

RAPPORT 2013:28

gnader

ter:

arnas förluster

konventionella åtgärder som bättre
uktion, värmeåtervinning ur frånluft
n att värmetäta mellan byggbodarna
yp av byggbodar från CRAMO som
Delar av paketet är genomfört men i



byggbodan. Tätning mellan bodarna u

el- till fjärrvärme.

ingen demonstreras i detta projekt.
e energianvändningen, men innebär
ärdig elenergi.

tt de kan anslutas till lågtemperat
slutning av byggbodar gynnar en rat
ndare genom att undercentralen då
växlar ner till lågtemperatursystem

BYGGA OCH BO PRIMÄRENERGIKLOKT

JOHNNY KELLNER
EJE SANDBERG

FÖRORD

I takt med att nyproduktionen blir allt mer energieffektiv är det inte längre byggnadens driftskede som dominerar i en miljöanalys. Betydande mängder elenergi används under byggnadens uppförande för att värma byggbodarna, men också för att torka och värma byggnaderna innan de ansluts till fjärrvärme. Här tas ett helhetsgrepp för att demonstrera möjligheterna att minimera energianvändningen och att konvertera byggbodarna från högvärdig energi till mer lågvärdig.

Projektet har finansierats av Fjärrsyn, Veidekke Entreprenad, Cramo och Fortum värme. Projektletledare har varit Johnny Kellner, Veidekke Entreprenad AB och slutrapporten har sammanställts av Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult AB.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras gemensamt av Energimyndigheten och fjärrvärmebranschen. Fjärrsyn ska stärka möjligheterna för fjärrvärme och fjärrkyla genom ökad kunskap om fjärrvärmens roll i klimatarbetet och för det hållbara samhället till exempel genom att bana väg för affärsmässiga lösningar och framtidens teknik.

Christian Schwartz
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes omvärldsråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Målsättning

Projektet syftar till att demonstrera en helhetsbild där både byggnaden och byggprocessen utformas primärenergiklokt, vilket tillsammans med bra förutsättningar och de boendes förutsättningar för energiklokt beteende skapar en helhetsbild. Med primärenergiklokt avses inte antal köpta kilowattimmar till byggnaden utan även hur denna energi produceras och där påverkar energiresursuttaget globalt. Konkret innebär detta för projektet:

- En fjärrvärmd byggnad med minimerade energiförluster och där en energieffektiv värmeåtervinning av värme ur frånluften med FTX-system återvinner allt mer energi ju kallare det är, dvs minimerar värmeeffektbehovet när det är som kallast. I denna byggnad har minimering av elanvändningen varit ett viktigt mål och då även omfattat hushållens elapparater, där även apparater (disk och tvätt) valts med fjärrvärmd anslutning för att minimera elåtgången.
- En byggprocess där byggbodars fjärrvärmeansluts och byggnadens uttorkning sker med fjärrvärme via mobil undercentral. Byggbodarna utformas energieffektivt vad avser uppställning och tätning mellan bodarna och mot mark i detta projekt. Erfarenheter och kvantifiering av resultat är viktiga mål i projektet utöver själva demonstrationen.
- Incitament för de boende att leva energieffektivt genom fördelningsmätning.

Resultat

Byggprocessens energianvändning för maskiner, belysning, uppvärmning av byggbodars och förvaringskontainers och uttorkning och uppvärmning av byggnadsstomme fram till inflyttning uppgår i detta projekt till 155 kWh/m² uppvärmd byggnadsarea, fördelat på följande poster:

	(kWh/m ²)	
Byggbodarnas uppvärmning:	8	fjärrvärme
Byggarbetsplatsens elanvändning	44,2	elenergi
Uttorkning gjutna plattor	17	gasol
Uttorkning och uppvärmning byggnad	85,7	fjärrvärme
Totalt	155	(kWh/m ²)

Av denna energianvändning har 60 % ersatts med fjärrvärme i detta projekt. Denna ersättning motsvarar 50 kg CO₂/m² byggnadsarea. Därtill har genom energieffektivisering energianvändningen minskat med uppskattningsvis 7 kWh/m².

I detta projekt har totalt åtgått ca 100 kWh/m² för byggnadens uttorkning och uppvärmning av byggnaden. Den rena uttorkningsenergin (förångningsvärmets) för byggfukt i betongen uppskattas i andra utredningar till ca 10 kWh/m². Skillnaden ger en indikation på att det borde vara teoretiskt möjligt att reducera energi för torkning och uppvärmning med hjälp av effektivare uttorkningsmetoder (avfuktare, värmeslingor i konstruktionen). Praktiskt har man dock erfarenheter av att kablage (t.ex. IT, signalledningar, etc) som gjuts in i bjälklaget tar allt större utrymme och ger minskat utrymme för en sådan lösning.

Ytterligare minskning av klimatpåverkan hade varit möjligt om den mobila fjärrvärmecentralen hade etablerats från start och då även kunna ersätta gasol användningen på motsvarande 17 kWh/m² när den mobila fjärrvärmecentralen kopplades gasolvärmen bort.

Målet var att en mobil fjärrvärmecentral skulleablerats från för att ansluta byggbodarna i en sekundär slinga och sedan även torka och värma byggnaden fram tills den byggnadsegna undercentralen kan ta över. Av olika skäl fick bodarna en direktanslutning till fjärrvärme och den mobila centralen placerades inne i byggnaden. Av dessa erfarenheter kan vi se att planeringen för såväl byggbodar och mobil fjärrvärmecentral måste planeras in redan i samband med byggbodoplaneringen (APD-planen).

Av resultaten framgår att fjärrvärmda byggbodar utformade som en framtida standardprodukt bör kunna få en likvärdig kostnadsnivå för entreprenören som för elvärmda byggbodar. Det finns cirka 40 000 byggbodar ute på marknaden som alla är eluppvärmda och som löpande behöver ersättas med nya mer energieffektiva bodar. Nuvarande bestånd motsvarar elanvändningen i cirka 10 000 småhus med bristande isolering och utan värmeåtervinning. Potentialen för att minimera elvärme genom olika energisparåtgärder och konvertering till fjärrvärme är med andra ord mycket stor. I rapporten analyseras alternativa lösningar.

Ska byggprojektet säkra tillgången på energieffektivt utformade byggbodar som är möjliga att fjärrvärmeansluta krävs en lång framförhållning eftersom dessa bodar inte finns på lager hos bodleverantören. I det nu genomförda projektet krävdes därför mer kostsamma anpassningsåtgärder av konventionella byggbodar vilket inte är en framkomlig möjlighet eftersom tiden mellan beslut om byggstart och byggande blir väldigt kort när väl överklagandeprocessen är klar och detaljplan fastställt. Projektresultaten pekar på att energieffektivt utformade fjärrvärmda byggbodar bör kunna bli en standardprodukt och därmed underlätta framtida tillgång.

Projektet har väckt stor uppmärksamhet redan innan slutrapporten publicerats. Stockholm stad, som ingick i projektets styrgrupp, har redan med fjärrvärmeuppvärmda byggbodar som en del av konceptet för Norra Djurgårdstaden. I Uppsala kommuns stora miljöprojekt i Östra Sala Backe är detta koncept med som en del i arbetet. Uppsala har under 2013 blivit utsedd som Sveriges representant som miljöhuvudstad 2013. Projektidén med fjärrvärmda byggbodar har därmed redan

genererat viktiga spridningsresultat. Kv. Snökristallen i Ytterskär har även ur miljösynpunkt blivit uppmärksammat genom att flerbostadshuset som första projekt i Norden blivit miljömärkt enligt koncept Svanen av Svensk miljömärkning AB.

SUMMARY

Objective

The aim of this building project was to demonstrate the options for minimizing the primary energy use not only for the building in use, but also during the building process. Important parts in this project has been converting the building sheds from electrical heated to district heating, and to us district heating also for heating and drying the concrete constructions.

A crucial part in this process is to choose a mobile district heating substation both for connecting the building sheds at start and then for drying purposes when the concrete is to be dried. The permanent district heating substation in the apartment building will be to late in operation and will not have the necessary heat power needed.

Another objective in this demonstration project was to minimize the heat losses in building sheds. This can be done by conventional measures such as better insulation, better windows, tighter construction, heat recovery from exhaust air and by the heat seal between the building sheds themselves and to the ground.

Results

The total use of energy for constructing the building, that is for building tools, heating the building sheds, heating and drying the main building until the building was habituated, was measured to 155 kWh per heated apartment building area.

	(kWh/m ²)	
Heating building sheds:	8	district heating
Electricity for the building site	44,2	electricity
Drying concrete slabs	17	gas
Drying and heating of main building	85,7	district heating
Total	155	(kWh/m ²)

Of this total energy, 60 % was substituted with district heating.

The sealing between the building sheds was measured to save around 7 kWh per heated apartment building area.

District heated building sheds designed as a future standard product should be able to end up at the same cost for the contractor as for electrically heated building sheds. There are about 40.000 building sheds on the Swedish market that are all electrically heated. A substantial potential market for reducing electricity and thus reduce emissions of carbon dioxide.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	10
1.1	BAKGRUND	10
1.2	DEMONSTRATIONSPROJEKTETS SYFTE OCH MÅL	10
2	ENERGIKLOKA BYGGBODAR	13
2.1	ENERGIEFFEKTIV UTFORMNING	13
2.2	FJÄRRVÄRMDA BYGGBODAR	18
2.3	RESULTAT OCH KONKLUSIONER BYGGBODAR	22
3	ELEFFEKTIVISERING I BYGGPROCESSEN	23
3.1	FJÄRRVÄRME FÖR UTTORKNING AV BYGGNADEN	23
3.2	ELEFFEKTIVISERING FÖR ÖVRIGA PROCESSER	23
3.3	ENERGIANVÄNDNING I BYGGPROCESSEN	24
3.4	DISKUSSION OCH KONKLUSIONER	24
4	ENERGI- OCH ELEFFEKTIV BYGGNAD	26
4.1	BYGGNADSBESKRIVNING – KV SNÖKRISTALLEN	26
4.2	LÅGA VÄRMEFÖRLUSTER	26
4.3	TÄTHETSPROVNINGAR	28
4.4	ELEFFEKTIVA INSTALLATIONER	30
4.5	FÖRDELNINGSMÄTNING	31
5	DEMONSTRATION OCH SPRIDNING	35
6	REFERENSER	37
	BILAGA 1. KV SNÖKRISTALLEN - MÄTUTVÄRDERING	44

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Byggnadernas energianvändning har tidigare livscykelanalyser ansetts påverka energiförluster under driftskedet till 85 procent medan energi för byggande, byggmaterial (inbäddad energi), transporter till byggplatsen och rivning skulle stå för kvarvarande 15 procent. I takt med att byggnadernas energianvändning nu radikalt sänks till nivån; ”nära nollenergihus” så får energi som används i byggnadsskedet en proportionellt sett större betydelse. Det finns därför skäl att se över hur energiåtgången i produktionsskedet kan sänkas och göras mer miljömässig. I en rapport som beställts av Boverket har KTH (Toller, Finnveden m.fl.) redovisat att utsläppen av växthusgaser är dubbelt så hög på årsbasis under produktionsprocessen än under byggnadens drift idag jämfört med ett referensår 2007. Med produktionsprocessen avses allt ifrån utvinning, materialtillverkning, transporter och produktionen på arbetsplatsen. Det är i detta sammanhang som uppvärmning av byggbodar ska ses som en del i hur ”bygga primärenergiklokt”. Med primärenergi avses de energiresurser som åtgår i hela kedjan från vaggan till grav och som i ett miljövalsperspektiv anses påverka försörjningssystemen i marginalen, dvs vi ser inte till effekterna på svensk vattenkraft och kärnkraft som sedan länge tillbaka är i fullt utnyttjande utan vi ser till de produktionssystem som påverkas i marginalen.

För att minimera resursåtgången för byggandet finns även andra åtgärder som kan vidtas i form effektivisera elåtgången på byggarbetsplatsen och att välja andra energislag än elenergi för uttorkning av byggkonstruktionen.

Själva byggnaden, i detta projekt ett flerbostadshus, ska utformas för låg energianvändning i riktning mot ambitionen ”nära nollenergihus” och vara fjärrvärmad. För att ytterligare skapa förutsättningar för att kunna ”bo primärenergiklokt” finns anledning att speciellt uppmärksamma elanvändningen under drift, inte bara för fastighetens drift av fläktar och hissar, utan också vad gäller hushållens elanvändning för de delar byggherren har rådighet. I detta projekt ingår därför också val av eleffektiva tork- och vitvaror och fjärrvärmade tvätt- och diskmaskiner.

Det är inte alltid optimalt att inom ramen för samma demonstrations- och utvecklingsprojekt inkludera allt för många delområden. Motivet för att projektet adresserar så pass många delområden i detta projekt är därför att de hänger ihop i en logisk helhet och förstärker demonstrationsvärdet. Projektets FoU-del avser dock i huvudsak de fjärrvärmeanslutna byggbodarna.

1.2 Demonstrationsprojektets syfte och mål

Eftersom detta projekt består av en rad skilda delar och är helt byggarbetsplatsrelaterat, dvs där den praktiska verkligheten och byggprojektens inre logik inte alltid harmoniserar med ett kunskapssökande utvecklingsprojekt kan förväntade resultat inte alltid garanteras. Även om projektets fokus är att demonstrera möjligheter till att fjärrvärma byggbodar finns även en ambition att demonstrera också de övriga delar

som påverkar hela konceptet ”bygga och bo primärenergiklokt”. Konceptet består av följande delar.

1.2.1 Energikloka byggnader

Dessa kan indelas i tre aspekter:

A. Minimera byggbodarnas förluster

Detta kan ske genom konventionella åtgärder som bättre isolering, bättre fönster, tätare konstruktion, värmeåtervinning ur frånluft med FTX-system och inte minst genom att värmetäta mellan byggbodarna själva och mot mark. Detta ingår i en ny typ av byggbodar från CRAMO som dock ej var tillgängliga i detta projekt. Delar av paketet är genomfört men inte fullt ut.



Figur 1. Uppställning av 10 byggbodar. Tätning mellan bodarna utförd.

B. Konvertera från el- till fjärrvärme.

Fjärrvärmeanslutningen demonstreras i detta projekt. Fjärrvärme för byggbodar minskar inte energianvändningen, men innebär att mer lågvärdig energi ersätter mer högvärdig elenergi.

C. Utformning så att de kan anslutas till lågtemperaturfjärrvärme.

Lågtemperaturanslutning av byggbodar gynnar en rationell hantering både för uthyrare och användare genom att undercentralen då kan läggas i en extern mobil enhet som växlar ner till lågtemperatursystem och möjliggör dragning med mer flexibla PEX-ledningar inom byggplatsens etableringsområde och med lägre värmeförluster.

1.2.2 Byggprocessen

A. Gasol- och elvärme för uttorkning i byggskedet ersätts med fjärrvärme

Valet av en mobil undercentral med sekundärt lågtemperatursystem är en del i konceptet. I projektet ligger också att demonstrera praktiskt genomförande utifrån byggprocessens förutsättningar och redovisa erfarenheter från detta.

- B. Eleffektivisering av byggarbetsplatsens övriga processer**
Var inte avsedd att ingå i denna demonstration.

1.2.3 Energieffektiv byggnad med låg elanvändning

- A. Låga värmeförluster genom energieffektivt utförande**
- B. Eleffektiv belysning och apparater för minskad fastighetsel**
- C. Eleffektiva kyl-frysåp och fjärrvärmd disk och tvätt.**
- D. Incitament för effektivt beteende (fördelningsmätning)**

2 ENERGIKLOKA BYGGBODAR

Det finns i Sverige mer än 40 000 byggbodar (storlek cirka 25 m²) som är i drift vid normal byggkonjunktur och de är i huvudsak elvärmda och med bristande isolering i förhållande till dagens krav. Äldre byggbodar drar ca 8.000 kWh per bod, år elenergi. Av den totala stocken bedöms enbart 3 – 4 000 bodar vara nya, medan merparten byggdes på 80-talet och har alltså varit i drift i ca 30 år.

Förutom byggbodar byggs och förvaltas ett mycket stort antal barackbodar för verksamheter som förskolor, skolor och kontor. Ofta som en tillfällig lösning med begränsat bygglov på 10 år, men som inte ovanligt blir permanent. Alla dessa byggnader har egentligen bara dispens under högst två år enligt BBR19. Att hitta energieffektiva lösningar för hela denna grupp är därför en angelägen fråga.

2.1 Energieffektiv utformning

Minimering av byggbodarnas värmeförluster görs med konventionella åtgärder, bättre isolering, bättre fönster, tätare konstruktion och värmeåtervinning ur frånluft med FTX-system. Byggbodarnas livslängd är tillräckligt lång för att motivera energieffektivt utförande. Idag finns isolering med låga lambdavärden som möjliggör bättre U-värde även vid samma väggjocklek, energieffektiva fönster och hög verkningsgrad även för små FTX-system. Enligt byggbodsleverantören Cramo är en sänkning av byggbodarnas energianvändning från ca 8.000 kWh/år (inkl belysning, mm) ner till ca 5.000 kWh/år möjlig.

Det finns ett antal studier genomförda om byggbodars energianvändning. Hatami (2007) anger att belysning och byggbodar skulle stå för ca 70 % av byggarbetsplatsens elanvändning och en reduktion med 40% vore möjlig med effektiviserande åtgärder. Det senare antagandet får stöd i en rapport finansierad av SBUF som en projektgrupp med bl.a. NCC och Peab genomfört (Norman 2010). Den senare rapporten ger också förslag på riktlinjer för entreprenören att följa för att åstadkomma energieffektivt byggande. Alexandris (2008) menar att energianvändningen för byggboden kan minskas med 55 % med bättre isolering och byte av värmekällor (värmepump). Fridolin (2009) anger att en standardbod använder 330 kWh/m² (7 – 8.000 kWh/bod) inklusive belysning, mm. CRAMO anger att en standardbod drar mellan 7 – 9.000 kWh/m² om boden inte står direkt mot mark. Följande åtgärder föreslås av CRAMO:

- uppställning av bodarna i två plan
- skivor i horisontella skarvar
- list med gummipackningar i vertikala skarvar
- takplåtar på alla takskarvar
- skivor eller duk mott mark, grusfyllnad under och eventuellt markplast

Detta skulle uppskattningsvis spara ca 102 kWh/m², men också öka etableringskostnaden med ca 3.000 kr per bod (Svensson 2009).

Med FTX-aggregat istället för enkla frånluftsfläktar och fönstervädring anger CRAMO en besparingseffekt på 1000 – 1500 kWh/år, bod. För komplettering med luft/luft-värmepump uppskattar CRAMO effekten som tveksam då dessa används som kylmaskiner på sommaren och dessutom ger ökade servicekostnader. Däremot pekar de på en rad andra kompletterande åtgärder som:

- torkrum istället för torkskåp
- närvarostyrd belysning
- nattsänkning av innetemperaturen till 16 grader
- energiglas

Sammantaget alla åtgärder uppskattar de att man skulle kunna nå nivån 140 kWh/m² (klimatort Göteborg). Det är oklart om detta även inkluderade isolermaterial med låga lambdavärden, t.ex. PIR eller vacuumpanelisolering (VIP). VIP ingår dock i Fridolins teoretiska analyser av olika åtgärdspaket som stannar på nivån 130 – 140 kWh/m² (energianvändning) för en separat uppställd bod, men luft/luftvärmepumpen ingår då också i paketet. I den rapporten föreslås luft/luft-värmepump och värmeisolerande färg som enklaste åtgärd och med en besparing på 44 %. Byte av dörrar och fönster skulle enbart ha sparat 8 % och till en högre sparkostnad.

Ingen av rapporterna föreslår fjärrvärme för byggbodar, bl.a. för att etableringen pågår så kort tid.

Ett nyligen etablerat företag Zenergy (2012) har lanserat byggbodar i sandwich-teknologi med U-värde på 0,16 i väggarna och som en byggbodsuppställning på två plan anges klara BBR kravet på 55 kWh/m². Innovationen har uppskattats av byggmarknaden och fick Energisparpriset 2013 på byggmässan Byggmaskiner 2013. Vad dessa drar i praktiken är ännu inte känt.

2.1.1 Erfarenheter från projektet

I det nu genomförda projektet i Ytterskär var avsikten att demonstrera fjärrvärmeanslutning av CRAMOs serie energieffektivt utformade byggbodar. Tyvärr fanns inga sådana att tillgå när väl projektet startades (efter överklagandeperioden var slut). Däremot etablerades de 10 byggbodarna i två våningsplan och med tätning mellan bodarna och mot mark. Bodarna konverterades till vattenburet system.



Figur 2. Tätning mellan byggbodar. Tätningen syns tydligt i den vänstra bilden där bodens svarta balk ligger an mot tätningen. Av den högra framgår att tätningen mot mark kan vara mer problematisk.

Speciellt på sluttande mark blir uppställningar på plintar nödvändigt och tätning mot mark försvåras, vilket i detta projekt framgår av den öppna sidan i figur 3.



Figur 3. Tätning mellan byggbodar. Saknar dock tätning mot mark på ena sidan.

Byggnadens energiförluster är mycket beroende av byggnadens formfaktor F , definierat som $F = A_{\text{omsl}}/A_{\text{temp}}$. En byggbod på 2,9 x 8,45 m och 2,4 m invändig höjd har en uppvärmd golvarea på ca 24 m². En solitär sådan bod har en formfaktor på 4,2. Om däremot bodarna ställs upp som i detta projekt med 6 bodar på plan ett och 4 på plan 2 så erhålls en formfaktor på 1,9, dvs mer än en halvering. Transmissionsförlusterna uttryckt som W/K beräknas minska med en sådan uppställning från 40 till 20 W/K, bod med de U-värden som tillämpats se tabell 1.

Tabell 1

Byggnadsdel	m ²	W/(m ² K)
Yttervägg	167	0,41
Tak mot uteluft	147	0,29
Golv mot uteluft	147	0,29
Köldbryggor mot uteluft	1	15
Fönster	20	1,3

2.1.2 Mätresultat för bodarnas uppvärmning

Mätningar har genomförts under perioden december 2010 till maj 2011. Medeltemperaturen under mätperioden skiljer sig från ett normalår med ca 0,1 grader varför värdena inte normalårskorrigerats.

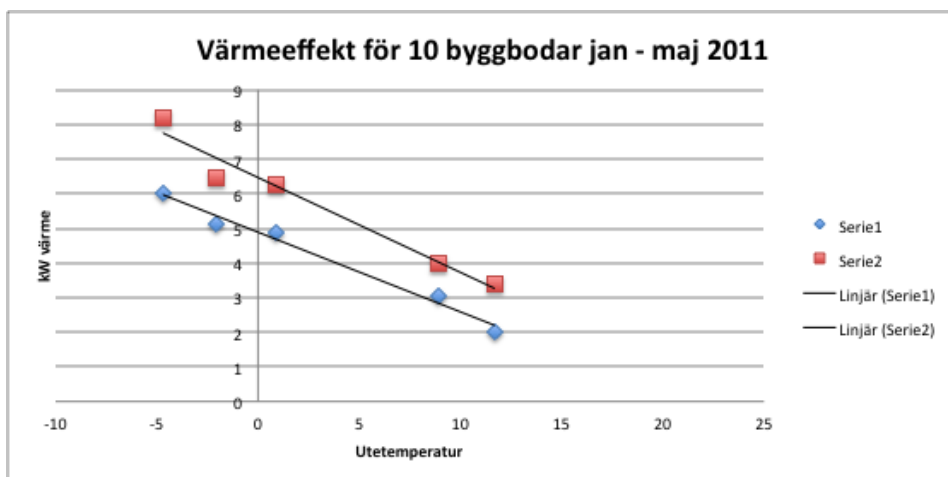
Ett parallellt pågående byggprojekt Veidekkes kv Renen med elvärmda byggbodar var tänkt som ett referensobjekt i denna utvärdering. De mätdata som slutligen erhöles från Renen visade sig avse hela byggprojektet och inte bara byggbodarna. Parallella projekt är aldrig riktigt jämförbara och gör sådana data inte helt relevanta. Istället för dessa referensdata används data från litteraturen i denna jämförelse.

Någon varmvattenmätare installerades inte, men om 40 procent av vattenanvändningen i byggbodarna utgörs av varmvatten, så uppgår dock inte varmvattenenergi till mer än 5 – 6 procent av tillförd värme i kv Snökristallen. Uppmätt värmeenergi efter avdrag för varmvatten under mätperioden och uppräknat (med 38 procent utifrån antal graddagar per år) till helår framgår av tabell 2 och avser värmestill samtliga 10 byggbodar. Det bör uppmärksammas att energianvändningen inte förväntas minska vid en konvertering från el till fjärrvärme.

Tabell 2

(kWh per byggbod)	Kv Snökristallen
Värmeenergi bodar dec - mars	1.619
Värmeenergi bodar helår	2.740

Detta värde ligger ganska lågt. Mätvärden för fjärrvärme och el till byggbodarna under perioden jan – maj 2011 ger tillsammans med utetemperaturen ett samband enligt figur 4.



Figur 4. Tillförd el- (serie 1) och fjärrvärmeeffekt (serie 2) för 10 byggbodar som funktion av utetemperatur.

Av figuren framgår att både tillförd fjärrvärme och elenergi till byggbodarna har nästan samma energisignatur, d.v.s. lutning i förhållande mellan värmeeffekt och utetemperatur. Elenergin är t.o.m. något mer utetemperaturberoende. Detta beror på att elmatningen till byggbodarna fick (projektet ovetande) en anslutning även till två förvaringscontainrar i stål, varav den ena hade en temperaturstyrd aerotemper där temperaturkänsligt material förvarades. Dagtid anslöts också en del verktyg till denna elmatning. Denna kompletterande elmatning drog alltså mer elenergi för uppvärmning än de 10 byggbodarna. Av figuren kan vi avläsa värmeeffektbehovet för bodarna vid noll grader ute till 4,9 kW. Om vi antar en innetemperatur på 20 grader ger detta en värmeförlust på 25 W/K, bod dvs endast 20 % mer än vad som teoretiskt kalkylerats för att täcka transmissionsförlusterna. Denna siffra har dock flera osäkerheter. Vi vet inte spillvärmeeffekten från elanvändning för belysning mm, dvs brytpunkten till icke utetemperaturberoende användning.

Belysningseffekten per bod var ca 160 W och drifttid per månad är kanske 120 timmar, dvs energi till belysning per bod är då ca 25 W i medelvärde, dvs endast fem procent av uppmätt värmeenergi vid noll grader ute. Att undercentralen ligger i en byggbod innebär att vissa förluster i växlaren och primärledningsrör ger spillvärme som inte mäts. Dessa kan kanske vara 200 – 400 Watt och ska adderas till den avlästa värmeeffekten. Vi vet inte heller något om ventilationsförluster, vädring och läckflödesförluster som innebär att transmissionsförlusterna kan vara lägre, men enligt tidigare genomförda studier är dessa inte dominerande förlustposter. Därför ger den nu genomförda mätningen ändå en indikation på att värmebehovet efter dessa tätningsåtgärder ligger på nivån 110 – 150 kWh/m². Eftersom detta ligger långt under uppgifterna från andra projekt får denna mätning tolkas med försiktighet.

2.2 Fjärrvärmda byggbodar

2.2.1 Projektets frågeställningar

Konvertering från el till fjärrvärme kan ha olika drivkrafter, driftekonomi och/eller mindre miljöpåverkan. Villkorat är att uppvärmningen inte påverkar kundnyttan negativt, i detta fall byggarbetarnas miljö. Slutligen ska det också vara praktiskt genomförbart.

I detta projekt var avsikten att en mobil undercentral skulle placeras så att byggbodarna kunde anslutas inledningsvis och därefter byggprojektets torkutrustning. Undercentralen skulle växla ner temperaturen till ett lågtemperatursystem för att förenkla dragningen inom etableringsplatsen och minimera värmeförluster.

Det faktiska utförandet blev en separat undercentral i bodarna med konventionell kulvertdragningsteknik. Cramo konverterade de aktuella byggbodarna genom att dra ett kompletterande vattenburet ledningssystem i bodarna och placerade radiatorerna i tak. Fönsterplaceringen var upptagen av befintliga elradiatorer som behölls för flexibilitetens skull och som en reservåtgärd i projektet.

Då projektet var försenat i tidplanen genomfördes denna etablering under semesterperioden och i efterhand kunde konstateras att det inte lyckades bli som det var tänkt. Förklaringar är att placering av den mobila centralen på den utrymmesmässigt trånga etableringsplatsen blev komplicerad och att man därför valde den säkra lösningen, med en konventionell dragning fram till bodarna och där placerade en egen undercentral inne i en av bodarna. Anslutningen kunde i detta fall ske utan att ledningarna behövde grävas ner eller placeras som luftledning och inga olägenheter med dragningen har rapporterats.

Den valda lösningen gav dock betydligt högre kostnader än vad som annars hade varit fallet med en dragning baserat på flexibla PEX-ledningar.

2.2.2 Projektets erfarenheter

Torkning av byggarbetarnas kläder är för byggarbetarna en väsentlig fråga. När man inte har elradiatorer som tidigare så måste detta uppmärksammas och lösas på annat sätt. Placering av vattenradiatorer på de ställen där elradiatorer i dag är installerade för torkning av skor och kläder är kanske en tillräcklig lösning?

I övrigt finns inga rapporterade olägenheter vad gäller inneklimat, temperatur, drag, mm. Innetemperaturen har legat högre, på 22 grader istället för högst 20 grader och möjligen har fönstervädring därför blivit högre då kylning och värmning samtidigt. En sänkning till 20 grader motsvarar en minskning av värmebehovet med cirka 10 procent. En förklaring till den högre temperaturen kan vara att värmerörsdragningen inte varit isolerad och att därmed termostaterna för radiatorerna inte får så stor påverkan. En central värmeregulator kan rekommenderas för kommande etableringar eftersom värmekretsens temperatur styrs ner oavsett om värmen kommer från radiatorer eller nakna rörledningar. För nya byggbodar med energieffektiva treglasfönster kommer inte kallstrålning vara ett problem.

2.2.3 Alternativa lösningar

Det finns ett antal alternativ att överväga:

- A. Elvärmda konventionella bodar (referens)
- B. Elvärmd och tätning mellan bodarna.
- C. Elvärmd energieffektiv utformning och tätning mellan bodarna.
- D. Dito och värmepumpsvärmd
- E. Fjärrvärmd referens
- F. Fjärrvärmd och tätning mellan bodarna
- G. Fjärrvärmd effektiv utformning och tätning mellan bodarna

Det är inte bara kostnad och ekonomi som avgör utan också om fjärrvärme finns tillgängligt, om framkomlighet för kulvertdragning finns, om det går att få tag på bodar av önskad typ. Detta i sin tur påverkas av flexibilitet, dvs om bodarna kan utformas så att valet mellan elvärme och fjärrvärme kan ske med samma bodar.

Utformning av framtida byggbodar bör därför ske med vattenburna radiatorer som möjliggör värme med en elpanna eller med alternativet anslutning till fjärrvärme. Tekniken med vattenburna radiatorer är ingenting nytt. Tidigare när oljeeldning förekom så användes vattenburna radiatorer som värmedistributionssystem i bodarna. Vattenburen värme skapar också förutsättningar för värmning med solvärme och uteluftvärmepump om inte fjärrvärme finns. Förhandlingar om ny utformning av denna typ av byggbodar har inletts med bl.a. CRAMO för etablering i Östra Sala backe i Uppsala. Värmedistributionen inom bodarna bör ske med lågtemperatursystem så att sekundärsystemet från den mobila undercentralen kan ske med PEX-ledningar och så att alternativ med värmepump ger bra värmefaktor.

Solvärme i begränsad utsträckning placerade på byggbodarna prövades, främst med motivet att skapa ett ökat miljöengagemang hos yrkesarbetare och platsledning. Byggbodarna var dock relativt skuggade från omgivande byggnader och därför inte intressant att mätutvärdera eftersom de gav marginella tillskott.

2.2.4 Ekonomi och miljö

De olika alternativen uppskattas ekonomiskt och miljömässigt enligt tabell 3. Det finns tämligen skilda uppgifter vad gäller den normala energianvändningsnivån för dessa byggbodar och vad olika åtgärder kan ge för resultat. Vidare gav mätningen i detta projekt väl låga värden jämfört med litteraturuppgifterna och egna referensmätningar erhöles inte i projektet. Följande sammanställning måste därför ses som högst preliminär. Referensvärdena från litteraturen har kompletterats med en egen modellsimulering baserat på den boduppställning som varit aktuellt i projektet och med ett U-värde för vägg, tak och golv på 0,16 vilket är den prestanda som byggbodar framtagna av Zenergy (2012) anges hålla. En sådan bod utan FTX-system och med ett luftflöde dagtid på 0,5 l/s, m² stannar på 75 kWh/år, m² (Stockholm) eller 1.900 kWh/bod. Med brister i utförande för tätningen mellan bodarna kan ett värde på ca 2000 kWh/bod vara mer realistiskt. Fördelen med dessa mycket effektiva bodar är att radiatorsystemet kan minimeras, en mindre villa-undercentral kan användas för

fjärrvärmen alternativt en villa-värmepump. El- och fjärrvärmepriser har hämtats från projektet¹. Koldioxid per kilowattimme el är i kalkylen 650 g CO₂/kWh och är baserat på marginalelproduktion med data hämtade från Svensk Fjärrvärme och Svensk Energis miljövärderingsrapport (Elforsk 2010). Motsvarande värde för fjärrvärme är 60 g/kWh och har hämtats från Fortum.

Tabell 3 Alternativa energilösningar för byggbodar

	kWh/år	Kr/år, bod	Kg CO ₂ /år, bod
A. Elvärmda bodar (referens)	7000	9450	4550
B. Elvärmda bodar + tätning	4000	5400	2600
C. Elvärmd effektiv + tätning	2000	2700	1300
D. Effektiv + tätning + VP	1000	1350	650
E. Fjärrvärmd referens	7000	5040	420
F. Fjärrvärmd + tätning	4000	2880	240
G. Fjärrvärmd effektiv + tätning	2000	1440	120

Den ekonomiska konsekvensen av att gå från en uppställning enligt detta projekt med 6 bodar på plan 1 och 4 på plan 2 och med elvärmda bodar (referens) till en uppställning med tätning mellan bodarna ger grovt uppskattat en besparing på ca 3.000 kr per bod, men har också enligt CRAMO en tillkommande anläggningskostnad på 3.000 kr/bod. Rimligen borde metoderna för att genomföra dessa tätningar kunna utvecklas och kostnaderna kunna sänkas när mer erfarenheter från detta finns. Miljövinsten är påtaglig.

Om man däremot utgår från nya eleffektiva byggbodar kommer transmissionsförlusterna ha halverats och därmed halveras också värdet av åtgärden tätning mellan byggnader och kanske inte längre är lika självklar.

Att investera i en ny energieffektiv byggbod som ger en energibesparing på storleksordningen 3.000 kronor per år är svårt att motivera, men däremot att i samband med utbyte av uttjänta byggbodar satsa på väl genomtänkta konstruktioner bör vara mycket intressant.

Hur en sådan effektiv byggbod sedan ska värmas kan diskuteras. Det vattenburna systemet kräver mer investering än direktelvärmda, men med energieffektiva fönster och en energieffektivt utformad bod kan en radiator per bod räcka och den kan placeras valfritt och därmed förenkla rördragningen mellan bodarna och inom varje bod.

Ett FTX-system ger inte så stor energibesparing i bodar som enbart används dagtid, men ökar däremot luftkvaliteten betydligt, minskar vädringsbehovet och de dragproblem dessa ger. Med en drifttid på 40 h/vecka och en luftomsättning på

¹ I Stockholm är prisnivån för fjärrvärme 0,72 kr per kWh (2011) exklusive moms och för elenergi 1,35 kr per kWh inkluderat effektkostnader och kubikmeterpriset för fjärrvärmen. Någon anslutningsavgift för den tillfälliga undercentralen tas inte ut av Fortum.

0,5 l/s,m² och en återvinningsgrad på 80 % sparar ett FTX aggregat 15 kWh/m²,år vilket bara är en tredjedel av den besparing som CRAMO uppgivet. Om byggbodarnas kanalsystem praktiskt kan kopplas ihop mellan bodarna och försörjas från ett centralt aggregat av villatyp, så kan även tilluftssystemet användas för att distribuera ut värmen oavsett om den fjärrvärmekopplas eller förses med en värmepump. De yttre bodarna skulle då behöva kompletterande elradiatorer endast för de kallaste dagarna.

Att välja en fjärrvärmeanslutning av de uppställda tätade bodarna (alt F) istället för elvärmda (alt B) ger en årlig besparing på 2.500 kr/bod. Det förutsätter att bodleverantören tar investeringen att konvertera bodarna till vattenburet system. För befintliga bodar som närmer sig ålderssträcket är det inte motiverat, men väl för bodar med lång kvarvarande livslängd. Miljöeffekten är betydande.

Är en helt nyproducerad byggbod i riktigt ”lågenergiutförande” (alt C) utgångspunkten, så ger steget till en fjärrvärmeanslutning (alt G) också det en driftkostnadsbesparing på ca 2.500 kr/bod,år.

I nu genomfört demonstrationsprojekt var merinvesteringen för att fjärrvärmeansluta bodarna 8.920 kr/bod. Bryts dessa kostnader ner har det inom projektet uppskattats att denna merkostnad skulle kunna sänkas till 1.600 kr/bod i kommande projekt förutsatt att undercentralen ligger i en mobil enhet anpassad för byggets värmebehov (dvs ingen separat UC kostnad i byggboden) och där radiatorkostnaden inte utgör en merkostnad utan är en ingående standard för byggbodarna oavsett om de elvärms via värmepump eller via fjärrvärme, se underlag i följande avsnitt.

2.2.5 Kostnader före konvertering till fjärrvärme

Merkostnad per bod jämfört med ett elvämt alternativ för etableringen i kv Snökristallen var enligt CRAMOs kalkyler: 450 kr/bod, månad. Kalkylen baseras på fyra till fem års avskrivning av merkostnaden. Därtill kommer för själva etableringen en extra montagekostnad på 1000 kr per bod. Installationen tar lite mer tid och rören ska blåsas rent. För hela etableringen tillkommer 6.000 kr per etablering och en undercentral i en av bodarna till en kostnad på: 1.600 kr/mån

För ett byggprojekt med 36 lägenheter i detta fall krävde 10 bodar och 12 månaders uppställning får vi en merkostnad på 8.920 kronor per byggbod.

I denna merkostnad ligger dock dubbla system, d.v.s boden kan alternativt värmas med elvärme. Dessutom valdes takhängda vattenradiatorer, vilket är dyrare än vägghängda. Vägghängda skulle kunna ligga på samma kostnadsnivå som elradiatorer. Denna merkostnad på 450 kr per bod och månad (som blev ett extra hyrestillägg i detta projekt) kan sparas in om man inte behöver bygga dubbla system som extra-åtgärd (som i detta projekt). I framtiden bör enbart vattenburna radiatorer användas som kan användas både för fjärrvärmeanslutning eller el. Ett annat energi-alternativ om fjärrvärme saknas är att installera en värmepump som standard.

Dessutom skulle bodarna anslutas till en mobil undercentral, vilket skulle sänka kostnaderna för installation av den undercentral som nu placerades i en av bodarna. Därmed sjunker merkostnaden till nivån 1.600 kronor per byggbod för ett motsvar-

ande projekt. Kostnadsuppskattningarna är osäkra och kan sannolikt bli lägre beroende av efterfrågan och framtida myndighetsbeslut. I nuvarande byggregler ställs märklit nog inga krav på byggbodar enligt Boverkets byggregler trots att man i praktiken kan anse att dessa alltid är permanent i bruk. Det är inte osannolikt att myndighetskrav kommer att ställas på eluppvärmda bodar inom en begränsad framtid.

2.3 Resultat och konklusioner byggbodar

Av resultaten framgår att fjärrvärmda byggbodar som en standardprodukt bör ha möjlighet att hamna på samma kostnadsnivå för entreprenören som för de elvärmda byggbodarna om de från början görs flexibla med vattenburet lågtemperatursystem.

Störst betydelse får dock utformning i energieffektivt utförande för nyproducerade bodar och för tätning mellan bodarna för äldre mer energislukande bodar. Möjligen blir fjärrvärmeanslutning som ett sista steg inte alltid möjligt att motivera, men är framför allt beroende av:

- att fjärrvärme finns att tillgå i direkt anslutning till arbetsplatsen
- att det finns bodar med vattenburet system att tillgå. Önskar byggentreprenören vara säker på detta krävs längre framförhållning än vad som ofta är fallet när väl byggstartsbeslutet tas. Kanske ramavtal med bodleverantören kan vara en väg?
- att placering av bodar och mobil undercentral, kombinerad för såväl anslutning av bodar som för torkning av byggprojektet, ger en gynnsam ledningsdragning och utan att hindra framkomlighet. Detta bör ske tidigt i samband med byggbodsplaneringen (APD-plan).

Elanvändningen i själva byggprojektet uppgår till nivån 200.000 kWh totalt i det parallella projektet Renen och till 150 – 160.000 kWh totalt för kv Snökristallen. Att uppvärmning av bodar tillsammans med byggarbetsplatsens belysning skulle stå för 70 % av dess elanvändningen (Hatami 2007) verkar därmed inte vara en generellt användbar siffra.

3 ELEFFEKTIVISERING I BYGGPROCESSEN

3.1 Fjärrvärme för uttorkning av byggnaden

Dagens nyproducerade byggnader är så energieffektiva att den undercentral som ska installeras inte alls kan ge den värmeeffekt som krävs för uttorkningsinsatser under byggproduktionen. Tanken i detta projekt var att placera en mobil undercentral dimensionerad för både byggbodarnas uppvärmning och byggnadens torkningsbehov. I praktiken installerades en separat mobil undercentral (på hjul) i mitten av januari i ett rum intill den blivande undercentralen när väl byggnadens grundkonstruktion och bjälklag fanns på plats.

Vidare fanns en förhoppning om att fjärrvärmenätets returledning skulle kunnat anslutas och då med en lågtemperaturnivå. Saken undersöktes av Fortum, men man kunde se att returtemperaturen vid denna plats skulle blivit för låg för att göra detta genomförbart.

För uppvärmning användes inledningsvis gasol motsvarande 17 kWh/m^2 uppvärmd byggnadsarea. Lite senare i projektet, när väl den mobila undercentralen var på plats, startades uppvärmning med fjärrvärme via mobila fjärrvärmda areotemperar som anslöts med PEX-ledningar och därmed var flyttbara.

Totalt användes 79 kWh/m^2 fjärrvärme för uttorkning och uppvärmning under perioden mitten av januari till och med maj månad. Därefter ersattes den med värme via byggnadens fjärrvärmecentral som då var på plats. I denna användes drygt 6 kWh/m^2 innan inflyttning tom september.

Såväl fjärrvärme som gasol är mindre energiresurskrävande än elenergi som tillförs som marginalproducerad el. Ersättningen med hjälp av en mobil värmecentral har fungerat som tänkt. För uppvärmning och uttorkning av byggnaden har ingen elvärme använts. Den totala fjärrvärmeanvändningen med den mobila centralen utgör 289 MWh och kan antas ersätta motsvarande mängd elenergi. Därmed har koldioxidutsläppet minskat med 170 ton^2 . Detta kan jämföras med byggbodarnas totala värmebehov på 27 MWh och som därmed gav en koldioxidbesparing på 16 ton .

Slutsatsen av detta är att en mobil undercentral som stöd för uttorkning och uppvärmning av själva betongbyggnaden är den mest prioriterade insatsen för att minska byggarbetsplatsen miljöpåverkan.

3.2 Eleffektivisering av byggarbetsplatsen för övriga processer

Förutom energi för bodar och uttorkning av byggnadsstommen åtgår som tidigare nämnts energi i form av el i själva byggprojektet till nivån 150.000 kWh

² Med de LCA-värden som tillämpade i avsnitt 2.2.4

(Snökristallen) till 200.000 kWh (parallella projektet Renen som också inkluderade bodarna).

En stor elanvändningspost i detta projekt var uppvärmning av förrådscontainer och som tillsammans med en del verktygsmaskiner drog minst 20.000 kWh för det första halvåret. Andra viktiga energiposter är arbetsplatsens belysning.

I projektet Energieffektiva byggarbetsplatser (Norman 2010) nämns följande åtgärdsförslag för uppvärmda containers:

- använd inte oisolerade containers med värme
- om ändå: bygg isoleringsvägg
- använd annat alternativ, så som oinredd bod
- använd dörrstängare så inte dörrarna står öppna

I rapporten redovisades fler åtgärder:

- För byggarbetsplatsens belysning testades ljusmängd och färgåtergivning från xenonstrålkastarna som uppfattades som likvärdiga jämfört med traditionell halogenstrålkastarbelysning och givit en besparing på mer än 90 %. Denna typ av strålkastare var dock relativt känslig för slag och stötar.
- Diodljusarmaturer istället för glödljus sparar 80 % av elanvändningen.
- Fjärravlästa uttagscentraler rapporteras ge effekter i form av att energianvändningen visualiseras och därmed genererar goda ideer kring vilka beteendemässiga delar i byggprocessen som kan ändras.
- För torkning av byggnaden föreslås att man ska använda ingjutna värmeslingor i stommarna.
- Vidare diskuterades att systematiskt effektiviseringsarbete på arbetsplatsen kan bli ett framtida beställarkrav.

3.3 Energianvändning i byggprocessen

Byggbodarnas energianvändning var i detta projekt 27 MWh och är alltså endast en mindre post i byggarbetsplatsens elanvändning. Därtill kommer byggarbetsplatsens elanvändning för belysning, verktyg och uppvärmning av förrådscontainers på nivån 150 MWh.

Slutligen har vi värme för torkning och uppvärmning av byggnaden som uppförs fram tills den tas i drift, vilket i detta projekt utgjordes av en mindre del gasol (57 MWh) och en större del fjärrvärme, tillsammans 347 MWh. Energianvändningen för samtliga dessa delar i byggprocessen, 524 MWh blir utslaget på byggnadens uppvärmda area 155 kWh/m² eller motsvarande drygt två års drift och uppvärmning av byggnaden. Energi för materialuttag, tillverkning och transporter är inte med i denna redovisning.

3.4 Diskussion och konklusioner

I detta projekt har 60 % av byggprocessens energianvändning ersatts med fjärrvärme och miljömässigt har detta stor betydelse eftersom det är ren elenergi som ersatts.

Vidare har vi indikerat ytterligare ett antal åtgärder som skulle kunna sänka arbetsplatsens elbehov än mer.

Med en mobil undercentral (UC) minskar risken att elvärmare tas till för uttorkningen av byggnaden för att klara tidplanen, eller än värre gasolvärmare som ju också avger fukt. I de flesta fall finns inte den stationära fjärrvärmecentralen installerad för uttorkning förrän ganska sent i byggprojektet. I dagens energieffektiva byggnader är värmeeffektbehovet mycket lågt, kanske bara 1 kW per lägenhet vilket är långt ifrån tillräckligt för att klara uttorkning och uppvärmning under byggperioden och speciellt om framledningstemperaturen är låg. En mobil undercentral kan där- emot dimensioneras för en väsentligt högre värmeeffekt. Strategin med att i tidig etablering placera en mobil undercentral, först för byggbodarnas uppvärmning och sen för uttorkning av byggnaden förefaller därför vara motiverad. För byggprojektet är det en fördel att installationerna för byggprojektet kan installeras i den takt som blir mest optimalt och att värmen kan säkras på annat sätt, d v s med en extern mobil värmecentral. I de fall nya exploateringsområden försörjs med lågtemperatursystem för att minimera distributionsförlusterna, blir också den sekundära temperaturen lägre. Det finns därför anledning att studera risken för att de mobila värmarna inte ger tillräcklig värmeeffekt.

Planera i god tid!

I detta projekt fick byggbodarna en egen separat UC i byggnaden och den mobila enheten placerades senare i projektet inne i byggnaden. En viktig erfarenhet i detta projekt är därför att man måste planera etableringen i god tid. Redan vid detaljplane- arbetet måste hänsyn tas till var i byggnaden undercentralen ska placeras och dess anslutning till den mobila undercentralen. Denna planering ska fastställas när arbets- platsdispositionen (APD-planen) tas fram för placering av mobil UC och byggbod- arnas placering. Placeringen ska också samordnas med byggbodleverantören (vilka utrymmen krävs, framkomlighet, e.t.c).

Etableringsfrågan för den mobila undercentralen måste framgå tydligt inom projektgruppen, liksom om valet ska vara byggbodar med en energieffektiv utformning. Detta bör ske redan i samband med övriga tekniska undersökningar av tomtens markegenskaper, framkomlighet och APD-planen. Det krävs med andra ord i ett tidigt stadium en tydlig kommunikation mellan projektutvecklare, entreprenör och fjärrvärmeleverantör.

En del av förklaringen kan vara att andelen betong som ska torkas ut kan vara högre än normalt. I rapporten Byggfukt och energi (Johansson 2012) har den i konstruktionen inlagrade fukten ett uttorkningsbehov motsvarande 10 kWh/m² under första året (innan byggnaden tas i drift av brukarna). Det innebär att av arbetsplatsens värmebehov, i detta projekt 76 kWh/m², dominerar uppvärmningsbehovet relativt uttorkningsarbetet. Möjligen talar det för att uttorkningsprocessen kan effektiviseras om ledningar för uttorkning gjuts in i konstruktionen och temperaturen inne på arbetsplatsen hålls så lågt som möjligt och styrs till arbetstid, men utrymmet för sådan ledningsdragning i betongbjälklaget är begränsat.

4 ENERGI- OCH ELEFFEKTIV BYGGNAD

4.1 Byggnadsbeskrivning – kv Snökristallen

Byggnaden är ett fyraplans flerbostadshus med 39 lägenheter och med ett lågenergiutförande enligt Veidekkes koncept Tellhus vad avser:

- Välisolerade väggar (betongelement) och fönster
- Tät ytterväggskonstruktion
- Högeffektiv värmeåtervinning
- Eleffektiva installationer (hiss, belysning) i gemensamma delar
- Eleffektiva vitvaror
- Fördelningsmätning av el, värme och varmvatten

Byggnaden har dessutom anpassats för att uppfylla miljökraven enligt Svanen. Byggnaden har ingått i ett mätutvärderingsprojekt (Sandberg 2013) tillsammans med flera andra byggnader och vars dokumentation om detta projekt framgår av bilaga 1.

Uppvärmd area: 3383 m² A temp

Boarea: 2759 m²

Antal bostäder: 39

Byggnadskonstruktion: 420 mm betongelement med U-värde: 0,157 W/m²

Isolering mot garage: 100 mm

Vägg och golv mot mark: 100 mm

Garagegolv: 690 m² oisolerat golv

Balkonger; rostfri infästningsarmering.

Fönster: 0,9 W/m² med mellanliggande persienner.

Täthet uppmätt: 0,28 l/s, m². Se bilaga 3

Trapphallsbelysning med närvarostyrning.

4.2 Låga värmeförluster

En utgångspunkt för en energieffektiv byggnad är att minimera värmeförlusterna. Dessa kan bestämmas med hjälp av nyckeltal för värmeförlusteffekt vid dimensionerande utetemperatur. För att uppfylla t.ex. kriterierna för ett passivhus får värmeförlusten vara högst 15 W/m². För den aktuella byggnaden uppmättes en värmeförlusteffekt på ca 22 W/m² vilket var väsentligt högre än för de beräknade värdena. Uppmätt årsenergi hamnade ca 27 % högre än de beräknade värdena, se även tabell 4.

Tabell 4

	Projekterat 2012	Byggt	Uppmätt	Uppmätt normal
Driftel	13	15	13	13
Hushållsel	30	30	30	30
Varmvatten	20	20	19	20
Värme + VVC+ VS	25	25	46	53
Summa	58	60	76	86

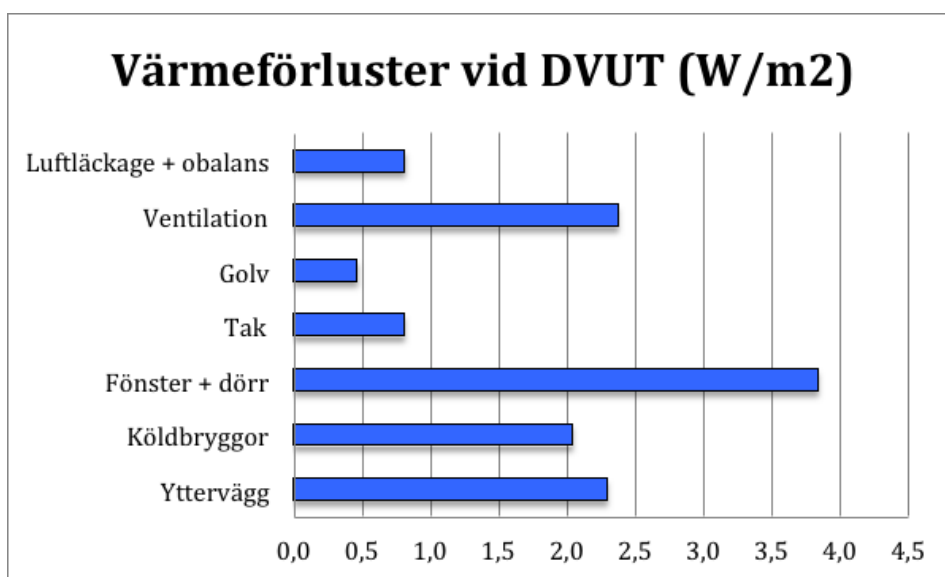
I mätuppföljningsrapporten (Sandberg 2013) redovisas ingående problematiken med mätuppföljningar och de osäkerheter en sådan är förknippad med i form av osäkerheter kring innetemperatur, hur mycket spillvärme från apparaterna som egentligen kan tas tillvara, nivån på den energi som uttorkning av byggfukt kräver, mm. Mätningar som genomförs under första driftåret (enligt ovan) lider dessutom av pågående injusteringar och löpande åtgärder som inte upptäcks förrän vinterperioden inträffar. Tidiga mätningar är väsentliga för att uppmärksamma brister som kan åtgärdas när byggorganisationen någorlunda finns tillgänglig, men har å andra sidan mer osäkra mätförhållanden. Mätresultat från första driftåret ska därför inte betraktas som slutgiltiga.

Att byggnaden trots ambitionerna inte lyckas nå ända fram har fler förklaringar. Byggnaden var från början inte ritad utifrån målen om energieffektiv utformning. Det innebär t.ex. att våtgrupperna i lägenheten ligger för långt från varandra för att klara enbart en inmatningspunkt per lägenhet utan att också lägga en varmvattencirkulationsledning i bjälklaget. En sådan ger värmeförluster. Garaget under byggnaden ger köldbryggor upp till bostadsplanet och in- och utfarter från garaget är en okvantifierad förlustpost.

Men det finns också erfarenheter från projektet som kan vägleda kommande projekt. I utvärderingen gavs tydliga rekommendationer att i denna typ av projekt krävs mer genomarbetade funktionsprovsningsprogram. Alla energirelaterade funktionskrav ska listas i ett kontrollprogram där det framgår vad som ska kontrolleras, vem som ansvarar, när det ska göras och hur. En riskinventering vad gäller funktionsdelar som kan vara svåra eller missas bör identifieras. Ansvarig för ett sådant program måste finnas i projektgruppen. Exempel på felfunktioner som upptäckts: Garageventilationen hade en eftervärmare som var felställd, belysningen i garaget skulle vara behovsstyrt, men uppmärksammades inte. Belysningen i förråd hade behovsstyrning installerad men var ständigt på eftersom den stördes av ljud från närliggande ventilationsrum, e.t.c. och har påverkat elanvändning i hög grad.

4.3 Täthetsprovningar

Kv Snökristallen har ingått i ett utvecklingsprojekt finansierat av SBUF för analys och utveckling av täthetsprovningssmetodik (Kellner 2012). Täthetsprovning under byggskedet har en viktig uppgift för att ge en direkt återkoppling till de på bygget som är involverade i alla de arbetsmoment som kan påverka byggnadens täthet. Täthet i klimatskalet är en väsentlig funktion för att minska värmeförlusterna, se figur 2 där värmeförlusteffekten vid dimensionerande vinterutetemperatur för olika systemdelar i Kv Snökristallen redovisas och som klarar täthetskriteriet för passivhus ($< 0,3 \text{ l/s, m}^2$). Läckflödena får heller inte vara allt för ojämnt fördelade mellan olika lägenheter eftersom de annars får större skillnader i värmebehov. Täthet mellan lägenheternas innerväggar är väsentligt för att minska risken för brandspridning och lukt mellan lägenheter.



Figur 5. Beräkningsvärden för värmeförlusteffekter för olika systemdelar vid dimensionerande utetemperatur (DVUT), kv Snökristallen

I projektet jämfördes mätning av täthet dels på lägenhetsnivå och dels på trapphusnivå. Vidare testades också täthetsprovning med byggnadens eget ventilationsaggregat som jämförelse med separata tryckskapande fläktar (s.k. "doorblowers"). Att använda byggnadens eget centrala ventilationsaggregat gav ingen tids- eller kostnads-vinst eftersom mätningen blev mer komplex och fler personer behövde delta.

Att mäta på lägenhetsnivå är enklast (sköts av en person) och kan göras oberoende av parallella aktiviteter i byggnadens övriga lägenheter och ske vid tidpunkt då åtgärder för kompletterande tätningsinsatser är enklast att genomföra. Denna provning ger ett resultat för läckflödet både mot yttervägg och mot grannlägenheter, vilket också har ett värde, men kan inte entydigt användas som mått på läckage

genom klimatskalet. D.v.s man vet inte om man klarar täthetskraven och värdet kan inte användas i en energikalkyl.

Att mäta på trapphusnivå ger huvudsakligen läckflödet genom klimatskalet och är därför användbart för energiberäkningar, men är lite mer komplicerat och kräver att alla aktiviteter i de berörda lägenheterna ligger nere.

Rapportens rekommendation är att mäta på lägenhetsnivå och när kunskap om systematiska läckflöden identifierats så kan man övergå till stickprovsmässiga mätningar. Denna mätning bör sedan kompletteras med mätning på trapphusnivå för att säkra byggnadens energiegenskaper.

Diskussion

Någon rekommendation för acceptabelt läckflöde per lägenhet anges inte. I analysen jämförs läckflödet för olika lägenheter med slutsatsen att ”det finns en liten tendens när det gäller lägenheterna att en relativt sett större andel omslutningsarea mot ute påverkar mot ett större läckflöde”.

Denna slutsats kan dock diskuteras. Mätresultat för fyra lägenheter redovisas i tabell 5, där också läckflödet per uppvärmd area (BOA) redovisas. Läckflödet per uppvärmd area är mindre i den lägenhet som har störst omslutande area som utgörs av klimatskal (lägenhet rad två relativt lägenhet rad ett).

Detta kan förklaras med att den lägenheten med stort angränsande klimatskal sannolikt hade tak eller golvarea som en väsentlig del och det är inte genom dessa läckflöden uppstår. Läckflöde per BOA är också det ett relevant mått på läckflöde eftersom inte allt för stora spridningar önskas mellan lägenheterna. Vidare är lägenhetens area redan känd och behöver inte mätas upp. Eftersom lägenhetens läckflöde normalt domineras av läckage via ytterväggen, kan detta vara praktiskt att använda som ett indikativt mått. Byggnadens läckflöde per omslutande klimatskalsarea kommer alltid att vara lägre än det viktade medelvärdet för läckflöde per uppvärmd area dividerat med byggnadens formfaktor 1,0 (omslutande area genom uppvärmd area).

Tabell 5 Läckflöde Q per lägenhet respektive fördelat på olika areaenheter

Q (l/s, lgh)	Q per BOA (l/s,m ²)	Q per A _{inne} (l/s,m ²)	area (m ²) klimatskal	Q per A _{ute} (l/s,m ²)
31	0,50	0,15	26	1,16
23	0,26	0,08	162	0,14
38	0,45	0,14	53	0,72
23	0,37	0,11	26	0,86

Rapporten resultat visar att det finns skäl att ytterligare utveckla metodiken för tryckprovsmätningar. Det gäller dels vilka rekommendationer för uppvärmd läckflöden per BOA (enligt ovan) som rekommenderas utifrån byggnadens formfaktor och utifrån behovet av att inte acceptera för stor spridning i värmebehov och begränsa lukt- och brandspridning. En arbetshypotes kan vara att detta läckflöde

per BOA inte får vara större än byggnadens täthetskrav dividerat med byggnadens formfaktor.

Det kan också behövas insatser för att utveckla och testa metodik för stickprovsmätning av lägenheter.

4.4 Eleffektiva installationer

I projektet har en rad eleffektiva val gjorts för att minimera elanvändningen för byggnaden:

- Energieffektiva hissar och där belysningen är på bara vid användning.
- Behovsstyrd belysning i trapphallar, förråd och garage (se dock kommentarer ovan).
- Ventilationsaggregat med låg elåtgång för fläkt drift.
- Ingen gemensam tvättstuga. Tvätt sköts inne i bostäderna (se nedan).

En mer detaljerad analys av byggnadens fastighetsel utifrån bygghandlingarnas beskrivning ges i tabell 1 i bilaga 1.

För bostadslägenheterna har följande hushållsapparater valts för att minimera elanvändningen. Speciellt intressant är de apparater där elenergi ersätts med fjärrvärme.

- Induktionshäll, ger snabb och energieffektiv värme på spisen
- Kyl/frys, energiklass A+
- Diskmaskin, ansluten till varmvatten, A
- Mikrovågsugn, minde elåtgång än elugn.
- Tvättmaskin, kall- och varmvattenansluten, A+
- Torktumlare, värmepumpsdriven med elåtgång 40 % lägre än kravet för A
- Eleffektiv fast belysning

Förväntade besparingar

Disk och tvätt, minskad elanvändning:	- 7.170 kWh/år
ökad fjärrvärmeanvändning:	7.170 kWh/år
(kvarstående el för motordrift: 1450 kWh/år)	
Kyl/frys A+ j m f med A:	-1.760 kWh/år
Frys A+ j m f med A:	- 420 kWh/år
Kyl A+ j m f med A:	- 900 kWh/år
Torktumlare med värmepump jfr standard:	-6.860 kWh/år

Summa elbesparing: 17.114 kWh/år för 36 lägenheter och utslaget på uppvärmda area: 5 kWh/m². Beräknat i CO₂ blir det 11 ton baserat på 0,65 kg per kWh el. En del av den el som sparas in ersätts med fjärrvärme, ca 2 kWh/m² och en del ger mindre spillvärme, ca 3 kWh/m² och därmed ökad fjärrvärmeanvändning med ca 50 % av detta. Totalt kan alltså besparingarna på el till dessa apparater förväntas öka

fjärrvärmeanvändningen med ca 3,5 kWh/m². I samband med mätutvärderingen av byggnaden togs hänsyn till faktisk uppmätt elanvändning.

Mätresultat och erfarenheter

Elanvändningen för hushållsel borde med denna inriktning bli lägre än för en referensbyggnad. Uppmätt elanvändning ligger ändå på samma nivå som referensvärdet under första driftåret. Här kan dock andra parametrar störa resultatet så att den verkliga spareffekten på dessa apparater döljs av ökad elanvändning på andra områden. En av dessa kan vara de naturliga variationer mellan olika hushåll som vi vet är stor på lägenhetsnivå, men kan ge avvikelser även på byggnadsnivå.

En annan kan vara dold elvärme. Det är inte ovanligt att lägenhetsinnehavare under en kall vinterperiod installerar egna elvärmare om de anser ha svårt att annars få upp inomhustemperaturen. Under första vinterperioden förekom klagomål på för låga temperaturer. Däremot finns inga bekräftade uppgifter på att elvärmare installerats.

Den säkraste metoden för att utvärdera denna typ av installationer är med de förbrukningsdata som apparatleverantören tillhandahåller.

Inga negativa brukarreaktioner har erhållits vilket bör tolkas som att apparaterna gör det dessa var tänkta att göra.

4.5 Fördelningsmätning för värme och varmvatten

För att minska hushållens elkostnader finns en mät- och leveranspunkt gentemot elleverantören. Därefter fördelas elen upp på hushållen via undermätare. Varmvatten går i en ledning till respektive trapphall och fördelas därefter upp med avstick till respektive lägenhet via separata varmvattenmätare. Dessa är placerade mätarskåp i trapphusen, ett på varje våningsplan. Där finns även en mätare för den värme som går till respektive lägenhet, se figur 6.



Figur 6. Mätarskåp för mätare till fördelningsmätning placerad i trapphall på varje plan.

Systemet för att hantera data från dessa mätare levererades av Telia.

Den utrustning som upphandlades av Telia blev inte klar i tid och var undermålig. Vi kan konstatera att Telias teknik fortfarande inte var färdigutvecklad trots givna garantier. Redovisning av undermätningar till lägenheter och hela bostadshusets köpta energianvändning av värme, tappvarmvatten och fastighetsenergi kan därför inte redovisas i samband med denna rapport. Telias åtagandet att klara ut detta ligger kvar och trådlös signalkommunikation planeras som ersättning för tidigare tråddragningen.

Att lägga över fördelningsmätningen för hushållsel från elnätsaktören (Fortum) till bostadsrättsföreningen är en ren kostnadsaspekt, det sänker elnotan.

Fördelningsmätning av varmvatten och värme har två dimensioner, dels att påverka brukarna till att hushålla, dvs att ekonomisera sin användning. Den andra aspekten är mer en rättvisefråga, att den som använder mycket av en vara ska själv stå för kostnaden.

Förväntad besparingseffekt för varmvatten är 20 %, men ett antal projekt har uppmärksammat att besparingseffekten också helt kan utebli. Det finns fler aspekter som påverkar varmvattenanvändningen:

- Har energieffektiva varmvattenarmaturer installerats? Spareffekten av sådana har också ansetts ge en spareffekt på ca 20 % men börjar bli mer av standard för nyproduktion av flerbostadshus.
- Är ledningsdragningarna och dess isolering sådan att varmvattnet är varmt utan att man först ska behöva spola i 10 sekunder (max acceptabel tidsgräns enligt byggreglerna)?
- Är besparingsincitamentet tydligt för brukaren?
- Är energikostnaden så låg att incitamentet inte räcker till?

I det nu aktuella projektet har någon utvärdering av fördelningsmätningen inte varit möjlig eftersom den ännu inte tagits i bruk.

Fördelningsmätning av värme är mer omdiskuterat av flera skäl och har inte fått något större gensvar i Sverige av följande skäl:

- I det befintliga beståndet ger besparingseffekten en större utdelning, men där blir installationskostnaderna högre.
- I nyproduktionen är värmebehovet så lågt att incitamentet för att påverka sin innetemperatur blir ganska marginell. Antag att byggnadens årsvärmebehov är 30 kWh/m². För en lägenhet på 70 m² blir då uppvärmningskostnaden kanske 2.000 kronor. Att sänka innetemperaturen med en grad ger då en besparingseffekt på högst 200 kronor per år. Denna besparing ska sedan ställas mot kostnaderna för investering och administration av systemet som i detta projekt var 7.500 kr (inkl. moms) bara för investeringen (mätmetod flödesmätning).

Ett annat problem är att fördelningsmätning baserad på tillförd energi via flödesmätning i värmeledningen ger ingen verklig bild av lägenhetens värmeförluster. Detta beror på att byggnaden har väl isolerade ytterväggar, men oisolerade mellanväggar. Då kommer de huvudsakliga värmeflödena ske mellan olika lägenheter och påverkas av temperaturnivån hos de olika grannarna. Detta upplevs inte som rättvist. En annan metod är att mäta temperaturen inne i lägenheten och fördela värmekostnaderna efter en beräknad förlust från varje lägenhet. Men en sådan metod måste på lämpligt sätt hantera risken för att de boende fönstervädrar för att sänka temperaturen.

Fördelningsmätning av värme (via flödesmätning) ingick som ett krav i Svanenmärkningen och var huvudskälet till att det installerades i detta projekt, ett krav som

numera är borttaget. Det finns dock fler aspekter som kan nämnas och som kan påverka intresset för att fördelningsmäta även värme.

- Vanligen kan systemen visa aktuell innetemperatur i respektive lägenhet. Då kan dessa användas som en del i byggnadens värmereglering och även underlätta kommunikationen när hyresgäster klagar på att det är för kallt.
- Slutligen håller mätningen tillbaka mer omotiverade krav på höjning av innetemperaturen hos vissa hyresgäster. En sådan höjning kan få som bieffekt att grannar som inte alls vill ha så varmt fönstervädrar och släpper ut värmen.

Frågan om fördelningsmätning aktualiseras nu i energieffektiviseringsdirektivet, men med reservationen att åtgärden ska vara ekonomiskt rimlig. Det som är mer anmärkningsvärt är avsaknaden av systematiska mätningar och analyser av fenomenet fördelningsmätning av värme, trots att frågorna har hängt obesvarade i snart 20 år.

5 DEMONSTRATION OCH SPRIDNING

Idén att byggbodar och uttorkning i byggprocessen ska ske med fjärrvärme är en enkel idé, men ska den få spridning krävs också genomförda projekt och demonstrationer. Denna roll har detta projekt haft. Tillsammans med Svensk Fjärrvärme har studiebesök och demonstrationer av såväl byggbodsprojektet som själva byggnaden genomförts, men även redovisning i artiklar och seminarier. Studiebesök har bl.a. genomförts med bostadsminister Stefan Attefall, finansborgarrådet Sten Nordin och miljöborgarrådet Ulla Hamilton.

Erfarenheterna från byggbodsprojektet har också spridits till Norra Djurgårdsstadsprojektets via Fokusgrupp Energi och de byggherremöten som hållits, inte minst att aspekten om lång framförhållning i planeringsarbetet har central betydelse. Därmed är nu fjärrvärmeuppvärmda byggbodar en del av konceptet för Norra Djurgårdsstaden. I Uppsala kommuns stora miljöprojekt i Östra Sala Backe är detta koncept med som en del i arbetet. Uppsala har under mars 2013 blivit utsedd till Sveriges miljöhuvudstad med ÖSB som pilotprojekt och ska nu tävla med andra städer att bli Europas miljöhuvudstad.

Kvarteret Snökristallen har även ur miljösynpunkt blivit uppmärksammat genom att flerbostadshuset som första projekt i Norden blivit miljömärkt enligt koncept Svanen av Svensk miljömärkning AB.

Uppföljning av byggbodarnas energianvändning och byggarbetsplatsens energianvändning bör göras även i andra aktuella projekt inom Norra Djurgårdsstaden (NDS) och Östra Sala Backe. I projekt Lövholmen som ingick som ett exempel i Stockholm som miljöhuvudstad diskuteras även fjärrvärmeuppvärmda byggbodar.

Projektet har fått en stor uppmärksamhet hos beställare, kommuner, myndigheter och entreprenörer. Vi bedömer därför att projektets huvudinriktning med konvertering från el till fjärrvärme för byggbodar varit mycket framgångsrikt och kommer sannolikt att kunna bli en standardprodukt inom ett begränsat antal år. Men då krävs att fler byggare följer efter.
Johnny Kellner, Veidekke

Byggprojektets användning av elenergi har i detta projekt till 60 % kunnat ersättas med fjärrvärme och med en god framförhållning i planeringen så att en mobil central installeras redan från början kan även gasol ersättas med fjärrvärme.

För byggbodarna finns det en rad alternativa åtgärder för att minimera elanvändningen eller ersätta den med fjärrvärme. Än är det för tidigt att slå fast vilken av alla dessa som kommer bli dominerande, men eftersom förutsättningarna på byggmarknaden varierar så blir det sannolikt en bred spridning på åtgärder som kommer väljas men förhoppningsvis kan också fjärrvärmeanslutningsbara byggbodar bli en kommande standardprodukt.

Möjligen skulle en snabbare utveckling och ersättning av äldre ineffektiva bodar uppstå om de olika miljömärkningssystemen också implementerade delkrav inom detta område. Stockholms stad har gjort det för NDS del.

Det finns behov av fler utvecklingsprojekt som går djupare in på byggarbetsplatsens elanvändning (belysning, mm).

Sett i ett större perspektiv motsvarar byggskedets energianvändning endast två års energianvändning för byggnadens drift och om merparten av elanvändningen ersätts med fjärrvärme så är även miljöbelastningen begränsad. Då kvarstår byggnadsmaterialens inbyggda energi- och miljöbelastning och att minimera byggnadens driftenergi. Den del i projektet som syftar till att demonstrera en energieffektiv byggnad med eleffektiva apparater och fördelningsmätning har innehållit en del genomförande-problem (byggnadens energiprestanda och mätinsamlingssystemet) men illustrerar samtidigt det förhållandet att byggprocessen inte alltid är enkelt förutsägbar och förseningar i viss funktionalitet kan uppstå. Samtidigt är denna typ av projekt mycket lärorika.

Erfarenheterna från byggprojektets energiprestandadel och hur viktigt det är med genomarbetade prestandaprovningar i byggskedet har uppmärksammas i det mätprojekt som Sveriges Centrum för Nollenergihus (SCN) ansvarat för, som finansierats via LÅGAN och vars rapport sprids via LÅGAN och SCN, samt kommer också redovisas på den Nordiska Passivhuskonferens som hålls i Göteborg okt 2013 (antaget paper).

När byggandet av energieffektiva byggnader tar mer språngvisa steg, som att nu mer än halvera värmeförlusterna från byggnaden, så är detta att betrakta som en läroprocess. I en sådan process är det viktigt att problem, hinder, men också framgångsfaktorer uppmärksammas och sprids både internt inom de berörda företagen men också externt. De projekt som lyckas blir bra förebilder. Där problem uppstått ger även de lärdomar som driver utvecklingen vidare.

6 REFERENSER

- Arvastsson, L.: ”Stochastic modeling and operational optimization in district heating systems” Lund Institute of Technology, Sweden, ISBN 91-628-4855-0, 2001
- Axelrod, R: ”Advancing the art of simulation in the social sciences” Santa Fe Institute, paper no. 97-05-048, 1997
- Alexandris, K: “Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar”, Examensarbete Lunds Universitet 2011.
- “Miljövärdering”, Elforsk 2010.
- Fridolin, A: “Energieffektiva byggarbetsplatser”, examensarbete LTH 2009.
- Hatami, V: “Kartläggning av energianvändningen under byggfasen vid nyproduktion av flerbostadshus”, examensarbete vid Uppsala Universitet 2007.
- Johansson, H: “Byggfukt och energi. Examensarbete KTH 2012.
- Norman, J: “Energieffektiv byggarbetsplats”. IMCG report 2010.
- Sandberg, E: “Lågenergihus. Jämförande mätstudie av fyra flerbostadshus”. ATON rapport 1301. LÅGAN Rapport maj 2013.
- Svensso, Åke (2009). CRAMO AB. Cramos nya “Energibodar” PK2000 och P6000. Opublicerat manuscript.
- Kellner, J (2012). “Täthetsprovning. Metodutvärdering och jämförelse av metoder”. SBUF.
- Zenergy AB. “Energieffektiva byggsystem”. www.zenergysystem.se.

BILAGA 1 KV SNÖKRISTALLEN, MÄTUTVÄRDERING

Kv Snökristallen Utvärdering



Förord

Denna studie är genomförd på mätdata som inhämtats under perioden dec 2011 till aug 2012. Vissa mätdata före dec 2011 har också kunnat användas.

Rapporten är utförd av Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB.

Stockholm den 3 maj 2013

Systembeskrivning

En sammanhängande byggnad med tre trappuppgångar och ett gemensamt garage på bottenvåning. Vindsplan med förråd. Vindsplanets innetemperatur ligger på ca 18 grader och värms indirekt via spillvärme från bostadsplan våningen under, från ventilationskanalsystemet och från ventilationen som är gemensam med bostadsdelen.

Figur 1. Vindsplan med till- och frånluftskanaler, samt samlingslådor.



Figur 2. Centralt ventilationsaggregat på vindsplan med roterande växlare och en ozongenerator för lukteliminering (mindre låda mitt på bildens övre del).



Uppvärmning sker via radiatorsystem. Värmeregulator med värmekropp i bostadens hall och med ventil i trapphallens schakt (se bild). I Schaktet ligger även varmvattenmätare och avledning för varmvattenavstick och VVC in till lägenheten. På radiator finns sedan en kompletterande avstängningsventil.

Figur 3. Mätare för varmvatten och reglerventil för värme i trapphallens schakt.



Lägenhetsförråd, hisschakt, elcentral och undercentral är alla anslutna till samma ventilationssystem.

Köken har volymkåpor för osuppfångning med endast 10 l/s extra luftflöde, så att undertrycksproblem vid forcering kan undvikas. Även forceringsflödet går till värmeåtervinningen. Luktöverföring har lösts med ozongenerator i frånluften.

Med ett övergripande övervakningssystem var tanken att temperaturer i lägenheter och mätardata för värme, varmvatten och elenergi ska kunna följas upp. Mätinsamlings-systemet var dock ännu inte idrifttaget under mätperioden, vilket också innebär att fördelningsmätningen inte kunnat värderas i nu genomförd mätning.

Drifterfarenheter

Inflyttning under september 2011. Klagomål på innetemperatur har förekommit och temperaturen vid vardagsrummet anges vara någon grad kallare än vid temperaturgivarens placering hall.

Spiskåpornas ventiler gav för höga grundluftflöden (+190 l/s totalt, dvs 12% av luftflödet). Dessa justerades in 2 februari och åtföljande injustering av ventilationens frånluftsflöde genomfördes.

Belysningsanläggningarna i trapphall, källarkorridor och lägenhetsförråd styrs på ljud med helt upplust eller helt avstängt läge (fördröjt 15 min). En armatur per plan är inte närvarostyrd i trapphallarna. Uppföljande loggning av belysning i samband med mätuppföljningen visar dock att belysningen ändå är ständigt på i källarplanets korridor och i mittbyggnadens förrådsutrymme. I garaget finns ingen ljudsensor installerad (men

finns på ritningsunderlaget i ramprogrammet). Årsenergin för fastighetens eldrifter är därför högre än projekterat.

Garageventilationen justerades in under december till miniminivå när koloxidnivån inte kallar på forcering (men separat mätuppföljning på detta aggregat har inte gjorts i denna utvärdering). Eftervärmare till garage var fullt påslaget tom december pga larmproblem men åtgärdades för årsskiftet. Efter åtgärd ska eftervärmaren gå in först vid innetemperatur under 5 grader. Med tanke på spillvärme till garaget, kommer denna eftervärmning i praktiken aldrig behövas. (Garaget har under perioden jan – april legat stadigt över 14 grader med några grader lägre temperatur närmst garageporten.) Garaget är inte avsett att vara uppvärmt och ingår inte i den uppvärmda arean.

Byggnadsdata

Uppvärmd area: 3383 m² Atemp

Boarea: 2759 m²

Antal bostäder: 39

Byggnadskonstruktion: 420 mm betongelement med U-värde: 0,157 W/m²

Isolering mot garage: 100 mm

Vägg och golv mot mark: 100 mm

Garagegolv: oisolerad

Balkonger; rostfri infästningsarmering.

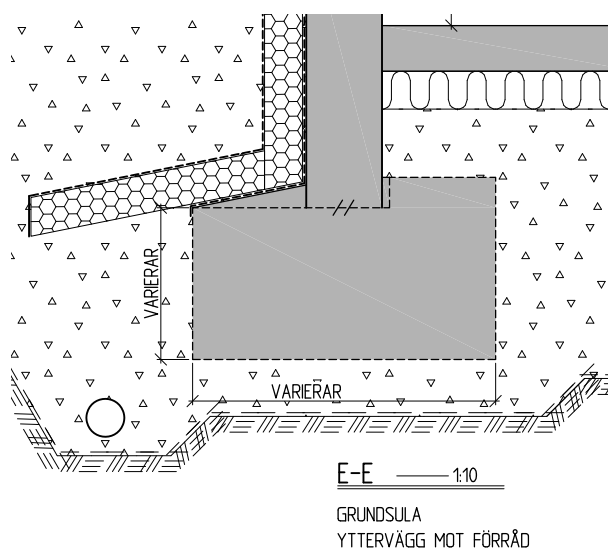
Fönster: 0,9 W/m² med mellanliggande persienner.

Täthet uppmätt: 0,28 l/s, m²

Trapphallsbelysning med närvarostyrning.

Vissa köldbryggor förekommer som t.ex. till oisolerad grundsula:

Figur 4. Konstruktionsdetalj grundsula.



Extra köldbryggor för bärande väggar från garageplan har uppskattats, men inte detaljberäknats. Data har lämnats av konstruktör, men inte kvalitetsgranskats i denna mätutvärdering.

Mätdata

Varmvatten: 19,3 kWh/m²

Fastighetsel: 13 kWh/m² (baserat på 3 månaders mätning)

Hushållsel: 30 kWh/m²,år (efter avdrag för fastighetsel. Uppmätt under sept – juni tillsammans med fastighetsel)

Värme årsenergi: 46 kWh/m², varav ca 9 kWh/m² i VVC- och VS- förluster som ej kan tillgodogöras (värmer garaget).

Värmeeffektbehov vid DUT: 16 W/m² (FEBY09) baserat på mätning jan/feb 2012.

Värmeförlustfaktor vid DVUT: 22 W/m² (FEBY12) baserat på mätning jan/feb 2012.

Innetemp: 21 grader

Beräkningsresultat

Fastighetsel

Fastighetsel har uppmätts under perioden, men också beräknats på komponentnivå enligt tabell 1, och då hamnat 15% högre än uppmätt.

Fastighetsel	Antal	Effekt/st	h/år	kWh/m ² Atemp
Trapphus, konstant	12	30,0	8765	0,9
Trapphus, entre	12	30	4000	0,4
Trapphus, hall ljud	30	30	400	0,1
Portal-belysning	3	18	4000	0,05
Pumpdrift, diff-tryckstyrd		0,02	6000	0,1
Hiss, aktivitetsstyrd belysn	3	40	1300	0,05
Hissdrift	36	50		1 0,53
Garagebelysning	24	60	8765	3,7
Garageventilation	1	0,15	8765	0,4
Övrig elektronik stand-by	1	100	8765	0,3
Förråd+källarkorridor	8,5	60	8765	1,3
Ventilation	2,65	1	8765	6,9
Summa				14,8

Tabell 1. Beräkningsunderlag för fastighetsel

Indata baseras i väsentliga delar på räknade antal armaturer, effekter och loggade drifttider. Ventilationsaggregatets verkliga eleffekt (SFP-värde) har inte mätts upp och här har projekterade data använts. Tabellens värden används för att beräkna spillvärmeeffekt för fastighetsel.

Om ljudsensor installeras i garage och justeras där de inte fungerar (påverkas kanske av ventilationsljudet) så kan fastighetsel minskas med ca 4 kWh/år.

Spillvärme från apparater

Av el till fastighetens drift blir 47% av elanvändningen i tabell 1 spillvärme, eller 2,7 kW. Ventilation som är den största posten ger enbart ger 50% spillvärme som kan användas och en stor elanvändning i garaget ger ingen nyttig värme till uppvärmd byggnad. Med Sveby anvisningar skulle spillvärmens uppgå till 61%.

För hushållens elanvändning på ca 12 kW (vinterperioden) har en spillvärmenivå på 85% antagits mot bakgrund av att även spisens spillvärme tas tillvara i värmeåtervinningen, samt att diskmaskiner och tvättmaskiner är svanenmärkta och varmvattenanslutna. Det innebär att el till varmvattenproduktion som sen går i avloppet inte uppstår i denna byggnad. Hushållselen går till apparater som ger direkt rumsuppvärmning, varför antagandet om 85 % kan vara lågt.

För spillvärme från hushållsapparater och fastighetens drift varierade under perioden jan – mars mellan 4,9 och 5,3 W/m², vilket utgjorde ca 75% av uppmätt el.

VVC-förluster

Temperatursänkningen i kretsen är hög, nästan 7 grader och klarar inte tidigare BBR-krav på högst 2 graders temperatursänkning. Förlusterna i VVC-kretsen har baserat på antal löpmeter och uppgifter om isoleringsnivå uppskattats till 3,8 kW – 5 kW (ca 10- 13 kWh/m²), varav den lägre nivån baseras på beräkning och den högre på köpt fjärrvärme efter avdrag för uppskattad varmvattenanvändning för denna period.

Av denna förlusteffekt kommer merparten byggnaden tillgodo under uppvärmningsperioden, utom i garagedragningen. I garaget tillkommer också förluster från värmesystemets ledning på ca 0,75 kW. Totalt får garaget ett värmetillskott vintertid på 1,6 – 2,3 kW värme (och därtill 1,4 kW värme från belysningen).

Att VVC-förlusterna är höga är också märkbart i ledningsschaktet i trapphallen där temperaturen håller 23 – 27 grader, med den högre temperaturen i de högre planen. Detta leder till höga trapphallstemperaturer, från 20 till 24 grader på översta planet.

Beräkning av VVC-förluster är osäker, men baseras på följande uppgifter: ledningslängder, isoleringsnivå (20 mm) i horisontala sträckningar och uppgifter från projektör för de ingjutna ledningarna (5 meter per lägenhet i två tredjedelar av antalet lägenheter), men uppmätt energi indikerar en än högre förlust i praktiken.

Varmvatten

Uppmätt varmvattenanvändning under perioden jan till 20 april är 1,07 liter/m²,dag. Med en framledningstemperatur på 57 grader och en kallvattentemperatur på 4 grader under mätperioden ger detta en värmeåtgång på 9,2 kW och ger en ungefärlig varmvattenenergianvändning på 19 kWh/m², baserat på en månadsfördelning av varmvattenanvändning enligt FEBY12 och en uppskattad kallvattentemperaturfördelning runt drygt 8 grader.

Eftersom mätinsamlingssystemet egentligen ännu inte kommit igång är det rimligt att tro att fördelningsmätningen ännu inte givit avsedd effekt.

Personvärme

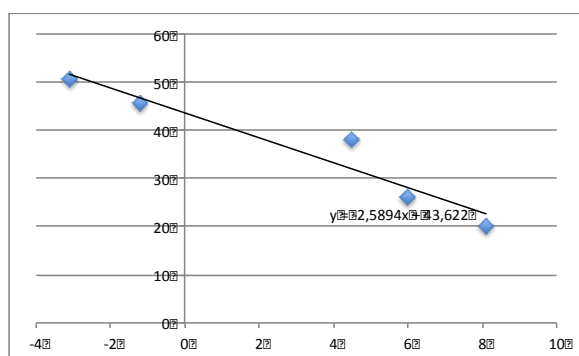
Någon enkät är ännu inte genomförd, så antal boende personer kan endast uppskattas utifrån referensvärden. Med Sveby referensvärde för personbelastning kan antal personer uppskattas till 82 st (41 m²/person) och värmeavgivningen till 3,9 kW.

Värmeförlusteffekt

Värmeförlust vid dimensionerande utetemperatur kan bestämmas enligt FEBYs kriterier för DUT (FEBY09) som för denna byggnad ligger vid -10,5 grader eller vid DVUT (FEBY12) som är -12,7 grader för en byggnad med 12 dygns tidskonstant. Värmeförlusttalet (VFT enligt FEBY12) för den projekterade byggnaden var beräknad till 14,4 W/m².

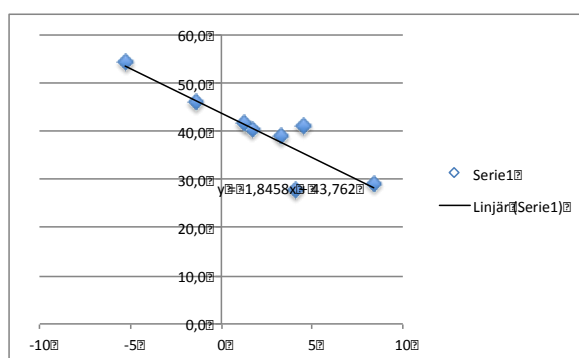
Byggnadens värmeförluster som funktion av utetemperaturen baserat på rådata framgår av figur 5 för månadsmedelvärden och figur 6 för avläsningar genomförda under perioden 9 januari till 20 april, huvudsakligen med veckoavläsningar. Värde för utetemperatur har hämtats från temperatur.nu med en mätstation i Älvsjö.

Figur 5. Köpt fjärrvärme (kW) som funktion av utetemperatur för okt, nov, jan, feb, mars.



I figuren står oktober och november för de varmaste månaderna. Trots att uppvärmning av garaget med eftervärmare pågår under dessa två månader ligger effektbehovet något lägre än trendlinjens.

Figur 2. Köpt fjärrvärme (kW) som funktion av utetemperatur för perioden 9 jan till 20 april.



Av figurerna framgår att lutningskoefficienten skiljer sig påtagligt i de två figurerna.

Värmeeffektbehovet enligt SIS energistandard för detta objekt har redovisats i kap 4.2.

Värmeeffektörlust, FEBY

Värmeförlustfaktorn för olika mätperioder har sammanställts i tabell 2, liksom de mätdata som ligger som underlag.

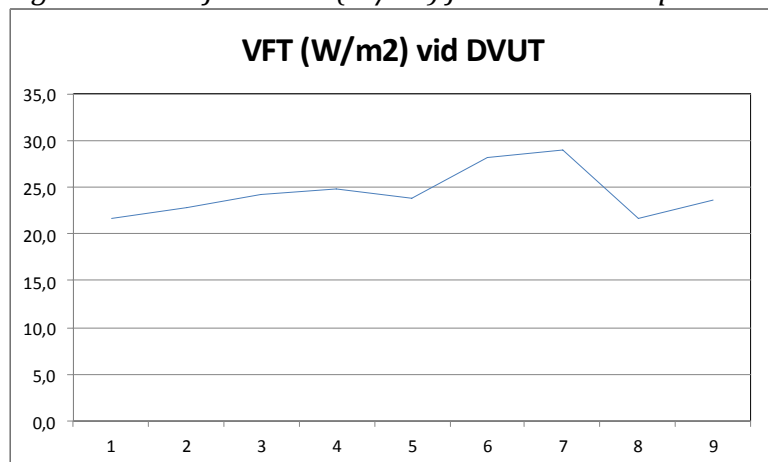
Tabell 2. Mätdatasammanställning för korttidsmätningar och beräkningsresultat för den specifika värmeförlustfaktorn för respektive mätperiod.

period	Utetemp	Innetemp	V+VV	VV	spillvärme	personv	solvärme	W/m ² ,K
9 jan - 31 jan	-1,4	21,8	24207	6819	7003	2044	224	0,64
31 jan - 21 feb	-5,3	21,8	27389	5532	6690	1955	688	0,68
21 - 28 feb	1,7	21,8	6736	1804	2192	648	388	0,72
28 - 6 mars	1,3	21,8	7002	1942	2215	652	628	0,73
6 - 13 mars	3,3	21,8	6566	1777	2200	652	611	0,78
13-20 mars	4,5	22,5	7163	1720	2284	679	498	0,84
20 - 27 mars	8,4	22,8	4918	1583	2165	652	879	0,86
27 - 4 april	4,1	21,8	5157	1823	2402	717	665	0,64
4 - 20 april	4,1	21,4	11803	4093	5073	1512	1644	0,70

Enligt anvisningarna i FEBY mätmetod bör mätningar inte ske senare än v 6 eftersom solens påverkan då blir allt för stor. Medelvärde för de två första mätperioderna, 0,66 W/m²,K och som ligger före v 6 ger ett värmeförlusttal vid DVUT på 22 W/m².

Slutresultatet i form av värmeförlusttal (VFT, W/m² vid DVUT) varierar något mellan mätperioderna, se figur 7.

Figur 7. Värmeförlusttal (W/m²) för de olika mätperioderna 9 jan till 20 april.



Nu är den aktuella byggnaden mycket skuggad i västerläge och har minimalt med fönster i söderläge. Solinstrålningens betydelse under vinterperioden är då relativt försumbar. Om vi skulle sätta solinstrålningen till en tredjedel av det nu beräknade så skulle värmeförlustfaktorn bara påverkas med 1% för de första två tillåtna perioderna och med 5% för medelvärdet av samtliga perioder. Solinstrålningen har baserats på dygnsvärden från SMHI som underlag för korrigering av modellens solinstrålning till byggnaden.

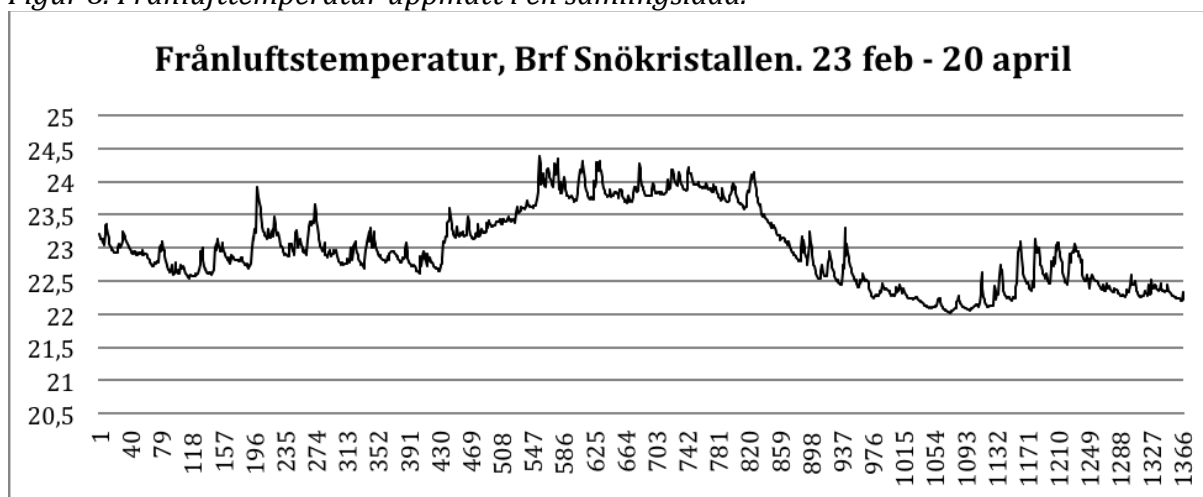
Värmeförlusttalet 22 W/m² ligger avsevärt högre än det projekterade. I detta tal ligger också värmeförluster från VS och VVC ledning i garage.

Osäkerheter

Temperaturmätning ute. Värden har hämtats från en mätcentral i Älvsjö. Rimligt felintervall är +/- 0,5 grader.

Innetemperatur kunde inte mätas vid aggregatet eftersom frånluften kyls av på vindsplanet (förrådsdelen). Mätgivarna vid lägenhetens regulatorer ger allt för höga värden jämfört med uppmätt inne i lägenheten. Loggning har genomförts i en samlingslåda i byggnadens mittdel och gav en temperaturprofil enligt figur 8. Av figuren kan vi se en dygnsvariation på ca 0,5 grader (förväntat) och en variation mellan 22 och 24 grader, med en topp under den varma perioden under mars månad 2012, dvs som mest en skillnad på ca 2 grader mellan olika perioder. Mätning i frånluft ger en något högre temperatur än i bostadens vistelsezon, men osäkerheten i faktisk genomsnittlig innetemperatur i denna byggnad förefaller vara ganska stor; +/- 1 grad.

Figur 8. Frånluftstemperatur uppmätt i en samlingslåda.



Den stora variationen i värmeförlusttal kan alltså delvis bero på att antagna innetemperaturer varierat eller legat på en annan nivå för de olika mätperioderna. En avvikelse med 2 grader för innetemperaturen under en mätperiod ger en förändring av värdet för VFT på 10%!

Ytterligare en osäkerhet i det aktuella projektet är de relativt stora förlusterna i VVC och värmeledningsförluster i garagedelen som är svåra att bestämma, men detta kan endast ge en mindre förklaring.

Energibalanskalkylering i olika projektfaser

Uppmätt värmeenergi perioden sept 2011 – aug 2012 har totalt värme och varmvatten behövt 65 kWh/m².

En årsenergibalans har genomförts baserat på projekteringsdata 2010, reviderat 2012 (vissa modellvärden), som byggd (baserat på data för uppförd byggnad), som uppmätt "Uppmätt" (exl värme) och slutligen kalibrerad till normala utetemperaturer "Uppmätt normal".

Den reviderade kalkylen för projekterad byggnad består av några modelljusteringar. Antal lägenheter är 36 st (jfr 39), hushållsel enligt Sveby, 10% reglerförluster (motsvarar fönstervädring på 2 l/s,lgh).

Kalkyl för "Byggt" inkluderar korrigering av fastighetsel (utifrån elhandlingar och verkliga drifttider för belysning) och VVC - förluster utifrån data på isolering, mm. I data för projekterat och byggt ingår VVC-förluster på ca 10 kWh/m².

Värden för Uppmätt, inkluderar justering till verklig varmvattenanvändning och verklig fastighetsel- och hushållselanvändning.

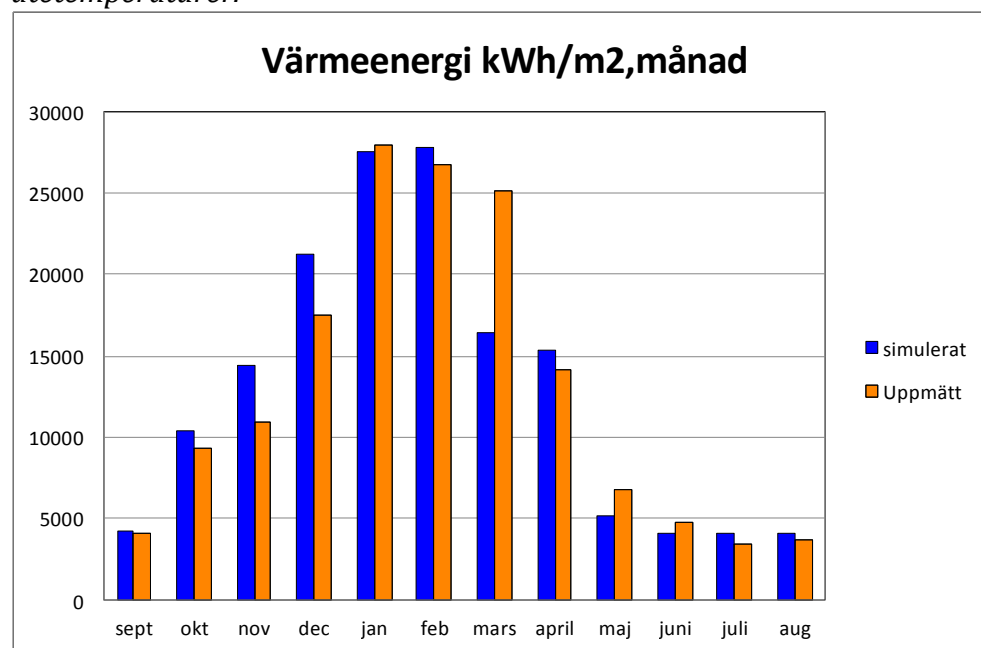
	Projekterat 2010	Projekterat2012	Byggt	Uppmätt	Uppmätt normal
Driftel	13	13	15	13	13
Hushållsel	18	30	30	30	30
Varmvatten	16	20	20	19	20
Värme + VVC+ VS	32	25	25	46	53
Summa	61	58	60	76	86

I detta projekt är förlusterna för VVC hög och tillsammans med värmeledningsnätets förluster i garage står dessa för minst 12 kWh/m².

Sveby har höga referensvärden för hushållsel, vilket ger en låg simulerad värmeåtgång och att uppmätta värden för värme behöver normaliseras.

För värdena i Uppmätt normal har modellen modifierats för att på något sätt kunna återge och tolka byggnadens verkliga värmeåtgång. Därvid har byggnadens värme-förlusttal höjts till 21 W/m². Hur uppmätta data (klimatkorrigerade) samspelar med simulerade värden framgår av figuren och ger någorlunda samstämmighet.

Figur 9. Energi för värme och varmvatten månadsvis. Uppmätt och simulerat vid faktiska utetemperaturer.



Diskussion

Systemet för mätdatainsamling var inte i funktion, men ändå ligger varmvattenanvändningen på förväntad nivå för en byggnad med fördelningsmätning.

Intrimning av ventilationsaggregaten i garage genomfördes sent på året 2011 och injustering (nedreglering) av bostadsaggregatet var helt avklarad först i början av februari. Någon förbättring kan dock inte ses.

Simuleringen visar på vissa modellproblem. Ett tänkt kallt garage visade sig bli tämligen uppvärmt (till drygt 14 grader) pga av spillvärme från VS och VVC-ledningar, samt värmeledning i vägg och golv.

Resultatet av mätningarna visar på mycket stor värmeförluster, inte bara i VVC systemet utan också för byggnaden med fördubblad värmeåtgång. Mätprojektets syfte har inte varit att lokalisera avvikelser utan endast att mäta upp resultat. Eftersom ventilationsaggregatet saknar uttag för temperaturer och kontrollprotokoll saknas vet vi inte om aggregatet går som förväntat. Sannolikt krävs fler avvikelser relativt indata till modellen för att förklara de stora avvikelserna.

I avsaknad av inneklimatenkät vet vi inte heller hur innetemperaturerna avviker och om vissa lägenheter har övertemperaturer som vädras bort.

Uppföljning av energikrav i byggprocessen

Uppföljningen har följt den mall som beskrivs sist i detta avsnitt.

Beskrivning av energimålen

Förutsättningarna för uppföljningen av energikraven för Lasse liten och Ytterskär är i stort likartade.

I de allmänna föreskrifterna (AFA.21) nämns att man strävar efter att minimera CO₂ utsläpp med hjälp av reducerad elanvändning. Ingen specifik person är utsedd som energiansvarig.

I handlingen "Programkrav energi" beskrivs funktionskrav, detaljkrav och övergripande krav på ett sätt som är svårt att överblicka. Här finns även krav på provningar och kontroller av specificerade parametrar. I övrigt hänvisas till "Tellhus" i övergripande miljökrav 091218. Det finns även ett specifikt krav på energiprestanda (65 kWh/m²,år) och krav på täthet.

Ansvarsfördelning

I programkraven för energi ställs krav på en verifikationsplan med angivelse av ansvarig för olika uppföljningsaktiviteter men utan direkt koppling till KMA plan med bilaga. Ingen sakkunnig för energifrågor anlitas i KMA-plan (Kvalitet, Miljö och Arbetsmiljöplan). Det finns ingen koppling till vite i de allmänna föreskrifterna. Det finns heller inget direkt krav på specifikt energiansvar och att dokumentation av provningar och kontroller ska genomföras och levereras.

Kravställandet på provningar, dokumentation och leveranser.

I Allmänna föreskrifter F (AFC.352) anges att provning skall utföras enligt teknisk beskrivning. I AF "utförd provning vidimeras genom intyg och protokoll" men inget om hur och omfattning och koppling till formell besiktning. Det finns inte heller något specifikt krav på energiuppföljning eller handlingar som ska överlämnas till beställaren i samband med slutbesiktningen. Beskrivning av samordnad provning bristfällig med svag koppling till energiprestanda.

Redovisning av provningsresultat

Täthetsprovning utförd 11-08-26 i 2 trapphus och fyra lägenheter redovisat i särskilt dokument med referenser till standarder och mätmetod. Syfte med täthetsprovningen var i första hand att göra jämförelser av metoder och inte direkt kopplat till programkraven.

Övriga dokument som redovisar resultat för provning och kontroll av energiprestanda av exempelvis värmeåtervinning och fläkteffekt enligt "programkrav Energi" finns inte tillgängliga.

Det också svårt att bedöma om belysningslösning följt energikraven med avseende på ex dimbara HF- don.

Förankring driftorganisation

Eftersom byggnaden lämnas över till en brukare utan driftorganisation (Ytterskär) är det svårt att ställa krav på överlämnandet.

Det är viktigt att följa upp drift och prestanda under garantiperioden särskilt i detta fall då driftorganisation saknas men även om driften utförs av entreprenör med bristfällig kompetens.

Hantering av avvikelser

I dokument "Energianalys Ytterskär" ska energi- effektberäkning uppdateras vilket också gjorts men oklart hur dessa resultat sedan förts vidare och förankrats.

Erfarenhetsåterföring

Uppföljning av erfarenhetsåterföring har inte kunna följas upp i projekten.

BYGGA OCH BO PRIMÄRENERGIKLOKT

Det finns cirka 40 000 byggbodar på marknaden som alla värms upp av el. Det motsvarar ungefär elanvändningen i cirka 10 000 dåligt isolerade villor. Det finns alltså en stor möjlighet att spara energi genom att konvertera byggbodar till fjärrvärme.

Här redovisas ett demonstrationsprojekt där både byggnad och byggprocess utformas primärenergiklokt. Det omfattar både antal köpta kilowattimmar till byggnaden, men också hur denna energi har producerats och påverkat energiresursuttaget globalt.

Resultaten visar att fjärrvärmda byggbodar kan utformas som en framtida standardprodukt och till samma kostnad som en elvärmd byggbod. Men för att säkra tillgången på energieffektivt utformade byggbodar krävs en lång framförhållning eftersom sådana bodar inte finns på lager.

Uppmärksamheten för det här projektet har varit stor redan innan rapporten publicerades. Stockholm stad, som ingick i projektets styrgrupp, har redan fjärrvärmeuppvärmda byggbodar som en del av sitt koncept för Norra Djurgårdsstaden. Också Uppsalas stora miljöprojekt i Östra Sala Backe använder konceptet som en del i sitt arbete. Idén att använda fjärrvärmda byggbodar har alltså redan fått en viktig och betydande spridning.