

Karlsson, Å. Kjessler & Mannerstråle AB (1965).

Konstruktionsritningar över Hus C Drottninghög. [2015-04-02]

Krögerström, L. (2007). *Fönster.* [Broschyr]

<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=2832> [2015-03-16]

Larsson, J. (2012). *Drottninghög Västra Grönkulla Helsingborg - Rapport befintliga byggnadskonstruktioner.* Helsingborg: JKAB Arkitekter

Levin, P. Energi & klimatanalys AB (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder – Svebyprogrammet.*

http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata_bostader.pdf [2015-05-12]

Lind, M. Larsson, P. (2012). *Teknisk inventering – Statusinventering Drottninghög.* Helsingborg: Sweco Management AB

Lindskog, M. (2015). *Fuktriskbedömning av påbyggd yttervägg och tilläggsisolerat yttertak - Grönkulla hus 5.* Helsingborg: AK-konsult Indoor Air AB

Mjörnell, K. Blomsterberg, Å. (2014). *Rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga flerbostadshus*.
<http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2014/11/Slutrapport-TURIK-2-2014-08-14-final.pdf> [2015-04-02]

Mjörnell, K. Capener, C-M. Elfborg, S. (2013). Hållbar renovering. *BYGG & TEKNIK*, nr.2 mars 2013. <http://issuu.com/byggteknikforlaget/docs/2-13/12> [2015-05-21]

Nielsen, S. Kjessler & Mannerstråle AB (1967).
Relationsritningar över Hus I Drottninghög. [2015-04-02]

Nilsson, R. Jönsson, M. Lääth, A. (2011). *Energirenovering av miljonprogramshus*. Examensarbete, Tekniska Högskolan, Högskolan i Jönköping.
<http://hj.diva-portal.org/smash/get/diva2:466909/FULLTEXT01.pdf> [2015-03-12]

Nykvist, A. (2012). *Förstudie värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus*. http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2013/10/Bilaga_15_Forstudie_Varheatervinningssystem_for_spillvatten_i_flerbostadshus.pdf [2015-03-18]

Nykvist, A. (2012). *Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus*.
http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2013/10/Varheatervinning_ur_spillvatten.pdf [2015-03-19]

Olsson-Jonsson, A./SP (2011). *Fakta om fönster*. [http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fakta_fonster.asp](http://www.v2.sp.se/energy/ffi/fakta_fonster.asp) [2015-03-16]

Roos, A. (2004). *Energieffektiva fönster – bra för både plånbok och miljö*.
<http://miljoforskning.formas.se/en/Nummer/Februari-2004/Innehall/Ovriga-artiklar/Energieffektiva-fonster/> [2015-03-16]

Saint-Gobain ISOVER AB (u.å). *Isolera ytterväggar utifrån–två lager*.
<http://www.isover.se/tillaggsisolering+och+småhus/att+tillaggsisolera/vagggar+och+golv/isolera+yttervagg+utifrån++två+lager> [2015-03-16]

Sandin, K. (2007). *PRAKTISK HUSBYGGNADSTEKNIK*. Lund: Studentlitteratur AB

Skanska (2012). *Alingsås*.

<http://www.skanska.se/sv/bygg-och-anlaggning/bygg-och-fastigheter/miljonhemmet/referensprojekt/alingsas/> [2015-03-10]

Sjödahl, E. (2011). *Energistrategi 2035 – en kortversion*. [Broschyr].

http://www.helsingborg.se/ImageVaultFiles/id_14617/cf_2/energistrategi_kortversion.PDF [2015-02-16]

Solarlab Sweden (2013). *Vad är en solcell?*

<http://solarlab.se/solpanel/solcell-fakta> [2015-04-29]

Statens Energimyndighet (u.å). *Välisolerade fönster bidrar till en bättre miljö*. [Broschyr]

http://www.stockholm.se/Global/Frist%C3%A5ende%20webbplatser/Stadsledningskontoret/LIP/Kunskapssluss/isolerade_fonster.pdf [2015-03-16]

Sveby Stockholm (2012). *Brukarindata bostäder*. http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby_Brukarindata_bostader_version_1.0.pdf

[2015-05-05]

Sveriges centrum för nollenergihus (2012). *Kravspecifikation för passivhus, nollenergihus och minienergihus – Bostäder*.

http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/kravspecifikation_feby12_-_bostader_sept.pdf [2015-03-12]

Takcentrum Sverige AB (u.å). *Vad är PIR*.

<http://pirisolering.se/allt-om-pir/vad-ar-pir/> [2015-04-17]

VVS Företagen (2009). *Renoveringshandboken för hus byggda 1950-75*. Stockholm: VVS Företagen

9.1 Bilder, figurer och tabeller:

Bild 1: Brogården i Alingsås

Andersson & Hultmark AB (2014). *Hållbarhetspris till Brogården*.

<http://www.byggvarlden.se/hallbarhetspris-till-brogarden-77848/nyhet.html> [2015-05-21]

Bild 2: Gårdsten i Göteborg

Von Brömssen, M. (2011). *Gårdsten solhuset – Foto Martin von Brömssen*.

<http://news.cision.com/se/varldsnaturfonden-wwf/i/gardsten-solhuset---foto-martin-von-bromssen,c113968> [2015-05-21]

Bild 3: Lagersberg i Eskilstuna

Berwick, M (2013). *Hyreshöjningar i miljonprogrammen – staten betalar inte renoveringar.*

<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=87&artikel=5499518>
[2015-05-21]

Bild 4: Gårdsfasad Grönkullagatan 29

Wedelsbäck, C. (2015)

Bild 5: 3D-modell av Grönkullagatan 29

Jönsson Vikterlöf, K. (2015)

Figur 1: Antal färdigställda lägenheter år 1960-1980

Andersson, A. Boverket (2014). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder.*

<http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/> [2015-04-03]

Figur 2: Illustration av fönstrets egenskaper vid solinstrålning

Statens Energimyndighet (u.å). *Välisolerade fönster bidrar till en bättre miljö.* [Broschyr]

http://www.stockholm.se/Global/Frist%C3%A5ende%20webbplatser/Stadsledningskontoret/LIP/Kunskapssluss/isolerade_fonster.pdf [2015-03-16]

Figur 3: Illustration av FTX-system i bostad

Adalberth, K. Sehlin, M. Kjellman, A. Thapper, C. Wenngren, C. (2010). *Att bygga energieffektivt – fakta och råd om energi för dig som går i nybyggnadstankar.* [Broschyr]

http://kfsk.se/wp-content/uploads/2014/12/Att-bygga-energieffektivt_fakta-och-rad-om-energi-for-dig-som-gar-i-nybyggnadstankar.pdf [2015-03-18]

Figur 4: Förenklad skiss av K-ritningar, illustration av husets olika väggtyper

Karlsson, Å. Kjessler & Mannerstråle AB (1965).

Konstruktionsritningar över Hus C Drottninghög. [2015-04-02]

Figur 5: Principskiss över befintlig konstruktion till vänster och ny konstruktion till höger

Lindskog, M. (2015). *Fuktriskbedömning av påbyggd yttervägg och*

tilläggsisolerat yttertak - Grönkulla hus 5. Helsingborg: AK-konsult Indoor Air AB


Tabell 1: Redovisning av konstruktionerna inifrån sett

Lindskog, M. (2015). *Fuktriskbedömning av påbyggd yttervägg och tilläggsisolerat yttertak - Grönkulla hus 5. Helsingborg: AK-konsult Indoor Air AB*

Tabell 2: Redovisning av konstruktionerna inifrån sett

Lindskog, M. (2015). *Fuktriskbedömning av påbyggd yttervägg och tilläggsisolerat yttertak - Grönkulla hus 5. Helsingborg: AK-konsult Indoor Air AB*








Tabell 3-14 är baserade på resultat från IDA ICE och skapade av författarna till denna rapport.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster 0.6	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-17 16:11:45	Average U-value	0.5282 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	6 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	3 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	32 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3435	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16544	6.2	1.98
	Total, Facility electric	19979	7.5	
	Heating	140441	52.7	70.33
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	208426	78.2	
	Total	228405	85.7	
	Lighting, tenant	27058	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50895	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77953	29.3	
	Grand total	306358	114.9	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmo1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster FTX	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-07 12:40:21	Average U-value	0.5282 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	13 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	8 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3437	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12106	4.5	1.44
	Total, Facility electric	15543	5.8	
	Heating	62739	23.5	39.76
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	130724	49.1	
	Total	146267	54.9	
	Lighting, tenant	27073	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50922	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77995	29.3	
	Grand total	224262	84.2	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	2665.1 m ²
Customer		Model volume	6783.6 m ³
Created by	Banche Henrik	Model ground area	690.1 m ²
Location	Malmo1	Model envelope area	3043.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Window/Envelope	9.0 %
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN	Average U-value	0.3732 W/(K·m ²)
Simulated	2015-05-07 14:18:10	Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	28 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	20 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %


Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3436	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12067	4.5	1.4
	Total, Facility electric	15503	5.8	
	Heating	29132	10.9	26.82
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	97117	36.4	
	Total	112620	42.3	
	Lighting, tenant	27067	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50914	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77981	29.3	
	Grand total	190601	71.5	

*heating value

Monthly Delivered Energy








file:///C:/Users/Karin/AppData/Local/Temp/idamod46/Prio%20Fönster%20FTX%20... 2015-05-17

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-07 15:54:48	Average U-value	0.3732 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0,4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	17 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	11 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %


Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3441	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16443	6.2	1.93
	Total, Facility electric	19884	7.5	
	Heating	98285	36.9	55.75
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	166270	62.4	
	Total	186154	69.9	
	Lighting, tenant	27103	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50978	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	78081	29.3	
	Grand total	264235	99.1	

*heating value

Monthly Delivered Energy








file:///C:/Users/Karin/AppData/Local/Temp/idamod46/Prio%20Fönster%200.6%20out... 2015-05-17

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmo1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN minskat luftläckage	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-07 16:03:50	Average U-value	0.3732 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	31 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	22 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %

Delivered Energy Overview

	Delivered energy		Demand
	kWh	kWh/m ²	kW
 Lighting, facility	3436	1.3	0.94
 Cooling	0	0.0	0.0
 HVAC aux	12062	4.5	1.4
Total, Facility electric	15498	5.8	
 Heating	24454	9.2	23.94
 Domestic hot water	67985	25.5	7.76
Total, Facility fuel*	92439	34.7	
Total	107937	40.5	
 Lighting, tenant	27065	10.2	7.4
 Equipment, tenant	50908	19.1	13.92
Total, Tenant electric	77973	29.3	
Grand total	185910	69.8	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP tät	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-07 16:46:59	Average U-value	0.3732 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0,4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	17 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	11 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3440	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16443	6.2	1.93
	Total, Facility electric	19883	7.5	
	Heating	98155	36.8	55.74
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	166140	62.3	
	Total	186023	69.8	
	Lighting, tenant	27096	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50969	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	78065	29.3	
	Grand total	264088	99.1	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN minskat luftläckage takPIR	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-07 16:51:12	Average U-value	0.3216 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	37 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	29 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3434	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12052	4.5	1.4
	Total, Facility electric	15486	5.8	
	Heating	14977	5.6	18.98
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	82962	31.1	
	Total	98448	36.9	
	Lighting, tenant	27051	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50881	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77932	29.2	
	Grand total	176380	66.2	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP tät takPIR	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-12 09:06:53	Average U-value	0.3216 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0,4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	24 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	15 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	28 %


Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3442	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16425	6.2	1.91
	Total, Facility electric	19867	7.5	
	Heating	85703	32.2	51.87
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	153688	57.7	
	Total	173555	65.1	
	Lighting, tenant	27110	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50993	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	78103	29.3	
	Grand total	251658	94.4	

*heating value

Monthly Delivered Energy








file:///C:/Users/Karin/AppData/Local/Temp/idamod46/Prio%20Fönster%200.6%20ut... 2015-05-17

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN minskat luftläckage takPIR balkong	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-08 10:54:26	Average U-value	0.3108 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	39 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	31 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3435	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12051	4.5	1.4
	Total, Facility electric	15486	5.8	
	Heating	12479	4.7	16.97
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	80464	30.2	
	Total	95950	36.0	
	Lighting, tenant	27056	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50889	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77945	29.3	
	Grand total	173895	65.3	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP tät takPIR balkong	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-12 10:39:40	Average U-value	0.2895 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference


Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	25 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	17 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3442	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16418	6.2	1.91
	Total, Facility electric	19860	7.5	
	Heating	78877	29.6	50.22
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	146862	55.1	
	Total	166722	62.6	
	Lighting, tenant	27115	10.2	7.4
	Equipment, tenant	51006	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	78121	29.3	
	Grand total	244843	91.9	

*heating value








Monthly Delivered Energy

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2665.1 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6783.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	3043.1 m ²
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN minskat luftläckage takPIR balkong källare	Window/Envelope	9.0 %
Simulated	2015-05-08 12:02:37	Average U-value	0.2895 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	39 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	32 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3435	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12049	4.5	1.4
	Total, Facility electric	15484	5.8	
	Heating	10735	4.0	16.46
	Domestic hot water	67985	25.5	7.76
	Total, Facility fuel*	78720	29.5	
	Total	94204	35.4	
	Lighting, tenant	27058	10.2	7.4
	Equipment, tenant	50895	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	77953	29.3	
	Grand total	172157	64.6	

*heating value

Monthly Delivered Energy

file:///C:/Users/Karin/AppData/Local/Temp/idamod46/Prio%20Fönster%20FTX%20... 2015-05-17

Bilaga 12

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
		Model floor area	2665.1 m ²
Customer		Model volume	6783.6 m ³
Created by	Banche Henrik	Model ground area	690.1 m ²
Location	Malmo1	Model envelope area	3043.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Window/Envelope	9.0 %
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP tät takPIR balkong	Average U-value	0.2895 W/(K·m ²)
Simulated	2015-05-12 10:39:40	Envelope area per Volume	0.4486 m ² /m ³


Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	25 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	17 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %

Delivered Energy Overview

	Delivered energy		Demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Lighting, facility	3442	1.3	0.94
Cooling	0	0.0	0.0
HVAC aux	16418	6.2	1.91
Total, Facility electric	19860	7.5	
Heating	78877	29.6	50.22
Domestic hot water	67985	25.5	7.76
Total, Facility fuel*	146862	55.1	
Total	166722	62.6	
Lighting, tenant	27115	10.2	7.4
Equipment, tenant	51006	19.1	13.92
Total, Tenant electric	78121	29.3	
Grand total	244843	91.9	








*heating value

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2676.7 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6812.6 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	2991.3 m ²
Case	Prio Fönster FTX väggisoleringPIR gavelMIN minskat luftläckage takPIR balkong källare entré	Window/Envelope	9.2 %
Simulated	2015-05-12 12:25:21	Average U-value	0.2736 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4391 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	41 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	35 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	24 %


Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3436	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	12096	4.5	1.41
	Total, Facility electric	15532	5.8	
	Heating	8027	3.0	13.64
	Domestic hot water	68286	25.5	7.8
	Total, Facility fuel*	76313	28.5	
	Total	91845	34.3	
	Lighting, tenant	27065	10.1	7.4
	Equipment, tenant	50907	19.0	13.92
	Total, Tenant electric	77972	29.1	
	Grand total	169817	63.4	

*heating value

Monthly Delivered Energy








file:///C:/Users/Karin/AppData/Local/Temp/idamod46/Prio%20Fönster%20FTX%20... 2015-05-17

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2676.8 m ²
Created by	Banche Henrik	Model volume	6812.7 m ³
Location	Malmö1	Model ground area	690.1 m ²
Climate file	SWE_ANGELHOLM_026070(IW2)	Model envelope area	2991.4 m ²
Case	Prio Fönster 0.6 utväggPIR gavelMIN IVP tät takPIR balkong källare entré	Window/Envelope	9.2 %
Simulated	2015-05-12 11:26:01	Average U-value	0.2736 W/(K·m ²)
		Envelope area per Volume	0.4391 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	26 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	19 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	29 %

Delivered Energy Overview

		Delivered energy		Demand
		kWh	kWh/m ²	kW
	Lighting, facility	3444	1.3	0.94
	Cooling	0	0.0	0.0
	HVAC aux	16484	6.2	1.91
	Total, Facility electric	19928	7.4	
	Heating	74828	27.9	49.02
	Domestic hot water	68286	25.5	7.8
	Total, Facility fuel*	143114	53.5	
	Total	163042	60.9	
	Lighting, tenant	27128	10.1	7.4
	Equipment, tenant	51026	19.1	13.92
	Total, Tenant electric	78154	29.2	
	Grand total	241196	90.1	

*heating value

Monthly Delivered Energy