



ENERGIEFFEKTIVISERING VID RENOVERING AV GIGANTEN 6

LÅGAN Rapport november 2014, reviderad april 2015

Åsa Lindell, Elsa Fahlén, Martin Jansson, Sara Hastig
NCC

www.laganbygg.se

Ett samarbetsprojekt mellan LÅGAN och:



Bild sid 1: Maddisson Konsult AB, nov 2011.

Förord

Föreliggande rapport har tagits fram med stöd från LÅGAN-programmet.

Energieffektivisering av befintliga flerbostadshus är ett alltjämt högaktuellt område för både NCC och Akelius. Demonstrationsprojektet Giganten 6 har genomförts med stort engagemang och delaktighet från samtliga medverkande, både på NCC och på Akelius. En viktig del i detta arbete har varit att öppet och ärligt redovisa projektet i sin helhet, vi tror att både vi själva och branschen som helhet har mycket att lära både från det som fungerat bra och det som har fungerat mindre bra. Vi tar med oss erfarenheter och lärdomar från detta demonstrationsprojekt, både till kommande renoveringsprojekt och till framtida utvecklingsprojekt.

LÅGAN-programmet (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett nationellt program som drivs av Sveriges Byggindustrier med ekonomiskt stöd av Energimyndigheten. LÅGAN syftar till att stimulera energieffektiv ny- och ombyggnad, synliggöra marknaden för byggnader med låg energianvändning och bidra till ett brett utbud av aktörer som erbjuder produkter eller tjänster för lågenergihus och trygga beställare av sådana produkter och tjänster. www.laganbygg.se

Åsa Lindell

Göteborg, 2015-04-27

www.laganbygg.se



Sammanfattning

Byggnader uppskattas stå för ungefär 40 % av den totala energianvändningen i Sverige såväl som i Europa. Medan energiprestandan vid nybyggnation är en viktig del i att minska energianvändningen i framtidens byggnader, finns de största energianvändarna i det befintliga beståndet. Nyligen skärpta och kommande lagkrav om energieffektivisering av offentliga byggnader samt renovering av samtliga byggnader till nära-nollenerginivå innebär att antalet energieffektiviseringar vid renovering kraftigt kommer öka.

Demonstrationsprojektet har innefattat att följa upp och utvärdera de energieffektiviserande åtgärderna vid renoveringen av flerbostadshuset Giganten 6.

Den extra utvärderingen inom projektet har gett svar på följande frågeställningar:

- Hur bra blev de energieffektiva åtgärderna i praktiken?
- Hur påverkar brukaren energiprestandan i denna byggnad efter renovering?
- Hur upplevs inomhusklimat före och efter renoveringen?
- Hur ser miljöprestandan ut i och med renovering vid olika systemval?

För att sätta in projektet Giganten 6 i ett större sammanhang har även en studie genomförts för att undersöka hur olika fastighetsägare genomför och bedömer sina investeringar inför en renovering.

Flerbostadshuset Giganten 6 hade innan renoveringen uppmätta värden för energiprestanda på $142 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Genom energieffektiviserande åtgärder vid renovering av Giganten 6 har energiprestandan efter renoveringen beräknats till $89 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Uppmätta värden visar 10 kWh/m^2 över beräkning. Analysen tyder på att skillnaden beror på att VVC-förlusterna är betydligt större än beräknat; de är uppskattade till $10\text{-}15 \text{ kWh/m}^2$, år. Mätningarna visar också att värmepumparna går ryckigt.

Kort så har energieffektivisering vid renoveringen bestått i en sänkt framledningstemperatur, intag av friskluft i ventil ovan fönster istället för intag via otätheter, kallskafferi och brevlåda, ökat luftintag för att förbättra ventilationen och förbättringar i lufttäthet, byte av fönster och fönsterdörrar samt tilläggsisolering av balkongväggar. Före renovering hölls en hög framledningstemperatur för att kompensera för otätheter och läckage från skafferi. Detta innebar att de boende hade relativt höga inomhus temperaturer innan renovering. Enkätresultaten visar på att en ökad andel av de boende anser att det är för kallt i lägenheterna efter renovering, och att de upplever att de inte kan påverka temperaturen. Enkäterna visar också att det är många äldre som bor i byggnaden och att det finns många ensamhushåll, vilket påverkar internvärmerna. Vidare framgår att merparten av de boende vädrar ofta, både innan och efter renoveringen. Detta trots en förbättring av luftkvalitet efter renovering.

Systemanalysen visar att klimatpåverkan för Giganten 6 efter de energieffektiviserande åtgärderna, exklusive värmeåtervinningen via frånluftsvärmepumpen, vid renovering leder till en koldioxidbesparing med omkring 20 %. Installation av FTX-aggregat skulle ha haft potential att sänka klimatpåverkan ytterligare. Vilket energiförsörjningsalternativ som är att föredra ur klimatsynpunkt beror kraftigt på valet av systemgränser och antaganden kring fjärrvärmens och elens ursprung. T.ex. om värmeåtervinningen från värmepumpen i Giganten 6 inkluderas i de energieffektiviserande åtgärderna så kan koldioxidbesparingen antingen dubblas eller halveras, helt beroende på de antaganden som görs.

Hur olika fastighetsägare genomför sina investeringsbedömningar har stor betydelse för vilka energieffektiviserande åtgärder som möjliggörs. I studien är det tydligt att fastighetsägarens storlek påverkar hur investeringsbedömningarna görs. Stora, ofta kommunala, bostadsbolag har strikta rutiner och beslutsvägar. Mindre och ofta privata fastighetsägare baserar sina bedömningar mer på erfarenhet och känsla. Det är också viktigt att få med underhåll och uppfräschning av byggnaden, de hyreshöjande åtgärderna (byte av kök, badrum, ytskikt med mera) är det som finansierar merparten av en renovering.

De lärdomar och slutsatser som har dragits från detta demonstrationsprojekt är:

- Det finns en stor variation i hur olika fastighetsägare genomför sina investeringsbedömningar vid renoveringar. Detta påverkar vilka energieffektiviserande åtgärder som möjliggörs.
- Det är viktigt att beakta och minimera VVC-förluster då dessa kan stå för relativt stora förluster. Detta är särskilt viktigt i byggnader med låg energianvändning.
- Installation av FTX-aggregat vid renoveringar har potentialen att båda förbättra energiprestandan, minska elbehovet samt öka den termiska komforten och luftkvalitén.
- Drift och injustering efter en genomförd renovering är viktig för att uppnå god termisk komfort och låg energiprestanda.
- Det behövs ökad kunskap kring mätning och utvärdering av energieffektiviserande åtgärder vid renovering.
- Hur boende upplever den termiska komforten beror på faktiska förhållanden, förhållanden innan renovering samt personliga preferenser och ålder. Det är viktigt med dialog och information från fastighetsägarens sida för att skapa acceptans för en lägre innetemperatur och för att uppmuntra till ett mer energieffektivt beteende.
- För att nå en bättre miljöprestanda vid ombyggnation är det viktigt att beakta systemperspektivet och reflektera över val av energiförsörjningssystem. Vilka antaganden som används är avgörande för vilken miljöprestanda som erhålls.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	8
1.3	Genomförande	8
1.4	Informationsspridning	9
2	GIGANTEN 6: UPPFÖLJNING OCH MÄTNING	10
2.1	Energiprestanda	10
2.2	Temperatur & upplevd termisk komfort	17
2.3	Täthet och termografering	28
3	KÄNSLIGHETSANALYS	32
3.1	Fastighetsägarens perspektiv	32
3.2	Miljöaspekter i ett systemperspektiv	37
4	ANALYS OCH SLUTSATSER	45
4.1	Renovering av Giganten 6	45
4.2	Känslighetsanalys	46
4.3	Generella lärdomar och slutsatser	48
5	REFERENSER	49

Bilaga 1 "Energiunderlag 2006-2004"

Bilaga 2 "Inomhusenkät för Giganten 6"

Bilaga 3 "Sammanställning enkätsvar Giganten 6"

Bilaga 4 "Termograferingsrapport Giganten 6"

Bilaga 5 "Merkostnader energieffektiviserande åtgärder"

1 Inledning

Byggnaden Giganten 6 i Halmstad ägs av Akelius Bostad Väst AB (fortsättningsvis "Akelius", tidigare Apartment Bostad Väst AB). Renoveringen av byggnaden har genomförts av NCC Construction Sverige AB (fortsättningsvis "NCC") i samarbetsformen partnering. Demonstrationsprojektet har genomförts av NCC Teknik och Hållbar Utveckling i Göteborg i nära samarbete med NCC Construction i Halmstad och Akelius i Halmstad.

Genom hela demonstrationsprojektet har det varit viktigt för både NCC och Akelius att öppet och ärligt redovisa projektet i sin helhet. Både NCC och Akelius arbetar aktivt med erfarenhetsåterföring och tror att hela byggsektorn har mycket att lära genom att följa upp både det som har gått bra och det som har gått mindre bra.

Förändrade förutsättningar i projektet från ansökan till slutrapport har rapporterats kontinuerligt till LÅGAN i samband med kvartalsrapporteringen.

1.1 Bakgrund

Byggnader uppskattas stå för ungefär 40 % av den totala energianvändningen i Sverige såväl som i Europa. Medan energiprestandan vid nybyggnation är en viktig del i att minska energianvändningen i framtidens byggnader, finns de största energislukarna i det befintliga beståndet. Statistiska centralbyrån, SCB, redovisar en trend att från att huvudsakligen ha renoverat äldre hus, har nu även "yngre" hus börjat byggas om. Av 2011 års ombyggnationer av flerbostadshus var ca 70 % byggda efter 1950, varav de flesta var byggda under 60-talet. Enligt SCB står privata fastighetsägare för den största delen av tillskotten i ombyggda flerbostadshus. Under 2011 stod privata ägare för 53 % av färdigställda ombyggda lägenheter, bostadsrättsföreningar stod för 29 % och offentliga ägare för 18 %.

Nyligen skärpta och kommande lagkrav om energieffektivisering av offentliga byggnader samt renovering av samtliga byggnader till nära-nollenerginivå innebär att antalet energieffektiviseringar vid renovering kraftigt kommer öka. I Sverige ställs dessutom krav på faktiskt uppmätt energiprestanda vid renoveringar vilket innebär ett stort risktagande för entreprenörer. Trots det saknas till stor del erfarenhet från energieffektiva renoveringar.

Gemensamt för de svenska så kallade miljonprogramshusen som byggdes under åren 1965-1975 är att de är i behov av renovering samt att de har en hög energianvändning. Även i början av 1960-talet var bostadsbyggandet högt på grund av den akuta bostadsbristen som rådde.

Således är uppföljning av slutresultat och spridning av erfarenheter från energieffektiviserande åtgärder av stort värde inför utmaningen att renovera det befintliga byggnadsbeståndet.

Demonstrationsprojektet utgår från renoveringen av flerbostadshuset Giganten 6 i Halmstad. Giganten 6 byggdes år 1963 och är med sin utformning och höga energianvändning, typisk för sin tid. Därmed är demonstrationsvärdet av renoveringen av Giganten 6 stort, särskilt med tanke på det stora beståndet av liknande byggnader som uppförts under tidigt 1960-tal som kommer att renoveras i närtid.

1.2 Syfte

Demonstrationsprojektet har syftat till att följa upp och utvärdera de energieffektiviserande åtgärderna vid renoveringen av flerbostadshuset Giganten 6.

Den extra utvärderingen inom projektet har gett svar på följande frågeställningar:

- Hur bra blev de energieffektiva åtgärderna i praktiken?
- Hur påverkar brukaren energiprestandan i denna byggnad efter renovering?
- Hur upplevs inomhusklimat före och efter renoveringen?

För att sätta in projektet Giganten 6 i ett större sammanhang har syftet med demonstrationsprojektet även varit att undersöka hur olika fastighetsägare genomför och bedömer sina investeringar inför en renovering.

1.3 Genomförande

Uppföljning och utvärdering av Giganten 6

Mätning, utvärdering och analys av energiprestandan efter renoveringen har genomförts över en 12-månaders period. Mätningarna har delats upp på uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel. Resultat har jämförts med uppmätta värden för specifik energiprestanda innan renovering. Vid projektets början fanns en ambition att även följa upp hushållsenergi, varför en förfrågan om fullmakt för att få ta del av hushållselanvändningen från elnätsleverantören skickades ut till de boende. Dock fick endast ett fåtal fullmakter från de boende, därför har inte hushållselen följts upp.

I fem lägenheter har täthetsprovningar och termografering genomförts före och efter renovering, och resultaten har utvärderats. Temperatur- och fuktloggar har varit uppsatta i sex lägenheter efter renovering som har loggat temperaturer och fuktnivåer på timbasis under ett års tid parallellt med loggning av temperatur och fuktnivåer utomhus.

En enkätundersökning har genomförts före och efter renovering för att undersöka hur de boende upplever den termiska komforten. Svaren har analyserats.

Känslighetsanalys

För att sätta in demonstrationsprojektet Giganten 6 i ett större sammanhang har två studier genomförts. En studie som behandlar fastighetsägares investeringsbedömningar vid renovering och en systemanalys med fokus på klimatpåverkan. Dessa har genomförts med utgångspunkt från demonstrationsprojektet – men de innefattar även mer allmängiltiga aspekter vid renovering av flerbostadshus.

Ekonomiska parametrar är avgörande för vilka energieffektiviserande åtgärder som realiserar. Därför har en studie av olika fastighetsägares investeringsbedömningar vid renovering genomförts. Studien genomfördes i form av ett examensarbete, handlett av NCC och Lunds Universitet.

För att undersöka hur olika möjliga val av energieffektiviseringsåtgärder påverkar miljön i ett vidare perspektiv än byggnadens specifika energianvändning så har en systemanalys genomförts med fokus på klimatpåverkan.

1.4 Informationsspridning

En viktig del av demonstrationsprojektet har varit att sprida erfarenheterna från renoveringen till andra aktörer inom byggbranschen. Därför har studiebesök anordnats samt en presentation av projektet på konferensen PassivhusNorden 2013.

Två studiebesök anordnades av NCC och Akelius, riktat mot fastighetsägare. Dessa ägde rum 2013-12-04 samt 2014-03-05, totalt deltog ett 60-tal personer från både privata och kommunala förvaltningsbolag. Studiebesöken bestod av en presentation av projektet och de aktiviteter som pågår inom LÅGANs ram samt ett platsbesök.

En Paper togs fram och en presentation genomfördes av NCC och Akelius på konferensen PassivhusNorden 2013 i Göteborg.

2 Giganten 6: Uppföljning och mätning

Giganten 6 är ett flerbostadshus i centrala Halmstad med drygt 100 hyreslägenheter samt mindre verksamheter såsom hårfrisör och tandläkare i bottenplan. Byggnaden uppfördes år 1963 och har som de flesta andra 60-tals bostadshus ett omfattande renoveringsbehov och en hög energianvändning. Förutom stamrenovering, renovering av kök, badrum och ytskikt i de 105 lägenheterna, har energibesparande åtgärder genomförts. Dessa finns beskrivna i avsnitt 2.1 Energiprestanda. Renoveringen medför att byggnaden kan certifieras enligt Miljöbyggnad, nivå "Silver".

Byggnaden ägs och förvaltas idag av Akelius. I samarbetsformen partnering har NCC och Akelius planerat, projekterat och genomfört renoveringen. Vid renoveringsprojektets början genomförde Akelius tillsammans med NCC en utredning kring energiprestanda och ekonomi för att välja kombination av energieffektiviseringsåtgärder.

Renoveringen har i sin helhet finansierats genom hyreshöjningar för de standardhöjande åtgärderna, avsättningar kopplat till underhållsåtgärder samt lägre driftskostnader i och med en reducerad energianvändning¹.

Genom hela demonstrationsprojektet har det varit viktigt för både NCC och Akelius att öppet och ärligt redovisa projektet i sin helhet. Vid uppföljning och mätning har det blivit tydligt att vissa delar har fallit ut väl, medan det inom andra områden finns förbättringsmöjligheter. Bland annat så fanns initialt i projektet ambitioner att nå ännu lägre energinivåer än vad som nåddes vid projektets slut, beroende på val och justeringar under projektets gång. Både NCC och Akelius arbetar aktivt med erfarenhetsåterföring och tror att hela byggsektorn har mycket att lära genom att följa upp både det som gått bra och det som gått mindre bra. NCC och Akelius tar med sig lärdomarna från demonstrationsprojekt till kommande renoveringsprojekt och till framtida utvecklingsprojekt.

2.1 Energiprestanda

2.1.1 Grundfall och energibesparande åtgärder

För den undersökta byggnaden Giganten 6 i Halmstad bestod uppvärmningssystemet före renoveringen av fjärrvärme och radiatorer och byggnaden ventilerades med frånluftssystem. Vid renovering sattes värmeåtervinning på frånluftssystemet med frånluftsvärmepumpar vilka är kopplade till radiatorsystemet för att återföra värmen från frånluften tillbaka till huset igen. Varför frånluftsvärmepumparna inte värmer varmvattnet beror på att fjärrvärmeföretaget i Halmstad sommartid gör det ekonomiskt fördelaktigt att värma varmvattnet med fjärrvärme.

En injustering av värmesystemet utfördes för att få en mer jämn inomhustemperatur samtidigt som den kan sänkas något och fjärrvärmecentralen i byggnaden byttes ut vilket förväntas ge minskade värmeförluster.

Fönster och fönsterdörrar byttes till nya energieffektiva med U-värde på 0,9 W/m²K och utfackningsväggarna vid balkongerna tilläggsisolerades med 70 mm vilket ökar U-värdet från 0,50 W/m²K till 0,23 W/m²K. Byggnadens klimatskal ändrades från $U_m = 1,10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ innan renovering till $U_m = 0,88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ efter renovering. Dessa åtgärder är inte bara bra ur isoleringssynpunkt utan förbättrar även byggnadens lufttäthet.

¹ Projektet är inte redovisat enligt de nya redovisningsreglerna K3

De befintliga frånluftsfläktarna ersattes av nya effektivare fläktar som i genomsnitt får ett SFP på 0,8 kW/(m³/s). I allmänna utrymmen installerades nya energieffektiva armaturer och i trapphus och källarförråd installerades närvarostyrning vilket minskar belysningens drifttid.

Vid renoveringen av Giganten 6 ökade antalet lägenheter i huset från 105 till 107 stycken genom att bygga om en del av bottenvåningen.

Utgångsläget för byggnadens energiprestanda var de uppmätta värden som förvaltaren Akelius tillhandahöll för åren 2006-2010 (bilaga 1 "Energiunderlag 2006-2014"). Då Akelius installerade vattensparutrustning hösten 2009 används värden för vatten från 2010. I övrigt, för fastighetsel och fjärrvärme, användes medelvärden för perioden 2006-2010. Dessa uppmätta värden gav ca 142 kWh/m²A_{temp} och år i energiprestanda före renovering. För att dela upp fjärrvärmeenergin på uppvärmning och tappvarmvatten före renovering användes antagande om att 40 % (Energimyndigheten, 2011) av uppmätt kallvatten värms till varmvatten med en energiåtgång på 55 kWh/m³ (Energimyndigheten, 2011).

2.1.2 Beräkningsförfarande och mätning

För teoretiska energiprestandaanalyser användes programvaran IDA Indoor Climate and Energy 4.1, från Equa Simulations, där en 3D-modell av byggnaden har upprättades. Uppgifter om hur byggnaden är uppbyggd, typ av ventilationssystem, lufttäthet, inomhustemperatur och väderstreck användes för att bygga upp en teoretisk energimodell av Giganten 6. Energimodellen kalibrerades till att överensstämja med uppmätt energiprestanda för perioden 2006-2010, 142 kWh/m²år.

Energimodellen användes för att testa vad olika renoveringslösningar gav i energibesparing. Renoveringsalternativen undersöktes som paketlösningar där första paketet behandlar byggnadstekniska åtgärder för att sedan komplettera med installationstekniska åtgärds paket. De renoveringslösningar som slutligen valdes presenteras i Tabell 1. Med dessa lösningar beräknades Giganten 6 få en energiprestanda på 89 kWh/m²A_{temp} och år.

Tabell 1: Renoveringspunkter som påverkar energianvändningen.

Åtgärd	Förändring
Byte av fönster	U=2,4 W/m ² K → U=0,9 W/m ² K
Ökad lufttäthet	1,2 l/s,m ² vid 50 Pa → 0,6 l/s,m ² vid 50 Pa
Injustering av värmesystem	Sänkt inomhustemperatur 21,5°C ² → 21°C
Ökad isolergrad vid balkongvägg	100 mm → 170 mm
Byte av frånluftsfläktar	SFP=1,5 kW/(m ³ /s) → SFP=0,8 kW/(m ³ /s)
Närvarostyrning belysning trapphus	Minskad drifttid belysning
Frånluftsvärmepump	Återvinning av energin i frånluften
Ny vattenarmatur i kök och bad	Effektivare vattenanvändning, snålspolande
Byte av UC fjärrvärme	Minskade reglerförluster
Byte av balkongvägg	U= 0,50 W/m ² K → U= 0,23 W/m ² K.

Kompletterande till befintliga mätare för fjärrvärme, fastighetsel och kallvatten installerades vid renovering flödesmätare för tappvarmvatten, elmätare till frånluftsvärmepumparna samt värmemängdsmätare för frånluftsvärmepumparnas avgivna värmeenergi. Med den kompletterande mätaren för varmvatten går det efter renovering att se precis hur stor andel av vattnet som går till varmvatten samt att utföra en korrekt normalårskorrigerings av

² En kortare mätning i en lägenhet visade på 21,5 grader i genomsnitt. Inomhustempertur på 21,5 grader innan renovering användes i energiberäkningen för att inte överskatta energibesparingen vid injustering av värmesystemet.

uppvärmningsenergin. Med elmätaren för frånluftsvärmepumparna och värmemängdsmätare för frånluftsvärmepumparnas avgivna värmeenergi går det efter renovering att beräkna värmepumparnas prestanda, COP³. Beräknad prestanda för frånluftsvärmepumparna är COP=3,6.

Vid analys av mätvärden normalårskorrigerades uppvärmningsenergin exklusive varmvatten med graddasmetoden (Boverkets författningssamling, BFS 2007:4 - BED 1, 2007). Graddagarna fås från SMHI⁴ för Halmstad (729).

Alla mätare, både befintliga abonnemangsmätare och nya kompletterande mätare för varmvatten och värmepumparna, skall per automatik via internetuppkoppling skickas till en energiuppföljningsdatabas där mätasställningarna loggas för senare analys.

2.1.3 Förändringar i beräknad energiprestanda under projektets gång

Vid tidpunkten för ansökan till LÅGAN var de projekterade värden för den specifika energiprestanda efter renovering 74 kWh/m², A-temp och år. Under projektets gång har ett antal justeringar skett vilket har lett till att den projekterade specifika energiprestandan vid färdigställande av byggnaden var 89 kWh/m², A-temp och år.

De justeringar som har genomförts är följande:

- Nordic Styr installeras inte + 4 kWh/m².
Nordic Styr är ett styrsystem för prognosstyrning med hjälp av utetemperatur, som beräknas kunna ha energibesparande effekter. Initialt planerades för att installera Nordic Styr, men då erfarenheter från tidigare projekt visat att dessa inte fungerat som planerat valdes systemet bort.
- Ökat luftflöde för att uppfylla krav i OVK. + 5 kWh/m².
I den tidiga beräkningen användes samma luftflöden som fanns före renoveringen. Under projektet insåg ventilationsprojektören att luftflödena behövde ökas för att klara krav i OVK. I senare beräkningar har därför luftflödena ökats, vilket ger en ökad energianvändning.
- Inköp av värmepump med något sämre prestanda + 2 kWh/m².
I initialt skede diskuterades en annan värmepump än den som sedan valdes. Den värmepump som valdes är effektivare än den tidigare, men kan inte hantera lika stora luftmängder. Därför innebar valet av värmepump en ökning i specifik energianvändning.
- Ökad fläktel, +1 kWh/m².
Mängden fläkt el ökade på grund av de ökade luftflödena.
- Val av fönster, + 3 kWh/m².
I den tidiga beräkningen antogs standardfönster. Under projektets gång valdes fönster med lägre g-värde, för att minska risken för övertemperatur i lägenheterna. Detta ger ett bättre inomhusklimat men en ökad energianvändning.

Den totala förändringen i beräknad energiprestanda är alltså från 142 kWh/m² till 89 kWh/m², vilket innebär en minskad energianvändning på ca 37 %. Förändrade förutsättningar i projektet

³ COP, Coefficient Of Performance

⁴ Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

med avseende på energiprestanda har rapporterats kontinuerligt till LÅGAN i samband med kvartalsrapporteringen.

2.1.4 Uppföljning och analys av energiprestanda

Renoveringen av Giganten 6 startade 2012-09-01 och pågick i ca 1 år. I Tabell 2 redovisas vissa datum som är viktiga för energiuppföljningsanalysen. Vid sammanställning av denna rapport fanns mätdata fram till och med 2014-08-31 vilket innebär att frånluftsvärmepumparna varit i drift 11 månader av den senaste 12-månadersperioden. Eftersom uppvärmningsbehovet i september är litet och frånluftsvärmepumparna inte värmer varmvattnet torde senaste uppmätta 12-månadersperiod ge en bra indikation på byggnadens energiprestanda efter renovering. Det som i övrigt påverkar energiprestandan har varit färdigställt den senaste 12-månadersperioden.

Tabell 2: Datum i projektet som är viktiga för energiuppföljningen

Beskrivning	Datum
Byggstart	2012-09-01
Byte av fönster, fönsterdörrar färdigt	2013-04-01
Tilläggsisolering balkongvägg färdigt	2013-04-01
Besiktning av lägenheter färdigt	2013-06-31
Driftsättning frånluftsvärmepumpar färdigt	2013-10-01
Slutbesiktning	2013-12-03
Byte av frånluftsfläktar färdigt	2014-09-03

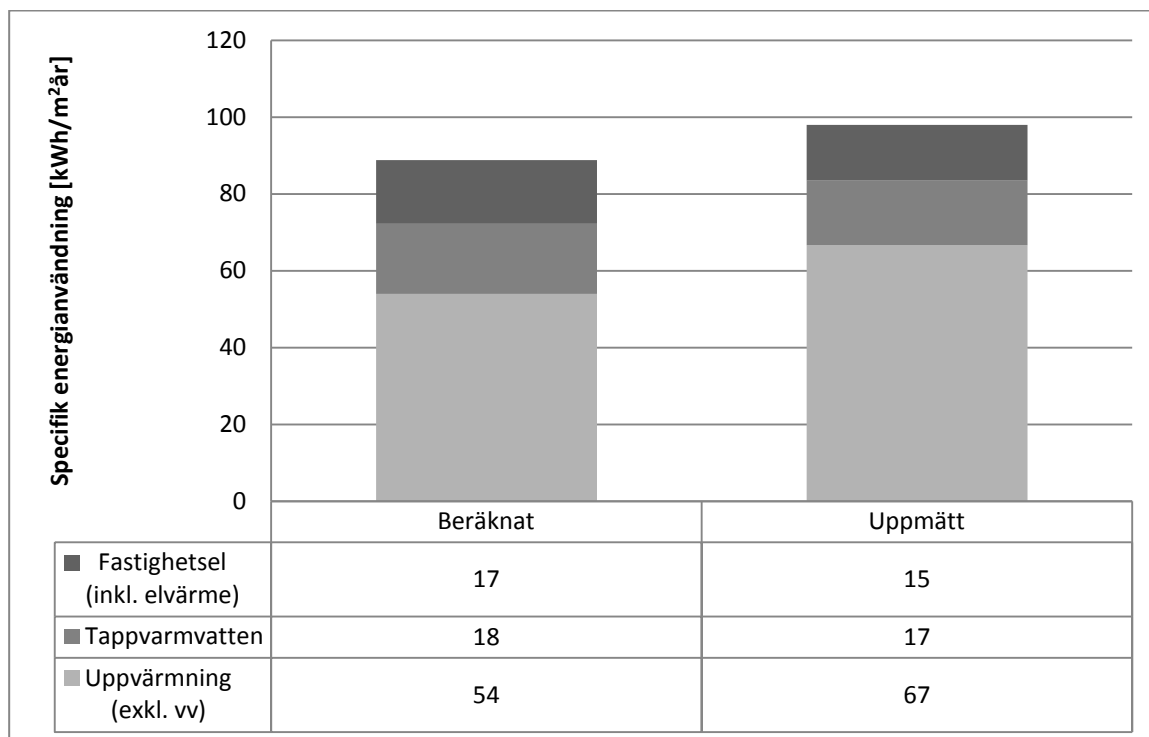
Det har i projektet varit problematiskt att få igång den automatiska överföringen av mätarställningar från Giganten 6 till energiuppföljningsdatabasen för loggning av mätvärden och det var först i slutet av maj 2014 som den automatiska överföringen började fungera. Mätöverföringen fungerade fram tills att frånluftsfläktarna byttes i början av september då troligtvis ett strömavbrott förstörde inställningarna i mätinsamlingsenheten. För de kompletterande mätarna; flödesmätare för tappvarmvatten, elmätare till frånluftsvärmepumparna samt värmemängdsmätare för frånluftsvärmepumparnas; finns därför enbart tre månaders mätvärden loggade. För abonnemangsmätarna har Akelius tillhandahållit mätvärden; så för fjärrvärme, fastighetsel och kallvatten finns mätvärden för hela perioden (se bilaga 1 "Energiunderlag 2006-2014"). Över perioden maj-juli 2014 var kallvattenmätaren trasig och visar i Akelius uppföljning för låga värden.

Från mätperioden juni-augusti 2014 går det från flödesmätaren för varmvatten att avläsa att det gått åt ca 12,9 MWh per månad för uppvärmning av varmvatten (beräknat med schablon på 55 kWh/m³ (Energimyndigheten, 2011)). Även om detta är en viss förenkling antas värdet gälla för alla årets månader och används vid normalårskorrigerings av uppvärmningen⁵. För samma mätperiod går det ej att avläsa frånluftsvärmepumparnas prestanda då uppvärmningssäsongen inte startat, d.v.s. frånluftsvärmepumpen används inte. Det medför att det inte går att särskilja värmepumparnas elanvändning från total fastighetsel. Därför har inte byggnadens elvärme kunnat normalårskorrigeras.

I Figur 1 presenteras den senast uppmätta 12-månadersperioden jämfört med beräknad specifik energianvändning efter renovering. Elen till värmepumparna ingår i fastighetsel i redovisningen.

⁵ Varmvattenanvändningen är något högre på vintern än på sommaren generellt, men då det finns flera osäkerheter i uppskattad vattenanvändning blir den normalårskorrigerade energin för varmvattenanvändning ändå representativ. Erfarenheter från andra projekt visar att fördelningen av varmvattenanvändning inte alltid skiljer sig åt över året. Total energianvändning för byggnaden bör inte påverkas nämnvärt då total fjärrvärme för byggnaden mäts.

Uppmätt tappvarmvattenanvändning ligger enligt beräknat men det är svårt att avgöra om det beror på de nya vattenarmaturerna eller inte eftersom tappvarmvattnet före renovering grundar sig i en schablon från uppmätt kallvatten. Uppmätt fastighetsel är något lägre än beräknat samtidigt som uppvärmningen (fjärrvärme för uppvärmning) visar mer än beräknat.

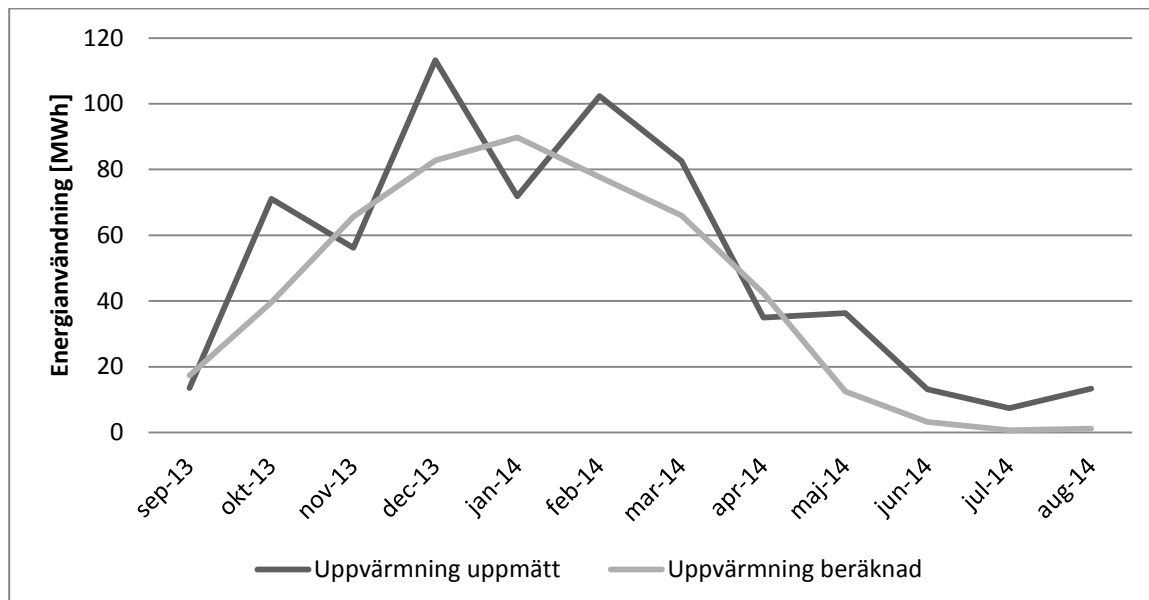


Figur 1: Beräknad jämfört med uppmätt specifik energianvändning för perioden 2013-09-01–2014-08-31

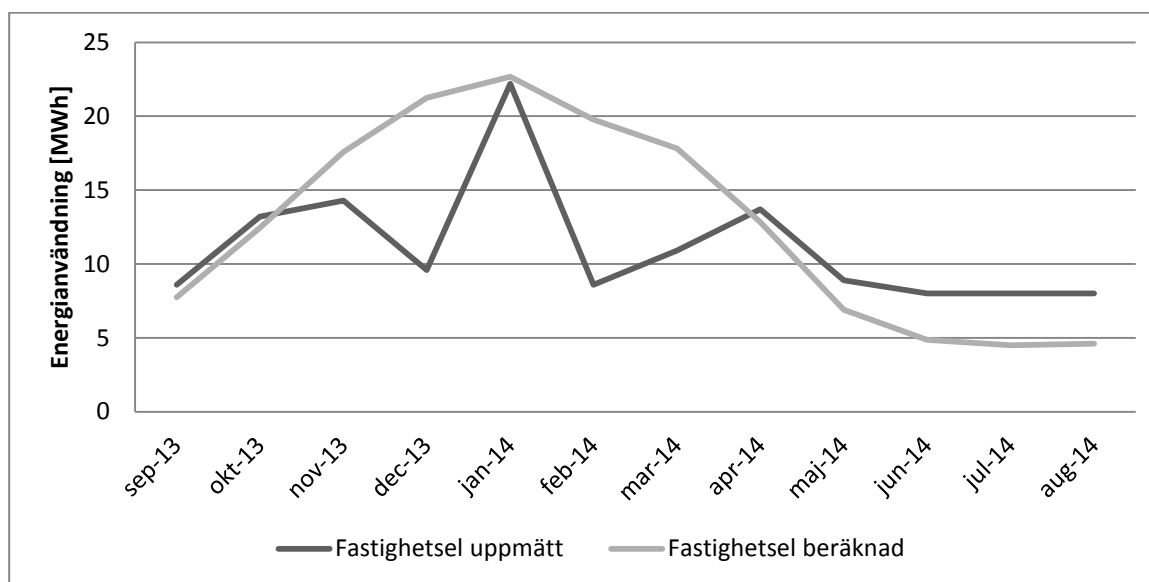
Vid analys av månadsvärden för uppmätt och beräknad uppvärmning respektive fastighetsel (se Figur 2 och Figur 3) syns ett tydligt samband. När fastighetselen (där el till värmepumparna ingår) ökar, minskar uppvärmningen vilket redovisas i Figur 3. Troligen arbetar inte värmepumparna stabilt vilket avspeglas i lägre fastighetsel och högre uppvärmning. Eftersom värmepumparna arbetar med värmen i frånluften bör de inte påverkas av varierande utomhustemperatur. Värmen i frånluften är relativt konstant för bostäder vilket bör medföra en jämn verkningsgrad och drift. De månader där fastighetselen i Figur 3 ligger nära beräknat visar Figur 2 att uppvärmningen ligger strax under beräknat. Detta samband gäller uppvärmningssäsongen.

För sommarmånaderna är uppmätt energi högre än beräknat för både uppvärmning och fastighetsel. Gällande fastighetselen skulle skillnaden bero på att frånluftsfläktarna ännu inte är bytta till nya mer energieffektiva. Installationen av dessa skedde först i början av september 2014 (se Tabell 2). Uppvärmningsenergin (exklusive tappvarmvatten) sommarmånaderna juni-augusti 2014 är i genomsnitt 10 MWh högre än beräknat (se Figur 2). Eftersom värmesystemet i byggnaden under sommarmånaderna är avstängt och tappvarmvattenenergin redan avdragen kan den högre energianvändningen bero på VVC-förluster⁶. Det skulle i så fall innebära att VVC-förlusterna är 10-15 kWh/m²,år, beroende på om medelvärdet för juni-augusti används eller enbart värdet för juli används för att uppskatta VVC-förlusterna på årsbasis.

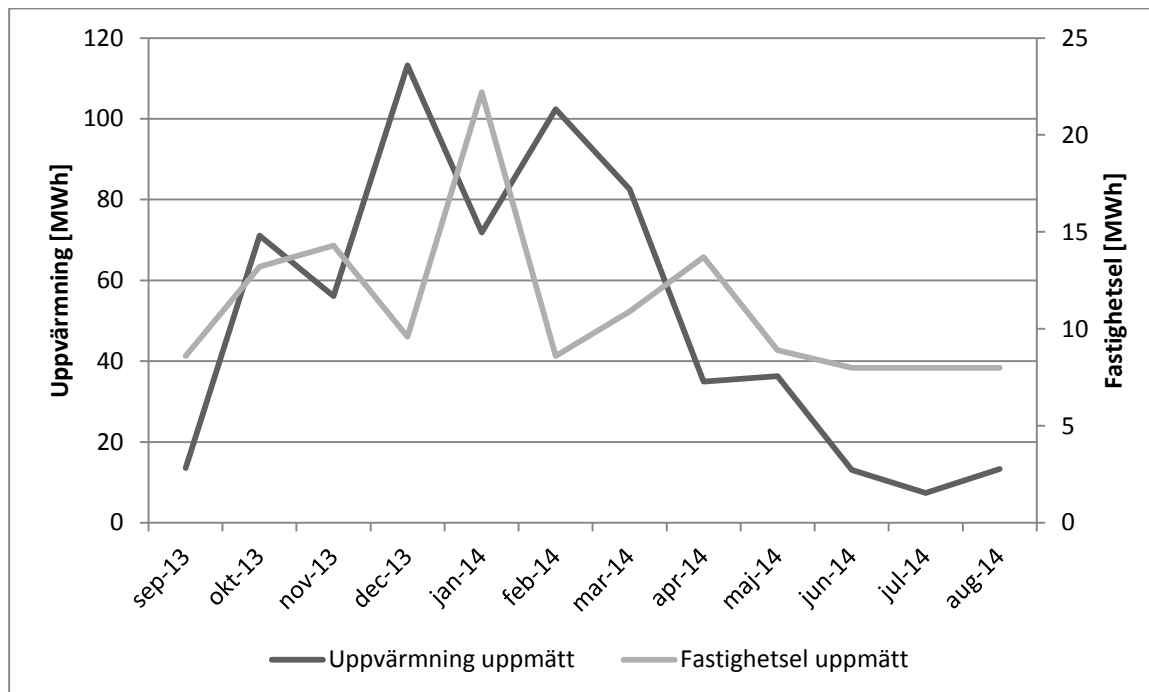
⁶ Varmvattencirkulation, VVC, används för att minska tiden för varmvatten att komma till tappstället och är en varmvattenkrets som cirkulerar runt i huset. Utan VVC kan det ta flera minuter för vattnet att bli varmt vid tappstället. VVC-ledningen hålls konstant över 50°C för att motverka risk för legionella. VVC-förlusternas storlek kan vara betydande för byggnader och beror på VVC-ledningens längd samt hur välisolerad VVC-ledningen är.



Figur 2: Uppmätt och beräknad uppvärmning månadsvis

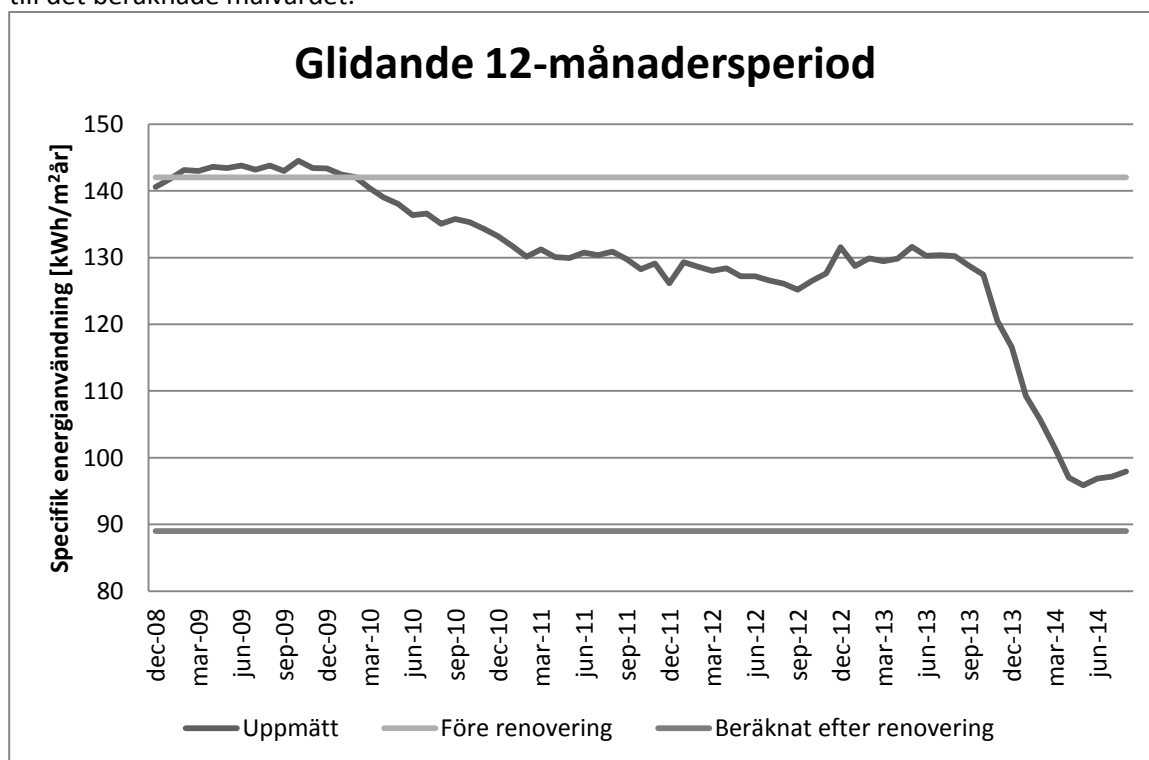


Figur 3: Uppmätt och beräknad energianvändning för fastighetsel månadsvis



Figur 4: Samband mellan uppvärmning och fastighetsel

Av energiuppföljningsstatistiken som Akelius tillhandahållit för perioden 2006-2014 (se bilaga 1 "Energiunderlag 2006-2014") sammanställs Figur 5 med glidande specifik energianvändning för den senaste 12-månadersperioden. I grafen visas också det värde som användes som energiprestanda före renovering vilket bygger på de energivärden som Akelius tillhandahöll för perioden 2006-2010. Även det beräknade målvärdet på $89 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år finns inlagt. Renoveringen som NCC utförde syns tydligt och visar att energiprestandan når ner till som lägst $96 \text{ kWh/m}^2\text{år}$. Förhoppningsvis skall bytet till nya frånluftsfläktar som skedde i början av september 2014 och att åtgärda värmepumparnas ryckiga drift göra att energiprestandan sänks till det beräknade målvärdet.



Figur 5: Glidande 12-månadersperiod, uppmätt specifik energianvändning

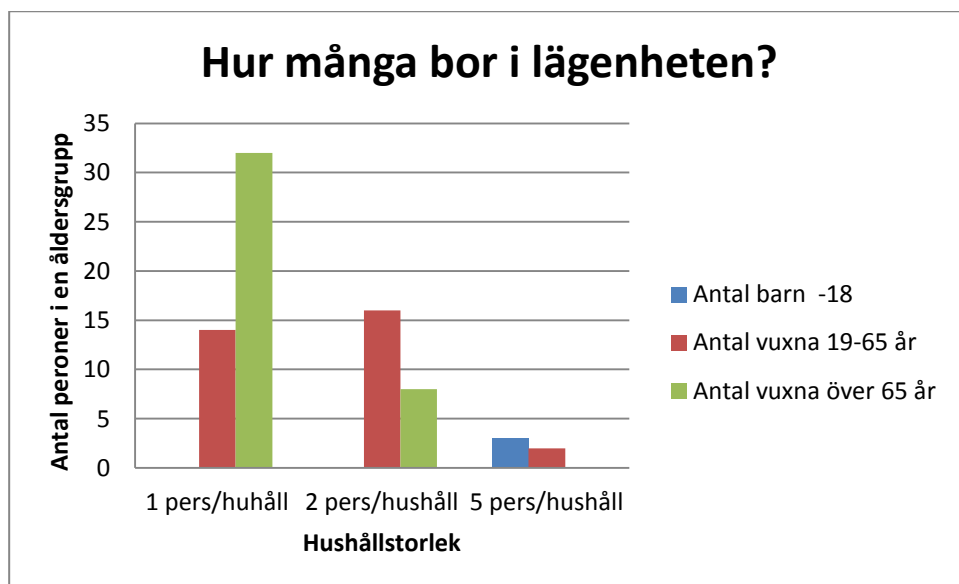
Slutsatsen är att energiprestandan har förbättrats avsevärd vid renoveringen. Att uppvärmningen ligger högre än beräknat beror troligen på att värmepumparna går ryckigt samtidigt som VVC-förluster var mycket större än vad som antogs i energiberäkningen. VVC-förlusternas storlek bedöms till 10-15 kWh/m²år, utifrån uppmätta värden. Det ser dock ut som att den beräknade energiprestandan vintertid kommer kunna uppnås om värmepumparnas ryckiga drift kan åtgärdas.

2.2 Temperatur & upplevd termisk komfort

2.2.1 Brukarenkäter

För att fånga upp de boendes perspektiv och vilka effekter som renoveringen har på inomhusmiljön, har en brukarenkät rörande temperatur och upplevd termisk komfort använts i projektet. Syftet med enkäten är att följa upp hur renoveringsinsatserna påverkar inomhusmiljön i lägenheterna. För att möjliggöra en jämförelse mellan inomhusmiljön före och efter renovering har brukarenkäten genomförts i två steg. En första enkät skickades ut innan renoveringen genomfördes för att se hur de boende upplevde inomhusmiljön i sin bostad. Efter renoveringen skickades ytterligare en enkät, med sammafrågor. Enkäten bestod av 14 frågor som berör aspekter som temperatur i lägenheten, drag, luftkvalitet etc. Utöver frågor om den upplevda inomhusmiljön tar enkäten även upp vädringsbeteende hos hyresgästerna, hur ofta och hur de vädrar. Enkätformulären återfinns i bilaga 2 "Inomhusenkät för Giganten 6".

För att få en bättre bild av populationen i lägenheterna avslutades enkäterna med att fråga om antalet personer i lägenheten, ålder och hur länge som de har bott i byggnaden. Utifrån de avslutande frågorna kan vi urskilja att majoriteten av de svarande hushållen, nästan 80 %, var enpersonhushåll. Resterande andel av hushållen bestod av två personer undantaget en barnfamilj. I figur 6, visas åldersfördelningen bland hushållen uppdelat efter hushållsstorlek. Sammantaget består majoriteten av ensamhushållen av personer över 65 år. Flertalet av de svarande hade bott i byggnaden innan renovering, ca 75 %.



Figur 6. Antalet personer i de svarande hushållen fördelade över hushållsstorlek och åldersgrupp.

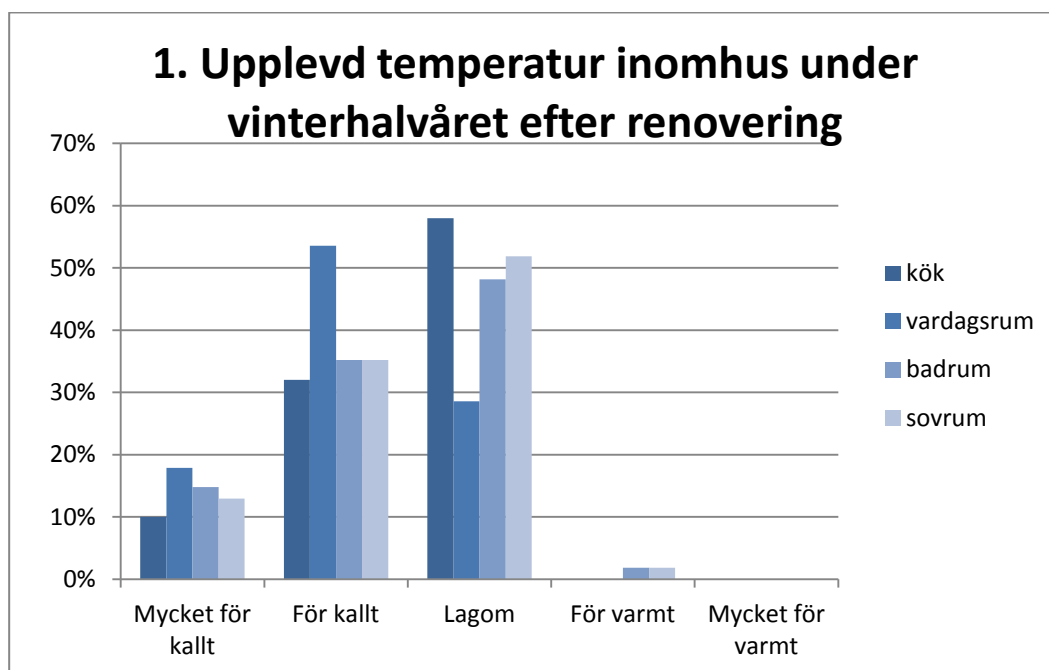
Bedömning av inomhusmiljön i Giganten 6 baseras på mätningar och frågorna i brukarenkäten om luftkvalitet och värmekomfort i lägenheten. Svarsfrekvensen för bägge enkäterna låg på 60 respondenter på respektive enkät, vilket motsvarar 57 % av hushållen innan renovering (105 lägenheter) respektive 56 % av hushållen efter renovering (107 lägenheter). Nedan redovisas en sammanställning av resultaten från enkäten efter renovering och en jämförelse mot svaren från

enkäten innan renovering. En redovisning av svaren från enkäterna före och efter renovering återfinns i bilaga 3 "Sammanställning enkätsvar".

2.2.2 Upplevd temperatur inomhus under vinterhalvåret

Ett ökat antal upplever att det är för kallt eller mycket för kallt i lägenheten under vinterhalvåret, se figur 7. Framförallt är det vardagsrummet som många av de boende anser är kallt. Det kan jämföras med resultaten före renovering där majoriteten upplevde att temperaturen inomhus var lagom och alla rummen låg i intervallet 75-95 % på alternativet lagom. Innan renoveringen upplevde bara ett fåtal att det var för kallt, 20 %, och det var få personer som upplevde att det var mycket för kallt.

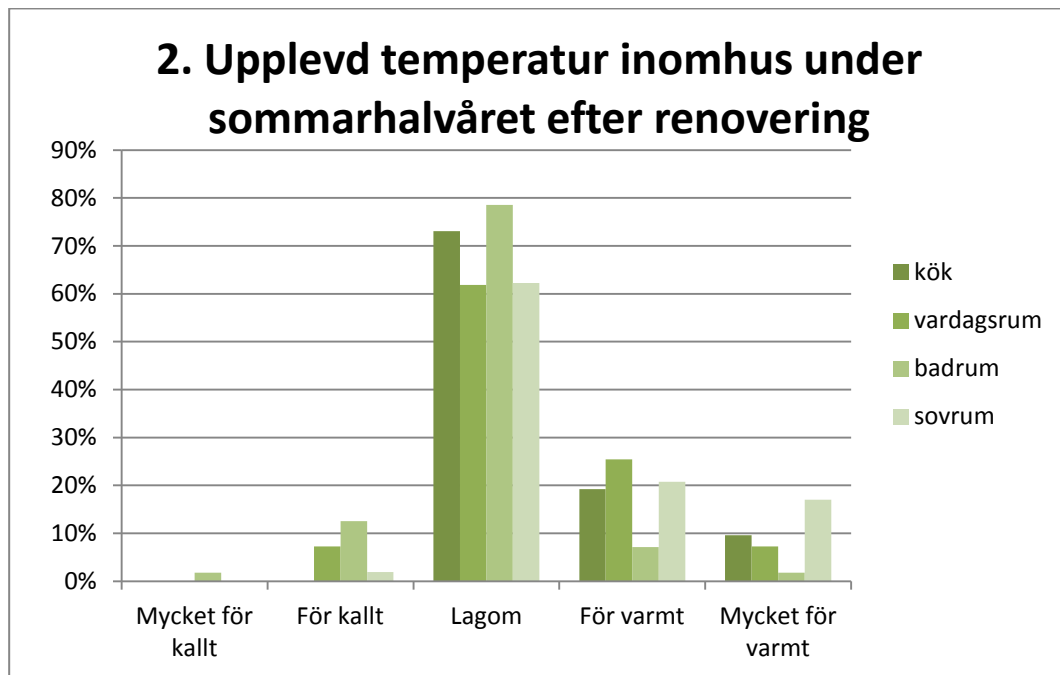
En förklaring till resultatet är att temperaturen har justerats ner från 21,5 till 21 °C i samband med renoveringen. Innan renovering var det en övertemperatur i lägenheterna, vilket medför att flertalet personer upplever att den nya temperaturen i lägenheterna är för kall efter regleringen.



Figur 7. Upplevd temperatur i de olika rummen i lägenheten under vinterhalvåret efter renovering.

2.2.3 Upplevd temperatur inomhus under sommarhalvåret

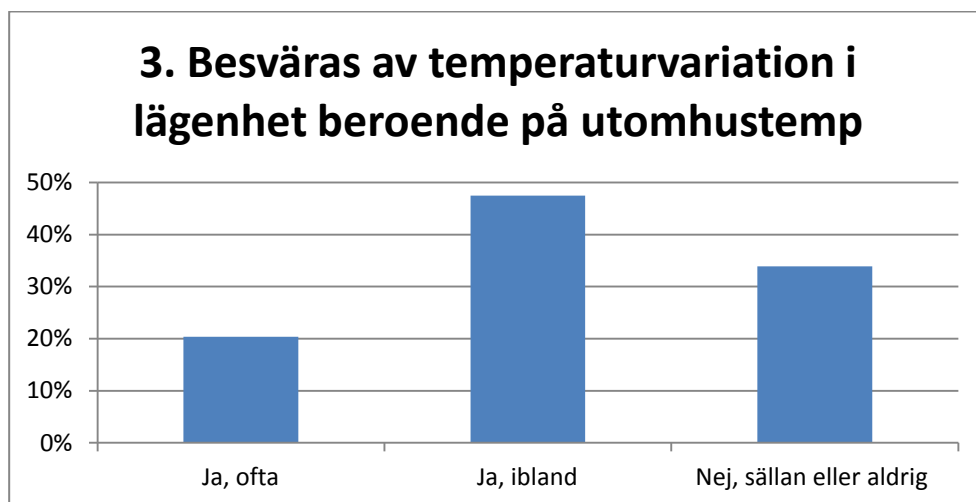
Förändringar i den upplevda temperaturen inomhus under sommarhalvåret är marginella efter renovering jämfört med innan. Majoriteten av de svarande anser att temperaturen inomhus är lagom i de olika rummen, se figur 8. Samtliga rum ligger i intervallet 60-80 % under alternativet lagom. Annars upplevs alla lägenhetens rum, undantaget badrummet, som något varma under sommartid. Med avseende på de höga utetemperaturer som uppmättes under sommaren 2014, har det inte varit övergripande problem med övertemperaturer i lägenheterna.



Figur 8. Upplevd temperatur inomhus i de olika rummen under sommarhalvåret.

2.2.4 Besväras av temperaturvariationer i lägenheten beroende på utomhustemperatur

Den tredje parametern som undersöktes var om de boende besväras av temperaturvariationer i lägenheten beroende på utomhustemperatur. Frågan är inte uppdelad över halvår utan avser hela året. Resultatet för enkäten efter renovering presenteras i figur 9. Sammantaget besväras ca 70 % av de boende av temperaturvariationer. Även för denna parameter är förändringarna marginella jämfört med enkäten innan renovering, se bilaga 3.

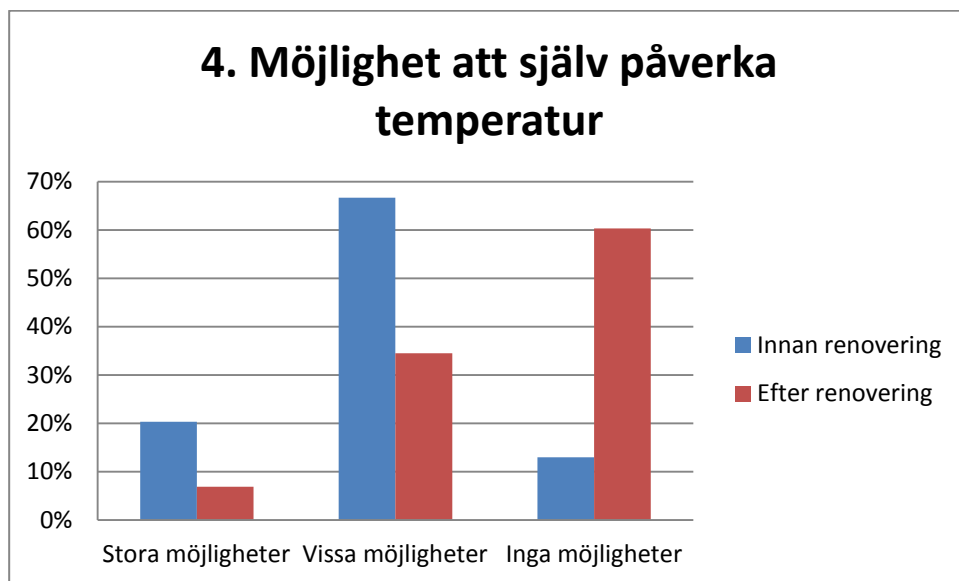


Figur 9. Besvär med temperaturvariationer i lägenheten beroende på utomhustemperatur.

2.2.5 Möjligheten att påverka temperaturen

Beträffande möjligheten för de boende att reglera temperaturen i lägenheten anser många att de inte har möjlighet att påverka temperaturen efter renovering, se figur 10. Detta trots att det finns termostader efter renovering, liksom före renoveringen. Hela 60 % anser att de inte har någon möjlighet att påverka temperaturen vilket är en markant ökning jämfört med enkätsvaren innan renovering då motsvarande andel låg på 13 %. De försämrade resultaten har en koppling till sänkningen av temperaturen i värmesystemet. Innan renovering var det övertemperatur i lägenheterna, vilket de boende hade möjlighet att reglera genom att vädra i lägenheten. Efter

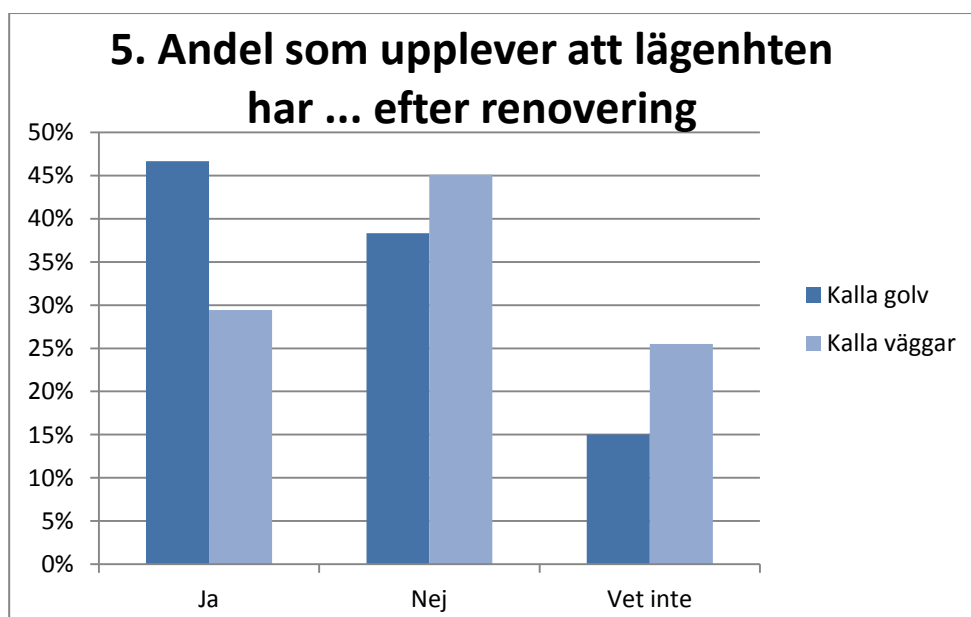
renovering upplever flertalet att det blivit kallt i lägenheterna vilket de inte har samma möjlighet att reglera själva. Det avspeglas även i resultaten från brukarenkäten där mindre än 10 % av de svarande anser sig ha stora möjligheter att påverka temperaturen efter renovering.



Figur 10. Andel svarande som anser att de har möjlighet att själva påverka temperaturen inomhustemperaturen före respektive efter renovering.

2.2.6 Andel som upplever att lägenheten har kalla golv eller väggar

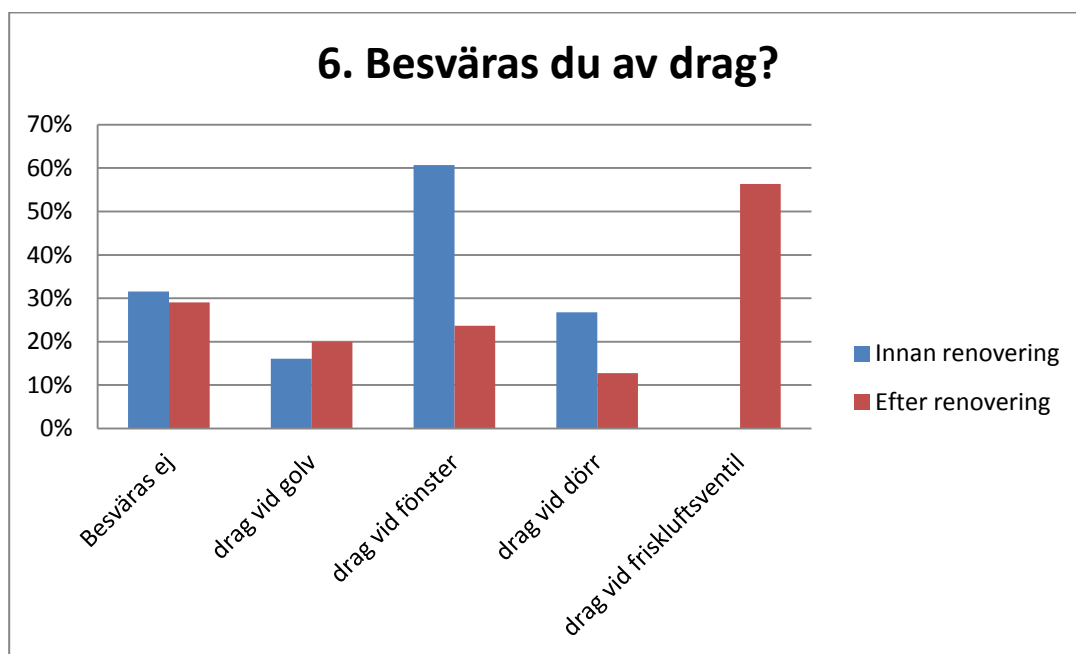
Beträffande kalla golv och väggar har nästan hälften av de svarande uppgett att de har kalla golv i lägenheten, se figur 11. Motsvarande siffra för kalla väggar är 30 %. Vid jämförelse med svaren innan renovering finns det en ökning med 20 respektive 10 % bland de som upplever att lägenheten har kalla golv respektive kalla väggar. Ökningen kan vara ett resultat av temperatursänkningen och installationen av nya fönster med friluftventiler i fönsterkarmarna. Innan renovering rådde ett högt luftläckage i hela lägenheten vilket reglerades genom att ha en övertemperatur i lägenheterna. Efter temperatursänkningen påverkas lägenheterna mer av intaget av kall luft.



Figur 11. Andel svarande som upplever att lägenheten har kalla väggar eller golv efter renovering.

2.2.7 Besväras med drag i lägenheten

En parameter som har förändrats markant efter renoveringen är boende som upplever drag i lägenheterna. Innan renoveringen upplevde över 60 % av de boende att det var drag vid fönster, se figur 12. Efter renoveringen har den siffran minskat till 24 %. Resultaten visar att de åtgärder som genomfördes för att förbättra lufttätheten i lägenheten har varit lyckade. Även drag från dörrarna har minskat efter renovering. Däremot upplever över 50 % av de svarande att de har drag från friskluftsventilen som har installerats i samband med renoveringen. Att de boende upplever problem med drag från friskluftsventilen beror på placeringen av ventilerna. Friskluftsventilerna sitter monterade i fönsterkarmarna vilket gör att den kalla luften drar direkt in i lägenheten utan att värmas upp. Syftet med placeringen av ventilerna var att den kalla luften skulle riktas upp mot taket för att möjliggöra blandning med varm luft. Dock har inte luckorna som reglerar flödet från friskluftsventilen fungerat utan de har fallit ner och det kalla luftflödet har riktats mot golvet. En annan placering av friskluftsventilerna, exempelvis bakom elementen hade varit mer fördelaktig. Då hade luften värmts upp något innan den flödade ut i rummet.

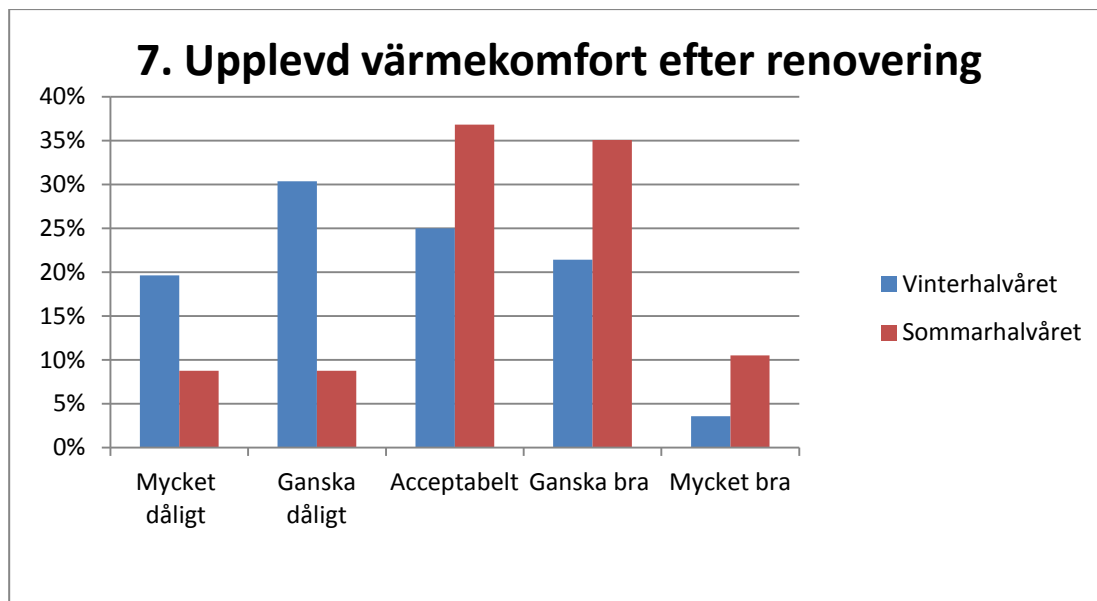


Figur 12. Andel svarande som besväras av drag i lägenheten och källan till drag före och efter renovering.

De boende har även fått ange i vilket rum som de har besvär av drag och där är det framförallt vardagsrummet som angivits som dragit. Andelen som uppgett att de besväras av drag i vardagsrummet är 75 % efter renovering, vilket kan jämföras med 45 % innan renovering. En positiv förändring är att inga av de svarande har angett att de besväras av drag i köket, vilket nästan 40 % angav innan renovering.

2.2.8 Upplevd värmekomfort

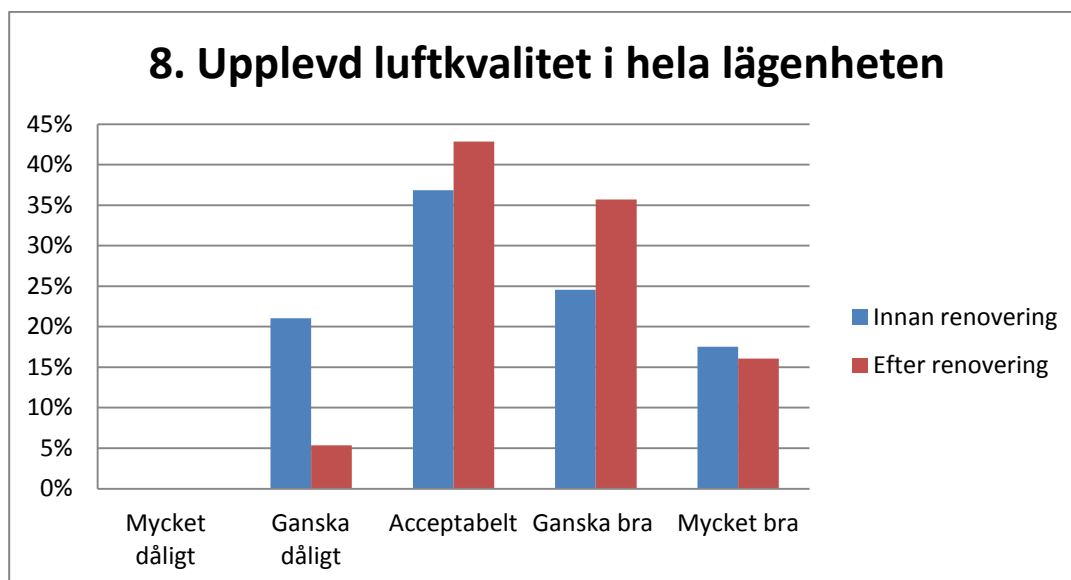
Den upplevda värmekomforten under vinterhalvåret har försämrats efter renovering och 50 % av de svarande uppger att de har ganska eller mycket dålig värmekomfort, se figur 13. Motsvarande siffra före renovering var 20 %, vilket innebär en markant försämring. För sommarhalvåret ligger siffrorna före och efter renovering på samma nivåer.



Figur 13. Upplevd värmekomfort i lägenheten efter renovering under vinter- och sommarhalvåret.

2.2.9 Upplevd luftkvalitet

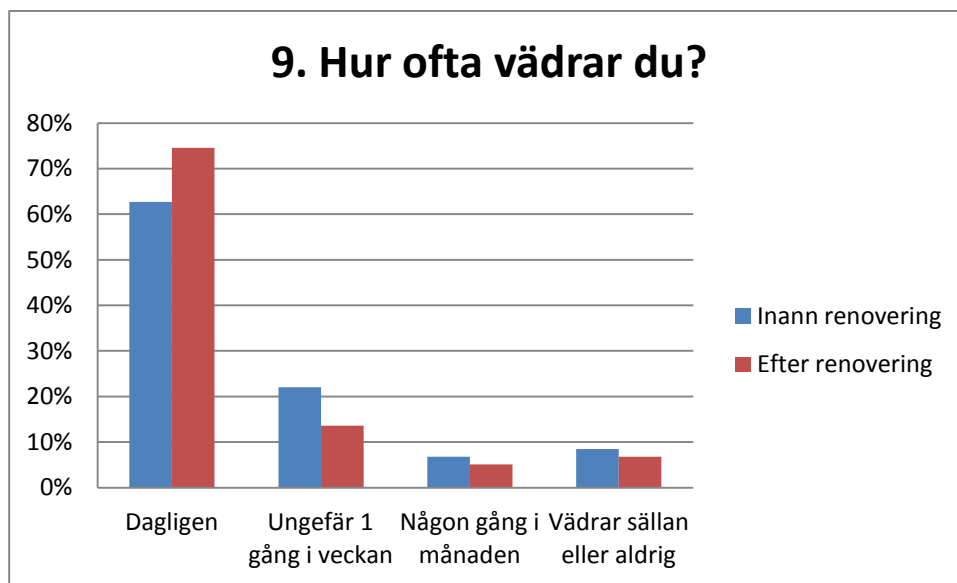
På frågan om upplevd luftkvalitet i lägenheten så har de svarande upplevt en förbättring av luftkvaliteten efter renoveringen, se figur 14. Sammantaget upplever 95 % att de har en acceptabel eller bra luftkvalitet inomhus efter renovering, jämfört med 80 % innan renovering.



Figur 14. Upplevd luftkvalitet i lägenheten före och efter renovering.

2.2.10 Vädringsmönster

Beträffande vädringsmönster så har den dagliga vädringen ökat med dryga 10 % efter renovering, se figur 15. Det vanligaste vädringssättet är att ha öppet några timmar, vilket över 60 % använder sig av se figur 16. Få stänger av elementen vid vädring, endast 30 %. Det visar på att det invanda vädringsmönstret inte har förändrats sedan efter renoveringen. Det nya värmesystemet är utformat för att det inte ska vara nödvändigt att vädra utan att systemet ska reglera inneklimatet. Att majoriteten av de svarande fortfarande vädra dagligen under längre perioder kan därmed få en negativ inverkan på innetemperaturen och är en förklaring till att fler personer upplever att det råder en för låg innetemperatur. Resultatet visar att det är viktigt att informera de boende om förändringar i värmesystemet och hur de boendes beteende påverkar systemets prestanda.



Figur 15. Hur ofta som de svarande vädtrar i lägenheten före respektive efter renovering.



Figur 16. Vädringsbeteende efter renovering, hur de svarande vädtrar i lägenheten.

2.2.11 Temperatur och luftfuktighet

Temperatur- och fuktloggar har varit utplacerade i sex lägenheter under perioden 2013-08-27–2014-09-18 för vilken timvärden har loggats. Under samma period har en temperatur- och fuktlogger suttit på taket för mätning av utomhusklimat. Loggarna i lägenheterna har varit placerade i vardagsrum på dörrfoder till hall ca 160 cm från golvet. Lägenheternas placering beskrivs i Tabell 3.

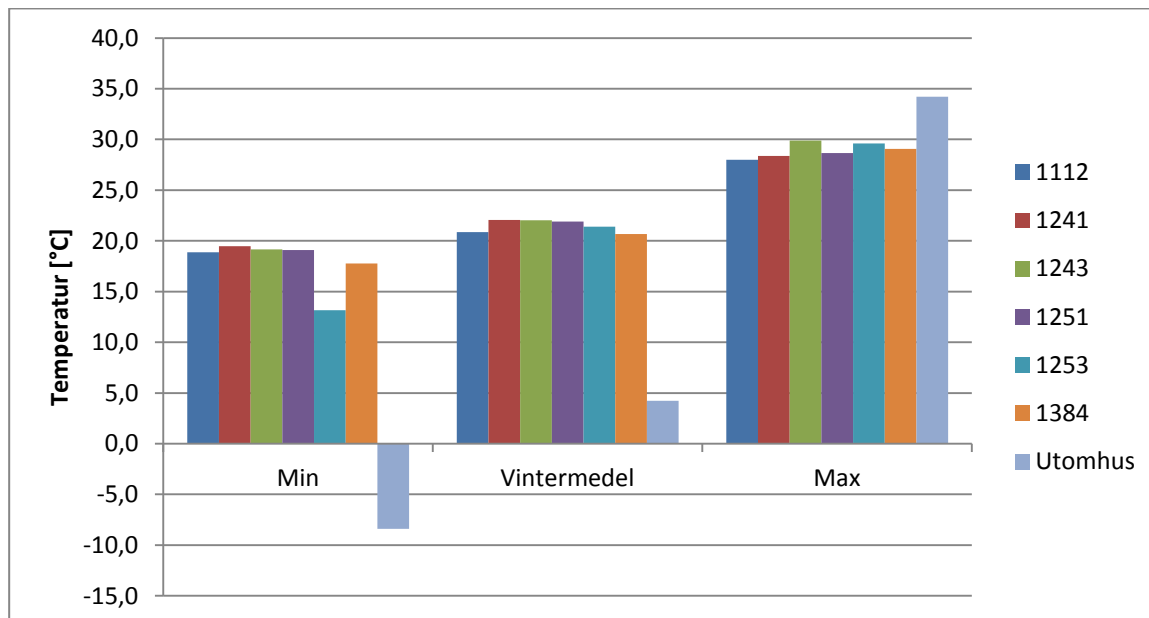
Tabell 3: Lägenheternas placering

Lägenhet	Våning	Väderstreck
1112	1	Norr
1241	4	Nordväst
1243	4	Sydöst
1251	5	Nordväst
1253	5	Sydöst
1384	8	Söder
Utomhus	Tak	Nordost

I Tabell 4 och figur 17 redovisas uppmätta temperaturer för mätperioden. Medeltemperaturen för vinterperioden 1 november till 31 mars är som förväntat, kring 21°C. Lägsta temperaturen i lägenhet 1253 beror på en flytt och troligen vädring som skedde i samband med detta. Det är lägenheterna i söder och sydvästläge som når högst maxtemperatur, dock med marginell skillnad. Utomhustemperaturen är loggad till som lägst -8,4°C vilket torde betyda att loggern påverkas av byggnadens temperatur då den sitter på förrådsväggen på taket. Det går alltså inte att förlita sig på absoluta temperaturer för utomhusmätaren utan enbart förändringen i temperatur. Gällande vintermedeltemperatur så ligger lägenhet 1112 och 1384 lägst vilket troligen beror på att de har högst effektbehov. Dessa är de enda lägenheterna som ligger i gavel och lägenhet 1384 har klimatavskiljande takbjälklag och lägenhet 1112 har ett kylrum placerat under golvbjälklaget.

Tabell 4: Uppmätt årlig min- och maxtemperatur samt vintermedeltemperatur

Temperatur	Mintemperatur (över året) [°C]	Vintermedel [°C] 1 nov – 31 mars	Maxtemperatur (överåret)[°C]
1112	18,9	20,9	28,0
1241	19,5	22,1	28,4
1243	19,2	22,0	29,9
1251	19,1	21,9	28,6
1253	13,2	21,4	29,6
1384	17,8	20,7	29,1
Utomhus	-8,4	4,2	34,2

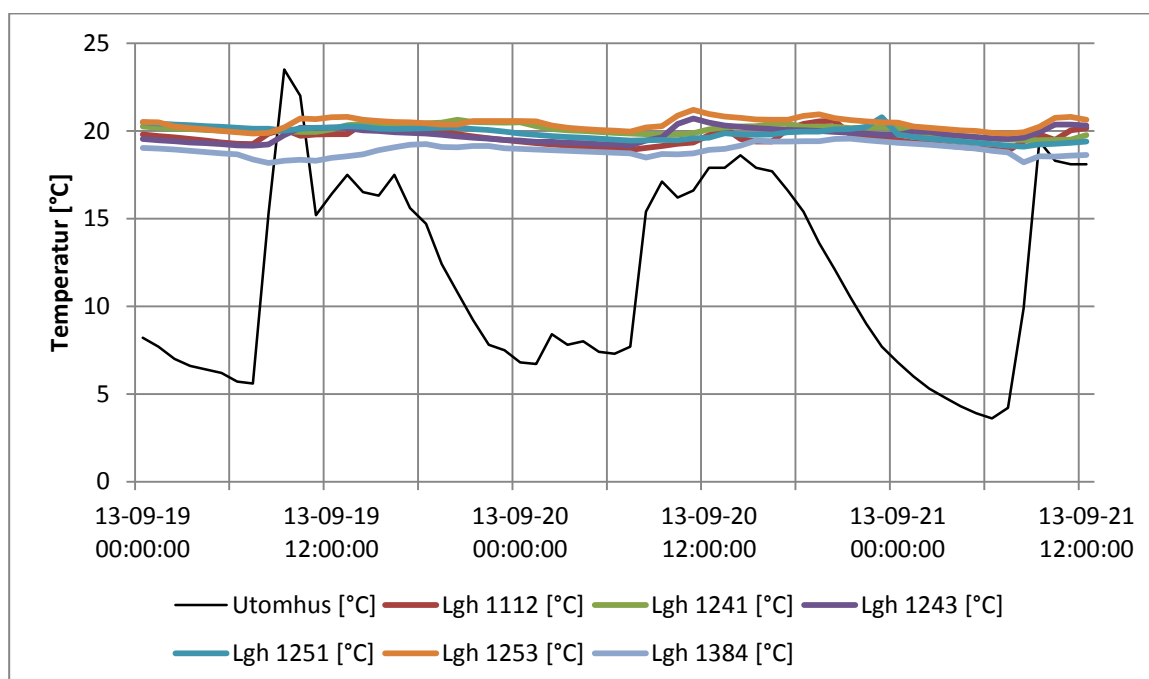


Figur 17: Uppmätt min-, max- och vintermedeltemperatur

Datum och klockslag för när de i Tabell 4 redovisade mintemperaturerna inträffar finnes i Tabell 5. För lägenhet 1112, 1241, 1243 och 1251 inträffar lägsta temperaturen under samma tidsperiod vilket redovisas i Figur 17. Det var en väldigt kall period i slutet av september som medförde de låga inomhustemperaturerna. Detta beror troligen på att värmesystemet ännu var avstängt.

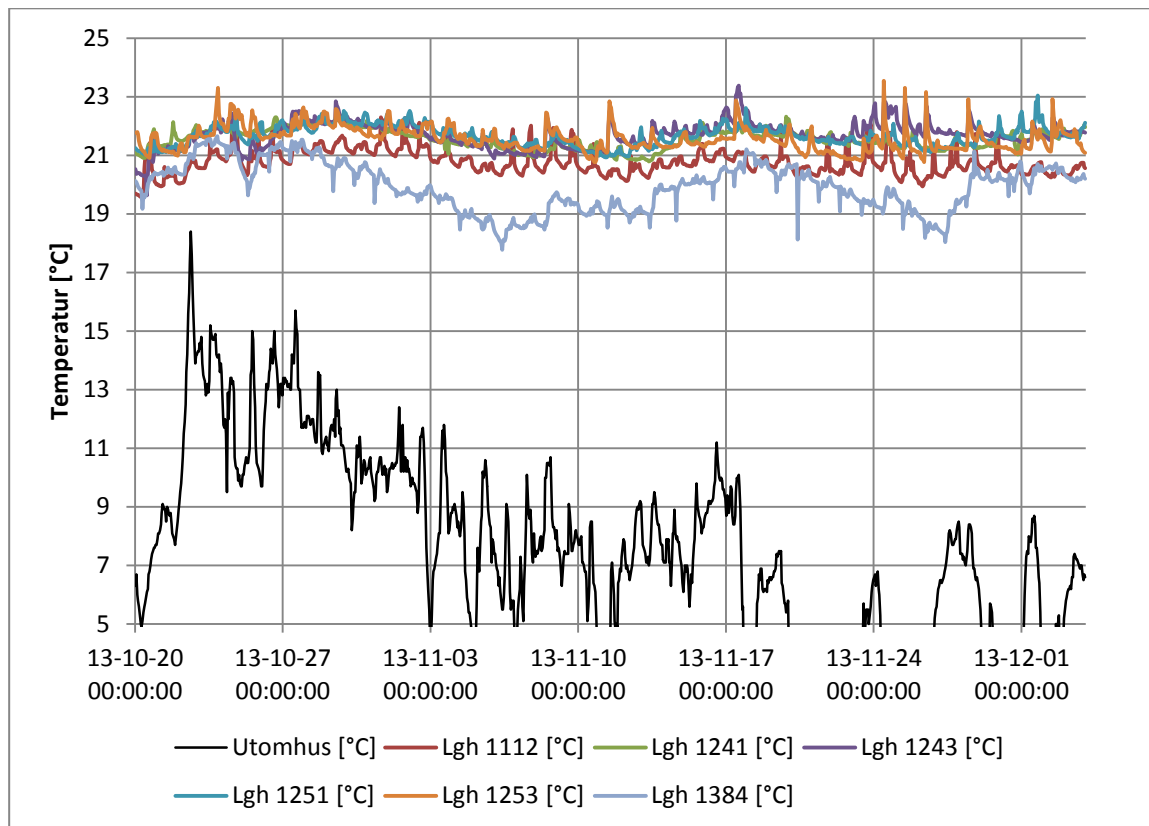
Tabell 5: Inträffande av lägst temperaturer i lägenheterna

Temperatur	Tid för mintemperatur	Ute [°C]
1112	13-09-21 07:00:00	4,2
1241	13-09-21 09:00:00	19,4
1243	13-09-19 07:00:00	5,6
1251	13-09-21 08:00:00	9,9
1253	14-01-18 13:00:00	-1,4
1384	13-11-06 09:00:00	5,5



Figur 18: Mintemperatur för lägenhet 1112, 1241, 1243 och 1251

För en period i slutet av oktober och under november 2013 orkade inte värmesystemet värma lägenhet 1384 vilket figur 19 visar. Det kan bero på att värmesystemet är i början av uppvärmningssäsongen vilken ger lägre framledningstemperatur än senare framåt vintern. Eftersom lägenhet 1384 ligger högst upp i huset kan den vara värst drabbad av låg framledningstemperatur.

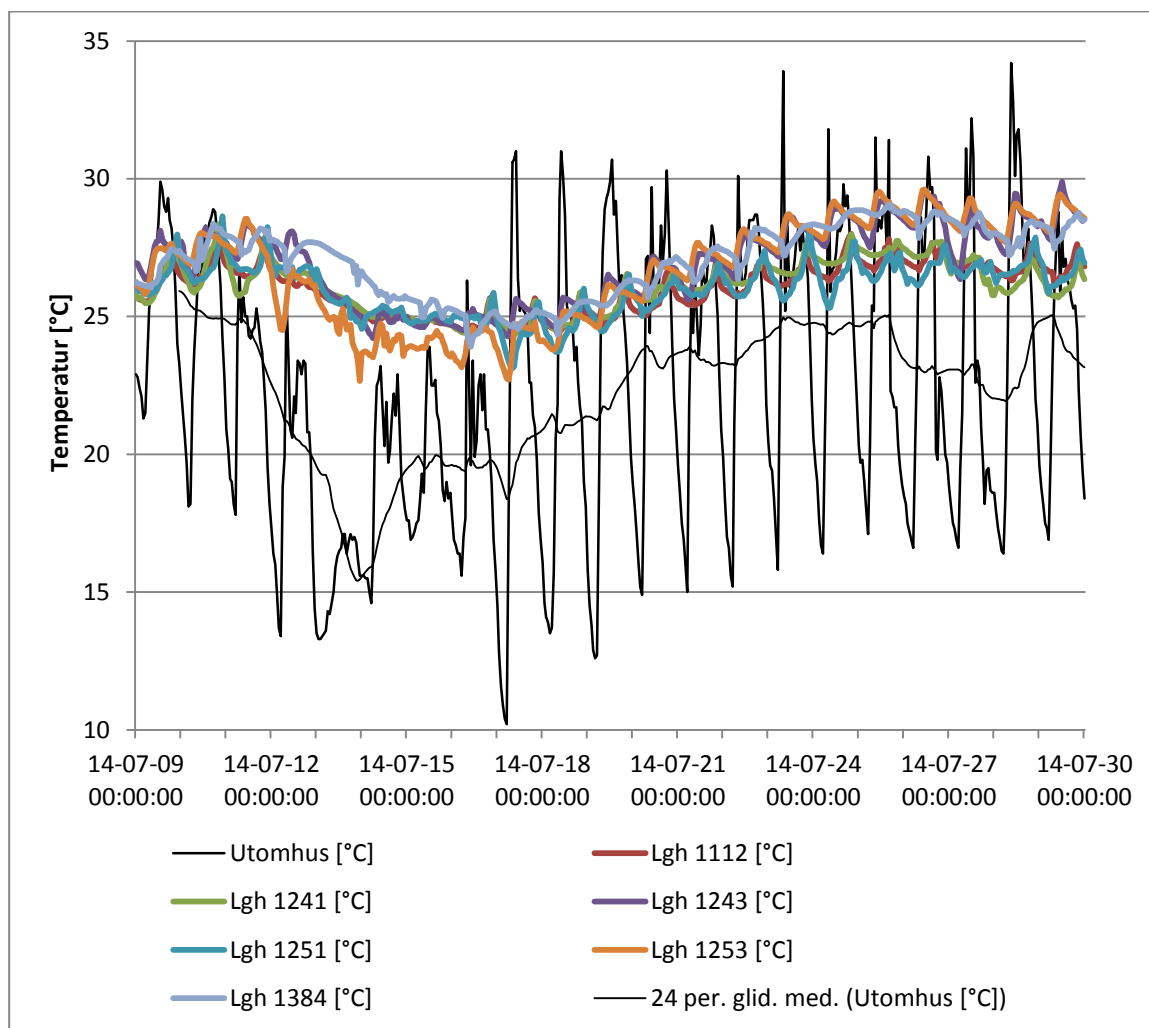


Figur 19: Mintemperatur för lägenhet 1384

Lägenheternas högsta temperatur inträffar under den varma perioden i slutet av juli 2014 vilket redovisas i Tabell 6 och Figur. Under denna period når utomhustemperaturen upp till 34°C.

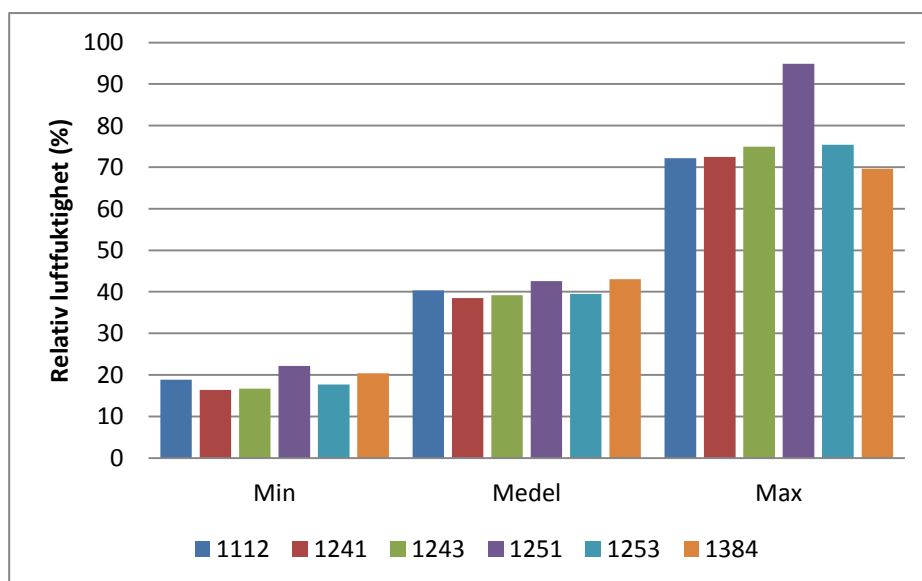
Tabell 6: Inträffande av högst temperaturer i lägenheterna

Temperatur	Tid för maxtemperatur	Ute [°C]
1112	14-07-24 20:00:00	26,6
1241	14-07-10 21:00:00	26,1
1243	14-07-29 12:00:00	27,8
1251	14-07-10 22:00:00	24,2
1253	14-07-26 11:00:00	27,4
1384	14-07-25 16:00:00	31,4



Figur 20: Inträffande av högst temperaturer i lägenheterna

De för perioden uppmätta relativa luftfuktigheterna i lägenheten redovisas i figur 21. Värdena anses helt normala och ligger i spannet 20-70 %. Maxvärdet på 95 % för lägenhet 1251 är enbart loggat för en timme. Näst högsta värdet är 70 %.



Figur 21: Uppmätt relativ luftfuktighet

Slutsatsen är att mätningen av luftfuktighet visar normala värden. För inomhustemperatur finns en marginell påverkan av väderstreck gällande maxtemperatur. För mintemperaturerna har de lägenheterna med stort klimatavskiljande yta lägst temperaturer. Medeltemperaturen vintertid

ligger enligt förväntat på mellan 21-22°C. Den period på året då det var svårast att hålla temperaturen var på senhösten när kylan börjar komma och värmesystemet precis satts igång.

2.3 Täthet och termografering

Före projektstart utfördes lufttäthetsprovning och termografering av 5 lägenheter för att uppskatta värmeförlusterna pga. otätheter. Efter renovering utfördes kompletterande lufttäthetsprovningar med termografering i dessa lägenheter. Målet var att uppnå en tätare byggnad vilket också skulle bidra till en minskad energianvändning för uppvärmning samt ökad termisk komfort för de boende.

Lufttäthetsprovningarna av lägenheterna i Giganten 6 i Halmstad utfördes enligt SS-EN 13829:2000, metod b, med en avvikelse att utomhustrycket mättes i trapphuset. Detta för att göra mätvärdena jämförbara med den tidigare lufttäthetsprovningen som utfördes före renovering.

2.3.1 Mätutrustning

Tryckprovningssutrustningar av typ "Minneapolis blower door", Modell 4, med tillhörande manometer DG 700 för mätning av luftflöde genom klimatskal.

Sr. nr. DG 700: 11498 107 700 E.E

För mätning av temperatur och luftfuktighet används en logger från Hobo

Hobo UX100-011 10470129

För mätning av atmosfärstryck används ett instrument från Kimo.

Kimo MP 115 13080088

För termograferingen används en kamera från FLIR.

FLIR b50 399002750

Mätresultat har getts via manometer och programvara Tectite Express 3.6.

2.3.2 Mätförfarande

Blower Door monterades och placerades i dörröppningen till trapphus enligt lufttäthetsprovningarna som utfördes före renovering och tryckslangen för utomhustryck placerades i mitten av trapphuset vid trappräcket. Entrédörren till trapphuset öppnades enligt vad som beskrivs i rapporterna för de tidigare lufttäthetsprovningarna för att säkerställa att tryckdifferensen över klimatskärmen mäts. Detta gav ett relativt undertryck i lägenheterna då trycket i trapphuset ökade med 15 Pa. Att öppna entrédörren i trapphusen flyttar neutralplanet till marknivå och försätter trapphuset i övertryck relativt lägenheterna. Differenstrycket bör då visa negativt värde om entrédörren är öppen. Lufttäthetsprovningarna som utfördes före renovering visar att neutralplanet inte ligger i marknivå då differenstrycket visade både positivt och negativt resultat beroende på vilken lägenhet som testades. Av osäkerhet gällande om trapphusdörren i markplan var öppen eller stängd under mätningarna före renovering testades båda alternativet med utkomsten att resultatet blev lika oavsett öppen eller stängd trapphusdörr. Detta kan bero på att hisschaktet är öppet upptill vilket jämnar ut trycket eller att volymen i trapphuset är så stor i förhållande till lägenhetens volym vilket medför att trapphusets tryck förändras försumbart under testet.

Frånluftsdonen i WC och kök tejpades. Spaltventilerna för tilluft i fönstren stängdes. Mätning skedde med både över- och undertryck, med hjälp av programvaran Tectite Express 3.6. Innan lufttäthetsprovningen användes utrustningen för att skapa undertryck i lägenheterna och med

hjälp av termograferingskamera detektera läckage. Före, under och efter mätning kontrollerades att förslutna detaljer var täta.

2.3.3 Klimatförhållanden

Lufttäthetsprovningarna av lägenhet 1111 och 1335 före renovering utfördes sommaren 2011 vilket syns på inomhustemperaturen. Övriga lufttäthetsprovningar är utförda vintertid. Lägenhet 1332, 1362 och 1382 lufttäthetsprovades vintern 2013. Då var fönsterpartierna redan bytta men i övrigt var inga lufttäthetsförbättrande åtgärder utförda. Efter renoveringen lufttäthetsprovades alla lägenheter vintern 2014.

Tabell 7: Uppmätta klimatförhållanden vid lufttäthetsmätning

Lägenhet	Före renovering			Efter renovering		
	Temperatur		Atmosfärstryck	Temperatur		Atmosfärstryck
	Inomhus	Utomhus		Inomhus	Utomhus	
1111	22°C	15°C	1013 hPa	22°C	4°C	1 002 hPa
1332	20°C	-2°C	1003 hPa	23°C	5°C	1 003 hPa
1335	24°C	20°C	1013 hPa	23°C	5°C	1 002 hPa
1362	22°C	0°C	1003 hPa	22°C	5°C	1 001 hPa
1382	22°C	0°C	1003 hPa	21°C	7°C	1 002 hPa

2.3.4 Omslutande areor och volym

För att jämföra resultaten mellan lägenheterna används volymen som ett nyckeltal. Som en tilläggsinformation visas hur stor klimatavskiljande yta som lägenheterna har.

Tabell 8: Klimatavskiljande yta

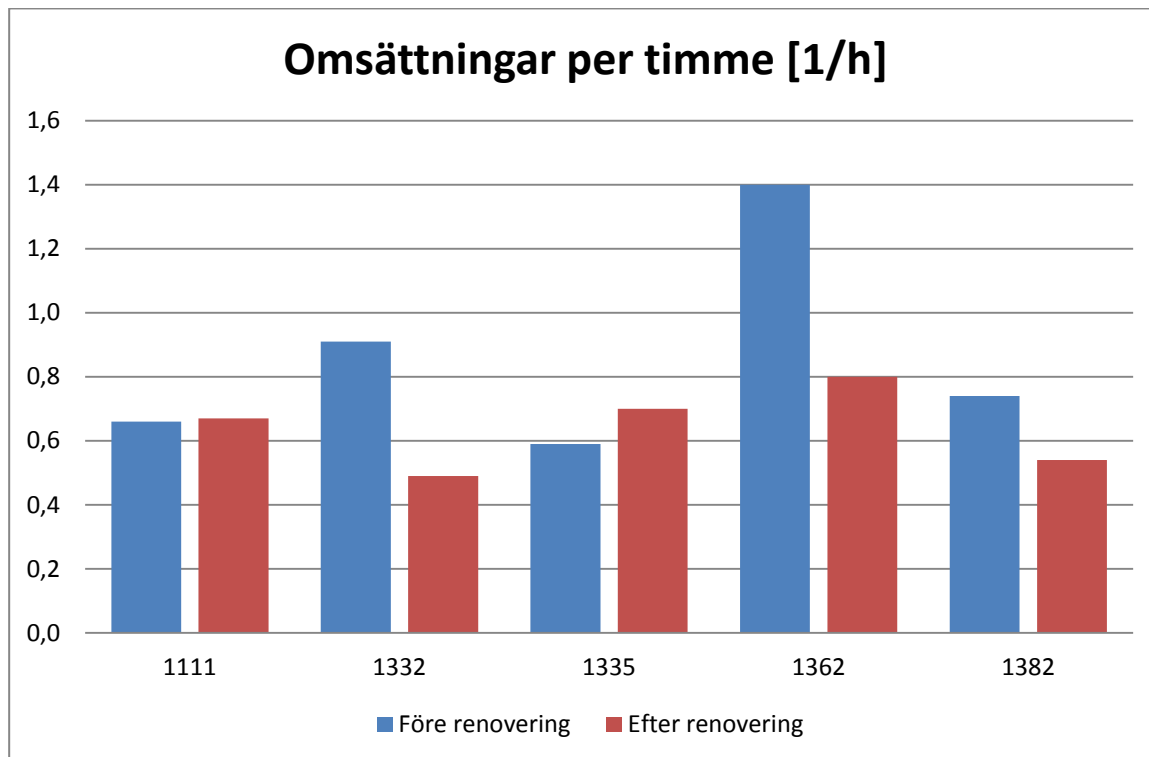
Lägenhet	Klimatavskiljande yta	Volym
1111	27 m ²	145 m ³
1332	31 m ²	223 m ³
1335	78 m ²	195 m ³
1362	31 m ²	223 m ³
1382	31 m ²	223 m ³

2.3.5 Resultat före och efter renovering

Då lufttäthetsprovningarna är utförda enligt SS-EN 13829:2000, metod b, med en avvikelse att utomhustrycket mättes i trapphuset ska resultatet användas för att visa på skillnaden mellan före och efter renovering. Uppmätt lufttäthet behöver inte överensstämja med lägenheternas lufttäthet. Provningarna genomfördes under uppvärmningssäsong med undantag för två mätningar före renovering.

Tabell 9: Resultat av lufttäthetsprovning före och efter renovering

Lägenhet	Lufttäthet i omsättningar per timme [1/h]	
	Före renovering	Efter renovering
1111	0,66	0,67
1332	0,91	0,49
1335	0,59	0,70
1362	1,40	0,80
1382	0,74	0,54



Figur 22: Resultat i stapelform

De spaltventiler som har installerats efter renoveringen bidrar givetvis till att minska lufttätheten. För att undersöka hur mycket dessa påverkade lufttätheten så genomfördes en känslighetsanalys genom att i lägenhet 1362 skruva loss spaltventilerna och tejpa för tilluftshålen. Det visade sig att en stängd spaltventil har ett luftläckage på ca 2 l/s vid 50 Pa tryckskillnad. Lägenheterna har mellan 3-4 stycken spaltventiler vardera vilket innebär att 6-8 l/s eller 0,10-0,15 oms/timme vid 50 Pa tryckskillnad.

Lufttätheten redovisas inklusive påverkan från spaltventilerna, i enighet med SS-EN 13829:2000, metod b. För resultatet av lägenheterna 1332, 1362 och 1382 före renovering så var fönsterpartierna i vardagsrummen redan bytta.

2.3.6 Analys av resultat

Resultatet visar att lägenheterna före renovering hade stor spridning gällande lufttätheten och att lägenheterna efter renovering har en mer likställd lufttäthet.

De tre lägenheterna där förbättring av lufttätheten skett (1332, 1362, 1382) har samma planlösning. Lufttäthetsprovningarna utfördes även vintertid både före och efter renovering. Som nämnt innan så var fönsterpartierna i vardagsrummet redan bytta när mätningen före renovering utfördes.

De andra två lägenheterna (1111, 1335) har däremot en annan planlösning och lufttäthetsprovningen före renovering utfördes under sommaren vilken kan ha inverkan. Med ökning av temperaturen och ånghalt i luften expanderar vissa material vilket kan leda till att håligheter minskar och lufttätheten ökar. Det kan alltså ha skett en förbättring i alla lägenheterna men säsongsproblematiken kan slå ut den förbättringen.

Den genomsnittliga förbättringen av lufttätheten är 28 %. Samma siffra för urvalet av mätningar utförda enbart vintertid är 39 %.

2.3.7 Termografering

Termografering har utförts i samband med lufttäthetsprovning både före och efter renovering. Termograferingsbilderna finns redovisade i bilaga 4 "Termograferingsrapport Giganten 6"

Före renovering upptäcktes generella läckage kring fönster, runt utfackningsväggar mot balkong samt runt och i skafferierna. I skafferierna fanns före renovering en friskluftsventil för att hålla dem svala. Vid termograferingen och lufttäthetsprovningen tätades ventilöppningen men stort läckage skedde ändå från den inkapslade lådan för friskluftsintaget. Vid renoveringen togs den inkapslade lådan och friskluftsventilen bort och hålet i fasaden tätades. Resultatet visar att skafferierna nu är lufttäta. Fönstren och fönsterdörrarna före renovering var i dåligt skick och hade stora läckage. Efter bytet till nya fönster och fönsterdörrar har läckagen minskat markant. I de nya fönstren har friskluftsventiler satts in vilka läcker även i stängt läge. Anslutningarna mellan utfackningsväggar och bjälklag, samt utfackningsväggar och innerväggar före renovering var ej täta. Då utfackningsväggarna ej byttes ut utan enbart tilläggsisolerades så kvarstår visst läckage här.

3 Känslighetsanalys

3.1 Fastighetsägarens perspektiv

Ett viktigt steg i arbetet med utvärderingen av Giganten 6 var att sätta in erfarenheterna från projektet i ett större perspektiv. Under våren 2014 genomfördes därför ett examensarbete kopplat till projektet med syfte att undersöka hur olika fastighetsägares bedömer lönsamheten i energieffektiviserande åtgärder vid renovering. Detta är ett utdrag från examensarbetet "Val av energieffektiviserande åtgärder – en studie av fastighetsägarnas investeringsbedömning vid renovering" (Hastig och Tapper, 2014).

Studien baseras på två delar, demonstrationsprojektet Giganten 6 och en intervjustudie med olika fastighetsägare. Genom att skapa en bild av hur olika fastighetsägare genomför och bedömer sina investeringar i energieffektiviserande åtgärder så har aspekter kopplade till fastighetsägarnas investeringsbedömning identifierats.

En hypotes som fanns i början av studien var att fastighetsägare väljer bort investeringar i energieffektiviserande åtgärder till förmån för projekt som anses vara mer lönsamma. Därmed är det av intresse att undersöka hur fastighetsägarna motiverar sina val vid investeringar i energieffektiviserande åtgärder och hur de bedömer lönsamheten i åtgärderna. Syftet med studien var därmed att åskådliggöra vad fastighetsägarna beaktar vid investeringar i energieffektiviserande åtgärder vid renovering. För att belysa frågan har studien utgått från två stycken frågeställningar:

1. *Vad prioriterar fastighetsägarna vid investering i energieffektiviserande åtgärder vid renovering av flerbostadshus?*
2. *Hur genomför fastighetsägarna sin bedömning av lönsamheten i energieffektiviserande åtgärder?*

Demonstrationsprojektet Giganten 6

Utifrån erfarenheter från demonstrationsprojektet Giganten 6 kunde projektgruppen se att de energieffektiviserande åtgärderna skapade investeringsutrymme för fastighetsägaren Akelius. I ett första skede undersökte Akelius kostnaden för att genomföra en traditionell renovering med stambyte och standardhöjande åtgärder. Investeringsbedömningen visade att den ekonomiska kalkylen inte gick ihop, de ökade intäkterna från de standardhöjande (hyreshöjande) åtgärder var inte tillräckliga för att finansiera ombyggnationen. Därmed var fastighetsbolaget tvunget att hitta nya lösningar för att få ekonomi i projektet.

I det läget började Akelius tillsammans med NCC att undersöka möjligheten att genomföra energieffektiviserande åtgärder i samband med renoveringen för att minska byggnadens driftkostnader och skapa investeringsutrymme för en renovering. NCC utredde olika alternativ för energieffektiviserande åtgärder och visade på hur det skulle förbättra fastighetens driftnetto, därefter valde Akelius ut olika energieffektiviserande åtgärder som genomfördes i samband med renoveringen. Ambitionen från Akelius sida var att energieffektivisera byggnaden till så låga nivåer som möjligt, där varje enskild energieffektiviserande åtgärd skulle vara lönsam. För att bedöma lönsamheten i de olika energieffektiviserande åtgärderna satte Akelius och NCC upp en totalkalkyl över renoveringen, där kostanden för de olika åtgärderna bedömdes mot förändringen i driftnetto. Utifrån totalkalkylen skapade de energieffektiviserande åtgärderna investeringsutrymme utöver de hyreshöjande åtgärderna.

Totalkalkylen mäter lönsamheten i projektet, där det ökade driftnettot från hyra och energibesparing ställs mot projektkostnaden. Beräkning av det totala investeringsutrymmet bygger på den årliga driftnettoökningen från hyresintäkter respektive energieffektivisering, med hänsyn till Akelius avkastningskrav.

I totalkalkylen simulerades energiprestandan för olika åtgärdsalternativ. Totalkalkylen användes iterativt och uppdaterades efterhand som projektet framskred. Energiprisökningen antogs följa inflationen. Akelius avkastningskrav var 7 % över tid. Mer information om åtgärspaket och normerad energibesparing för de olika alternativen återfinns i examensarbetet "Val av energieffektiviserande åtgärder – en studie av fastighetsägarnas investeringsbedömning vid renovering" (Hastig och Tapper, 2014), kapitel 4.2. Merkostnader för de energieffektiviserande åtgärder som slutligen valdes redovisas i bilaga 5.

Fastighetsägarnas prioriteringar för investering i energieffektiviserande åtgärder vid renovering

För att få fram fastighetsägares drivkrafter och prioriteringar med avseende på investeringar i energieffektiviserande åtgärder vid renovering kompletterades fallstudien från Giganten 6 med intervjuer med representanter från olika fastighetsägare och intressenter. Sammanlagt genomfördes 24 intervjuer varav 17 stycken var med fastighetsägare, både kommunala och privata, som investerat i energieffektiviserande åtgärder i samband med renovering av flerbostadshus.

Utifrån intervjuerna framkom det att valet av energieffektiviserande åtgärder vid renovering av flerbostadshus utgår från fyra faktorer. Det som styr investeringar i energieffektiviserande åtgärder är först och främst fastighetens behov, vilket är den första faktorn. För att ett renoveringsprojekt ska övervägas, och därmed energieffektiviserande åtgärder, krävs det att fastighetsägaren bedömer att en komponents livstid är passerad. Det optimala fallet inträffar när fastighetsägaren kan samordna energieffektiviserande åtgärder med underhållsåtgärder, eftersom det skapar samordningsfördelar och kostnaderna sprids ut över flera budgetposter. Vid val av tidpunkt för ett renoveringsprojekt utgår fastighetsbolagen från en bedömning av fastighetens skick, den långsiktiga underhållsplanen samt en samlad utvärdering av hela fastighetsbeståndet. Underhålls- och driftskostnader används som indikatorer för att åskådliggöra om ett mer omfattande underhåll bör genomföras. Exempelvis nämnde flera fastighetsägare att de väljer att genomföra åtgärder i fastigheter med en hög energiförbrukning.

En företeelse som dök upp under flera intervjuer var att fastighetsägarna redan hade lappat och lagat i fastigheten när det är dags att renovera. En kommunal fastighetsägare berättade att de lappar och lagar mindre skador i väntan på att den tekniska livslängden på andra komponenter ska ta slut. Anledningen var att det sedan möjliggör ett helhetsgrepp på renoveringen, och därmed en möjlighet att göra mer omfattande åtgärder i fastigheten. Majoriteten av fastighetsägarna i studien eftersträvar sådana samordningseffekter, vilket de ser inträffa genom att ta ett helhetsgrepp på fastigheten vid renovering. Därför väljer de att först lappa och laga fastigheten, för att sedan ta ett helhetsgrepp på renoveringen. En sådan strategi förskjuter samtidigt tidpunkten för renovering, vilket innebär att flertalet fastigheter renoveras efter den förväntade renoveringstidpunkten.

Den andra faktorn som fastighetsägarna ansåg avgörande för val av energieffektiviserande åtgärder är kostnaden för åtgärden. Om fastighetsägaren väljer att genomföra energieffektiviserande åtgärder vid renovering är det de åtgärder med en liten investeringskostnad som väljs först. De flesta fastighetsägarna arbetar aktivt med att genomföra åtgärder på installationssidan, men drar sig för att göra åtgärder i klimatskalet. Det kan förklaras av att åtgärder i klimatskalet ofta har en högre initial investeringskostnad och en längre teknisk livslängd, vilket försvårar investeringsbedömningen då det investerade kapitalet betalas tillbaka på längre sikt. Ofta genomförs en översiktlig bedömning, där investeringskostnad, teknisk livslängd och årlig energibesparing utvärderas. Majoriteten av fastighetsägarna är

kostnadsmedvetna, vilket i första hand styr deras urval av energieffektiviserande åtgärder. Ofta väljer fastighetsägarna bort att utvärdera åtgärder med en hög investeringskostnad. Det påverkar fastighetsägarnas möjlighet till att genomföra mer omfattande energieffektiviseringar där kostnaden är hög, vilket även medför att nya tekniska lösningar ofta väljs bort.

Att fastighetsägarna fokuserar mer på åtgärdens initiala kostnad kan förklaras med svårigheterna i att bedöma konsekvenserna, det vill säga energibesparingen som energieffektiviseringar ger upphov till, över tiden. Energieffektiviserade åtgärder med en låg initial investeringskostnad, som innebär lägre materialkostnad och en liten personalkostnad, är enkla att genomföra och underhållsarbetet påverkar inte fastigheten under en längre period vilket fastighetsägarna framhåller som positivt. Det visar på den utbredda kostnadsmedvetenheten hos fastighetsägarna, de föredrar de mindre resurskrävande åtgärder. De investeringarna har även en kortare återbetalningstid framför mer omfattande åtgärder, vilket fastighetsägarna förknippar med lägre osäkerheter.

Tredje faktorn som fastighetsägarna utgår ifrån vid val av energieffektiviserande åtgärder är vilka åtgärder som medför störst minskning av fastighetens driftskostnader. Fokuset vid en investering är att uppnå en hög kostnadsbesparing till en låg investeringskostnad. Valet av energieffektiviserande åtgärder utgår precis som renoveringen från fastighetens behov, vilket lyftes som den främsta faktorn. Som komplement till underhållsplanen använde ett par fastighetsägare även energi- och underhållskostnaderna i fastigheten som en indikator på när ett mer omfattande underhåll behöver genomföras. Det synliggör att fastighetsägarna fokuserar på att effektivisera verksamheten där de kontinuerligt arbetar med att minska driftskostnaderna i fastighetsbeståndet.

Den sista faktorn som fastighetsägarna baserar sina prioriteringar på är förvaltningssynpunkt. För att genomföra en investering i energieffektiviserande åtgärder vill fastighetsägaren veta hur åtgärderna påverkar förvaltningen av fastigheten. Den faktorn inkluderas vanligen inte i en investeringskalkyl, utan baseras snarare på tidigare erfarenhet och fastighetsägarna väljer helst samma lösning som tidigare för att kunna dra nytta av skalfördelar.

Ovanstående faktorer utgör grunden för fastighetsägarnas val av energieffektiviserande åtgärder. Det som avgör om fastighetsägarna genomför en investering i energieffektivisering i samband med renovering är det ekonomiska utrymmet. I slutänden avgör ekonomin, där det ekonomiska utrymmet sätter gränser för och avgör val av investering. Därmed utgör investeringskalkylen i kombination med byggnadens tekniska behov grunden för valet av energieffektiviserande åtgärder.

Investeringsbedömning vid val av energieffektiviserande åtgärder

Samtliga fastighetsägare i studien genomför en bedömning av investeringens lönsamhet. Gemensamt för alla intervjuade fastighetsägare är att de inte skulle investera i en åtgärd eller ett projekt som de inte ser en lönsamhet i. Vilket belyser vikten av hur fastighetsägarna genomför sin lönsamhetsbedömning. Vid bedömning av lönsamheten är det främst investeringskostnaden och det förändrade driftnettot för fastigheten som undersöks. Vid användningen av investeringskalkyler blir det därför ett stort fokus på att få den att gå ihop genom att minska kostnaderna - både gällande driftskostnader och gällande den initiala investeringskostnaden. Det medför även att det är betydelsefullt att kunna kvantifiera konsekvenser av energieffektiviserande åtgärder i ekonomiska termer, eftersom beslutsfattarna främst väljer investeringsalternativ utifrån lönsamhetsberäkningen.

När det kommer till den ekonomiska analysen av en investering i energieffektiviserande åtgärder framgick det av intervjuerna att det fanns olika grad av formalisering för fastighetsägarnas utvärdering. Sammantaget kunde de intervjuade fastighetsägarna delas in i tre olika grupper utifrån graden av formalisering i beslutsprocessen.

- Grupp A: Formell beslutsprocess och standardiserad lönsamhetsbedömning
- Grupp B: Slentrianmässig användning av en vald bedömningsmetod
- Grupp C: Informell beslutsprocess som baseras på tidigare erfarenheter

Grupp A: fastighetsägare som är "nitiska", har en utarbetad arbetsprocess och följer arbetsrutiner för investeringsbedömning noggrant - till "punkt och pricka".

Inom *grupp A* återfinns framförallt de större fastighetsägarna som har en hög grad av formalisering. Motiveringen av kalkylmetod sker medvetet, och de har en uttänkt strategi för investeringsbedömning, där metoden används i organisationen enligt en tydlig, systematisk arbetsprocess. Det innebär att investeringsbedömningen sker enligt samma rutiner inom hela organisationen. Fastighetsägarna använder utarbetade mallar för att utvärdera alla större investeringar inom organisationen, och de var även medvetna kring metodvalet vid investeringsbedömning och vilken påverkan det har för bedömning av lönsamheten. I en intervju berättade en respondent att de även använder mallen för mindre inköp eftersom den ger en god bedömning av olika investeringsalternativ. Det visar på att en standardiserad process underlättar beslut och kan möjliggöra att investeringsbeslut fattas enligt de riktlinjer och målsättningar som finns inom organisationen.

Den andra ytterligheten bland fastighetsägarna återfinns i *Grupp C: fastighetsägare som baserar sin bedömning på tidigare erfarenheter, beslutsunderlaget är inte av vikt vid bedömningen det vill säga beslutsfattare lägger inte vikt vid den ekonomiska kalkylen.*

De fastighetsägare som använder en informell beslutsprocess verkade i en organisation, där de övriga medarbetarna hade en stor tillit till beslutsfattaren – främst utifrån dess erfarenheter eller kompetens. Den typen av beslutsfattande görs ofta i mindre organisationer, där vägen till beslutsfattaren inte uppfattas som hierarkisk eller där styrningen har ett tydligt operativt fokus. I de fallen fanns det inte lika höga krav på ett dokumenterat beslutsunderlag inom organisationen, vilket resulterar i att investeringsalternativen valdes utifrån andra beslutskriterier än det valda lönsamhetsmåttet. Mindre organisationer, framförallt privata fastighetsägare, präglas av en informell beslutsprocess där lönsamhetsbedömningen till hög grad är erfarenhetsbaserad och utgår från teknisk kunskap. En nackdel med denna form av investeringsbedömning är att det blir svårare att utvärdera besluten och följa upp mot organisationens övergripande strategi.

Grupp B: fastighetsägare som använder en metod, som de anser vara rätt, men de är inte så medvetna om varför de använder just den.

Mellan de formella och de informella ytterligheterna finns en grupp fastighetsägare, där motiveringen sker slentrianmässigt utan en medvetenhet kring varför de använder en specifik metod. De ifrågasätter inte valet av kalkylmetod, eftersom de anser sig använda rätt metod. Det kan medföra vissa risker då de inte beaktar metodens svagheter och ofta inte tar hänsyn till alla konsekvenser vid en bedömning av lönsamhet. I slutet påverkar det vilka energieffektiviserande åtgärder som fastighetsägarna väljer att investera i, samt till vilken grad som de låter det ekonomiska beslutsunderlaget – investeringskalkylen, styra valet av investeringsalternativ.

Flera av fastighetsägarna i studien har dock använt sig av en sofistikerad kalkylmetod som tar hänsyn till kalkylränta, men flertalet har inte reflekterat över varför de använder en specifik metod. Motiveringen sker slentrianmässigt, vilket reflekteras i inställningen till investeringsbedömning, lönsamhet samt långsiktighet vid en investering. Ofta genomförde fastighetsägarna i denna grupp en första utvärdering av investeringarna med pay-back metoden. Återbetalningstid är ett vanligt referensmått vid jämförelse av investeringsalternativ, men få fastighetsägare har en tydlig motivering till varför de använder just det lönsamhetsmåttet.

Slutsatser

Investeringskalkylen är idag grundläggande för de energieffektiviserande åtgärder som fastighetsägarna väljer att investera i. Beslutsunderlaget är det centrala vid investeringsbedömningen, där värdet av en investering till stor del synliggörs vid utformning av den kvantitativa investeringskalkylen. En frågeställning som dök upp under studien var hur fastighetsägare som uttryckte att de prioriterade andra aspekter än ekonomisk lönsamhet gjorde för att jämföra olika alternativ mot varandra. Fastighetsägarna är medvetna om att andra aspekter av en kvalitativ karaktär är viktiga att ta hänsyn till vid ett investeringsbeslut, men avsaknaden av lämpliga jämförelsetal försvårar den bedömningen. Det får konsekvensen att aspekter så som inomhusmiljö, sociala faktorer och utemiljö bortprioriteras då fastighetsägarna inte kan utvärdera de aspekterna enligt en kvantitativ analys.

Det krävs ytterligare mätetal för att fånga upp de konsekvenser och aktiviteter, som i dagsläget inte är värderbara, men som ändå skapar ett värde vid investering i energieffektiviserande åtgärder. För att fastighetsägarna ska kunna genomföra en fullständig investeringsbedömning av åtgärderna behöver värdet synliggöras i någon form av lönsamhetsmått. Det är även essentiellt att inkludera de faktorerna som en del av investeringskalkylen – först då kommer de att beaktas fullständigt.

En erfarenhetsbaserad bransch – goda exempel är avgörande

Fastighetsbranschen är starkt präglad av en erfarenhetsbaserad kultur, där den tekniska kompetensen skapar en legitimitet och ett gott rykte bland övriga aktörer inom branschen. Därför är goda exempel, exempelvis i form av referensprojekt, avgörande för att fastighetsägarna ska välja att investera i ny, obeprövad teknik. I dagsläget väljs ofta ny teknik bort då den innefattar en ökad risk för fastighetsägarna jämfört med beprövad teknik. Det påverkar även de privata fastighetsägarnas resonemang vid val av energieffektiviserande åtgärder, där deras tidigare erfarenheter vid tidigare projekt i hög grad påverkar om de använder lösning i framtida projekt.

Att fastighetsbranschen är erfarenhetsbaserad har därför skapat vissa sanningar, eller fördomar. Det gäller främst olika tekniska lösningar, och huruvida det är en investering som fastighetsägaren bör välja att installera i sin fastighet. Därför utesluts ofta flera tekniska lösningar utan att en investeringsbedömning har genomförts, då det finns en felaktig sanning inom branschen om att den lösningen inte är lönsam eller tekniskt effektiv. Därför väljer en del fastighetsägare även att använda äldre lösningar och beprövade tekniker, framför nya och oprövade tekniska lösningar, eftersom de inte har hunnit få en teknisk legitimitet inom fastighetsbranschen.

3.2 Miljöaspekter i ett systemperspektiv

Miljökonsekvenser av valda energibesparingsåtgärder och av olika energisystemlösningar påverkas starkt av hur mycket av den specifika energianvändningen som utgörs av el- och av fjärrvärmeanvändning samt av vilka systemgränser som antas vid beräkning av utsläpp av växthusgaser. För att uppskatta koldioxidutsläppen för olika energibesparings- och energiförsörjningsalternativ för renoveringen av Giganten 6 beräknas först hur mycket el och fjärrvärme som används på årsbasis. Därefter beräknas koldioxidutsläppen givet olika systemgränser och antaganden om varifrån elen och fjärrvärmen kommer.

Förändring i specifik energianvändning från fall A till D

För att ta reda på miljökonsekvenserna för valda energibesparingsåtgärder och för valt energiförsörjningssystem har den specifika energianvändningen beräknats fram före renovering (fall A) och efter renovering för det valda fallet (fall B) samt för två ytterligare alternativa fall (fall C och D).

Fall B innefattar en rad energieffektiviseringsåtgärder vilka innefattar bättre fönster, ökad isolering vid balkongvägg och delar av fasad, minskade styr- och reglerförluster genom installation av ny värmeväxlare för fjärrvärmen samt injustering av värmesystemet, byte av fläktar samt installation av nya snålspolande armaturer i kök och badrum samt av närvarostyrd belysning i trapphus. Därtill har värmepumpar installerats för att återvinna värmen i frånluften i fall B.

I fall C ingår samma energieffektiviseringsåtgärder som i fall B, fast med skillnaden att endast fjärrvärme används till uppvärmning. Fall D motsvarar fall C fast med installation av FTX-aggregat för värmeåtervinning av värmen i frånluften.

Koldioxidkonsekvenser

Det finns flera olika sätt att bedöma koldioxidutsläppen för förändrad elanvändning. Utsläppen av växthusgaser för använd el ur ett livscykelperspektiv kan variera med så mycket som en faktor hundra – från 10 g CO_{2eq}/kWh för vind- och vattenkraft upp till 1000 g CO_{2eq}/kWh för kolkondenskraft (Gode m.fl., 2009). Skillnaden i koldioxidutsläpp påverkas av när på året den minskade eller ökade användningen sker och hur varaktig förändringen är. Detsamma gäller för koldioxidkonsekvenserna av en förändrad fjärrvärmeanvändning.

Istället för att välja en emissionsfaktor för fjärrvärme och en för el, har koldioxidberäkningen gjorts utifrån olika antaganden om emissionsfaktorer enligt tabell 10.

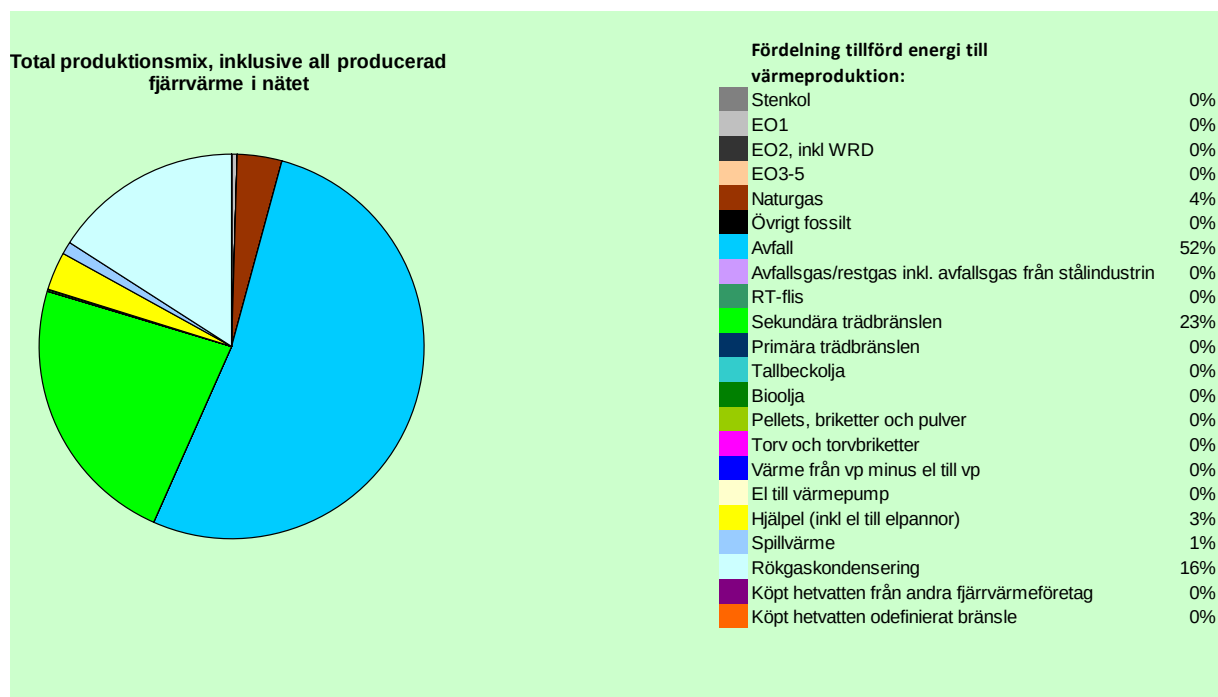
Tabell 10 Antagna emissionsfaktorer. Samtliga emissionsfaktorer inkluderar utsläpp från hela livscykeln förutom emissionsfaktorerna för Nordisk residualmix som endast inkluderar utsläpp från elproduktionen. (Eget antagande består i antagande om 90 % verkningsgrad för pannan).

	EMISSIONSAKTOR	Källor och antaganden
	g/kWh el, g/kWh fjärrvärme	
Marginal		
Marginal kolkondenskraftverk	828	Sokka m.fl. 2005. 44 % elverkningsgrad.
Marginal naturgaskombiverk kondens	486	Gode m.fl., 2011. 50 % elverkningsgrad.
Nordisk residualmix (elmix exkl. ursprungsmärkt el)		
Nordisk residualmix 2013	483	Energimarknadsinspektionen 2014.
Nordisk residualmix 2012	258	Energimarknadsinspektionen 2014.
Ursprungsmärkt el		
Bra Miljöval el baserad på sol- vind- och vattenkraft och biobränsle	10	Gode m.fl., 2009, 2011. Eget antagande.
Marginal fjärrvärme		
Marginal fjärrvärme naturgashetvattenpanna	276	Gode m.fl., 2011. Eget antagande.
Fjärrvärmemix		
Fjärrvärmemix Halmstad 2013	97	Svensk Fjärrvärme 2013.
Fjärrvärmemix Halmstad 2012	96	Svensk Fjärrvärme 2013.
Ursprungsmärkt fjärrvärme		
Miljöklassad fjärrvärme baserad på biobränsle	16	Gode m.fl., 2011. Eget antagande.

Marginaler och marginal fjärrvärme

Många argumenterar att man ska använda så kallad marginaler, dvs. den sist producerade enheten el, vid konsekvensanalys av en förändrad elanvändning. På kort sikt utgörs marginaler typiskt av kolkondens med höga utsläpp av koldioxid. På längre sikt kan en förändring i elanvändning även påverka den framtida utbyggnaden av produktionskapacitet i elsystemet – av ny kraft baserad på både förnybara och fossila energikällor. Marginaler med hänsyn till påverkan på elsystemet på både kort och lång sikt brukar kallas dynamisk marginaler (Sköldberg och Unger, 2008). Koldioxidutsläppen som associeras med dynamisk marginaler är typiskt lägre än för den kortsiktiga marginalen, men det beror givetvis på den faktiska utvecklingen av elsystemet. I detta projekt antas att marginalen antingen utgörs av el från ett kolkondenskraftverk med en relativt hög elverkningsgrad (43.5 %) eller alternativt av el från ett naturgaseldat kombikraftvärmeverk i kondensdrift med en verkningsgrad på 50 %.

Motsvarande argumentation går att tillämpa på fjärrvärmesystemet. Ungefär hälften av fjärrvärmerna i Halmstad kommer från avfallsförbränning i en kraftvärmeanläggning, se figur 23. En knapp fjärdedel kommer från ett biobränsleeldat kraftvärmeverk. Resterande värme kommer från rökgaskondensering (i avfallsverket), naturgas, el och spillvärme. Avfallskraftvärmerna och produktionen i det biobränsleeldade kraftvärmeverket utgör baslastproduktion. Fjärrvärmeproduktionen som baseras på naturgas och el, totalt 7 % av årsbehovet, skulle troligen kunna sägas utgöra marginal fjärrvärme.

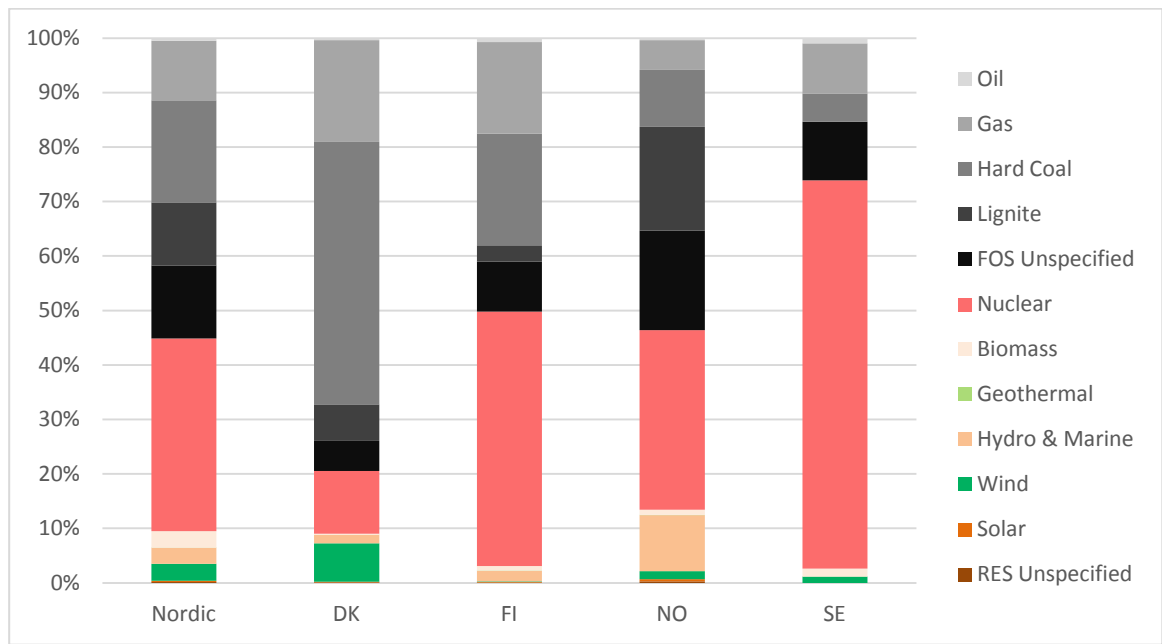


Figur 23 Produktionsmix i Halmstads fjärrvärmenät år 2013 (Svensk Fjärrvärme, 2013).

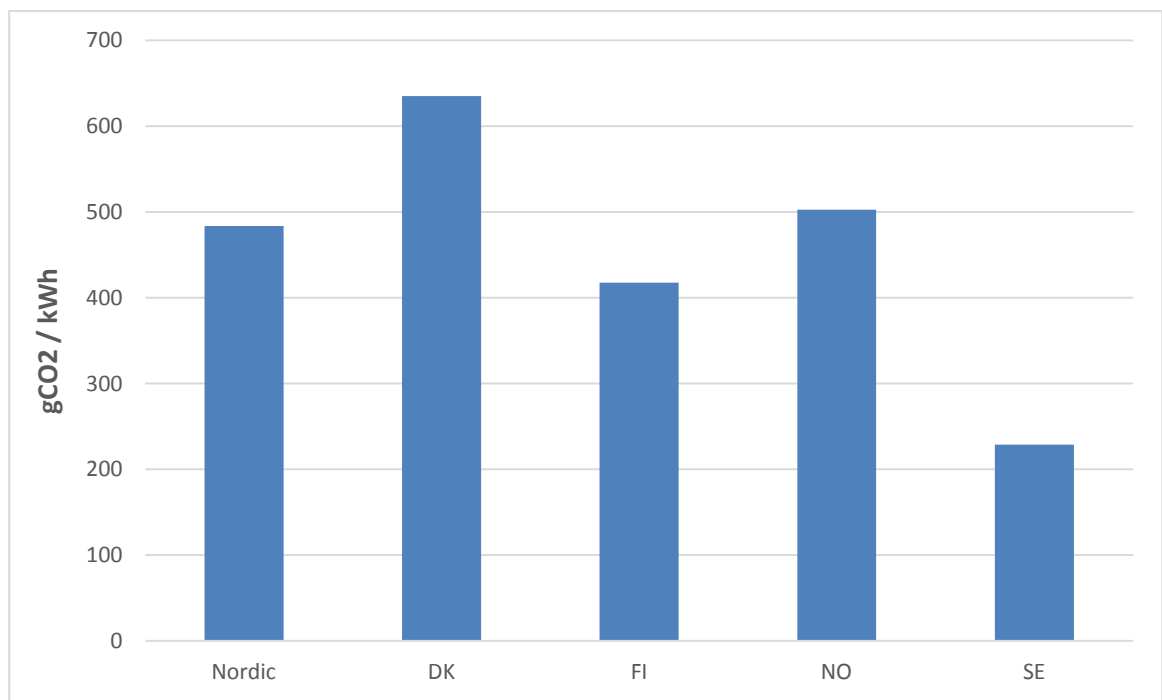
Nordisk elmix och fjärrvärmemix

Enligt miljöcertifieringssystemet BREEAM ska Nordisk residualmix användas vid beräkning av koldioxidutsläpp för elanvändning. Den Nordiska residualmixen utgörs av den genomsnittliga elproduktionen i Norden exklusive all ursprungsmärkt el. På grund av att fler köper ursprungsmärkt el har detta lett till en kraftig ökning av koldioxidutsläppen som associeras med Nordiska residualmix – från 258 g/kWh år 2012 till 483 g/kWh år 2013 (Energimarknadsinspektionen, 2014). Observera att dessa siffror endast inkluderar utsläpp från energiomvandlingen vid elproduktionen, och inte utsläpp från övriga livscykelprocesser. Utsläppen för residualmixen i Sverige var 229 g/kWh år 2013, ungefär hälften så mycket som för hela Norden exkl. Island. En studie av Sköldberg och Unger (2008) visar dock att en mer varaktig

förändring i elanvändning i Sverige kan ha som störst effekt på elproduktionen utanför Sverige genom ökad eller minskad elexport.



Figur 24 Nordisk residualmix (exkl. Island) samt respektive lands residualmix (elmix exkl. ursprungsmärkt el) (Energimarknadsinspektionen, 2014).



Figur 25 Koldioxidutsläpp (g/kWh) för Nordisk residualmix (exkl. Island) samt respektive lands residualmix (elmix exkl. ursprungsmärkt el) (Energimarknadsinspektionen, 2014).

Ingen motsvarande siffra finns för fjärrvärmesystemet. Som nämnts tidigare baseras en stor del av fjärrvärmeproduktionen i Halmstad på avfall och biobränsle. På årsbasis ger fjärrvärmeproduktionen i Halmstad (se 25) upphov till koldioxidutsläpp motsvarande 97 g/kWh 2013 (96 g/kWh 2012). 90 g/kWh kom från utsläppen i fjärrvärmeanläggningarna och resten från andra processer.

Ursprungsmärkt fjärrvärme och el

I Giganten 6 köps så kallad miljöklassad fjärrvärme från Halmstad Energi och Miljö AB som till 100 % baseras på biobränslen (HEM, 2014). Dessutom köps el som baseras på sol- vind- och vattenkraft och biobränsle märkt med Bra Miljöval enligt Naturskyddsföreningens kriterier (Borås Elhandel, 2013). Även el från förnybara energikällor ger upphov till koldioxidutsläpp eftersom processer såsom utvinning, transporter, byggnation och underhåll av kraftverk innebär utsläpp av koldioxid. Naturskyddsföreningen rekommenderar följande emissionsfaktorer för driftsfasen (för år 2010): 0.02 g/kWh för vattenkraft, 0.1 g/kWh för vindkraft, 0.06 g/kWh för solex och 5-10 g/kWh för biobränsle (Blume, 2014). Observera att dessa siffror inte inkluderar utsläpp från byggnation av kraftverken och elnäten.

3.2.1 Resultat och analys

Miljöaspekter i ett systemperspektiv

För att ta reda på miljökonsekvenserna för valda energibesparingsåtgärder och för valt energiförsörjningssystem har den specifika energianvändningen beräknats fram före renovering och efter renovering för det valda fallet (fall B) samt för två ytterligare alternativa fall (fall C och D), se Tabell . Fall B innefattar en rad energieffektiviseringsåtgärder vilka tillsammans beräknas ge en besparing på 24 kWh per m² och år. Dessa åtgärder innefattar bättre fönster, ökad isolering vid balkongvägg och delar av fasad, minskade styr- och reglerförluster genom installation av ny värmeväxlare för fjärrvärmens samt injustering av värmesystemet, byte av fläktar samt installation av nya snålspolande armaturer i kök och badrum samt av närvarostyrd belysning i trapphus. För att se en uppdelning av den uppskattade energibesparingen av dessa åtgärder, se Tabell . Därtill har värmepumpar installerats för att återvinna värmen i frånluften i fall B. Samtidigt som användning av fjärrvärme minskar (40 kWh per m² och år) ökar användning av el till uppvärmning (11 kWh per m² och år). Detta leder till ytterligare en minskad specifik energianvändning med 29 kWh per m² och år.

I fall C ingår samma energieffektiviseringsåtgärder som i fall B, fast med skillnaden att endast fjärrvärme används till uppvärmning. Fall D motsvarar fall C fast med installation av FTX-aggregat för värmeåtervinning av värmen i frånluften. FTX-aggregatet beräknas ge en betydande energibesparing på årsbasis, med närmare 40 kWh per m² och år, se tabell 11.

Tabell 11 Beräknad specifik energianvändning i kWh/m², A-temp och år för fall A (före renovering), fall B (efter renovering, med värmepumpar och fjärrvärme till uppvärmning), fall C (som fall B fast med endast fjärrvärme till uppvärmning) och fall D (som fall C med värmeåtervinning i frånluften).

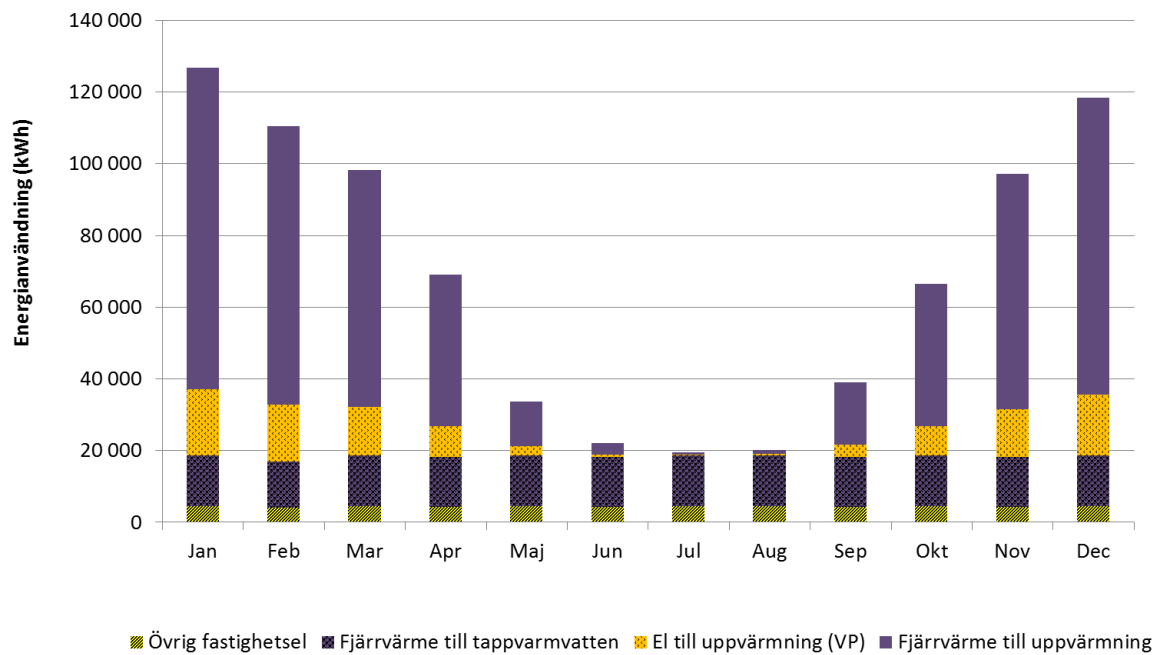
	A (REF)	B (FV+VP)	C (FV)	D (FV+FTX)
	Grundfall	Valt fall	Alternativt fall 1	Alternativt fall 2
ENERGIANVÄNDNING				
Uppvärmning	113,1	93,7	93,7	93,7
Tappvarmvatten	20,3	18,2	18,2	18,2
Fastighetsel (inkl. fläktar frånluft)	8,6	5,6	5,6	5,6
Avgiven värmeenergi från värmepump/FTX		-39,7		-39,2
El till värmepump/FTX (tilluft)		11,0		3,4
Specifik energianvändning	142	88,8	117,5	81,7
varav fjärrvärme	133,4	72,2	112,0	72,8
varav el	8,6	16,6	5,6	9,0

Tabell 12 Beräknad energibesparing (kWh/m², A-temp) för energieffektiviseringsåtgärder samt konsekvenser för valt energiförsörjningssystem för fall A (före renovering), fall B (efter renovering, med värmepumpar och fjärrvärme till uppvärmning), fall C (som fall B fast med endast fjärrvärme till uppvärmning) och fall D (som fall C med värmeåtervinning i frånluften).

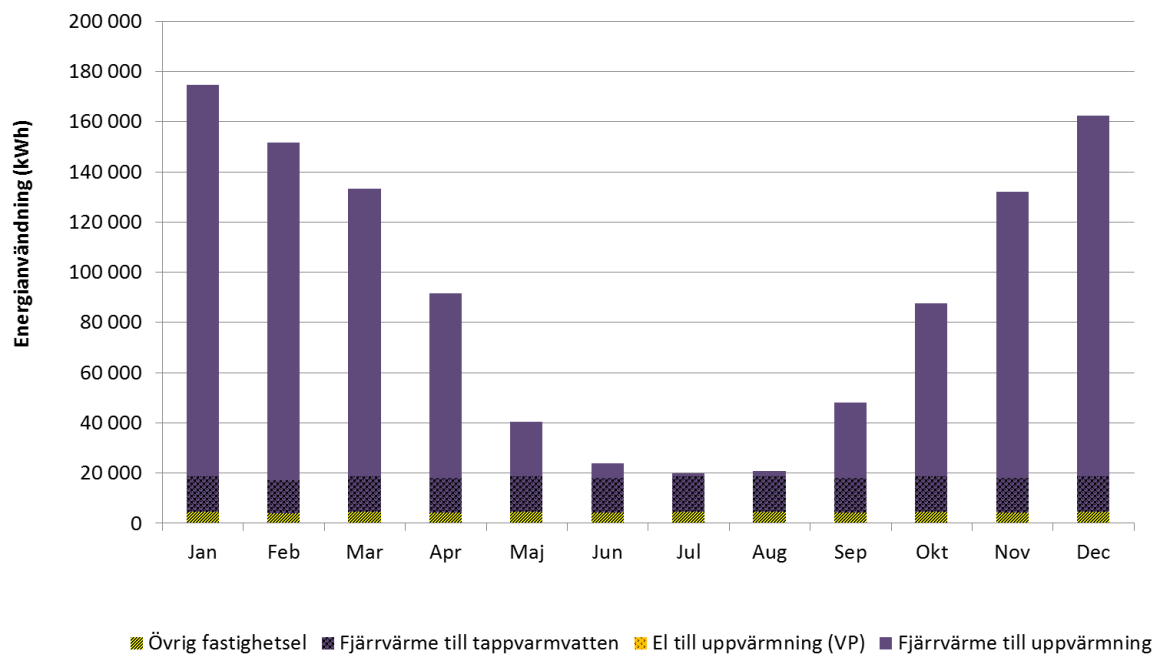
ENERGIEFFEKTIVISERINGSÅTGÄRDER	A (REF) Grundfall	B (FV+VP) Valt fall	C (FV) Alternativt fall 1	D (FV+FTX) Alternativt fall 2
Minskad energianvändning till uppvärmning				
Ökad lufttäthet klimatskal: Bättre fönster, ökad isolering vid balkongvägg och delar av fasad.				
Minskade styr- och reglerförluster: ny värmeväxlare för fjärrvärmens samt injustering av värmesystem.		-19,4	-19,4	-19,4
Minskad energianvändning till tappvarmvatten				
Snålspolande armaturer i kök och badrum		-2,0	-2,0	-2,0
Minskad elanvändning				
Byte av fläktar		-1,4	-1,4	-1,4
Närvarostyrning belysning trapphus		-1,0	-1,0	-1,0
Övrig besparing fastighetsel		-0,7	-0,7	-0,7
Alternativ energisystemlösning till fjärrvärme				
Återvunnen värme i värmepump/FTX		-39,7		-39,2
El till värmepump/FTX (tilluft)		11,0		3,4
Energibesparing totalt sett:		<u>-53,2</u>	<u>-24,4</u>	<u>-60,2</u>

I figur 26 presenteras den specifika energianvändningen för det valda fallet (fall B) uppdelad på fjärrvärme till tappvarmvatten, el till uppvärmning, fjärrvärme till uppvärmning samt övrig fastighetsel. Figur 27 och figur 28 visar motsvarande resultat för fall C och D.

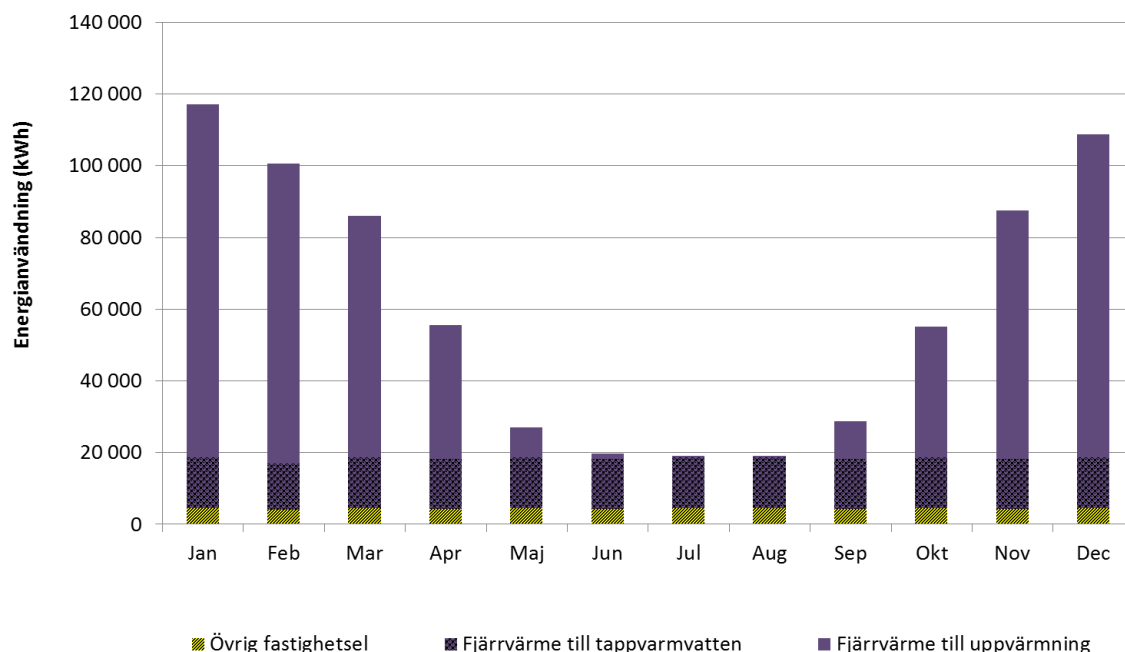
Före renoveringen (fall A) användes bara fjärrvärme till tappvarmvatten och uppvärmning. Efter renovering (fall B) används fjärrvärme till tappvarmvatten och till uppvärmning då värmepumparna inte räcker till. Detta innebär att användningen av fjärrvärme framförallt vintertid har minskat medan elanvändningen har ökat under den del av året då behovet av fjärrvärme och av el är som störst. Motsvarande visar figur 27 för fall C hur det totala uppvärmningsbehovet beräknas se ut efter renoveringen. Med FTX-aggregat installerat (fall D), beräknas energianvändningen för uppvärmning minska under alla årets månader, se figur 28.



Figur 26 Beräknad energianvändning per månad för fall B (valt fall) med både fjärrvärme och värmepumpar till uppvärmning.



Figur 27 Beräknad energianvändning per månad för fall C med enbart fjärrvärme till uppvärmning.



Figur 28 Beräknad energianvändning per månad för fall D med fjärrvärme och frånluftsåtervinningsaggregat.

Tabell 13 Beräknade koldioxidutsläpp för Giganten 6 före renovering (fall A) samt efter renovering för valt fall (B) och för två alternativa fall (fall C och D).

KOLDIOXIDUTSLÄPP (kg/m2, år)	A (REF)	B (FV+VP)	C (FV)	D (FV+FTX)
<i>Antaganden om fjärrvärmens och elens ursprung</i>	Grundfall	Valt fall	Alternativt fall 1	Alternativt fall 2
Marginal fjärrvärme (naturgas) och marginalet (kol)				
Marginal fjärrvärme - naturgashetvattenpanna	36,8	19,9	30,9	20,1
Marginalet kolkraft	7,1	13,7	4,6	7,4
TOTALT:	43,9	33,7	35,5	27,5
		-23%	-19%	-37%
Marginal fjärrvärme (naturgas) och marginalet (naturgas)				
Marginal fjärrvärme - naturgashetvattenpanna	36,8	19,9	30,9	20,1
Marginalet naturgaskraft	4,2	8,1	2,7	4,4
TOTALT:	41,0	28,0	33,6	24,4
		-32%	-18%	-40%
Fjärrvärmemix och Nordisk residualmix 2013				
Fjärrvärmemix 2013	12,9	7,0	10,9	7,1
Nordisk residualmix 2013	4,2	8,0	2,7	4,3
TOTALT:	17,1	15,0	13,5	11,4
		-12%	-21%	-33%
Fjärrvärmemix och Nordisk residualmix 2012				
Fjärrvärmemix 2012	12,8	6,9	10,7	7,0
Nordisk residualmix 2012	2,2	4,3	1,4	2,3
TOTALT:	15,0	11,2	12,2	9,3
		-25%	-19%	-38%
Miljöklassad fjärrvärme och Bra Miljöval-el				
Miljöklassad fjärrvärme	2,1	1,2	1,8	1,2
Bra Miljöval el	0,1	0,2	0,1	0,1
TOTALT:	2,2	1,3	1,8	1,3
		-40%	-17%	-44%

I tabell 13 presenteras beräkningarna av koldioxidutsläppen givet olika antaganden om systemgränser och emissionsfaktorer enligt tabell 10. För alla antagna kombinationer av emissionsfaktorer för fjärrvärme och el ges en minskning av koldioxidutsläppen efter renovering för det valda fallet (B) såväl som för de två alternativa fallen (C och D).

För fall C med enbart fjärrvärme till uppvärmning ligger koldioxidbesparingen på 17-21% beroende på antagande om fjärrvärmens och elens ursprung. Det kan sägas utgöra ett mått på koldioxidbesparingen på grund av de energibesparande åtgärderna.

Koldioxidkonsekvenser av val av energiförsörjningssystem beror kraftigt på antaganden om systemgränser och om elens och fjärrvärmens ursprung. För det valda fallet (B) med värmepumpar ges en koldioxidreduktion jämfört med referensfallet (A) på mellan 12 % och 40 % beroende på vilket antagande som görs, dvs. den kan var antingen högre eller lägre än för fallet med enbart fjärrvärme till uppvärmning (fall C).

I och med att utsläppen för Nordisk elresidualmix nära dubblerats mellan åren 2012 och 2013 medan utsläppen i fjärrvärmesystemet legat på samma nivå gör att uppvärmning baserad på fjärrvärme är att föredra framför elbaserad uppvärmning via värmepumpar i Halmstad år 2013, vilket det inte var år 2012. Om residualmix används för elen kanske även koldioxidutsläppen för fjärrvärmens ska baseras på residualmixen för fjärrvärmens, dvs. exkl. ursprungsmärkt fjärrvärme (som exempelvis i fallet Giganten 6). På samma sätt kan det argumenteras att utsläpp även från andra processer än för själva elgenereringen ska inkluderas i utsläppen för Nordisk residualmix, vilket de inte gör idag. För övriga antagna kombinationer av antaganden kring fjärrvärmens och elen ges en större koldioxidreduktion med värmepumpar än med fjärrvärme.

För samtliga antagna kombinationer av emissionsfaktorer för fjärrvärme och el ges störst reduktion för fall D med FTX-aggregat där behovet av fjärrvärme minskar kraftigt medan det ökade elbehovet är relativt litet. Koldioxidbesparingen är inte lika känslig för vilket antagande som görs utan ligger på 33-44 %.

3.2.2 Analys och slutsatser

Slutsatser från systemanalysen:

- Det utvalda åtgärdspaketet för energirenovering leder till en koldioxidbesparing. Tack vare de energibesparande åtgärderna har koldioxidutsläppen minskat med omkring 20 %.
- Det energiförsörjningsalternativ – fjärrvärme eller värmepump - som är att föredra ur klimatsynpunkt beror kraftigt på valet av systemgränser och antaganden kring fjärrvärmens och elens ursprung.
- Installation av ett FTX-aggregat har potential till ytterligare reduktion av koldioxidutsläppen. Det är dock inte säkert att denna möjlighet är ekonomiskt försvarbar för renoveringsprojekt som Giganten 6. Denna möjlighet bör utredas mer noggrant i kommande renoveringsprojekt av flerbostadshus från denna tidsepok.

4 Analys och slutsatser

4.1 Renovering av Giganten 6

Energiprestanda

Genomförda energieffektiviserande åtgärder vid renovering av Giganten 6 har under projektering beräknats till $89 \text{ kWh/m}^2, A_{\text{temp}}$ och år. Uppmätta värden visar 10 kWh/m^2 över beräkning. Analysen av uppmätta värden tyder på att skillnaden beror på att VVC-förlusterna är betydligt större än beräknat; av uppmätta värden är de uppskattade till $10\text{-}15 \text{ kWh/m}^2, A_{\text{temp}}$ och år. Mätningarna visar också att värmepumparna går ryckigt. Anledningen till detta är oklart, men om de skulle gå jämnt så skulle energitillskottet vara i linje med beräknade värden. Frånluftsfläktar är utbytta under september 2014 till fläktar med bättre prestanda (SFP 1,8, tidigare 2,4), detta kommer resultera i ytterligare förbättrade värden vid uppföljning år 2015.

Innan renovering hade byggnaden en stor spridning gällande lufttätheten, efter renovering syns en mer likställd lufttäthet och en sänkning med ca 30 %. Denna sänkning beror av fönsterbyte, samt borttagning av ventil i skafferi. Alltså uppnås tydliga resultat genom relativt enkla åtgärder.

När NCC inledde samarbetet med Akelius så sågs energiprestandan i ett första läge över utifrån den energideklaration som fanns. Då angavs energiprestandan till $160 \text{ kWh/m}^2, A_{\text{temp}}$ och år. Vid egna beräkningar av A-temp blev det faktiska resultatet $142 \text{ kWh/m}^2, A_{\text{temp}}$ och år, vilket är drygt 10 % lägre än tidigare värden. Detta visar på att det kan vara problematiskt att, som i energideklarationerna, uppge A-temp som en funktion av BOA och LOA och att det kan finnas stora differenser mellan verklig och uppskattad prestanda i det befintliga beståndet.

Det har i projektet varit problematiskt att få igång den automatiska överföringen av mätarinställningar från Giganten 6 till energiuppföljningsdatabasen för loggning av mätvärden. Det har krävts personer på plats och kontinuerlig bevakning för att få mätningen att fungera bra. Mätning och uppföljning låter enkelt och konkret, men många hinder på vägen kan ge osäkra data. Detta visar på ett stort behov av att öka kunskapen och förståelse för hur utvärdering av energiprestanda ska genomföras på ett effektivt och kvalitetssäkrat sätt.

Inomhusmiljö

Inomhusmiljön med fokus på den termiska komforten i Giganten 6 har följts upp dels genom loggning av innetemperatur, dels genom enkätundersökningar av de boendes upplevelse av komforten före och efter renovering.

Kort så har energieffektiviseringarna vid renoveringen bestått i en sänkt framledningstemperatur, intag av friskluft i ventil ovan fönster istället för intag via otätheter, kallskafferi och brevlåda, ökat luftintag för att förbättra ventilationen och förbättringar i lufttäthet samt byte av fönster och fönsterdörrar samt tilläggsisolering av balkongväggar. Innan renovering hölls en hög framledningstemperatur för att kompensera för otätheter och läckage från skafferi. Detta innebär att de boende hade relativt höga innetemperaturer innan renovering.

Temperaturloggarna visar en medeltemperatur mellan 21-22 grader. De lägsta temperaturerna återfinns i hörnlägenheter högst upp och längs ned i huset, det vill säga de lägenheter som har ett stort klimatskal. Resultaten visar också att de lägsta resultaten på innetemperaturen var kalla dagar i september, d.v.s. innan uppvärmningssystemet var igång.

Enkätresultaten visar på att en ökad andel av de boende anser att det är för kallt i lägenheterna efter renovering, och att de upplever att de inte kan påverka temperaturen. Enkäterna visar också att det är många äldre som bor i byggnaden och det finns många ensamhushåll. Vidare framgår att merparten av de boende vädrar ofta, både innan och efter renoveringen.

Sammanfattningsvis upplevs den termiska komforten vintertid ha försämrats efter renoveringen. Merparten av de boende är inte nöjda med temperaturen, trots att mätvärden visar normala tempereraturintervall. Detta beror troligen på den sänkta framledningstemperaturen- det går inte att öka temperturen lika mycket som innan. Det är också viktigt att vara medveten om att äldre människor vill ha höga innetemperaturer och att de inte genererar så mycket internvärme. Det är tydligt att beteendet spelar en viktig roll och här syns det att vädringsbeteendet är detsamma innan och efter renoveringen, trots att ventilationen har förbättrats. Vädringen påverkar både energiprestandan och innetemperaturen. För att skapa acceptans för förändringar i innetemperatur och för att kunna påverka brukarbeteende är det viktigt med dialog och kontinuerlig information till de boende.

Upplevelse av drag i lägenheten har förbättrats efter renoveringarna vid fönster och dörrar, men merparten upplever problem med drag från frånluftsventilen. Vald frånluftsventil efter renovering tar in luft vid fönstrets ovansida och är utformad för att forcera luften mot taket för att värmas. Enkätresultaten tyder på att denna lösning inte fungerar fullt ut. Till kommande projekt bör utformning och placering av friskluftsventil ses över, en lösning med intag bakom element kan troligen ge en ökad termisk komfort. Ett annat alternativ är att installera FTX-aggregat, vilket har potential att både sänka energiprestandan och att öka komforten. För Giganten 6 utreddes FTX-alternativet endast översiktligt då detta skulle ha krävts större intrång i lägenheterna, betydligt högre investeringskostnader, och mindre uthyrningsbar yta.

Byggnaden har varit i drift under ca 1 år efter att renoveringen färdigställdes. Analys av mätningarna visar både på ryckiga värmeväxlare och för låga temperaturer i vissa lägenheter. Detta tydliggör behovet av ytterligare injusteringar och ett fortlöpande aktivt arbete med byggnadens drift.

4.2 Känslighetsanalys

Fastighetsägares investeringsbedömning

Hur olika fastighetsägare genomför sina investeringsbedömningar har stor betydelse för vilka energieffektiviserande åtgärder som möjliggörs. Ekonomin måste gå ihop innan beslut om åtgärder kan tas. Studien visar att fastighetsägare bedömer sina investeringar vid renoveringar på väldigt olika sätt, detta i sig är inte anmärkningsvärt då olika fastighetsägare har olika tidshorisonter, avkastningskrav och ägardirektiv. I studien är det tydligt att fastighetsägarens storlek påverkar hur investeringsbedömningarna görs. Stora, ofta kommunala, bostadsbolag har strikta rutiner och beslutsvägar. Mindre och ofta privata fastighetsägare baserar mer sina bedömningar på erfarenhet och känsla. Den avgörande faktorn för när en renovering genomförs är byggnadens status, om en omfattande renovering ska genomföras behöver livslängden vara

slut för merparten av de ingående komponenterna. Det är också viktigt att få med underhåll och uppräschning av byggnaden, de hyreshöjande åtgärderna (byte av kök, badrum, ytskikt med mera) är det som finansierar merparten av en renovering.

Miljöaspekter i ett systemperspektiv

Systemanalysen omfattar klimatpåverkan. Analysen av miljöpåvekan vid olika renoveringsalternativ visar att det är viktigt att beakta systemperspektivet. Resultaten i total klimatpåverkan avgörs av vilka antaganden som görs och vilken systemgräns som används.

Nuvarande lagstiftning ser till ett snävt systemperspektiv, där BBR sätter en byggnads specifika energiprestanda i första hand. Energisystemperspektivet kommer endast in genom att sätta hårdare krav på byggnader som enbart använder el.

För att minimera klimatpåverkan vid en ombyggnation behöver fokus både läggas på energiprestandan på byggnadsnivå (den specifika energianvändningen samt verksamhetsenergi) men även på energisystemet och vilka energikällor som är möjliga.

Systemanalysen visar att klimatpåverkan för Giganten 6 efter renovering leder till en koldioxidbesparing med omkring 20 %. Vilket energiförsörjningsalternativ som är att föredra ur klimatsynpunkt beror kraftigt på valet av systemgränser och antaganden kring fjärrvärmens och elens ursprung. Installation av FTX-aggregat skulle ha haft potential att sänka klimatpåverkan ytterligare.

Generellt så innebär förbättringar i en byggnads klimatskal en minskad klimatpåverkan, oavsett hur systemgränserna sätts och vilket energiförsörjningsalternativ som väljs. Dock måste man vid en mer djupgående analys ta hänsyn till kompletterande material och dess klimatpåverkan ur ett LCA-perspektiv.

4.3 Generella lärdomar och slutsatser

- Det finns en stor variation i hur olika fastighetsägare genomför sina investeringsbedömningar vid renoveringar. Detta påverkar vilka energieffektiviserande åtgärder som möjliggörs.
- Det är viktigt att beakta och minimera VVC-förluster då dessa kan stå för relativt stora förluster. Detta är särskilt viktigt i byggnader med låg energianvändning.
- Installation av FTX-aggregat vid renoveringar har potentialen att båda förbättra energiprestandan, minska elbehovet samt öka den termiska komforten och luftkvalitén.
- Drift och injustering efter en genomförd renovering är viktig för att uppnå god termisk komfort och låg energiprestanda.
- Det behövs ökad kunskap kring mätning och utvärdering av energieffektiviserande åtgärder vid renovering.
- Hur boende upplever den termiska komforten beror på faktiska förhållanden, förhållanden innan renovering samt personliga preferenser och ålder. Det är viktigt med dialog och information från fastighetsägarens sida för att skapa acceptans för en lägre innetemperatur och för att uppmuntra till ett mer energieffektivt beteende.
- För att nå en bättre miljöprestanda vid ombyggnation är det viktigt att beakta systemperspektivet och reflektera över val av energiförsörjningssystem. Vilka antaganden som används är avgörande för vilken miljöprestanda som erhålls.

5 Referenser

Blume, 2014. Naturskyddsföreningens hemsida.

<http://kontakt.naturskyddsforeningen.se/org/naturskyddsforeningen/d/koldioxidutslapp-bra-miljoval-markt-el/>

Borås Elhandel, 2013. Diplom Bra Miljöval 2013 och 2014. Borås Elhandel AB. Diplom utfärdade 2013-10-30.

Energimarknadsinspektionen, 2014. Personlig kontakt samt information från hemsida.

<http://www.energimarknadsinspektionen.se> (14-10-27).

Hastig, S. och Tapper, S., 2014. Val av energieffektiviserande åtgärder – en studie av fastighetsägarnas investeringsbedömning vid renovering. Lunds Universitet.

Gode m. fl., 2009. Miljövärdering av el ur systemperspektiv – En vägledning för hållbar utveckling.

<http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Energieffektivisering/%C3%96vriga%20dokument/Milj%C3%B6v%C3%A4rdering%20av%20el%20IVL%20B1882.pdf>

Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., Palm, D., 2011. Miljöfaktaboken 2011 - Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter, rapport A08-833. www.varmeforsk.se (14-10-27).

HEM, 2014. Tilläggsavtal miljömärkt fjärrvärme "Grön fjärrvärme! Halmstad Energi och Miljö AB, 2014-02-27.

Möln Dahl Energi, 2014.

<http://www.molndalenergi.se/ELHANDEL/Elochmilj%C3%B6/Koldioxidutsl%C3%A4pp/tabid/395/Default.aspx> (14-10-27)

Sköldberg och Unger, 2008. Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion. Elforsk (www.elforsk.se, 11-09-21), Rapport 08:30.

Sokka, L., Koskela, S., Seppälä, J., 2005. Life Cycle Inventory Analysis of Hard Coal Based Electricity Generation. Finnish Environment Institute. Tillgänglig från:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40482/FE_797.pdf?sequence=1 (14-11-24).

Svensk Fjärrvärme, 2013. Fjärrvärmens miljövärden 2013. Svensk Fjärrvärme,

www.svenskfjarrvarme.se (14-10-27).



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

