

UTVÄRDERING AV ETT LSS-BOENDE BYGGT SOM PASSIVHUS



LÅGAN Rapport juni 2014

Ann-Marie Ejlertsson
Dennis Johansson

Förord

Under 2011 uppförde Helsingborgs kommunala förvaltning Kärnfastigheter ett LSS-boende (boende för personer som innefattas av Lagen om stöd och service till vissa funktionshindrade). Projektet hade höga ambitioner om att uppföra byggnaden som passivhus och på så sätt bidra till kommunens energi och miljöarbete. Kärnfastigheter önskade en utförlig utvärdering av hur den uppförda byggnaden kommer att klara de högt uppställda kraven på energianvändning och inomhusmiljö och inledde därför ett samarbete med institutionen för Installations- och klimatiseringslära på Lunds Tekniska Högskola. Under 2011 följde doktorand Ann-Marie Ejlerstsson byggprocessen och de mätningar som genomfördes för att kontrollera bland annat byggnadens täthet och under 2012 och 2013 genomförde hon en rad mätningar för att utvärdera energianvändning och inomhusmiljö. År 2014 togs arbetet över av två examensarbetare Filip Christensson och Henrik Nilsson som gick LTH:s Ingenjörshögskola vid Campus i Helsingborg. Handledare till ovanstående har varit Åsa Wahlström och Dennis Johansson. Från Kärnfastigheter har främst Bengt Andersson och Patrik Åkerblom medverkat. Ett stort tack riktas särskilt till Anders Nilsson och personalen på LSS-boendet som sett till att mätningar har kunnat utföras och svarat på en rad olika intervjufrågor.



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 etablera en marknad med ett brett utbud av nya aktörer som erbjuder produkter eller tjänster för byggande av lågenergihus och ett brett utbud av nya beställare. LÅGAN syftar vidare till att öka kunskap och yrkesskicklighet i bygg- och fastighetsbranschen.

www.laganbygg.se

Sammanfattning

I Helsingborg har den kommunala förvaltningen Kärnfastigheter byggt LSS-boendet Prismen.

Kärnfastigheter har höga ambitioner när det gäller att bidra till kommunens energi och miljöarbete och byggnaden uppfördes därför som passivhus. Ett LSS-boende är en byggnad för stöd och service till funktionshindrade, ett boende som ställer speciellt höga krav på inomhusmiljön.

Funktionshindrade har färre möjligheter att påverka inomhusmiljön själva, samtidigt som de kan vara mer känsliga för kyla och värme vilket ställer höga krav. För att visa att det är fullt möjligt att bygga lågenergibygnader även för LSS-boenden och andra byggnader med högt ställda krav på inomhusmiljö har en utvärdering av energianvändning och inomhusmiljön genomförts.

Utvärderingen visar att byggnaden klarar beställarens interna krav på att energianvändningen ska vara 30 % lägre än krav i Boverkets byggregler. Prismen klarar i princip också krav på passivhus enligt FEBY (2009) om korrigering av tappvarmvatten görs enligt riktlinjer för flerbostadshus i SVEBY.

På Prismen finns en solvärmeanläggning som fungerar som kombisystem. Anläggningen fungerar bra och har en värmeproduktion som är högre än förväntat. Användning av varmvatten i byggnaden är betydligt högre än projekterad och än riktvärden enligt SVEBY. En täthetsmätning visar att byggnadens lufttätheten är god.

En jämförelse av de olika uppmätta energiposterna jämfört med projekterade värden visar att solvärmeanläggningen har en högre värmeproduktion och att fastighetselanvändningen är lägre än projekterad medan energianvändning till beredning av tappvarmvatten och uppvärmning är betydligt högre än projekterade värden. Orsaker till att energi till uppvärmning är högre än förväntat kan bero på flera saker. Byggnaden har en betongstomme vilket kan medföra att uttorkning behövs under de första åren. Under mätåret behövde ett badrum byggas om pga. fuktskador vilket också kan ha påverkat energianvändningen. Vädring verkar förekomma i stor utsträckning i byggnaden vilket tyder på att solavskärmningssystem och/eller injustering av radiatorsystemet kan behöva göras.

Utvärderingen visar inte på några större problem med inomhusmiljön i byggnaden. Mätningar visar att värmekomforten är god på vintern men att det förekommer något höga temperaturer på sommaren. Från intervjuer med personalen framgår det att de anser att det blir varmt i lägenheterna på sommaren, speciellt på plan 1 där solskydd finns i form av balkonger. På plan 2 där solskydd finns i form av markiser så fungerar det bättre. En begränsad enkätundersökning visar att 30 % av personalen är missnöjda med värmekomforten under sommaren och 50 % är missnöjda under vinterhalvåret. Den relativa fuktigheten inomhus är normal och fuktillskottet på vintern är i medel 1,8 g/m³ vilket är lägre än normalt i lägenheter. I en lägenhet blev dock fuktigheten alldeles för hög p.g.a stor fuktbelastning under en längre tid från dusch vilket resulterade i en totalrenovering av badrummet.

Vidare antyder utvärderingen att dagsljusförhållanden och styrning av solavskärmning skulle kunna förbättras. En rekommendation är därför att Kärnfastigheter ser över styrning av solavskärmning och injustering av värmesystemet för att förbättra dagsljusförhållanden och minska behovet av vädring.

Innehållsförteckning

Bakgrund	6
Beskrivning av byggnaden	7
Genomförande av utvärdering	9
Projekterad energianvändning	11
Utvärdering energianvändning	12
Utvärdering inom miljö	16
Jämförelse med Cirrusmolnet	22
Diskussion och slutsatser	24
Referenser	25

Bakgrund

Helsingborgs kommunala förvaltning Kärnfastigheter ansvarar för uppförande av nya byggnader och för drift, underhåll och förvaltning av byggnader inom det egna beståndet.

Helsingborgs kommuns framtida mål är bland annat att vara en energineutral stad som lever i samspel med människan och i balans med naturen. Byggnadssektorn ska minska energianvändningen radikalt och använda förnyelsebara energikällor. Helsingborgs stads mål är att halvera energianvändningen till 2030, med referensår 1998.

Kärnfastigheters verksamhet är en viktig del i detta arbete och de vill därför ligga i framkant när det gäller att satsa på ny teknik och bygga upp ny kunskap. År 2008 uppförde Kärnfastigheter ålderdomshemmet Bokliden i passivhusteknik. Projektet blev väldigt lyckat och när ett nytt LSS-boende skulle uppföras kom idén om att även göra denna byggnad så energieffektiv som möjligt. Helsingborg är därmed först ut i Sverige med att bygga ett LSS-boende som lågenergibygnad.

Ett LSS-boende är en byggnad för stöd och service till funktionshindrade, ett boende som ställer speciellt höga krav på inomhusmiljön. Funktionshindrade har färre möjligheter att påverka inomhusmiljön själva, samtidigt som de kan vara mer känsliga för kyla och värme vilket ställer höga krav på Kärnfastigheter som fastighetsägare, men även på entreprenörer och konstruktörer.

För att visa att det är fullt möjligt att bygga lågenergibygnader även för LSS-boenden och andra byggnader med högt ställda krav på inomhusmiljö genomfördes en utvärdering av energianvändningen och inomhusmiljön. Utvärderingen förväntas ge en erfarenhetsåterföring och ökad kunskap om att bygga energieffektiva byggnader för brukare med högt ställda krav.

Beskrivning av byggnaden



Figur 1 Byggnaden har tolv lägenheter.

Prisman består av ett radhus med 12 lägenheter, fördelade på två plan med sex lägenheter på varje. Den totala byggnadsytan (BTA) ligger på 1186 m², bruksarean (BRA) är 1008 m² och A_{temp} är 1084 m². Utöver lägenheterna finns även gemensamma utrymmen så som förråd, kontor, spa/relax-utrymmen, mötesrum, tvättstuga och undercentral. Själva byggnaden är konstruerad med tung stomme, prefabelement på 590 mm bestående av lättklinkerbetong, dubbla lager cellplast och vanlig betong. Den tunga stommen har valts efter tidigare erfarenheter att en tung stomme tål mer och ger bättre ljudisolering.

Projekterade värden för byggnadskonstruktionen är:

Väggar	U = 0,11 W/m ² K (350 mm isolering)
Tak	U = 0,08 W/m ² K (500 mm isolering)
Golv	U = 0,125 W/m ² K (300 mm isolering)
Fönster	U = 0,90 W/m ² K hel konstruktion
U _{medel}	U = 0,19 W/m ² K (350 mm isolering)
Lufttäthet	0,3 l/m ² s vid ± 50 Pa
Köldbryggor	37 W/ K

Värmesystemet på Prisman betjänar byggnaden med värme både genom ett vattenburet radiatorsystem och genom en eftervärme i ventilationsaggregatet. En solvärmeanläggning finns installerad och är dimensionerad för att täcka en del av uppvärmningsbehovet och en del av varmvattenbehovet. Värmeenergin ska i första hand komma från solvärmeanläggningen och därefter vid behov kompletteras med fjärrvärme via en värmeväxlare.

Solvärmeanläggningen är av typen vakuumrör och har en area på 27 m² (24 m² aperturarea). Värmen från denna anläggning lagras i två ackumulatortankar (2 x 1000 liter). Anläggningen fungerar som ett så kallat kombi-system vilket innebär att både tappvattensystemet och värmesystemet betjänas. Radiatorsystemets returvatten samt kallvatten till tappvarmvatten förvärms via dessa tankar.



Figur 2 Solanläggning av typen vakuumrör är placerade i söderläge på taket.

Lägenheterna och de gemensamma utrymmena ventileras med ett centralt från- och tilluftssystem med roterande värmeväxlare och ett vattenburet eftervärmningsbatteri som säkerhetsställer att tilluften aldrig blir lägre än önskad temperatur. Ett variabelt luftflöde förser de gemensamma utrymmena medan lägenheterna förses med ett konstant luftflöde. I varje lägenhet finns en kolfilterfläkt inbyggd i spiskåpan.

Det finns ingen kylanläggning installerad. Istället har utvändiga markiser monterats som avser att hålla värmen borta. Markiserna är vertikala och därmed okänsliga för vind. De släpper alltid in lite ljus så att det inte blir för mörkt inomhus.



Figur 3 Solavskärmning med utvändiga markiser (okänsliga för vind). Markiserna ger ett visst dagsljus inuti byggnaden.

Genomförande av utvärdering

För utvärdering av energianvändningen har mätning skett av el, fjärrvärme och producerad energi från solvärmeanläggningen. Vidare mäts el till fastighetsel och verksamhetsel/hushållsel. Tappvarmvatten har mätts dels totalt och dels separat för två specifika lägenheter.

Inflyttning i Prisman var i mars 2012 och utvärdering av energianvändningen utgår därför från mätningar gjorda under år 2013 när verksamheten var i full gång och värme- och ventilationssystem var intrimmade. Dock gjordes en renovering av ett badrum under perioden september till november 2013 vilket kan ha påverkat mätningarna.

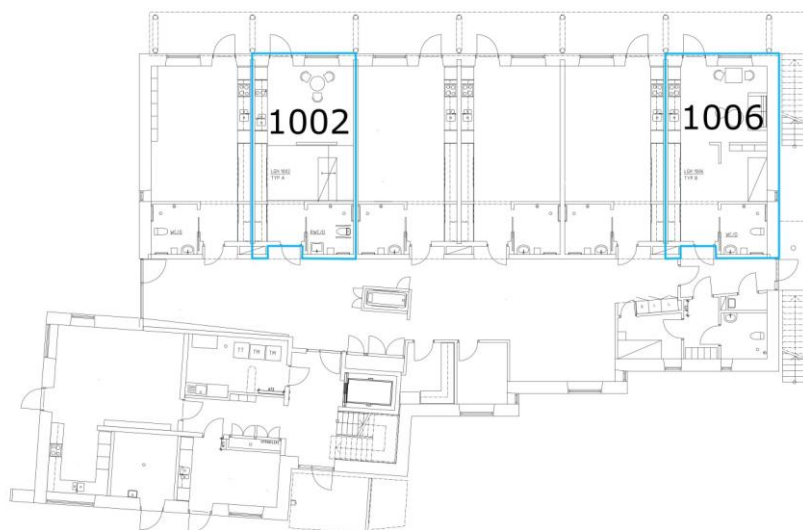
Vid utvärderingen har riktlinjer från SVEBY (standardisera och verifiera energiprestanda för byggnader) använts. SVEBY är en branschgemensam överenskommelse som tagit fram riktlinjer om hur energianvändning får korrigeras.

För utvärdering av inomhusmiljö har en enkätundersökning av inomhusmiljö genomförts bland personalen. Vidare har mätningar skett av temperatur och luftfuktighet i olika delar av byggnaden under två mätperioder.

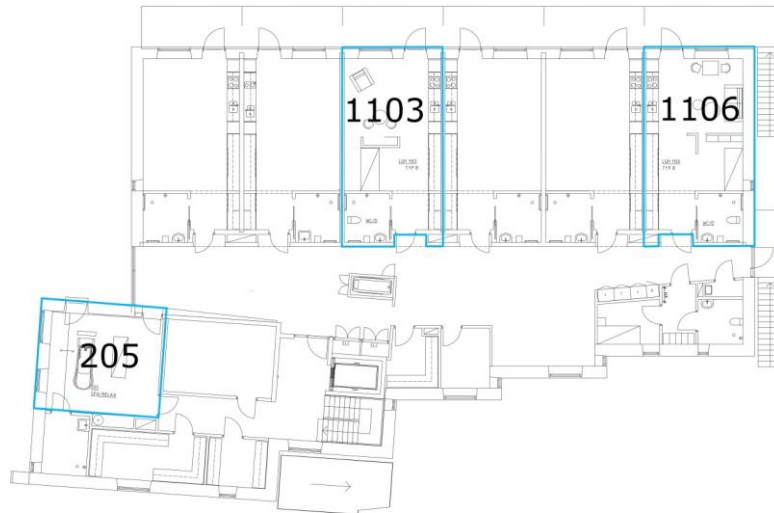
Mätperiod 1: 2012-11-28 till 2013-03-31

Mätperiod 2: 2013-07-01 till 2013-11-01

Mätpunkter har funnits på plan 1 i lägenheterna 1002 och 1006 och på plan 2 i lägenheterna 1103, 1106 samt i rum 205 vilket är ett spa/ relaxrum.



Figur 4 Planritning för våning 1



Figur 5 *Planritning för våning 2*

Utvärderingen har kompletterats med intervjuer med driftansvariga och LSS-boendets personal.

Byggnaden har tryckprovats innan inflyttning. Resultaten erhållna från utvärdering av Prismat har jämförts med resultat från Cirrusmolnet som är ett annat LSS-boende som uppförts av Kärnfastigheter.

Projekterad energianvändning

Årlig energiprestanda per kvadratmeter A_{temp} för uppvärmning, beredning av tappvarmvatten, fastighetsel och värmeproduktion från solanläggningen har beräknats enligt tabell 1.

Tabell 1 Projekterad energianvändning per kvadratmeter A_{temp} och år.

	Energianvändning kWh per m ² A_{temp} och år
Uppvärmning rum	25
Beredning av varmvatten	13
Fastighetsel	16
Produktion från solvärmeanläggningen	13
Projekterad energianvändning för "köpt energi" enligt definition i Boverkets byggregler	41

Projekterad energianvändning för "köpt energi" enligt definition i Boverkets byggregler har beräknats och jämförts med några riktvärden enligt tabell 2. Dels har jämförelsen gjorts med krav för passivhus (FEBY, 2009) och dels har Kärnfastigheter ett internt krav på att nya byggnader ska ha en energianvändning som är 30 % lägre än krav i BBR. Dåvarande krav enligt Boverkets byggregler var att den specifika energianvändningen för bostäder inte får överskrida 110 kWh/m² och för lokaler med 108 kWh/m² med genomsnittligt uteluftsflöde under uppvärmningssäsongen på 0,47 liter per sekund och kvadratmeter.

Tabell 2 Köpt energi för uppvärmning, beredning av tappvarmvatten och fastighetsel

	Energianvändning kWh per m ² A_{temp} och år
Beräknat värde	41
Krav passivhus (FEBY, 2009)	50
Beställarens krav	76
Krav enligt BBR	109

Byggnaden är projekterad för en inomhustemperatur på 22 °C i samtliga utrymmen.

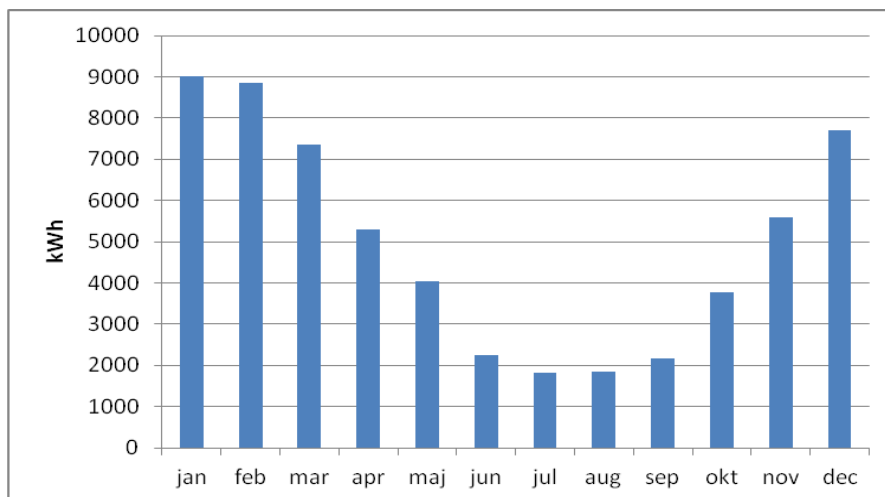
Utvärdering energianvändning

Lufttäthet

En täthetsmätning genomfördes på Prismen innan inflyttning. Resultatet visar att lufttätheten är god med ett värde på 0,08 l/m²s vid ± 50 Pa.

Fjärrvärme

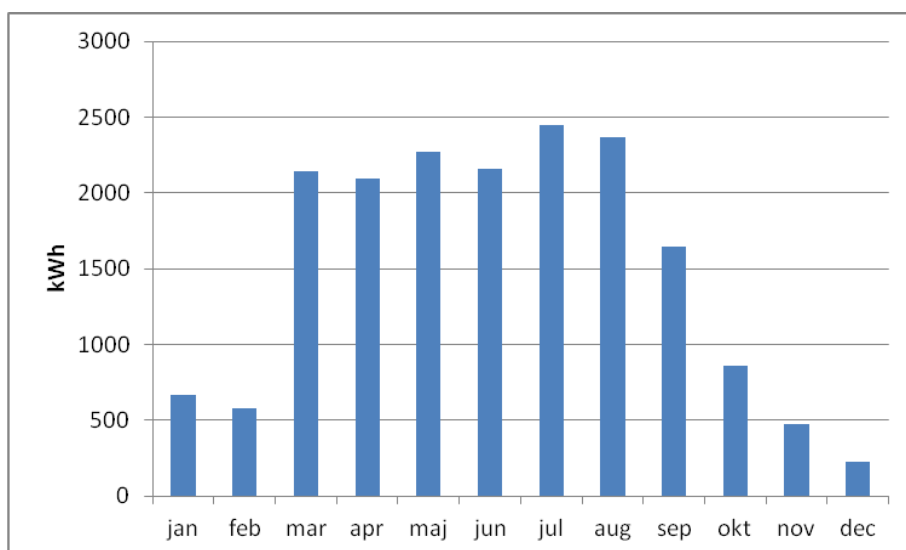
Månadsvis inköp av fjärrvärme redovisas i figur 6. Under år 2013 är fjärrvärmeanvändningen 55,1 kWh/m².



Figur 6 Uppmätta normalårskorrigerade värden för fjärrvärme under 2013.

Solanläggning

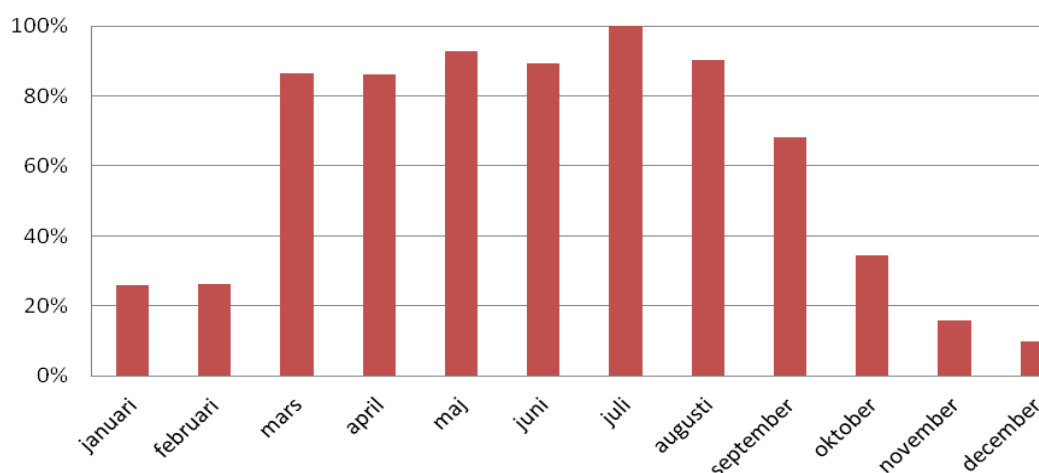
Månadsvis produktion av solvärme redovisas i figur 7. Under år 2013 är solvärmeproduktionen 16,5 kWh/m².



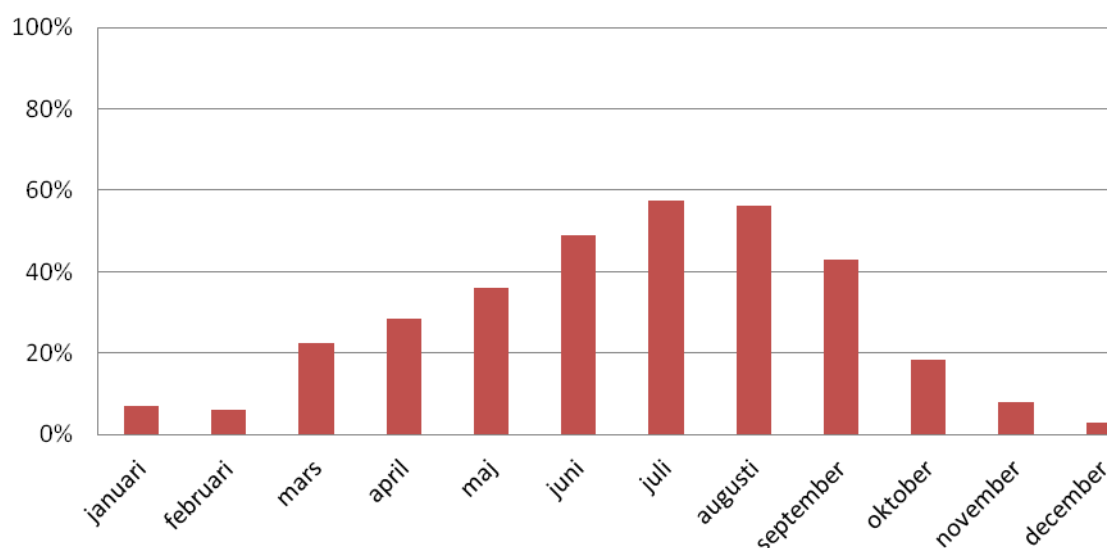
Figur 7 Uppmätt produktion år 2013 från solvärmeanläggningen.

Solfångarna är av märket Effecta VAC 2-3 och ur produktbladet framgår att de tillsammans bör kunna producera omkring 14 256 kWh vilket stämmer väl med överslagsberäkningar för solfångare av denna typ och i denna placering. Produktionen 2013 var betydligt mer och låg på 17 926 kWh (622 kWh/m² solfångararea). Att solvärmeanläggningen fungerar så bra kan bero på att varmvatten används kontinuerligt så att ackumulatortanken aldrig blir full. Verkningsgraden för solvärmeanläggningar är fördelaktiga i byggnader med hög varmvattenanvändning.

Andelen producerad värme från solvärmeanläggningen i förhållande till behov för beredning av tappvarmvatten visas i figur 8. Ungefär 60 % av behovet för beredning av tappvarmvatten förses från solvärmeanläggningen under 2013. Täckningsgraden för solvärmeanläggningen i förhållande till både beredning av tappvarmvatten och uppvärmning i byggnaden visas i figur 9. Under juli månad produceras 57 % av behovet för beredning av tappvarmvatten och uppvärmning i byggnaden.



Figur 8 Täckningsgrad för tappvarmvatten av solvärmeanläggningen under 2013.

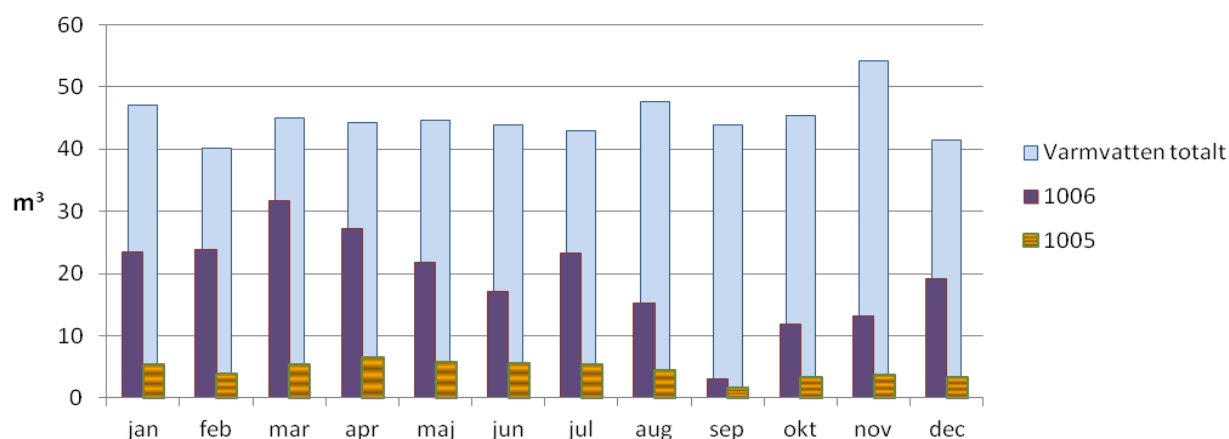


Figur 9 Täckningsgrad för beredning av tappvarmvatten och uppvärmning av solvärmeanläggningen under 2013.

Användning av varmvatten

Månadsvis användning av varmvatten redovisas dels för den totala användningen och dels för två lägenheter specifikt i figur 10. Under år 2013 används totalt 540 kubikmeter varmvatten varav 231 kubikmeter i lägenhet 1006 och 54 kubikmeter i lägenhet 1005. Genomsnittlig användning i övriga lägenheter är därmed ca 28 kubikmeter, vilket är högre än den genomsnittliga användning som SVEBYs rekommendationer bygger på.

Under år 2013 motsvarar den totala varmvattenanvändningen ca 27,4 kWh/m² varav ca 11,7 kWh/m² används i rum 1006 och 2,8 kWh/m² används i rum 1005.

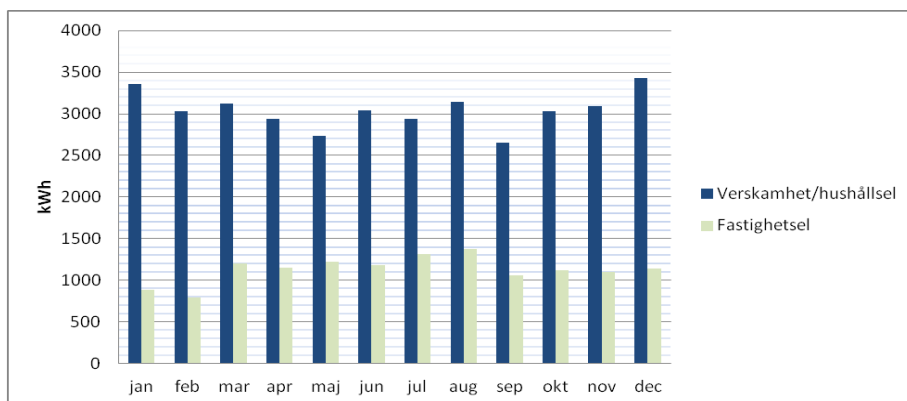


Figur 10 Total användning av varmvatten (m³) månadsvis jämfört med lägenheter 1006 och 1005 under 2013.

Enligt SVEBY (Brukarindata bostäder, 2012) är varmvattenanvändningen ca 18 m³ per person och år i flerbostadshus, vilket motsvarar en energianvändning i Prisman på ca 11 kWh/m². Detta innebär att varmvattenanvändningen i lägenhet 1006 är långt över förväntat brukande.

Elanvändning

Månadsvis inköp av el redovisas dels för verksamheten och de boende och dels som fastighetsel i figur 11, dels totalt för hela byggnaden och dels för fastighetsel. Under år 2013 är elanvändningen för verksamheten och de boende 33,7 kWh/m² och för fastighetsel 12,5 kWh/m².



Figur 11 Månadsvis elanvändning i Prisman (verksamhet- och hushållsel samt fastighetsel).

Uppmätt energianvändning

Jämförelse av projekterad och uppmätt energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel (s.k. köpt energi enligt definition i BBR) visas i tabell 3. Uppmätt energianvändning är betydligt högre än projekterad vilket till stor del kan förklaras med en betydligt större varmvattenanvändning än vad som projekterats. I en av lägenheterna har brukaren använt onormalt mycket tappvarmvatten. För att se hur mycket det påverkar resultatet beräknas byggnadens energianvändning genom att uppmätt varmvattenanvändning i lägenheten korrigerades med samma användning som genomsnittligt används i övriga lägenheter. Uppmätt energianvändning är fortfarande hög vilket kan förklaras med att även övriga brukare i byggnaden använder mer varmvatten än vad som är vanligt. Enligt SVEBY är normal varmvattenanvändning i ett flerbostadshus ca 11 kWh/m² för en byggnad motsvarande Prisman. Prisman har i jämförelse med ett flerbostadshus också användning av tappvarmvatten i gemensamt kök och tvättstuga. Om denna användning betraktas som tillhörande verksamheten kan enligt SVEBY uppmätt energianvändning korrigeras efter s.k. normal varmvattenanvändning. De två korrigeringarna visas i tabell 3.

Tabell 3 Projekterad och uppmätt energianvändning i Prisman tillsammans med korrigerade värden för stor användning av tappvarmvatten.

Energianvändning kWh/m ² A _{temp} , år	Projek- terad	Uppmätt under 2013	Uppmätt och korrigerad med varmvatten- användning i lgh 1006	Uppmätt och korrigerad med varmvatten- användning enligt SVEBY
Uppvärmning rum	25	44	44	44
Varmvatten	13	27	17	11
Fastighetsel	16	13	13	13
Producerad värme från solanläggningen	13	17	17	17
Energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel (s.k. köpt energi)	41	67	58	51

En jämförelse med olika målsättningar visas i tabell 4. Uppmätt och korrigerad energianvändning visar att passivhuskraven nästan uppnås och att beställarens egna krav uppnås med råge. En analys visar dock att uppmätt energianvändning för uppvärmning är betydligt högre än projekterad.

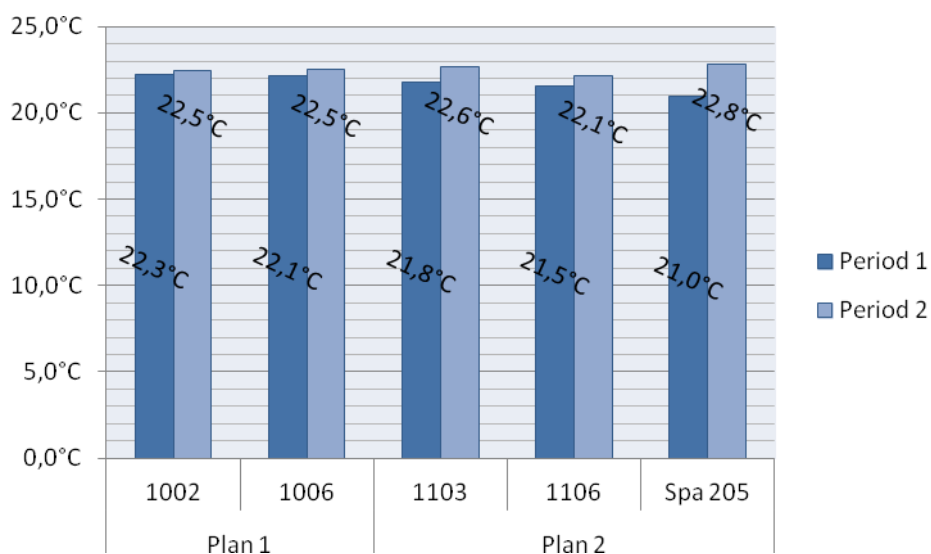
Tabell 4 Jämförelse av köpt energi för uppvärmning, beredning av tappvarmvatten och fastighetsel

	Energianvändning kWh per m ² A _{temp} och år
Uppmätt värde	67
Uppmätt värde korrigerat enligt SVEBY	51
Beräknat värde	41
Krav passivhus (SVEBY, 2009)	50
Beställarens krav	76
Krav enligt BBR	109

Utvärdering innemiljö

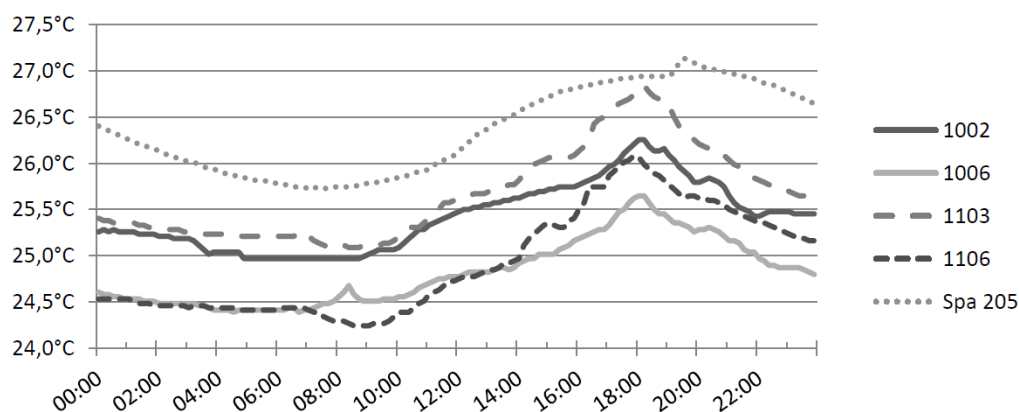
Inomhustemperatur

Uppmätt inomhustemperatur i de olika rummen redovisas i figur 12. Medeltemperatur för plan 1 och plan 2 beräknas till 22,2 °C respektive 21,4 °C för period 1. Under denna period är temperaturen i genomsnitt 0,8 °C lägre på plan 2. För period 2 är medelvärdena för inomhustemperaturen samma på de två planen (22,5 °C).

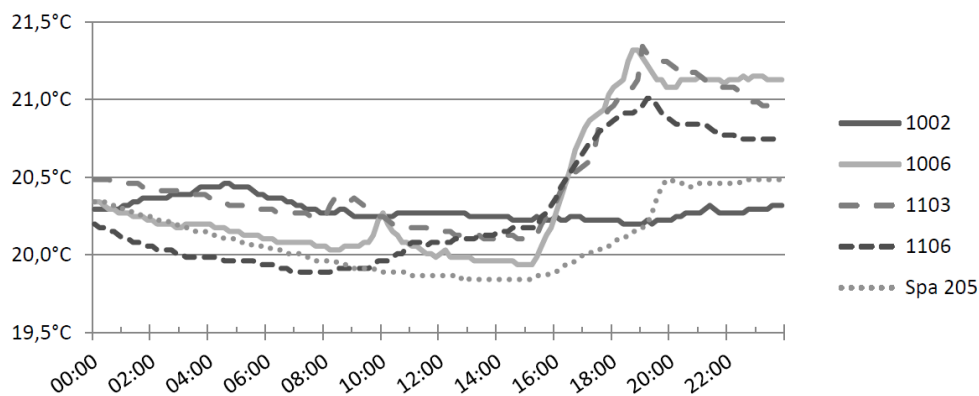


Figur 12 Medelvärden för inomhustemperatur i olika lägenheter.

I figur 13 och 14 visas hur temperaturen varierar under en varm respektive en kall dag. Under en varm sommardag är temperaturen hög i alla lägenheter och rummen i södra delen av byggnaden är nästan en grad varmare än de som är placerade i norra delen av byggnaden. Under en kall dag är skillnaderna mindre och för lägenhet 1002 är temperaturerna i stort sett konstanta vilket tyder på att den boende inte var hemma den dagen.



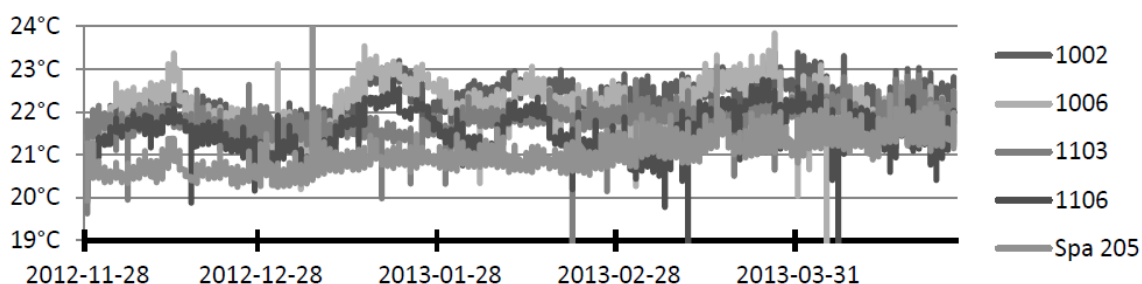
Figur 13 Temperaturvariationen under ett dygn på Prisman för en varm dag (6 augusti).



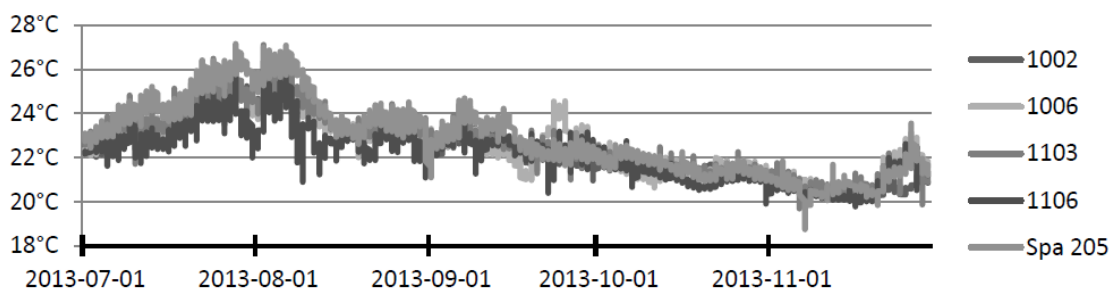
Figur 14

Temperaturvariationen under ett dygn på Prisman för en kall dag (20 november).

I figur 15 och 16 visas uppmätt inomhustemperatur för olika rum i byggnaden under respektive mätperiod.

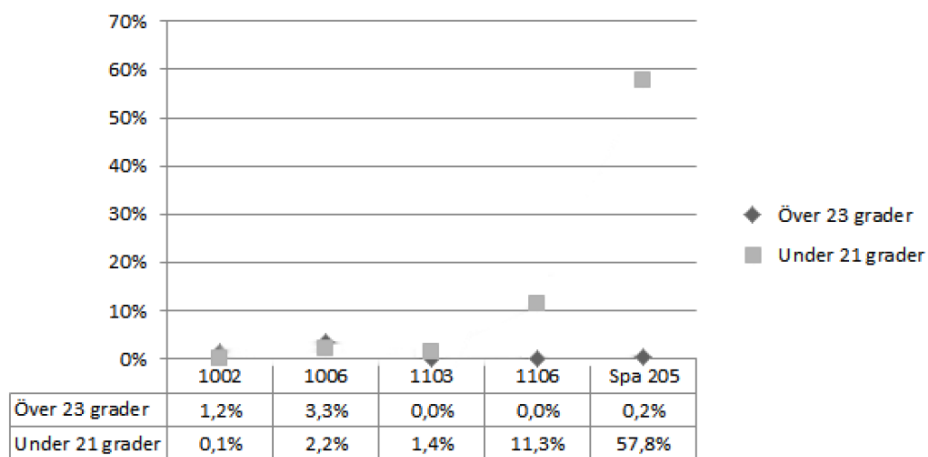


Figur 15 Temperaturvariationen för alla rum under period 1.

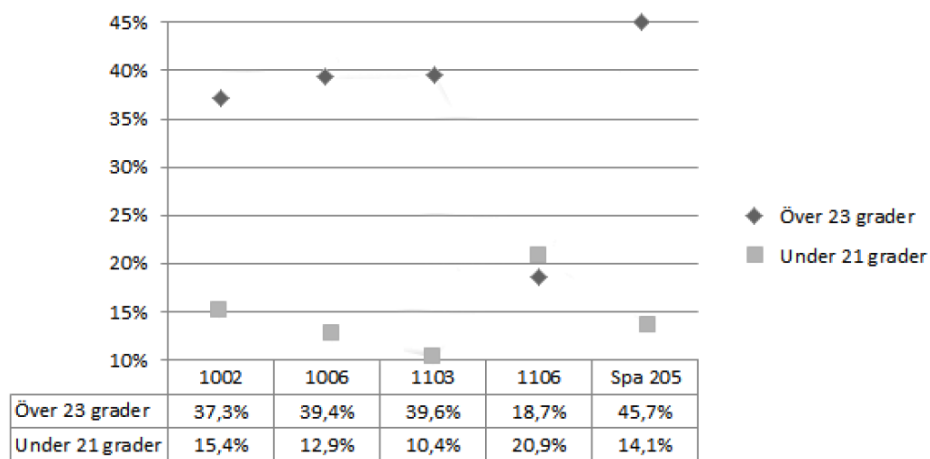


Figur 16 Temperaturvariationen för alla rum under period 2.

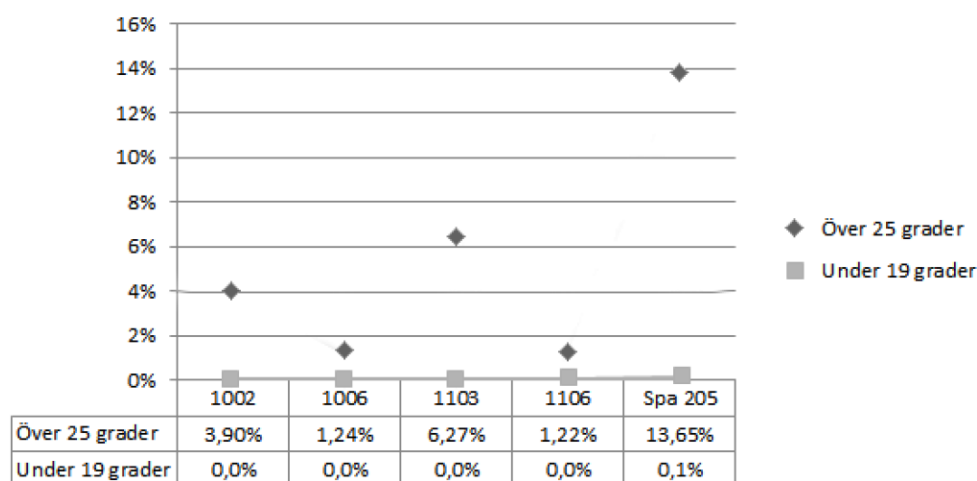
Enligt Socialstyrelsen bör den operativa temperaturen inomhus för känsliga grupper ligga mellan 22 – 24 °C. I Prisman är temperaturen projekterade till att hålla 22 °C. För att se hur stor andel av tiden som riktvärdet på temperaturen inte uppnåddes studerades två intervall, dels för en temperatur mellan 21 °C – 23 °C och dels mellan 19 °C – 25 °C. Resultatet visas i figur 17, 18 och 19. För period 1 fanns det få mätningar då temperaturen var utanför intervallet 21 °C – 23 °C i lägenheterna. För period 2 finns en större mängd mätningar som är utanför intervallet på 21 °C – 23 °C i lägenheterna men få mätningar är utanför intervallet 19 °C – 25 °C. Inomhustemperaturen för Prisman var mycket bra under första perioden men temperaturen kan bli högre än 22 °C under sommarmånaderna. I slutet av mätperioden förekommer temperaturer ned mot 20°C vilket kan tyda på att en ny injustering behöver göras.



Figur 17 Diagram som visar hur stor andel av temperaturen som ligger under respektive över 21 °C och 23 °C under period 1.



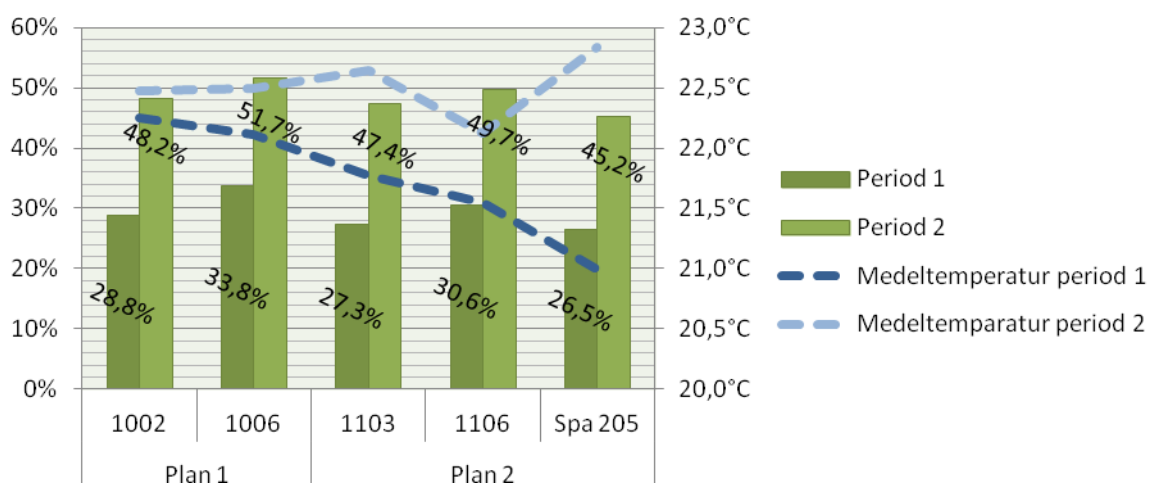
Figur 18 Diagram som visar hur stor andel av temperaturen som ligger under respektive över 21 °C och 23 °C under period 2.



Figur 19 Diagram som visar hur stor andel av temperaturen som ligger under respektive över 19 °C och 25 °C under period 2.

Relativ fuktighet

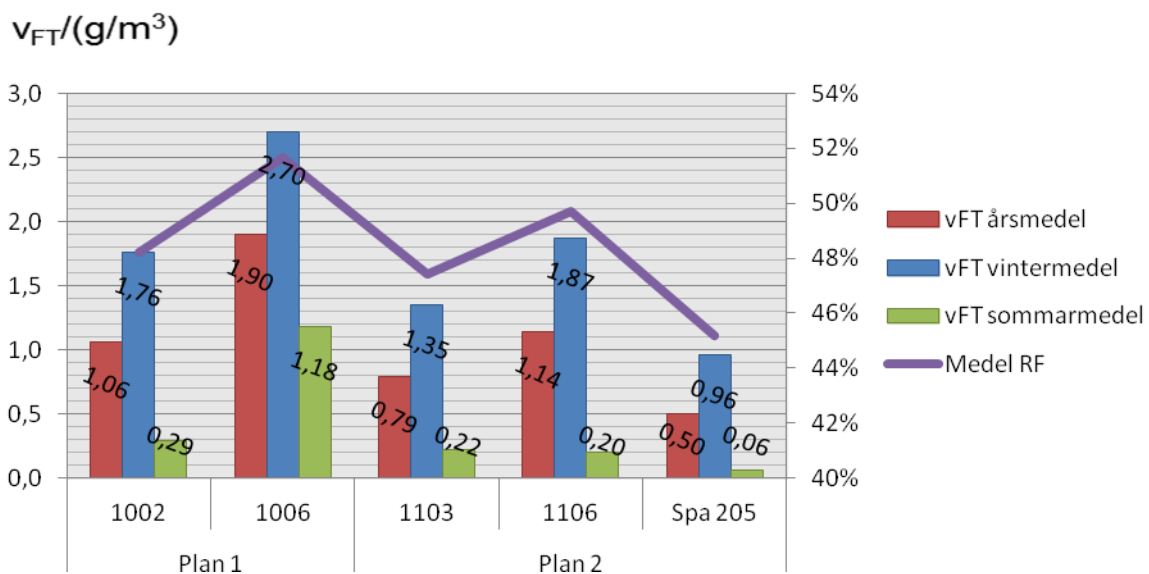
I figur 20 visas medelvärden av relativa fuktigheten i de olika lägenheterna. Den relativa fuktigheten är mycket högre under period 2 vilket kan vara normalt då period två mättes under varmare kalendermånader. Normala värden för relativ fuktighet inomhus är 10-30 % på vintern och 45-65 % på sommaren (Nevander och Elmarsson, 2011), vilket stämmer väl överens med mätningarna i Prismen.



Figur 20 Medelvärden för relativ fuktighet i olika rum med medeltemperaturen inomhus markerad under båda mätperioder.

Utöver att veta medelfuktigheten inomhus är det intressant att veta fukttillskottet (V_{FT}). Av denna anledning har diagram med fukttillskottsvariationer under olika delar av året förts in för varje lägenhet (se figur 21). Kortfattat kan man se att under de svalare månaderna (december till maj) så är fukttillskottet som störst. Medelvärdet av fukttillskottet på vintern är $1,8 \text{ g/m}^3$ och på sommaren $0,4 \text{ g/m}^3$ för hela byggnaden. Totalt för hela perioden får vi ett medelfukttillskott på $1,1 \text{ g/m}^3$. Mätningar på ett stort antal lägenheter visar att fukttillskottet ligger på ett medelvärde av $2,9 \text{ g/m}^3$ på vintern (Nevander och Elmarsson, 2011) vilket är högre än fukttillskottet på Prismen. I lägenhet

1006 och rum 205 Spa så förekommer dock en del värden som går upp mot $8 - 9 \text{ g/m}^3$. I denna lägenhet användes duschen 15 -25 gånger dagligen vilket ledde till kondens i badrummet med efterföljande fuktskador vilket gjorde att badrummet behövde renoveras redan efter ett års drift.

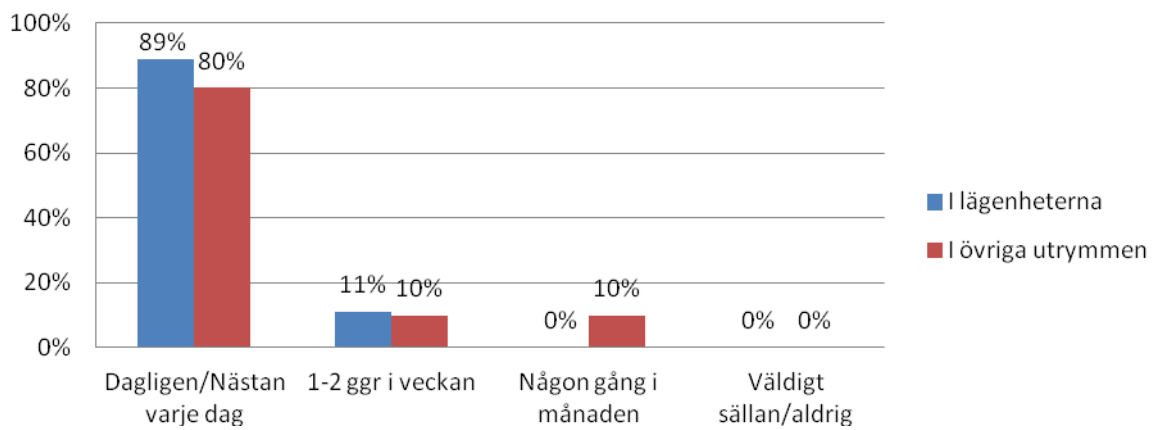


Figur 21 Medelfukttillskottet för Prisman under båda perioderna (nov 2012 – nov 2013)

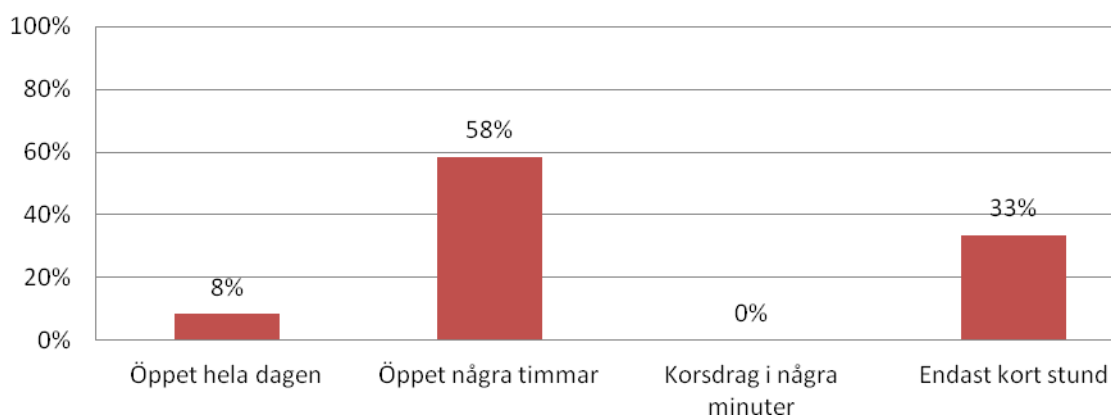
En enkätundersökning angående inomhusmiljön riktad till LSS-boendet personal genomfördes i april 2014. Enkäten bestod utav 16 frågor och besvarades av 10 stycken av de 26 anställda. Resultatet visar att 30 % av personalen är missnöjda med värmekomforten under sommarhalvåret medan 70 % anser att den är bra eller acceptabel. På vinterhalvåret är 50 % missnöjda med värmekomforten medan 50 % anser att den är bra eller acceptabel. Luftkvalitet, luftfuktighet och ljudmiljö anses vara acceptabelt medan 40 % av personalen inte är nöjda med dagsljusförhållanden.

Från kompletterande intervjuer framgår att personalen anser att fönstren är små vilket ger en instängd känsla då ljus inte kommer in i hela rummen. Den automatiska gardinen åker ner så fort solen skiner, vilket försämrar dagsljuset och gör det kallt på vintern. För att använda den automatiska gardinen för plan 1 manuellt måste man ta sig till plan 2 och trycka på en speciell knapp, vilket känns som en omständlig lösning enligt personalen.

De intervjuade i personalen anser att det blir varmt i lägenheterna på sommaren, speciellt på plan 1 där solskydd finns i form av balkonger. På plan 2 där solskydd finns i form av markiser så fungerar det bättre. Av denna anledning trodde personalen att de vädrar mest på bottenvåningen. Från enkäten framgår att personalen vädrar mycket i Prisman vilket visas i figur 22 och 23.



Figur 22 Vädringsfrekvens hos personalen på Prisman.



Figur 23 Vädringsteknik hos personalen på Prisman.

Jämförelse med Cirrusmolnet

Cirrusmolnet, som också är ett LSS-boende, uppfördes under 2011 utav Kärnfastigheter men genom en totalentreprenad. Byggnaden är i två plan med 12 stycken lägenheter med gemensamma utrymmen och byggnadens långsida är placerad mot söder. Altaner mot söder är inglasade för passiv solenergi. Cirrusmolnet planerades inte som ett passivhus utan är projekterad för att ha en energianvändning som är 30 % lägre än krav i Boverkets byggregler. Byggnaden har en trästomme och solvärme har inte använts till denna byggnad. Byggnaden har en yta på $1129 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ och bruksarean (BRA) på 1117 m^2 . Projekterade värden för byggnadskonstruktionen för Cirrusmolnet visas i tabell 5 tillsammans med värden för Prisman.

Tabell 5 Projekterade värden för olika byggnadskonstruktioner i Prisman och Cirrusmolnet

	Prisman U-värde $\text{W/m}^2 \text{ K}$	Cirrusmolnet U-värde $\text{W/m}^2 \text{ K}$
Vägg	0,11 (350 mm isolering)	0,17 (240 mm isolering)
Tak	0,08 (500 mm isolering)	0,08 (500 mm isolering)
Golv	0,125 (300 mm isolering)	0,12 (280 mm isolering)
Fönster	0,90 för hel konstruktion	1,1 för hel konstruktion
Genomsnittligt U-värde för hela byggnaden	0,19	0,24
Lufttäthet vid $\pm 50 \text{ Pa}$	0,3 $\text{l/m}^2 \text{ s}$	0,4 $\text{l/m}^2 \text{ s}$

Utvärdering av Cirrusmolnet

Uppmätt energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel (s.k. köpt energi enligt definition i BBR) under år 2013 visas i tabell 6. Uppmätt energianvändning stämmer väl överens med projekterade värden. Varmvattenanvändningen är även här högre än förväntad vid projektering. Enligt SVEBY är normal varmvattenanvändning i ett flerbostadshus ca 11 kWh/m^2 för en byggnad motsvarande Cirrusmolnet och en korrigering av uppmätt energianvändning har gjorts enligt SVEBYs riktlinjer vilket redovisas i tabell 6.

Tabell 6 Projekterad och uppmätt energianvändning i Cirrusmolnet tillsammans med korrigerade värden för hög användning av tappvarmvatten.

Energianvändning $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}, \text{ år}$	Projekterad	Uppmätt under 2013	Uppmätt och korrigerad med varmvattenanvändning enligt SVEBY
Uppvärmning rum	34	30	30
Varmvatten	13	21	11
Fastighetsel	18	15	15
Energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel (s.k. köpt energi)	65	66	56

Vid en kort intervju med personalen på Cirrusmolnet framkom det att de anser att inomhustemperaturerna är bra under både vinter och sommar. I lägenheterna kan det bli lite varmare på sommaren och om det behövs vädras så görs det några timmar under kvällstid med altandörren i lägenheterna öppen. Personalen ansåg även att det var bra dagsljus tack vare stora fönster, ljud i huset från ventilation och dylikt förekommer inte speciellt märkbart.

Jämförelse av energianvändning

En jämförelse mellan resultatet för Prisman och Cirrusmolnet visar att trots att Prisman är byggd med en mer välisolerad klimatskärm så använder Prisman mer energi för uppvärmning än Cirrusmolnet. I tabell 7 visas projekterad och uppmätt energianvändning för de två byggnaderna.

Tabell 7 Projekterad och uppmätt energianvändning för uppvärmning i Prisman och Cirrusmolnet.

Energianvändning för uppvärmning kWh/m ² A _{temp} , år	Projekterad	Uppmätt under 2013
Prisman	25	44
Cirrusmolnet	34	30

Den kan finnas många orsaker till att Cirrusmolnet fungerar som projekterad medan Prisman drar betydligt mer energi för uppvärmning än vad som projekterats. Cirrusmolnet är projekterad för 22 °C i lägenheterna men för 20 °C i övriga utrymmen (vilket är ungefär halva byggnadens area) medan Prisman är projekterad för 22 °C i samtliga utrymmen. Intervjuer med personal som arbetar i båda byggnaderna tyder på att det är något svalare på Cirrusmolnet än Prisman. En grads höjning av inomhustemperaturen kan generera en ökning av uppvärmningsenergi på närmare 5 kWh/ m², år (SVEBY, Energiprestandaanalys). Passivhuskonceptet bygger oftast på en inomhustemperatur på 21 °C vilket ger en lägre energianvändning jämfört med 22 °C som användes för Prisman.

Vädring verkar förekomma till betydligt större grad i Prisman än i Cirrusmolnet. En ökad vädring ger ett ökat behov av uppvärmningsenergi för att värma den luft som tas in direkt via klimatskärmen och som därmed inte passerar värmeåtervinningsaggregatet. Energieffektiviteten hos värmeåtervinnningssystemet kan också vara sämre än vad som projekterats. Detta kan kontrolleras genom mätning en kall vinterdag.

En annan orsak kan vara att Prisman är byggd i betongstomme vilket kan medföra att uttorkning behövs under de första åren. Uttorkning kan medföra en ökning av energianvändning för uppvärmning med cirka 10 – 20 %.

Ytterligare en orsak kan vara att Cirrusmolnet är fördelaktigt placerat med långsidan mot söder vilket ger att mycket passiv solinstrålning kan nyttjas till uppvärmning.

Investeringskostanden för Prisman är 27,4 miljoner kronor och för Cirrusmolnet 23,4 miljoner kronor (inklusive byggherrekostnader och moms). Den dyrare investeringskostnaden för Prisman beror på många saker och är inte direkt jämförbar eftersom byggnaderna har olika stommar och olika utrustning i form av bland annat ett spa, solvärmeanläggning med mera.

Diskussion och slutsatser

En täthetsmätning visar att lufttätheten är god med ett värde på 0,08 l/m²s vid ± 50 Pa.

Utvärderingen visar att solvärmeanläggningen fungerar bra och har en värmeproduktion som är betydligt högre än förväntat (17 kWh/m² jämfört med projekterat värde på 13 kWh/m²).

Fastighetselanvändningen är lägre än projekterad (13 kWh/m² jämfört med projekterat värde på 16 kWh/m²). Användning av varmvatten är betydligt högre än projekterad och än riktvärden enligt SVEBY (27 kWh/m² jämfört med projekterat värde på 13 kWh/m² och riktvärde enligt SVEBY på 11 kWh/m²). Energianvändningen för uppvärmning är högre än projekterad (44 kWh/m² jämfört med projekterat värde på 25 kWh/m²).

Utvärdering av Prismen visar att byggnaden klarar beställarens interna krav på att köpt energi ska vara lägre än 70 % av krav enligt i Boverkets byggregler. Prismen klarar i princip också krav på passivhus enligt FEBY (2009) om korrigering av tappvarmvatten görs enligt riktlinjer för flerbostadshus i SVEBY.

En analys av de olika posterna visar att detta kan uppfyllas genom att solvärmeanläggningen har en högre värmeproduktion och att fastighetselanvändningen är lägre än projekterad. Uppmätt energianvändning för byggnadens uppvärmning är dock betydligt högre än projekterad. Orsaker till att energi till uppvärmning är högre än förväntat kan bero på flera saker. Byggnaden har en betongstomme vilket kan medföra att uttorkning behövs under de första åren. Under mätåret behövde ett badrum byggas om pga. fuktskador vilket också kan ha påverkat energianvändningen. Vädring verkar förekomma i stor utsträckning i byggnaden vilket tyder på att solavskärmningssystemet och/eller injustering av radiatorsystemet kan behöva göras.

Inomhusmiljön i byggnaden är god och utvärderingen visar inte på några större problem. Mätningar visar att värmekomforten är god på vintern men att det förekommer något höga temperaturer på sommaren. En enkätundersökning visar det omvända att personalen är mer missnöjda med värmekomforten under vintern än under sommaren. Vidare antyder utvärderingen att dagsljusförhållanden och styrning av solavskärmning skulle kunna förbättras. En rekommendation är därför att Kärnfastigheter ser över styrning av solavskärmning och injustering av värmesystemet för att förbättra dagsljusförhållanden och minska behovet av vädring.

Referenser

Christensson, Filip och Nilsson, Henrik (2014). *Utvärdering av ett LSS boende byggt som passivhus*. Examensarbete vid LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg, Lunds universitet.

FEBY (2009). *Kravspecifikation för passivhus*. www.nollhus.se.

Kärnfastigheter (2009). *Bilaga gällande riktlinjer för kärnfastigheter*. www.helsingborg.se

Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt (2011). *Fukthandbok - Praktik och teori*.

SVEBY (2012) Wahlström, Åsa. Bergsten, Bengt och Levin, Per. *Energiprestandaanalys avvikelse som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov*. www.sevby.org.

SVEBY (2012), Wahlström, Åsa. *Mätföreskrifter*. www.sevby.org.

SVEBY (2012), Levin, Per, *Brukarindata bostäder*. www.sevby.org.



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

