

CHALMERS



Energieffektivisering av befintliga sjukhusbyggnader

Analys med avseende på kostnad och energibesparing

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ELIN BRASK

JONNA PETERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2013
Examensarbete 2013:34

EXAMENSARBETE 2013:34

Energieffektivisering av befintliga sjukhusbyggnader

Analys med avseende på kostnad och energibesparing

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ELIN BRASK

JONNA PETERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2013

Energieffektivisering av befintliga sjukhusbyggnader
Analys med avseende på kostnad och energibesparing
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ELIN BRASK
JONNA PETERSSON

© ELIN BRASK, JONNA PETERSSON, 2013

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2013:34

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Kärnsjukhuset i Skövde (Schnell Forkman M, 2010), Sahlgrenska
Universitetssjukhuset (Ekstedt G, 2013), Södra Älvsborgs sjukhus (P4 Sjuhärad,
2011), Östra Sjukhuset (Ullnert M, 2012a).

Chalmers reposervice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2013

Energieffektivisering av befintliga sjukhusbyggnader

Analys med avseende på kostnad och energibesparing

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ELIN BRASK

JONNA PETERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Klimatförändringarna som sker i världen medför att EU ställer krav på minskad energiförbrukning på 20 % till år 2020, där de vill att den offentliga sektorn ska agera som ett föredöme. I Västra Götalandsregionen är det Västfastigheter som äger och förvaltar sjukhusbyggnader inom regionen. För att Västfastigheter ska kunna sänka sin energianvändning har de tagit hjälp av flera konsultföretag, de har i sin tur gjort en energikartläggning på respektive sjukhusbyggnad och beräknat vart den största energibesparingspotentialen finns och hur stor kostnaden blir för att utföra en åtgärd. Energikartläggningen som har genomförts ligger som grund för Västfastigheters beslut om vilka åtgärder som ska genomföras. I rapporten har åtgärderna tilläggsisolering av fasad och fönsterbyte djupare undersökts och en sammanställning har genomförts där energibesparingen ställts mot kostnaden för varje åtgärd. Syftet är att utreda om det går att hitta nyckeltal relaterade till kostnader i en undersökning av 13 olika sjukhusbyggnader från sjukhusen Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Östra sjukhuset, Kärn sjukhuset i Skövde och Södra Älvsborgs sjukhus. De olika fasadmaterialet som granskats är sandwichelement, puts och tegel. Med hjälp av litteraturstudier, intervjuer med tekniska konsulter, internetsökningar och rapporter har en faktainsamling gjorts. Resultatet i sammanställningen visar att de byggnader som har putsfasad på Södra Älvsborgssjukhus har bäst potential ur en energibesparings och kostnadssynpunkt vid tilläggsisolering i fasad. De tegelfasader på Sahlgrenska Universitetssjukhuset som undersökts visar även de en på en bra potential för energibesparing fast till en högre kostnad då en ny fasad behöver muras upp. Sandwichelementen som finns på Östra sjukhusets byggnader hamnar på en lägre energibesparing på grund av att de redan har en bra värmeisoleringsförmåga. Om åtgärden fönsterbyte utförs visar sammanställningen på att Östra sjukhuset och Kärn sjukhuset i Skövde med dess sandwichelementfasad på bäst energibesparing och till lägst kostnad.

Nyckelord: Energieffektivisering, kostnad, sjukhusbyggnader, tilläggsisolering, fönsterbyte, ombyggnad

Energy Efficiency of Existing Hospital Buildings
Analysis of Cost and Energy Savings
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
ELIN BRASK
JONNA PETERSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The climate changes that are occurring in the world have resulted in that the EU calling for a 20 % reduction in energy consumption to the year 2020, to reach that goal the EU want the public sector to go forth as a good example. Västfastigheter owns and manage the hospital buildings in the Västra Götaland region. To be able to reduce their energy usage Västfastigheter has hired several consulting firms to chart out the energy consumption on each hospital building. The biggest energy savings potential have been calculated and what the cost will be to perform each action. The energy audit have been completed and stand as the decision basis for Västfastigheter's choice on which action packages that should be implemented. In the report the actions adding insulation and window replacement have been deeply studied and a compilation have been done where the energy savings are set against the cost for each action. The purpose of the report is to investigate whether it is possible to find key data related to costs in a study of 13 different hospital buildings from the hospitals Sahlgrenska University Hospital, Östra Hospital, The Kärnhospital in Skövde and Södra Älvsborgs Hospital. The different facade materials that have been reviewed are sandwichelements, plaster and brick. With the help of a study of literature, interviews with technical consults, internet searches and reports has a collection of information been made. The result after the compilation shows that the buildings that have plaster facade on Södra Älvsborgs Hospital have the best potential in an energy saving and cost view when adding insulation. The brick facades at Sahlgrenska Universityhospital that were investigated showed also on a good energy saving but to a higher cost as a new brick walls need to be constructed. The sandwichelements that are visible at Östra hospitals buildings had the lowest energysaving due to them already having a good thermal insulation capacity. If window replacement are done the investigation show that Östra hospital and the Kärnhospital in Skövde, with its sandwichelement facade, show the best energy savings to the lowest cost.

Key words: Energy savings, cost, hospital buildings, adding insulation, window replacement, rebuilding

Innehåll

| | |
|--|-----|
| SAMMANFATTNING | I |
| ABSTRACT | II |
| INNEHÅLL | III |
| FÖRORD | V |
| | |
| 1 INLEDNING | 1 |
| 1.1 Bakgrund | 1 |
| 1.2 Syfte | 3 |
| 1.3 Metod | 3 |
| 1.4 Avgränsningar | 3 |
| 1.5 Mål och förväntat resultat | 4 |
| | |
| 2 GENERELLA RIKTLINJER OCH PRAKTISK UTFÖRING AV ÅTGÄRDER | 5 |
| 2.1 Energianvändning i lokaler | 5 |
| 2.2 Värmemotstånd | 5 |
| 2.3 Ventilation | 6 |
| 2.4 Tempererad area | 7 |
| 2.5 Tilläggsisolering fasad | 7 |
| 2.6 Fönsterbyte | 8 |
| | |
| 3 BESKRIVNING AV STUDIEOBJEKT | 9 |
| 3.1 Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg | 9 |
| 3.1.1 Patologen, byggnaderna 5205 och 5255 | 10 |
| 3.1.2 Kvinnokliniken, byggnaderna 5206 och 5283 | 12 |
| 3.1.3 Elevhemmet, byggnad 5011 | 14 |
| 3.1.4 Psykiatribyggnaden, byggnad 5308 och 5383 | 16 |
| 3.2 Södra Älvsborgs sjukhus, Borås | 18 |
| 3.2.1 Byggnad 1 | 19 |
| 3.2.2 Byggnad 16 | 21 |
| 3.2.3 Byggnad 24 | 22 |
| 3.2.4 Byggnad 31 | 24 |
| 3.2.5 Försörjningscentralen, byggnad 35 | 26 |
| 3.3 Kärnsjukhuset, Skövde | 28 |
| 3.3.1 Byggnader 19-20 | 29 |
| 3.4 Östra sjukhuset, Göteborg | 31 |
| 3.4.1 Kvinnokliniken, byggnad 4233 | 32 |
| 3.4.2 Centralkliniken, byggnader 4234A och 4236CD | 34 |
| 3.4.3 Servicehuset, byggnad 4212 | 36 |
| | |
| CHALMERS , <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete 2013:34 | III |

| | | |
|-------|--|----|
| 4 | SAMMANSTÄLLNING | 39 |
| 4.1 | Resultat av tilläggsisolering i fasad | 40 |
| 4.1.1 | Energibesparing per kvadratmeter tempererad area | 42 |
| 4.1.2 | Energibesparing per kvadratmeter fasadyta | 43 |
| 4.1.3 | Total energibesparing procentuellt | 44 |
| 4.1.4 | Sammanfattning av tilläggsisolering i fasad | 44 |
| 4.2 | Resultat av fönsterbyte | 45 |
| 4.2.1 | Total energibesparing i kWh | 45 |
| 4.2.2 | Energibesparing per kvadratmeter tempererad area | 46 |
| 4.2.3 | Energibesparing per kvadratmeter fönsteryta | 47 |
| 4.2.4 | Total energibesparing procentuellt | 48 |
| 4.2.5 | Sammanfattning av fönsterbyte | 48 |
| 4.3 | Sammanfattning av nyckeltal | 48 |
| 5 | ANALYS AV RESULTATEN | 51 |
| 5.1 | Fasad | 52 |
| 5.2 | Fönster | 52 |
| 6 | DISKUSSION OCH SLUTSATSER | 53 |
| 6.1 | Diskussion | 53 |
| 6.2 | Slutsats | 54 |
| 7 | REFERENSER | 57 |
| | BILAGOR | 61 |

Förord

Det här examensarbetet är skrivet under våren 2013 vid Institutionen för bygg- och miljöteknik på Chalmers tekniska högskola i samarbete med Ramböll projektledning.

Vi vill tacka Ramböll som gett oss möjligheten att utföra vårt examensarbete för dem samt att de trott på oss hela vägen. Vi har fått möjligheten att träffa många kunniga människor som vart generösa och delat med sig av deras kunskap och tid. Speciellt tack till våra handledare Lina Ahlström på Ramböll och Ingemar Segerholm på Chalmers. Ett ytterligare tack till alla personer som ställt upp och svarat på våra frågor och hjälpt oss att få fram ett resultat. Vi vill dessutom tacka all personal på Rambölls avdelning projektledning som välkomnat oss till deras kontor och vänligt bemött oss.

Göteborg juni 2013

Elin Brask och Jonna Petersson

1 Inledning

Klimatförändringar som stigande temperatur, torra och översvämningar är ett av de största problemen som mänskligheten står inför under kommande år. Europeiska unionen har sedan flera år tillbaka deltagit i kampen mot klimatförändringar. År 1990 förbrukade Europeiska unionen 1 665 095 kilo tons of oil equivalent [ktoe], vilket med omräkningsfaktor blir 19.36 PWh, se bilaga 1. Den 15 december 2011 utfärdade Europeiska kommissionen "Energifärdplan för 2050" vilket innebär att Europas utsläpp ska minskas med över 80 % innan år 2050 (European Union, 2012). Det här för att förbättra Europas konkurrenskraft och försörjningstrygghet. Europeiska unionen vill därmed att den offentliga sektorn ska gå in som en förebild med förhoppningar om att företag och även privatpersoner ska arbeta för att sänka sin energianvändning och sina utsläpp. För att nå målet till år 2050 behöver energiproduktionen i princip vara koldioxidfri, fossila bränslen ska ersättas med förnyelsebar energi. Som en nyckelfaktor för att kunna uppnå dessa långsiktiga energimål har Europeiska kommissionen även uppfört delmål till år 2020. Energiförbrukningen och utsläppen av växthusgaser ska minskas med 20 % jämfört med år 1990 enligt "Europa 2020-strategin för smart och hållbar tillväxt för alla" (European Union, 2011).

År 1997 skrev Sverige under Kyotoprotokollet vilket ledde till att Sveriges riksdag år 1999 skapade egna miljömål för landet (Regeringskansliet, 2000). 1997 stod bostadssektorn för cirka en tredjedel av Sveriges totala energianvändning. Ett av målen från 1999 är att energianvändningen i det totala byggnadsbeståndet, bostäder och lokaler, ska minska med minst 50 % fram till år 2050. Ansvaret ligger framförallt på kommuner och offentliga organisationer att åtgärder blir genomförda, både vid nybebyggelse och omvandling av befintliga verksamheter.

1.1 Bakgrund

Bohuslandstinget, Landstinget Skaraborg, Landstinget i Älvsborg, sjukvård och kultur i Göteborgs Stad samt delar av länsstyrelsen bildade år 1999 Västra Götalandsregionen, se figur 1, med syftet att regionen ska bidra till ett gott liv för människorna i Västra Götaland (Västra Götalandsregionen, 2012a). 149 valda ledamöter styr regionen och väljer i sin tur ledamöterna i nämnder, styrelser och andra politiska institutioner. Hälsa och sjukvård är en huvuduppgift där Västra Götalandsregionen ansvarar för sjukhus, vårdcentraler, folkhälsofrågor och stöd till personer med funktionsnedsättningar. Cirka 90 procent av de 50 000 anställda i Västra Götalandsregionen jobbar inom hälsa och sjukvård. I Västra Götalandsregionen är det Västfastigheter som är lokalförsörjare och fastighetsförvaltare för ett stort antal fastigheter. Sjukvården dominerar som hyresgäst men även vårdcentraler, folkhögskolor och naturbruksgymnasium hyr av Västfastigheter. Inom regionen finns bland annat sjukhusen Sahlgrenska Universitetssjukhus, Östra sjukhuset, Kärnsjukhuset och Södra Älvsborgs sjukhus.

1.2 Syfte

Syftet med det här arbetet är att utreda om det går att hitta nyckeltal relaterade till kostnader i en undersökning av energieffektivisering på 13 sjukhusbyggnader i Västra Götalands län. Åtgärderna tilläggsisolering av fasad samt fönsterbyte kommer att ses över och vinsten energi kommer ställas mot kostnaden för varje åtgärd.

1.3 Metod

Examensarbetet bygger på litteraturstudier, intervjuer med sakkunniga personer inom ämnet och granskning av byggnadsmaterial samt utförandeteknik. Utav cirka 100 byggnader har 13 sjukhusbyggnader från Västra Götalandsregionen granskats djupare med hänsyn till energieffektivisering och kostnad för lämpliga åtgärder.

Litteraturstudier har gjorts genom internetsökningar, dessutom har intervjuer gjorts för att få information om hur de undersökta åtgärderna utförs praktiskt. De byggnader vi har studerat är baserade på rapporter som genomförts av konsulter från olika företag. Rapporterna är skrivna efter inventeringar och besiktningar av befintliga byggnader för att se vilken energibesparingspotential byggnaderna har. De byggnadstekniska kostnaderna för att utföra en åtgärd är baserade på Rambölls kalkyler.

För att hitta nyckeltal har mellan 2 till 5 byggnader från varje sjukhus valts ut för närmre undersökning. De byggnaderna med samma förutsättningar, som fasadmateriell eller nybyggnadsår har jämförts med varandra. En sammanställning har gjorts med avseende på energibesparing ställt mot kostnad. Då energikartläggningen har genomförts efterhand som sammanställningen har gjorts har valet av byggnader begränsats utefter vilka som blivit kartlagda. De byggnader som uppfyllt kriterierna med avseende på fasadmateriell och de åtgärder som granskats har blivit utvalda till sammanställningen. För att kontrollera att byggnaderna uppfyllde kriterierna undersöktes byggnadskalkylerna i första hand då de var färdigställda innan energibesparingsrapporterna var klara. De olika åtgärderna har sammanställts och därefter har slutsatser och analyser gjorts. Åtgärden tilläggsisolering av tak har undersökts och sammanställts men redovisas inte i arbetet då antalet byggnader vart för begränsade och inga resultat har kunnat fås ut.

1.4 Avgränsningar

En avgränsning från 100 till 13 byggnader görs på sjukhusen; Sahlgrenska universitetssjukhuset, Östra sjukhuset, Kärn sjukhuset och Södra Älvsborgs sjukhus. VVS och el benämns i arbetet men analyseras inte ur kostnadssynpunkt då rapporten enbart behandlar den totala byggkostnaden och energibesparingen med avseende på byggåtgärder. Energiförluster på grund av verksamheten har inte granskats då variationen på krav i byggnaden är för omfattande. Rapportens baseras på de energi-

och kalkylberäkningar som respektive konsult tagit fram. Fasadåtgärderna begränsas till betong, puts och tegel.

1.5 Mål och förväntat resultat

Målet med arbetet är att finna nyckeltal för att i framtida utredningar och projekt kunna ge en generell uppfattning om hur de olika åtgärderna påverkar byggnadens energianvändning samt hur mycket den totala kostnaden kan bli. Ett nyckeltal innebär att det finns ett samband mellan flera fall, till exempel att byggnader med samma fasad får förbättrad energieffektivisering med samma åtgärd. Arbetet kan också resultera i att inga nyckeltal hittas och att uttrycket som används i byggnadsbranschen ”varje byggnad är unik” stämmer.

2 Generella riktlinjer och praktisk utföring av åtgärder

För att få en uppfattning om generella riktlinjer och vad som är normala värden på en byggnad kommer det här kapitlet behandla vilken energianvändning en lokal bör ligga på, vilket värmemotstånd olika konstruktionsdelar bör ligga runt för att nå en specifik energianvändning och vilken ventilation som krävs i en byggnad. Tabellerna innehåller värden på hur ett nybyggt småhus kan se ut och redovisas som indikatorer för att skapa en generell uppfattning. Kapitlet innehåller även beskrivningar av hur tilläggsisolering i fasad samt fönsterbyte praktiskt utförs.

2.1 Energianvändning i lokaler

Energianvändning är den energimängd som levereras till en byggnad under ett normalår (Boverket 2011a). Det omfattar energi för uppvärmning, komfortkyla, varmvatten från kranar och fastighetsenergi. Dessutom ingår omvandlingsförluster som beror på verkningsgraden för uppvärmningsanordningar.

Byggnadens specifika energianvändning är byggnadens totala energianvändning under ett år dividerat med kvadratmeter uppvärmd golvarea A_{temp} , som förklaras i stycket tempererad area.

För lokalbyggnader bör energianvändningen enligt deklaraionsregistret ligga på 120-130 kWh/m² per år för de byggnader som är uppförda efter år 2007 (Boverket, 2010a). I den siffran är inte verksamhetsenergin medräknad. För de tre lokalkategorierna skola, vård och kontor varierar energianvändningen mellan 36 och 57 kWh/m² per år.

För att minska energiförbrukningen har det införts byggregler vid nybyggnation för en lokalbyggnad. För en lokalbyggnad lokaliserad i den södra klimatzonen, som inte är uppvärmd med el, får energiförbrukningen inte överskrida 100 kWh/m² per år exklusive verksamhetsenergin. Det innebär att byggnader uppförda enligt deklaraionsregistret har ett behov av en minskning med cirka 20-25 % om det ska lyckas uppnå nybyggnationskraven.

Ytterväggar och fönster är de element som står för den största andelen värmeförluster. När beräkningar för att reducera energibehovet i byggnader gjordes, visade det sig vara betydligt billigare att minska energibehovet i lokalbyggnader jämfört med bostadshusen.

2.2 Värmemotstånd

Vid renovering av en byggnad är det ofta de synliga delarna som får människor att reagera och bestämma sig för att åtgärda det, exempelvis en fasad som ser förfallen ut eller slitna plattor på ett tak (Energimyndigheten, 2009). Golv, väggar, tak och fönster

är de ytor som omger den uppvärmda volymen och benämns som klimatskal. Äldre byggnader är inte lika välisolerade som nyare byggnader vilket leder till större energiförluster genom klimatskalet. För att mäta upp en byggnads isoleringsförmåga i olika konstruktionsdelar anges ett U-värde i $W/m^2, ^\circ C$. Värdet är beroende av materialets värmeledningsförmåga och tjocklek, ju mindre tal desto bättre isoleringsförmåga. Vanliga U-värden på nybyggda småhus anges i tabell 1, värdena används enbart som en indikator för att ge en uppfattning på vad en rimlig siffra kan vara. Görs förbättringar som tätning och tilläggsisolering är det svårt att komma ner i lika bra värden.

Tabell 1: Isoleringsegenskaper nybyggda småhus (Energimyndigheten, 2009)

| Konstruktionsdel | U-värde [$W/m^2, ^\circ C$] | Övrig information |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Vindsbjälklag | 0.1 | 500 mm |
| Ytterväggar | 0.16 | 300 mm |
| Snedtak | 0.13 | 400 mm |
| Golv mot tak | 0.19 | 150 mm |

Om en byggnad inte följer kraven på specifik energianvändning enligt Plan och bygglagens ska byggnaden vid ändring i klimatskalet U-värdena eftersträvas (Boverket, 2011a). U-värdena redovisas i tabell 2 nedan.

Tabell 2: Isoleringsegenskaper att sträva mot enligt Boverket (Boverket, 2011a)

| Konstruktionsdel | U-värde [$W/m^2, ^\circ C$] | Övrig information |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tak | 0.13 | |
| Ytterväggar | 0.18 | |
| Golv | 0.15 | |
| Fönster | 1.2 | |
| Ytterdörrar | 1.2 | |

2.3 Ventilation

För att hålla byggnaden ren från emissioner, avlägsna fukt och föra in frisk luft krävs ett ventilationssystem. Enligt Boverkets byggregler ska ett lägsta uteluftsflöde om 0.35 l/s per m^2 golvarea uppfyllas i nya bostadshus (Boverket, 2010b). Det motsvarar

en luftomsättning på 0.5 oms/h. I en operationssal finns andra krav för att patienten inte ska befinna sig i risk, kravet på ventilationen är då 17 oms/h för en ej infektionskänslig kirurgi (Boverket, 1968).

2.4 Tempererad area

Definitionen för A_{temp} är den golvarea som byggnadens specifika energianvändning ska beräknas efter (Boverket, 2012). Eftersom Boverkets byggregler ställer krav på vilken maximalt tillförd energi per m^2 golvarea och år till byggnaden har energianvändning och den area som energianvändningen ska fördelas på definierats som A_{temp} . För att beräkna byggnadens specifika energianvändning divideras byggnadens energianvändning med A_{temp} . Den totala invändiga arean för respektive våningsplan, vindsplan och källarplan som värms upp till mer är $10\text{ }^\circ\text{C}$ är det som benämns som A_{temp} .

2.5 Tilläggsisolering fasad

Tilläggsisolering av fasad är en relativt dyr åtgärd jämfört med till exempel ventilationsåtgärder (Din Byggare, 2011). Energibesparingen är oftast inte heller störst i siffror gentemot när ventilationen effektiviseras. Det är dock viktigt att tänka på att en dålig fasad med många köldbryggor kan upplevas obehaglig för de som befinner sig i byggnaden. En tilläggsisolering av fasad bör göras i samband med en renovering, med andra ord när fasaden ändå behöver rustas upp eller förbättras, för att reducera kostnaden.

En fasad kan tilläggsisoleras på två sätt, utifrån och inifrån (Energimyndigheten, 2009). Dock är det riskfyllt att tilläggsisolera inifrån då fuktproblem lätt uppstår på grund av att den befintliga ytterväggen blir kallare. Slagregn eller annan fukt torkar därmed inte ut lika snabbt som tidigare. Det är även risk för frostsprängning om insidan isoleras med mer än 45 mm på äldre hus, som trähus med putsfasad, lättbetonghus eller gamla tegelfasader.

Beroende på fasadmaterialet görs tilläggsisolering på olika sätt (Din Byggare, 2011). En tegelfasad kan vara problematisk att tilläggsisolera då materialet i sig är 6-12 centimeter vilket gör att fasaden flyttas ut från byggnadskroppen vilket medför att fönster, takutsprång samt socklar påverkas estetiskt. Därför bör en tilläggsisolering inte vara mer än 100 mm tjock². Även byggnadstekniskt är det komplicerat om beklädnaden av fasaden fortfarande ska utgöras av tegel då det på nytt behöver muras upp. Ett alternativ kan vara att skärmtegel används som fasadbeklädnad vilken fästs in i stommen med gängstänger genom tilläggsisoleringen. För att kunna börja mura skärmteglet går det att använda sig av L-profiler som fästs i sockeln och håller upp de första stenarna vilket medför att ingen utbyggnad av grunden är nödvändig.

² Bo Kleberger (Konsult, Projektledning, Ramböll) intervju 2013-05-07

Sandwichelement i betong består av till exempel en bärande betongdel, sedan ungefär 80 mm isolering och ungefär ytterligare 80 mm betong som ytfasad. För att tilläggsisolera fasaden går det att ta loss yttersta betongen, det är dock komplicerat då den är inspänd och stenbitar lossnar vilket utsätter arbetare och omgivning för risk. Ett bättre alternativ är att fästa tilläggsisoleringen på existerande fasad med ytterligare en skiva som skyddar mot vind och sedan infästa ny fasadbeklädnad.

En putsfasad som tilläggsisoleras utifrån är lättare än föregående material, eftersom att de flesta isoleringsmaterial kan fästas direkt på existerande fasad och därefter kan putsen sprutas på tilläggsisoleringen. Det går även att utföra den här metoden på övriga fasadmaterial om inte krav på ursprungligt fasaduttryck finns.

2.6 Fönsterbyte

Det finns i princip två tillvägagångssätt när ett fönsterbyte görs³. Enklast är när den ursprungliga karmen sitter kvar i väggen och enbart fönstret i sig byts ut. Karmen behöver då vara i gott skick, alltså utan röta eller större slitage. Dessutom bör karmen vara tät så värmeförluster inte uppstår i för stor utsträckning. Fördelen med den här typen av fönsterbyte är att arbetet är väldigt enkelt och metoden är dessutom mindre kostsam. Det andra alternativet är när både karm och fönster byts ut. Det blir mer kostsamt men ger en större energibesparing. Är det putsfasad uppstår problem som att delar av fasaden faller av eller spricker. Vid andra fasader är det relativt enkelt att få ut ett fönster från fasaden, om inte infästningen är av en speciell typ som kan försvåra arbetet. Finns det möjlighet görs ett fönsterbyte smidigast inifrån då omgivningen inte störs lika mycket som vid ett byte från utsidan.

Ett fönsterbyte ger många gånger en stor energivinst. Enligt BBR bör ett nytt fönster ligga på 1.3 kWh/m² i U-värde eller lägre för att klara av kraven för byggnadens energianvändning om annan uppvärmning än el används (Boverket, 2011b). Används eluppvärmning och byggnaden har en area på $A_{temp} = 51-100\text{m}^2$ bör U-värdet ligga på 1.1 kWh/m² eller lägre. Fönster i äldre byggnader kan ligga upp emot 3.0 kWh/m² medan nya fönster går ner i så mycket som 0.78 kWh/m², det ställer dock krav på byggnadens förutsättningar då bredden på fönsterkonstruktionen ska vara 1230 mm bred och ha en höjd på 1480 mm (RKJ Windows, 2013).

³ Bo Kleberger (Konsult, Projektledning, Ramböll) intervju 2013-05-07

3 Beskrivning av studieobjekt

Kapitlet hanterar de sjukhusbyggnader som har studerats, vilken verksamhet som bedrivs samt en beskrivning av byggnadens konstruktion som är studerad genom ritningar, intervjuer och antaganden. Det kommer att framgå om större renoveringar gjorts och även hur mycket energi byggnaden gör av med. Beskrivningen av byggnaderna ska ge en uppfattning om vilka problem som finns för respektive byggnad. Materialet från inventeringarna av byggnaderna är olika utförligt beroende på hur mycket information som har funnits till hands. Energiberäkningar är gjorda av respektive konsult och kostnadskalkyler är beräknade av Ramböll. I kostnaden på åtgärderna ingår byggherre-kostnad, projektering, entreprenadkostnader, räntor och oförutsedda utgifter.

3.1 Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg

Sahlgrenska Universitetssjukhusets utformning har en lång historia där flera större byggskedan successivt har utökat området till den storlek det är idag. Det hela startade då en donation av Niclas Sahlgren vilket ledde till att Per Dubbs hus kunde byggas, den första av byggnaderna som fick till följd att sjukhuset förflyttades från Västra Hamngatan till dess nuvarande läge (Sahlgrenska Universitetssjukhuset, 2010). Den 17 april 1900 invigdes sjukhuset officiellt, dock är det Oscar II:s besök 1899 när han murade in den sista tegelstenen, som anses vara starten för sjukhuset och 100-årsjubileum firades därför 1999.



Figur 2: Översikt Sahlgrenska sjukhuset (Byggnyheter, 2011)

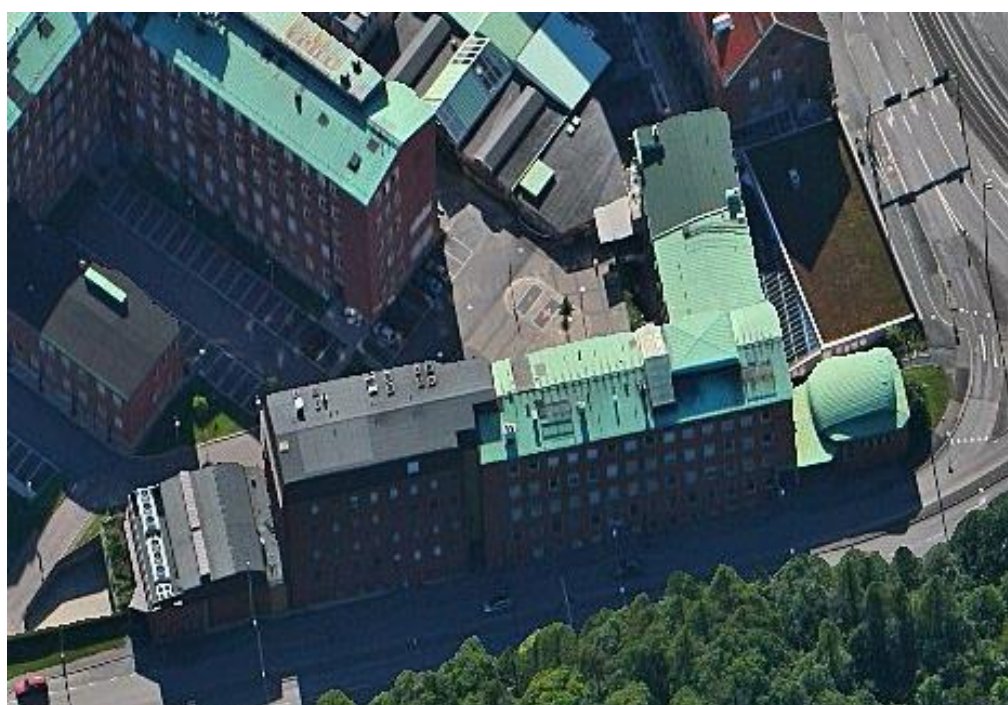
Per Dubbs hus uppfördes 1899 och byggdes i rödbränt tegel⁴. Efter det inleddes det första större byggskedet som pågick mellan 1899 – 1920 då flera byggnader byggdes som sedan sammanbands med en lång korridor. De nya byggnaderna fortsatte i samma rödbrända tegel och tillsammans med gröna koppartak som de nya byggnaderna fick sattes områdets traditionella utseende.

Då den röda tegelfasaden visade sig ha en bra hållfasthet och var ekonomiskt fördelaktig fortsattes det i samma ton för de följande större byggskedena. Det andra byggskedet pågick under 1930-talet då fyra byggnader tillkom, bland annat Elevhemmet och Kvinnokliniken. Det tredje byggskedet under 1950-1960-talet blev den största expansionen då 11 byggnader byggdes, bland annat Patologen.

I dagsläget finns det endast ett fåtal byggnader som inte är byggda i tegel medan koppartaken håller på att bytas ut successivt då det blir en viss kopparutfällning som inte är miljövänlig. Istället har plåttak satts in. Isoleringen i de äldre byggnaderna är väldigt liten och i det riktigt gamla byggnaderna är det väggarna uppbyggda av endast tegel.

3.1.1 Patologen, byggnaderna 5205 och 5255

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5205 & 5255 – Patologen” (Jönsson H, 2012a).



Figur 3: Patologen (Eniro, 2013a)

⁴ Matts Jönsson (Teknisk Förvaltare Bygg, Västfastigheter) intervju 2013-05-16

Verksamhet: Bårhus, obduktionssalar, laboratorier för vävnadsanalys, kontor, föreläsningssalar och personalutrymmen.

Nybyggnadsår: 5205 – år 1975
5255 – år 1951

A_{temp} : 9 840 m²

Klimatskal: Studier av ritningar visar att klimatskalet är uppbyggt av oisolerade källargolv och källarväggar, se figur 3. I byggnad 5205 uppskattas väggarna vara uppbyggda med tegelfasad, 100 mm isolering och 150 mm betong. I byggnad 5255 uppskattas väggarna vara uppbyggda med en yttre skalmur av betong, troligen en luftspalt och en inre vägg av betong. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 3 nedan.

Tabell 3: Isoleringsegenskaper Patologen, 5205 & 5255 (Jönsson H, 2012a)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,C] | Övrig information |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------|
| Fasad 5205 | 0.33 | |
| Fasad 5255 | 1.0 | |
| Fönster 5205 2+1-glas | 1.9 | |
| Fönster 5255 1+1-glas | 2.9 | |
| Tak 5205 | 0.24 | |

Energianvändning: Byggnadernas energianvändning är hög, både byggnadsmässigt och verksamhetsmässigt. Anledningen till den höga energianvändningen är främst ett bristande klimatskal och ett ventilationssystem med höga genomsnittliga luftflöden och dålig eller obefintlig värmeåtervinning.

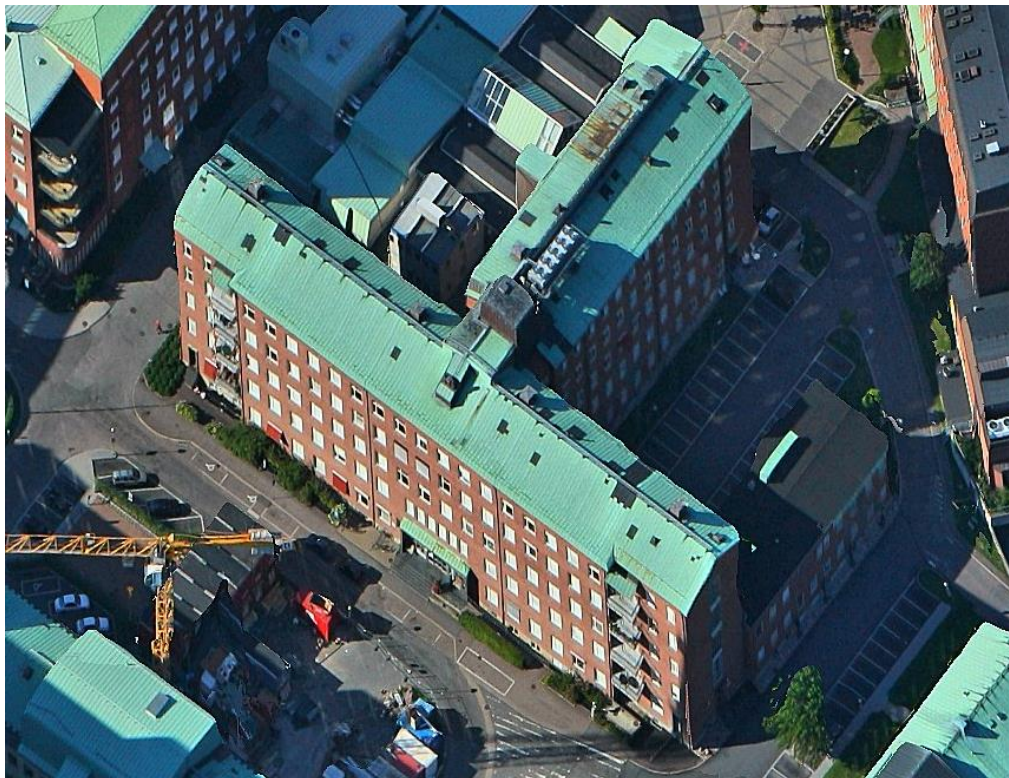
Den beräknade energianvändningen är 470 kWh/m² per år. Varav 318 kWh/m² är fjärrvärme och 152 kWh/m² är elanvändning.

Energibesparing: Den maximala besparingsmöjligheten utefter uträknad data är 62 % av energi för uppvärmning vilket motsvarar en energianvändning på 176 kWh/m² per år. Det innebär att 18 åtgärder behöver utföras som bland annat innefattar; driftoptimering, fönsterbyte, diverse ventilationsbyten, belysningsbyte och tilläggsisolering av fasad. Kostnaden för alla 18 åtgärder blir cirka 22.6 miljoner kronor.

Ett fönsterbyte är redan planerat och om åtgärder av driftoptimering och underhållskaraktär görs kan energianvändningen sänkas med 16 % till en relativt låg kostnad.

3.1.2 Kvinnokliniken, byggnaderna 5206 och 5283

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5206 & 5283 KK” Jönsson H, (2012b).



Figur 4: Kvinnokliniken (Eniro, 2013b)

Verksamhet: Akutmottagning, operation, mottagningar för dagvård, mottagningar för inlagda patienter och expeditiionslokaler.

Nybyggnadsår: 5206 – 1938
5283 – 1962

A_{temp} : 12 175 m²

Klimatskal: Enligt studier från ritningar är klimatskalen uppbyggda av oisolerade källargolv och källarväggar. Utefter K-ritningar antas väggarna bestå av ½-stens skalmur av tegel med en bakomliggande 1-stens tegelvägg. I byggnad 5206 finns det relativt nya 2+1-glasfönster längs med sydvästra fasaden. Övriga fasader avseende byggnaderna 5206 och 5283 har övervägande 1+1-glasfönster. Takkonstruktionen i byggnad 5206 är uppstolpad och täckt av kopparplåt, se figur 4, med

100 mm mineralull som tilläggsisolering i de utrymmen som inte utgörs av fläktrum. Taket på byggnad 5283 är täckt med takduk och har bjälklag mot underliggande plan som är isolerat med spån eller aska. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 4.

Tabell 4: Isoleringsegenskaper Kvinnokliniken, 5206 & 5283 (Jönsson H, 2012b)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,C] | Övrig information |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Fasad | 1.0 | |
| Fönster 2+1-glas | 1.2 | |
| Fönster 1+1-glas | 2.7 | |
| Tak 5206 | 0.17 | |
| Tak 5283 | 0.33 | |

Energianvändning: Energianvändningen i byggnaderna är hög och anledningen är ett bristande klimatskal och ett ventilationssystem som har höga genomsnittliga luftflöden i kombination med ineffektiva fläktar och dålig temperaturverkningsgrad. Totalt gör byggnaden av med 256 kWh/m² per år varav 140 kWh/m² per år är fjärrvärme och 116 kWh/m² per år är elanvändning.

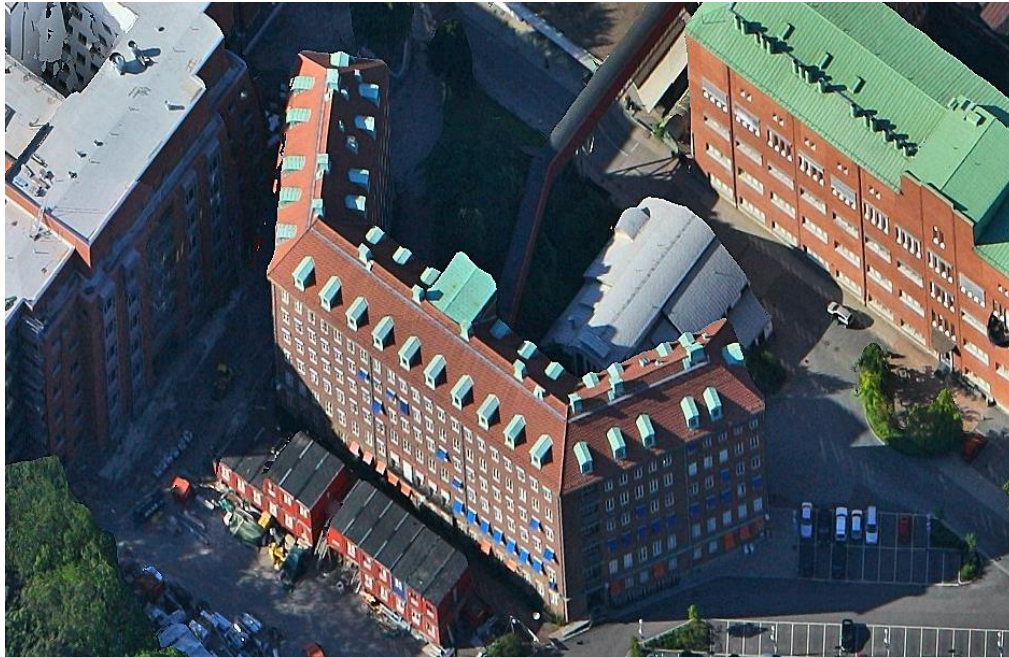
Energibesparing: Utifrån beräknad data är den maximala besparingsmöjligheten 33 % av energi för uppvärmning vilket motsvarar en energianvändning på 192 kWh/m² per år. För att nå besparingen krävs 9 åtgärder som bland annat innefattar; fönsterbyte, tilläggsisolering av fasad, optimering av ventilationssystemet och byte av belysningsarmatur. Kostnaden skulle bli cirka 31 miljoner kronor. Tilläggsisolering av fasaden blir dyrt och med relativt lite utbyte, dock bör det ändå betraktas framförallt om underhållsarbeten av fasaderna behöver genomföras.

Med justering och visst utbyte av ventilationen kan energianvändningen sänkas med 16 % per år och dessutom till en låg kostnad.

För att kunna sänka ytterligare krävs fönsterbyte på de äldre fönstren. Görs åtgärden kan även en injustering av värmesystemet bli aktuell och energianvändningen beräknas kunna sänkas till 21 %.

3.1.3 Elevhemmet, byggnad 5011

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5011 - Elevhemmet.” Jönsson H, (2012c).



Figur 5: Elevhemmet (Eniro, 2013c)

Verksamhet: Administrativ kontorsverksamhet, lokaler för arbetsterapi och allergicentrum.

Nybyggnadsår: 1936

A_{temp} : 9 728 m²

Klimatskal Utifrån ritningar antas klimatskalet vara uppbyggt av oisolerade källargolv och källarväggar. Med hjälp av inventering, ritningar och byggnadsår tros fasadväggarna bestå av massivt tegel, se figur 5, och eventuellt någon form av mellanliggande luftspalt eller isolering. Den totala tjockleken på väggen är 450 mm. På plan 99-04 finns äldre 1+1-glasfönster med kopplade bågar. Fönstren visar tydliga tecken på att de är otäta. På plan 5 är fönstren utbytta till 3-glasfönster. Byggnaden har betongbjälklag med 250 mm tilläggsisolering. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 5.

Tabell 5: Isoleringsegenskaper Elevhemmet, 5011 (Jönsson H, 2012c)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,C] | Övrig information |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Fasad | 1.0 | |
| Fönster 1+1-glas | 2.9 | Plan 99-04 |
| Fönster 3-glas | 1.5 | Plan 5 |
| Bjälklag | 0.33 | |

Energianvändning: Energianvändningen för byggnaden och verksamheten tillsammans är inte särskilt hög. Med avseende på det äldre klimatskalet, den kontorsverksamhet som bedrivs och värmeenergin som används anses elanvändningen vara rimlig. Men det bör noteras att ventilationen använder utekompenserat frånluftsflöde vilket delar av året går under Boverkets bestämda flöde 0.35 l/s, m². Energianvändningen är totalt på 130 kWh/m² per år varav 95 kWh/m² är fjärrvärme och 35 kWh/m² är elanvändning.

Energibesparing: Maximala besparingspotentialen anses vara störst när 9 åtgärder utförs som innefattar; driftoptimering, byte av VVS och ventilation, fönsterbyte, tilläggsisolering av fasad och nytt belysningsystem. Besparingen blir då 49 % eller en energianvändning på 66 kWh/m² per år, kostnad för utförandet är cirka 38 miljoner kronor.

Om åtgärderna driftoptimering och byte av FTX-aggregat utförs kan en besparing på 13 % uppnås till en förhållandevis låg kostnad. Total kostnad blir 171 000 kronor.

För att nå en besparing på 24 % görs dessutom ett fönsterbyte, vilket också kan anses välbehövligt då det drar mycket i de äldre 1+1-glasen. Kostnaden blir då totalt 13 miljoner kronor.

3.1.4 Psykiatribyggnaden, byggnad 5308 och 5383

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska Sjukhuset, Byggnad 5308, 5358” (Tennered A, 2013).



Figur 6: Psykiatribyggnaden (Tennered A, 2013)

| | |
|---------------------|---|
| Verksamhet: | Psykiatrisk verksamhet dygnet runt. |
| Nybyggnadsår : | 5308 – år 1936 5383 – år 1963 |
| A _{temp} : | 6 880 m ² |
| Klimatskal: | Byggnad 5308 har 6 plan inklusive kallvind och byggdes ihop med byggnad 5358 år 1963 som har totalt 5 plan inklusive kallvind. Väggkonstruktionerna är tunga tegelfasader, se figur 6, med tjocklekar på cirka 300-380 mm. Klimatskalet i byggnad 5308 är av 1½-stens tegel med gjutna källarväggar. Medan väggarna i byggnad 5383 består av tegel som delvis har 60 mm isolering och gjutna källarväggar. Överlag har byggnaderna 2+1-glasfönster. Personalen upplever att det är drag genom klimatskalet, särskilt från fönster och balkongdörrar. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 6. |
| Renovering: | Pågående projekt under besiktningstiden var tilläggsisolering av kallvindarna med 300 mm lösull. |

Tabell 6: Isoleringsegenskaper Psykiatribyggnaden, 5308 & 5383 (Tennerhed A, 2013)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,C] | Övrig information |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tegelfasad | 1.2 | |
| Tegelfasad med isolering | 0.6 | |
| Källarvägg | 1.2 | |
| Tak | 0.15 | |

Energianvändning: Byggnaderna har en relativt hög energianvändning framförallt går det åt mycket värme till radiatorerna och eftervärmning av ventilationsluftens tilluft. Värmeanvändningen uppgår idag till cirka 119 kWh/m² per år och elanvändningen till ca 62 kWh/m² per år.

Energibesparing: Maximala besparingspotentialen uppgår till 43 % av den totala energianvändningen. Det uppnås med 10 stycken åtgärder som exempelvis installation- och ventilationsåtgärder, fönsterbyte och tilläggsisolering av fasad. Ungefär 20 miljoner kronor beräknas det kosta.

Utförs åtgärder på klimatskalet kan värmeförlusterna minska betydande. Åtgärderna består då av fönsterbyte till 0.9 kWh/m² i U-värde och tilläggsisolering där ny tegelfasad muras upp på nytt utanpå isoleringen. Även inomhusklimatet skulle förbättras vid denna åtgärd, dock är kostnaden 15.5 miljoner kronor.

3.2 Södra Älvsborgs sjukhus, Borås

År 1782 startades Borås första lasarett, tillsammans med Skene lasarett blev det Södra Älvsborgs sjukhus år 1998, se figur 7 (Västra Götalandsregionen, 2012b). Sjukhuset har varit ledande på många sätt, bland annat var det först i Sverige med en intensivvårdsavdelning och rehabiliteringsklinik.



Figur 7: Översikt Södra Älvsborgs sjukhus (Fastighet och bostadsrätt, 2010)

Byggtekniken på Södra Älvsborgs sjukhus är väldigt tidstypisk, då underlagsmaterial har varit svårt att få tag på har mycket antaganden om konstruktionen gjorts⁵. Till skillnad från de andra sjukhusen som arbetet omfattar har Södra Älvsborgs sjukhus ingen homogen byggteknik, fasader på byggnaderna är till exempel av de olika materialen plåt, betong och puts. Sjukhusbyggnaderna har expanderat över lång tid och nybyggnadsåren stäcker sig från 1930-talet till 2000-talet.

⁵ Andreas Olandersson (Energiingenjör, ÅF Consult) intervju 2013-05-21

3.2.1 Byggnad 1

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Öst, SÄS, Byggnad 1” (Ottosson E, 2013a).



Figur 8: Byggnad 1 (Ottosson E, 2013a)

Verksamhet: Administration och vårdavdelningar, där flera avdelningar har dygnetruntverksamhet.

Nybyggnadsår: 1955

A_{temp} : 6 166 m²

Klimatskal: Byggnaden har en bra energiprestanda trots att byggnadskonstruktionen har ett högt U-värde. Fasaden är i originalskick, där puts har används som fasadbeklädnad, se figur 8. Krypgrunden har tilläggsisolerats med 200 mm mineralull men är nertrampad på flera ställen vilket ger en ökad värmeförlust. Fönster på söderfasad har blivit utbytta under 2000-talet och fönster på nord- och västfasad är utbytta i början av 1990-talet till 1+1-energiglas. . Konstruktionens U-värden framgår i tabell 7.

Tabell 7: Isoleringsegenskaper byggnad 1 (Ottosson E, 2013a)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Yttertak | 0.3 | |
| Yttervägg | 0.8 | Ovan mark |
| Källarvägg | 0.45 | |
| Bottenplatta | 0.45 | |
| Fönster 1+1-glas | 1.7 | Nord- och västfasader |
| Fönster | 1.2 | Söderfasad |

Energianvändning: År 2012 sattes ny ventilation in med en hög verkningsgrad på luftåtervinningen, vilket är anledningen till att byggnaden idag har ett bra energivärde. Byggnaden har heller inte några större internlast, som maskiner vilket också hjälper till att dra ner energianvändningen. Den specifika energianvändningen är totalt 131 kWh/m² per år, varav 68 kWh/m² är värmeenergi och 58 kWh/m² är elenergi samt resterande 5 kWh/m² utgörs av fjärrkyla.

Energibesparing: 9 stycken åtgärder där till exempel behovsstyrning av ventilation, byte av aggregat, byte av belysningsarmatur, tilläggsisolering av vind, fönsterbyte och tilläggsisolering av fasad ger en maximalbesparingspotential på 36 %. Kostnaden för alla åtgärder blir ungefär 11,5 miljoner kronor.

Då byggnaden har relativt låg energianvändning kan driftoptimering vara ett bra val av åtgärd för en mindre kostnad. Energianvändningen jämfört med nuvarande sänks med 4 % för 10 000 kronor.

Trots att en del fönster är utbytta tas det med i utredningen tillsammans med tilläggsisolering av vind och fasad. Åtgärderna ger en förbättring av klimatskalet och minskar energianvändningen med 28 % för 7.7 miljoner kronor.

3.2.2 Byggnad 16

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Öst, Södra Älvsborgs sjukhus, Byggnad 16” (Almström T, 2013).



Figur 9: Byggnad 16 (Almström T, 2013)

| | |
|---------------|---|
| Verksamhet: | Administration, forskning, kontor, konferens och personalrum. |
| Nybyggnadsår: | 1936 |
| A_{temp} : | 2 041 m ² |
| Klimatskal: | Byggnaden är av typen lamellhus, se figur 9. Kallvinden har gammal torvisolering vilken kompletterats med lösull. Vindsutrymme runt takkåpa är dåligt isolerad. Väggarna består av tegel, ut och insida är putsade. Byggnaden har äldre 1+1-glasfönster med kopplade träbågar. Yttre solavskärmning saknas. Personal klagar på att det drar kallt från fönstren. . Konstruktionens U-värden framgår i tabell 8. |

Tabell 8: Isoleringsegenskaper byggnad 16 (Almström T, 2012)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|------------------|--------------------------------|-------------------|
| Vindsbjälklag | 0.16 | |
| Ytterväggar | 1.2 | |
| Källarväggar | 0.43 | |
| Fönster | 2.0 | |

Energianvändning: Energianvändningen är baserad på uppmätt energianvändning från 2008. Total energianvändning var 191 kWh/m² per år. Varav 107 kWh/m² är värmeenergi och 84 kWh/m² är elanvändning.

Energibesparing: Maximal energibesparing är 58 % vilket motsvarar en energianvändning på 80 kWh/m² per år. 5 stycken åtgärder behöver utföras för att kunna uppnå maximal besparing. De består av byte och injustering av värmesystem, byte av fönster, tilläggsisolering av fasad, rumsstyrning av aggregat och byte av belysningsarmatur. En kostnad på utförandet skulle ligga på ungefär 5.7 miljoner kr.

De fönster som finns i byggnaden är otäta och drar kallt vilket medför att ett fönsterbyte vore på sin plats. Dessutom sitter under varje fönster en rejälfönsterbräda som tar bort en stor del av aggregatets konvektionsvärme vilket behöver åtgärdas. Ett fönsterbyte skulle minska energianvändningen med 31 % till en kostnad på 2 miljoner kronor.

3.2.3 Byggnad 24

Följande information är baserat på rapporten ”*Energikartläggning – Distrikt Borås, Byggnad 24*” (Brändemo L, 2012a).



Figur 10: Byggnad 24 (Brändemo L, 2012a)

Verksamhet: Psykiatriska vård- och mottagningsavdelningar, tandvård och administration.

Nybyggnadsår: 1938, tillbyggd 1978

A_{temp}: 7 165 m²

Klimatskal: I rapporten finns ingen information om klimatskalets uppbyggnad, följande U-värden i tabell 9 är dock angivna.

Tabell 9: Isoleringsegenskaper byggnad 24 (Brändemo L, 2012a)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Tak | 0.2 | |
| Golv | 2.9 | Exkl. markens U-värde |
| Dörr | 2 | |
| Fönster | 2.9 | |
| Yttervägg Psykiatri | 0.41 | Ovan mark |
| Yttervägg Tandvård | 0.27 | Ovan mark |
| Yttervägg | 2.9 | Under mark |

Energianvändning: Psykiatriavdelningen har många personer i förhållande till ytan men ingen avsevärd utrustning, administrationsavdelningen utgörs av normal kontorsutrustning och tandvården har viss eldriven utrustning. Byggnaden har en specifik energianvändning på totalt 159 kWh/m² per år, varav 86 kWh/m² per år är värmeenergi och 73 kWh/m² per år är elenergi.

Energibesparing: Väljs ett åtgärdspaket på 5 stycken åtgärder kan byggnadens energianvändning sänkas med 38 %, då behöver styrning av lustgas, byte av aggregat, nattavstängning av aggregat, fönsterbyte och tilläggsisolering i fasad utföras. 16.3 miljoner kronor kostar det att göra alla åtgärder. Energianvändningen per år blir då 99 kWh/m².

Görs ett fönsterbyte kan energianvändningen sänkas med 9 % för en kostnad på 6 450 000 kr.

Om både fönster och tilläggsisolering av fasad görs blir sänkningen 16 % för en kostnad på 13 252 000 kr.

3.2.4 Byggnad 31

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Öster, Södra Älvsborgs Sjukhus Borås, Byggnad 31” (Björnell E, 2013).



Figur 11: Byggnad 31 (Björnell E, 2013)

Verksamhet: Kontor- och administrationsverksamhet för bland annat ambulanssjukvård, smittskydd och sjukvårdsstrategi.

Nybyggnadsår: 1943

A_{temp} : 2 305 m²

Klimatskal: Taket är av typen sadeltak med tegelpannor, se figur 11. Plan 5 består av ett varmtak med takstolar och bjälkar i trä och har en isolering mellan 120-300mm. Plan 4 utgörs delvis av ett fläktrum och har en kallvind. Vindsbjälklaget består av betong med en antagen isolering av granulerad masugnsslagg som senare tilläggsisolerats med 75 mm heltäckande isolering och ovanliggande spånskiva. Källarväggarna är 415 mm tjocka och grundplattan är uppskattad till 150 mm, troligtvis oisolerad betong. Ytterväggarna är 515 mm tjocka och består av tegel med putsad fasad, eventuellt kompletterade med träullsplattor och tilläggsisolering med 100 mm cellplast. Fönstren är av typen 2-glas isolerglas förutom i källaren där det är äldre 1+1-glas. . Konstruktionens U-värden framgår i tabell 10.

Renoveringar: Renovering som tilläggsisolering i fasaden och fönsterbyte har gjorts 2005.

Tabell 10: Isoleringsegenskaper byggnad 31 (Björzell E, 2013)

| Konstruktionsdel | U-värde [$\text{W}/\text{m}^2, ^\circ\text{C}$] | Övrig information |
|--------------------|---|-------------------|
| Varmtak | 0.2 – 0.28 | Plan 5 |
| Kallvind | 0.22 | Plan 4 |
| Yttervägg | 0.28 | |
| Källarvägg | 1.51 | |
| Källargolv | 0.27 | |
| Fönster 2-glas | 1.5 | Plan 2-5 |
| Fönster 1+1-glas | 2.7 | Källare |
| Fönsterdörr 2-glas | 1.5 | |
| Övriga dörrar | 2.0 | |

Energianvändning: Specifik energianvändning är totalt $109 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per år, varav $60 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per år utgörs av fjärrvärme och $49 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per år är el-energi.

Energibesparing: Maximal besparingspotential är 29 % av den totala energianvändningen. Vilket medför att byggnadens beräknade energianvändning blir cirka $77 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per år. För att uppnå sänkningen behöver åtgärderna tilläggsisolering i fasad, byte av fönster och tilläggsisolering av vind genomföras.

De installationstekniska systemen i byggnaden är redan bra och effektiva, finns små justeringar som kan göras. Vilket leder till att tilläggsisolering av vindsbjälklag på kallvinden och fönsterbyte är ett förnuftigt alternativ då det även förbättrar inomhusklimat och minskar kalldrag. Ett fönsterbyte skulle sänka energianvändningen med 5 % på en kostnad av 1.25 miljoner kronor. Medan tilläggsisolering i kallvinden sänker med 3 % till en kostnad av 100 000 kronor.

3.2.5 Försörjningscentralen, byggnad 35

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Öster, Södra Älvsborgs sjukhus Borås, Byggnad 35 Försörjningscentralen” (Ottosson E, 2013b).



Figur 12: Byggnad 35 (Ottosson E, 2013b)

| | |
|---------------|--|
| Verksamhet: | Storkök, konferens och administration. |
| Nybyggnadsår: | 1979 |
| A_{temp} : | 14 765 m ² |
| Konstruktion: | Fasadytan är huvudsakligen av tegel och plåt, se figur 12. Fönstren är överlag enkelt energiglas + enkelglas ifrån att byggnaden uppfördes och har idag en sämre prestanda. I matsalsdelen finns nyare 2-glas fönster. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 11. |

Tabell 11: Isoleringsegenskaper Försörjningscentralen byggnad 35 (Ottosson E, 2013b)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|--------------------|--------------------------------|-------------------|
| Yttervägg | 0.2 | |
| Yttertak | 0.2 | |
| Bottenplatta | 0.3 | |
| Källarvägg | 0.3 | |
| Fönster 2-glas | 1.0 | |
| Fönster energiglas | 2.0 | |

Energianvändning: Byggnadens energianvändning har beräknats uppgå till 279 kWh/m² per år. Varav 84 kWh/m² är fjärrvärme, 28 kWh/m² är fjärrkyla och 167 kWh/m² är elanvändning.

Energibesparing: Maximal besparingspotential ligger på en minskning med ungefär 17 % för en kostnad på 25 miljoner kronor. Anledningen till den stora klyftan mellan kostnad och effektivisering är då mycket av energianvändningen ligger i verksamhet som är mycket energikrävande. Vilket gör att byggnadsåtgärder inte påverkar energibesparingen något väsentligt, i alla fall inte med åtanke på vad kostnaden blir.

Billigare alternativ som driftoptimering och justering av aggregat är mer att tänka på. Kostnaden för de två åtgärderna blir cirka 470 000 kronor och energianvändningen minskar med 5 %.

Köket står för mycket av verksamhetens energianvändning. Om personalen skolas att använda maskiner mer energivänligt och när nya inköp av maskiner görs kan de vara mer energieffektiva än de som används idag. Det kan påverka byggnadens energianvändning, dock är det svårt att ändra ett beteende hos personal. Värt att notera är att byggnadens tak är mycket lämpligt för en solcellsanläggning eller en solvärmeanläggning

3.3 Kärnsjukhuset, Skövde



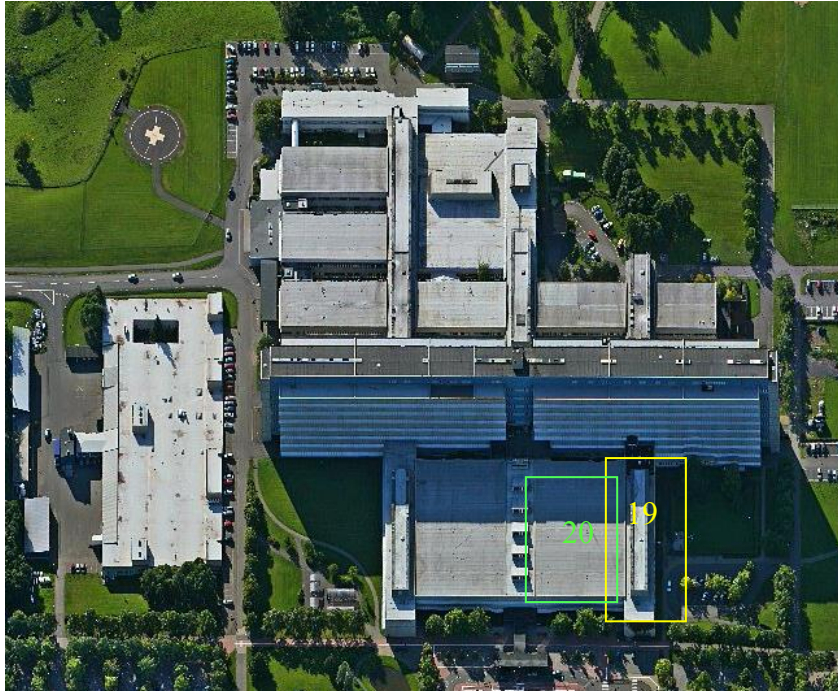
Figur 13: Översikt Kärnsjukhuset i Skövde (Västfastigheter, 2013)

Vid utformningen av sjukhuset har generella krav på flexibilitet påverkat valet av statiska konstruktioner⁶. Begrepp som ”det generella huset” och ”det specifika huset” användes under projekteringstiden. Innebörden var att det skulle gå att placera och forma sjukhusets olika funktioner oberoende av stommen. Tanken är att möjligheterna vid ombyggnationer ska vara obegränsade och att utbyggnad enkelt ska kunna ske. Resultatet blev en förtillverkad betongstomme med ett balk- och pelarnätverk och ett bjälklag av förtillverkade TT-kassetter försedda med pågjutning av betong. Undantaget är byggnaderna 22 och 23 som är byggda i ett senare skede istället för betongstomme är det en stålstomme. Bjälklaget är dock TT-kassetter och anledningen till valet var att håltagningsmöjligheterna är bra. Största skillnaden på de olika byggnaderna som tillhör Kärnsjukhuset i Skövde är dilatationsfogar, som tillåter en viss rörelse mellan byggelementen, och fungerar statiskt sett oberoende av varandra. Yttertaken består av lättbetongplattor som till största delen är papptäckta, förutom de byggnader som projekterats för påbyggnad. Där är det istället ett bjälklag med värmeisolering som sedan är papptäckt. Fasaden på Kärnsjukhuset i Skövde består av sandwichelement, se figur 13.

⁶ Håkan Sonesson (Fastighetsförvaltare, Västfastigheter, Västra Götalandsregionen) intervjuad 2013-03-19

3.3.1 Byggnader 19-20

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Öst, KSS, Byggnad 19 och 20” (Källgren A, 2013).



Figur 14: Byggnad 19-20 (Eniro, 2013d)

| | |
|---------------------|--|
| Verksamhet: | Apotek, rehabiliteringssjukvård, öppna mottagningar och expeditjonslokaler. |
| Nybyggnadsår: | 1968 – 1976 |
| A _{temp} : | 13 022 m ² |
| Klimatskal: | Byggnad 19 har enbart 2 fasader då den angränsar mot byggnad 12 och 20, se figur 14. Ytterväggarna är indragna på plan 4 vilket innebär att delar av plan 3 kan anses som yttertak. Byggnad 20 i sin tur angränsar mot byggnad 17 och 19. Den består av 3 våningar där plan 0 och 3 är innehåller tekniska utrymmen. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 12. |
| Renovering: | Under år 2009 gjordes en väsentlig renovering av ventilationen. |

Tabell 12: Isoleringsegenskaper byggnad 19-20 (Källgren A, 2013)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|------------------|--------------------------------|-------------------|
| Yttervägg | 0.16 | |
| Platta mot mark | 1.46 | |
| Fönster | 2.7 | |
| Tak | 0.16 | |

Energianvändning: Total energianvändning är 137 kWh/m² per år varav 55 kWh/m² är värmeenergi, 9.4 kWh/m² är kyla och 73 kWh/m² är el-energi.

Energibesparing: Maximal besparingspotential är 12 % av den totala energianvändningen. Åtgärder som behöver utföras är bland annat fönsterbyte, isolering av varmvattencirkulationssystem, tilläggsisolering av tak och byte av belysningsarmatur. Kostnaden blir då 9.5 miljoner kronor.

Då ventilationen renoverades 2009 har inte de åtgärderna tagits med i utredningen. Görs ett fönsterbyte och att varmvattencirkulationssystemet omisolerats kan energianvändningen sänkas med 7 % för en kostnad på 4.1 miljoner kronor.

3.4 Östra sjukhuset, Göteborg



Figur 15: Översikt Östra sjukhuset (Ullnert M, 2012b)

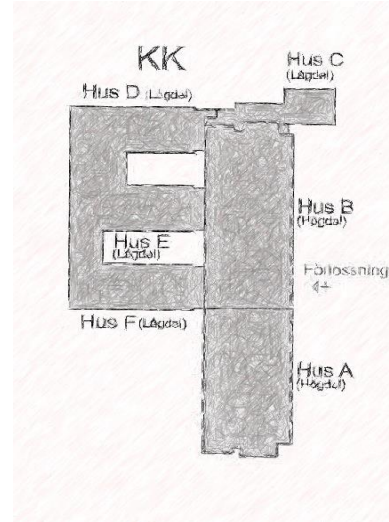
Under 1960- och 1970-talet byggdes Östra sjukhuset i Sävenäs som ligger i östra Göteborg (Semrén & Månsson, 2013). Strukturplanen bestod av att öppenvård och behandling skulle ske i öst-västlig riktning medan vårdavdelningar i höghus placeras i nord-sydlig riktning. De låga husen ser ut som lådor och är klädda i grönt fasadglas. Höghusens stommar består av horisontella betongelement som har mellanliggande fönsterband, se figur 15. Området är ovanligt homogent med tanke på dess ålder och storlek. Kvinnokliniken, som är den första större uppförda byggnaden, är utformad med traditionell byggt teknik, vilket i det här fallet är ett fyllnadsbjälklag och murade innerväggar. Efterföljande byggnader som infektionskliniken, barnkliniken och centralkliniken har utvecklats efter hand. Det användes mått- och modulsamordning för teknisk standard. Byggt tekniken är av elementbygge och lättbyggnadsteknik. Ombyggnation och vissa tillbyggnader har skett i varierande omfattning på de ursprungliga byggnaderna. Idag har sjukhuset cirka 750 vårdplatser.

3.4.1 Kvinnokliniken, byggnad 4233

Följande information är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad KK” (Brändemo L, 2013).



Figur 17: Kvinnokliniken (Brändemo L, 2013)



Figur 16: Planritning över kvinnokliniken (Brändemo L, 2013)

| | |
|---------------|---|
| Verksamhet: | Förlösning, operation, undersökning och kontorsavdelning. |
| Nybyggnadsår: | 1968 |
| A_{temp} : | 21 791 m ² |
| Klimatskal: | I figur 17 framgår det att ytterväggarna är av sandwichelement. Klimatskalet har stora läckage där byggnadens största värmeförluster utgörs av transmission genom tak och fönster. Personalen berättar att det är drag vid fönstren under vinterhalvåret. Radiatorerna som finns på insida fasad är små vilket innebär att de inte täcker de värmeförluster som uppkommer vid fönstrens kallras. Därför finns även eftervärme för luft i nästan alla rum. I rum där känsliga patienter som nyfödda bebisar finns dessutom eldriven takvärme. Det har också hittats stora värmeförluster i cirkulationssystemet för varmvatten. Även värmefördelningen och fjärrvärmestatistiken indikerar stora värmeförluster eller reglerförluster i värmesystemet. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 13 där byggnadens konstruktionsdelar beskrivs utefter figur 18. |

Tabell 13: Isoleringsegenskaper Kvinnokliniken, 4233 (Brändemo L, 2013)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| Tak hus A, B | 0.9 | |
| Tak hus C | 0.9 | |
| Tak hus D, E, F | 1.57 | |
| Golv hus A, B | 0.3 | |
| Golv hus C | 0.3 | |
| Golv hus D, E, F | 0.38 | |
| Fönster hus A, B | 3.1 | |
| Fönster hus C | 3.1 | |
| Fönster hus D, E, F | 3.1 | |
| Vägg hus A, B | 0.25 | Plan 0-6 |
| Vägg hus A, B | 0.36 | Plan K1, K2 |
| Vägg hus C | 0.25 | |
| Vägg hus D, E, F | 0.25 | |

Energianvändning: Den årliga energianvändningen uppgår till 248 kWh/m² varav 130 kWh/m² är fjärrvärme år 2011 och 118 kWh/m² är uppmätt elanvändning år 2006.

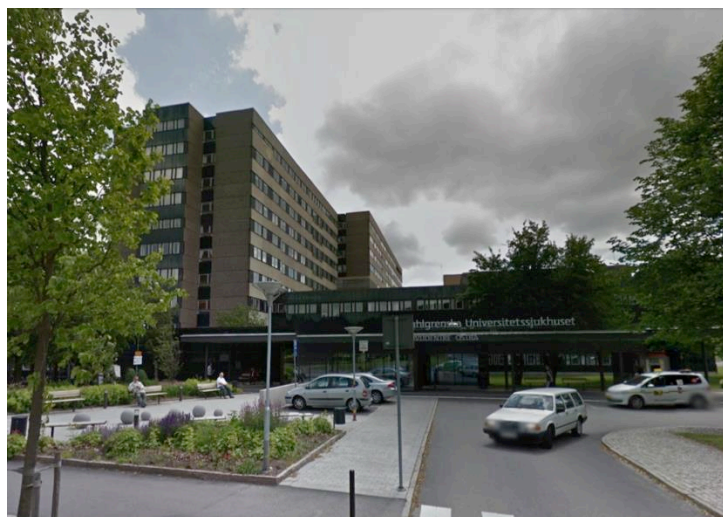
Energibesparing: Maximal besparingspotential är 2 358 MWh/år vilket innebär en besparing på 44 % från utgångsläget och till en kostnad av 55.5 miljoner kronor. De åtgärder som krävs är bland annat tilläggsisolering av fasad och tak, fönsterbyte, isolering av varmvattencirkulationssystem och byte av belysningsarmatur.

Klimatskalet är väldigt dåligt, men i det här fallet visar det sig att de stora läckagen som sker sannolikt hjälper till med nedkylning av den tunga stommen på somrarna. Det leder till att energianvändningen faktiskt ligger strax under genomsnittet för Östra sjukhusets byggnader. Görs åtgärder på klimatskalet blir dock inomhusklimatet mer behagligt och det är först efter en sådan åtgärd är utförd som det blir aktuellt att se på ventilationsåtgärder. Görs ett fönsterbyte kan energianvändningen sänkas med 8 % för en kostnad på

14.65 miljoner kronor. För tilläggsisolering av fasad kan sänkningen bli på 4 % för en kostnad på 20 miljoner kronor.

3.4.2 Centralkliniken, byggnader 4234A och 4236CD

Följande information är baserad på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad 4236 & 4234 A, Centralkliniken” (Brändemo L, 2012b).



Figur 189: Centralkliniken (Brändemo L, 2012b)

| | |
|---------------------|---|
| Verksamhet: | Bårhus, medicinsk verkstad, labbverksamhet och studentcentrum med konferenslokaler och mötesrum. |
| Nybyggnadsår: | 1978 |
| A _{temp} : | 49 430 m ² |
| Klimatskal: | Byggnaden 4236CD är ett höghus och fasaden består av cirka 60 % bärande sandwichelementskivor, se figur 19. Resterande 40 % är utfackningsväggar. 4234A är en låg byggnad och fasadväggarna är isolerade utfackningsväggar med ett ytskikt av färgat fasadglas. Överlag är fönstren av typen 2-glas med trä- eller aluminiumkarmar och har problem med luftläckage. Konstruktionens U-värden framgår i tabell 14. |
| Renoveringar: | På grund av omorganisation är delar av lokalerna renoverade och ombyggda medan resterande är i originalskick. Två större ombyggnationer har gjorts. 2005 byggdes bårhuset om och 2010 gjordes både ombyggnation och tillbyggnation av entrén. |

Tabell 14: Isoleringsegenskaper Centralkliniken, 4234A & 4236CD (Brändemo L, 2012b)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| Tak hus 34A | 0.9 | |
| Tak hus 36CD | 0.9 | |
| Golv hus 34A | 0.48 | |
| Golv hus 36CD | 0.48 | |
| Port hus 34A | 2.4 | |
| Port hus 36CD | 2.4 | |
| Dörr hus 34A | 1.4 | |
| Dörr hus 36CD | 1.4 | |
| Fönster hus 34A | 3.2 | |
| Fönster hus 36CD | 2.5 | |
| Källarvägg hus 34A | 0.42 | Plan K2 |
| Källarvägg hus 36CD | 0.48 | Plan K2 |
| Yttervägg hus 34A | 0.43 | Plan K1-8 |
| Yttervägg hus 36CD | 0.46 | Plan K1-8 |

Energianvändning: Beräknad energiprestanda ligger på 240 kWh/m² per år. Varav 85 kWh/m² är värmeenergi, 138 kWh/m² är elenergi och 17 kWh/m² går till kylenergi.

Energibesparing: Om 9 åtgärds paket genomförs kan den totala energianvändningen sänkas med 38 % vilket skulle innebära att energianvändningen blir 132 kWh/m² för en kostnad på 91.4 miljoner kronor. Åtgärderna för det här paketet är till exempel tilläggsisolering av fasad, fönsterbyte, byte av fläkt och annan installation, injustering av värmesystem och byte av aggregat.

Mycket utav besparingspotentialen ligger i ventilationsåtgärder. Det används nu gamla fläktar och ineffektiva värmeväxlare vilket gör att ventilationen drar onödigt mycket värme och energi i byggnaden. Kostnaden för dem här åtgärder blir 7.74 miljoner kronor och besparingen ligger på 24 %.

3.4.3 Servicehuset, byggnad 4212

Följande stycke är baserat på rapporten ”Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad SH” (Brändemo L, 2012c).



Figur 20: Servicehuset (Brändemo L, 2012c)

| | |
|---------------|---|
| Verksamhet: | Kök, godsmottagning, verkstäder och kontor. |
| Nybyggnadsår: | 1972 |
| A_{temp} : | 11 370 m ² |
| Klimatskal: | Klimatskalet är i originalskick, se figur 20. Byggnaden har en bra prestanda men det finns en del besparingspotential i klimatskalet. Transmission per area förhållandevis låg även om U-värdena är relativt höga och framgår i tabell 15. Fasaden utgörs av betong och plåt. |

Tabell 15: Isoleringsegenskaper Servicehuset, 4212 (Brändemo L, 2012c)

| Konstruktionsdel | U-värde [W/m ² ,°C] | Övrig information |
|------------------|--------------------------------|-------------------|
| Tak | 0.38 | |
| Golv | 0.49 | |
| Fönster | 2.9 | |
| Dörr | 1.5 | |
| Port | 2.5 | |
| Yttervägg | 0.79 | Ovan mark |
| Yttervägg | 0.66 | Under mark |

Energianvändning: Nuvarande energianvändning ligger på 487 kWh/m² per år. Anledningen är verksamhetselen till köket, el till fläktar och bortventilerad värme. Luftbehandlingen har idag hög fläkteffekt, dålig verkningsgrad på värmeåtervinning och styrproblem vilket gör att åtgärder för ventilation kan effektiviseras i stor utsträckning. För att minska energianvändningen är byte av köksutrustning planerat och genom beteendeförändringar kan större besparingar göras, vilket dock kan vara svårt att implementera.

Energibesparing: Total besparingspotential är 44 % eller 2 413 MWh till en kostnad av 33,3 miljoner kr. Åtgärder för den här besparingen är till exempel ventilationsåtgärder, pumpbyte för vattenledning, fönsterbyte samt tilläggsisolering i fasad och tak.

Utförs åtgärd för luftbehandling kan energibesparingen bli 33 % lägre för en kostnad på 9.5 miljoner kronor.

Klimatskalet är idag i dåligt skick och mycket värme tränger sig ur byggnaden. Görs åtgärderna fönsterbyte samt 200 mm tilläggsisolering i fasad och tak kan energianvändningen minska med 8 % för en kostnad på 20.8 miljoner kronor.

4 Sammanställning

I det här kapitlet kommer utvalda diagram redovisas som bygger på den sammanställning som genomförts, bifogas som bilaga 2. Nyckeltalen redovisas under de diagram där de gått att hitta relevanta värden. För att få ut ett värde på nyckeltal har vi använt oss av medelvärde. Då tillgången på en del underlag som exempelvis ritningar har varit begränsade har antaganden och avrundningar gjorts, en del byggnader har till exempel inte haft någon egen elmätare och kostnadspåslag kan skilja sig mellan de olika konsulterna. Då åtgärderna har kommit som så kallade åtgärdspaket har vi i vissa fall räknat ut en enskild åtgärd. Om ett åtgärdspaket består av till exempel fönsterbyte plus driftoptimering har vi använt energibesparing för fönsterbyte minus energibesparing för driftoptimering. Resultatet blir då inte helt sanningsenligt utan mer generellt, men efter att vi har talat med de konsulter som genomfört energiberäkningarna anser de att värdena inte ger någon stor skillnad utan det går att generalisera på det här sättet. Sjukhusens namn blir benämnda med förkortningar; Södra Älvsborgs sjukhus blir SÄS, Östra sjukhuset benämns som ÖS, Kärnsjukhuset i Skövde förkortas KSS och Sahlgrenska Universitetssjukhus står som SUS i diagrammen. Östra sjukhusets byggnaders namn kommer förkortas för lättare avläsning av diagrammen, till exempel benämns Kvinnokliniken som KK, Centralkliniken som CK, Infektionskliniken som IK och Servicehuset redovisas som SH. Anledningen till att ÖS och KSS benämns under samma rubrik är då de båda har fasadmateriell av sandwichelement.

4.1 Resultat av tilläggsisolering i fasad

Avsnittet behandlar sammanställningen för tilläggsisolering i fasad. 5 olika diagram presenteras för energibesparing och kostnad om åtgärden utförs.

Diagram 1 beskriver vilken total energibesparingspotential och den totala kostnaden för att utföra åtgärden för varje byggnad.

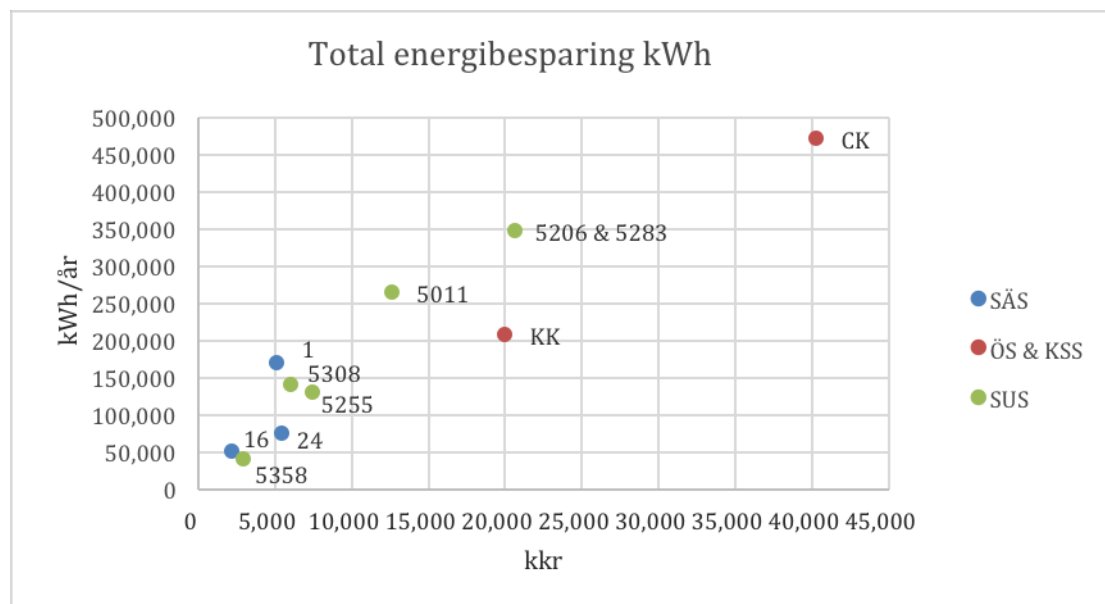


Diagram 1: Total energibesparing i kWh för tilläggsisolering

Det går att se ett samband utefter punkterna i diagram 1 för byggnadernas areor, ju högre kostnad och energibesparing desto större A_{temp} har byggnaden. Södra Älvsborgs sjukhus ligger lågt i kostnad och energibesparingsmässigt, där kostnaden för tilläggsisolering baseras på 50mm vilket bidrar till det låga resultatet. För alla Sahlgrenska byggnader baseras kostnaden på tilläggsisolering med 100 mm, förutom byggnad 5308 som har en baserad kostnad för tilläggsisolering på 50 mm. Östra sjukhusets byggnader tilläggsisoleras med 200 mm, förutom Kvinnokliniken som har 100 mm.

Diagrammet visar att den största energibesparingen i relation till kostnaden kan göras vid Södra Älvsborgs sjukhus. Östra sjukhuset byggdes under 60- och 70-talet, förutsättningarna för de byggnaderna var att byggtekniken då är mer utvecklad än de byggnader som uppfördes tidigare. Östra sjukhuset har ett genomsnittligt U-värde i ytterväggar på $0.41 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$, Södra Älvsborgs sjukhus har cirka $0.65 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ och Sahlgrenska Universitetssjukhuset har genomsnittligt U-värde på $1.0 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$.

Diagram 2 beskriver en sammanslagning av 2 eller 3 byggnader jämfört 1 byggnad i total energi- och kostnadsbesparing.

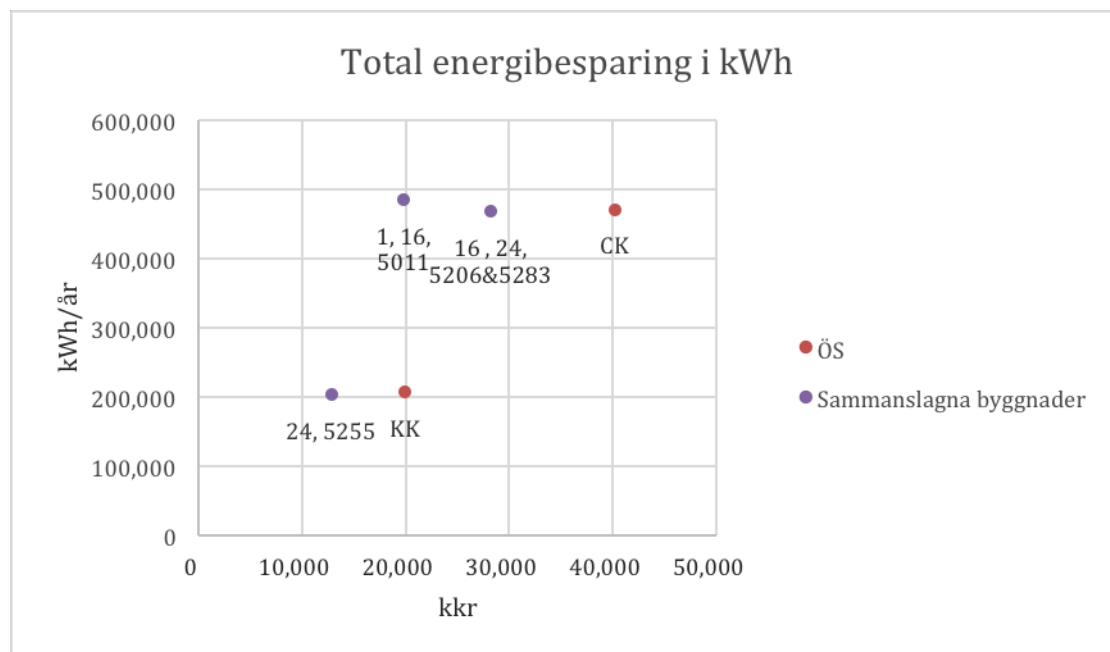


Diagram 2: Total energibesparing i kWh för tilläggsisolering

Diagram 2 visar att en sammanslagning, alltså att 3 byggnader har räknats ihop som en, kan de sammanslagna byggnaderna erhålla lika stor energibesparing till en lägre kostnad än om enbart en byggnad åtgärdas. Till exempel visar en sammanslagning av Södra Älvsborgs byggnader 1 och 16 tillsammans med Sahlgrenska Universitetssjukhusets byggnad 5011 att energibesparingen per år ligger lika högt som om en åtgärd på Östra sjukhuset Centralkliniken utförs, däremot blir kostnaden för att åtgärda de tre sammanslagna byggnaderna hälften så stor som kostnaden för åtgärden på Östra sjukhuset Centralkliniken. Deras totala area är 17 935 m² jämfört med Centralkliniken på 49 430 m². Jämförelsen går även att se längre ner i diagrammet där Kvinnokliniken på Östra sjukhuset jämförs med byggnad 24 från Södra Älvsborgs sjukhus och byggnad 5255 från Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

4.1.1 Energibesparing per kvadratmeter tempererad area

Diagram 3 redovisar byggnadernas energibesparing per kvadratmeter och år samt kostnad på kvadratmeter, där byggnadens kvadratmeter är baserad på byggnadens A_{temp} .

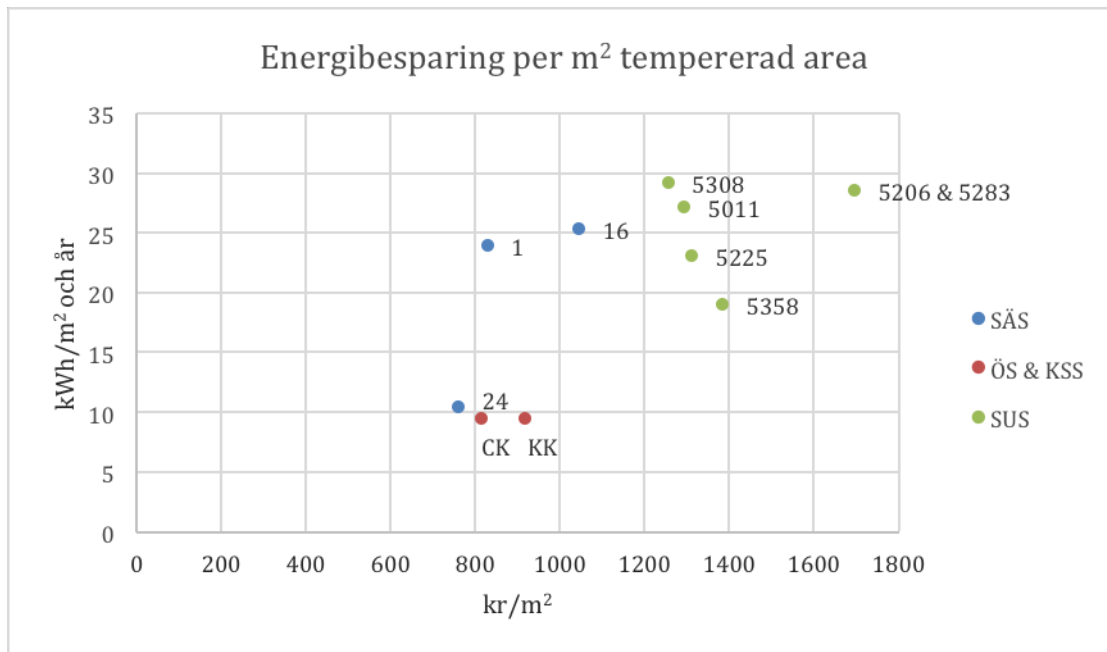


Diagram 3: Energibesparing per m² för tilläggsisolering

Södra Älvsborgs sjukhus byggnad 24 i diagram 3 ligger på en låg energibesparingspotential per kvadratmeter på grund av att det enbart är högdelen i byggnaden som ska tilläggsisoleras, A_{temp} innehåller både byggnadernas area. Centralkliniken och Kvinnokliniken på Östra sjukhuset hamnar också lågt per kvadratmeter då byggnaderna har en stor A_{temp} i jämförelse med resterande byggnader. Sahlgrenska's byggnader kostar mer att tilläggsisolera än de andra sjukhusen då de har tegelfasad som behöver rivras och ny sockel behöver gjutas.

De nyckeltal som går att hitta är för Sahlgrenska Universitetssjukhuset där kostnaden per tempererad area blir 1 385 kr/m². För Östra sjukhuset går det inte att ta ut nyckeltal eftersom det är för få byggnader vilket ger ett osäkert värde. Södra Älvsborgs sjukhus skiljer för mycket i kostnad för att ett rimligt nyckeltal ska tas ut.

4.1.2 Energibesparing per kvadratmeter fasadyta

Diagram 4 visar energibesparing per kvadratmeter fasadyta som ska tilläggsisoleras och kostnaden per kvadratmeter fasadyta.

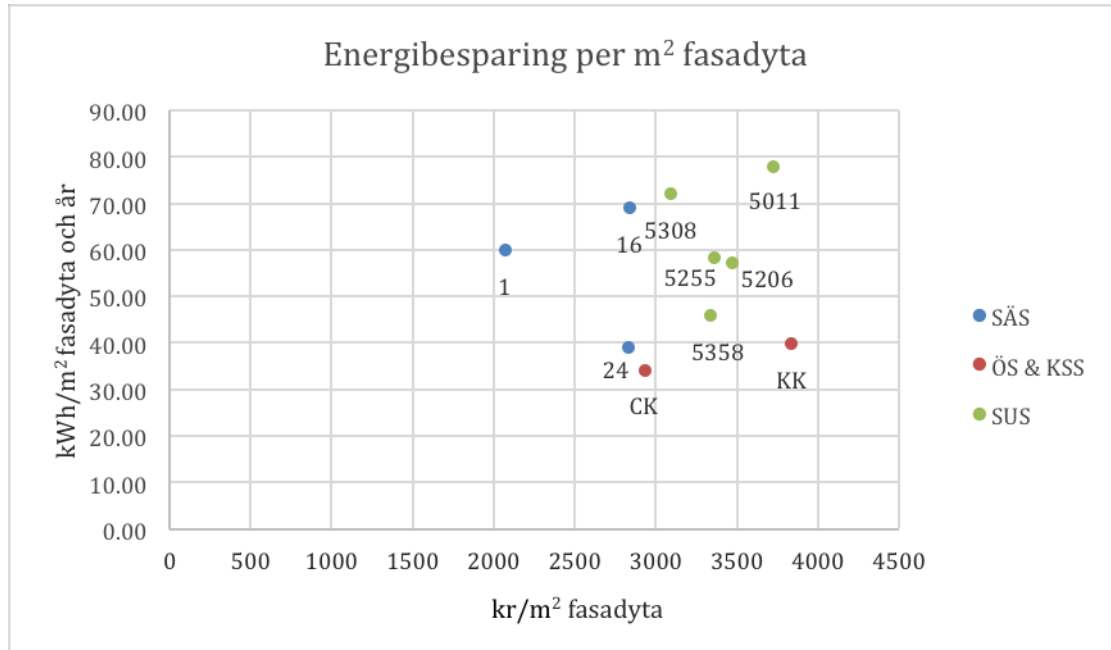


Diagram 4: Energibesparing per m2 fasadyta för tilläggsisolering

Anledningen till varför Östra sjukhusets byggnader och byggnad 24 på Södra Älvsborgs sjukhus ligger lågt vad gäller energibesparingen beror på att deras fasader redan har ett bra U-värde. Byggnad 1 har det billigaste materialet för en tilläggsisolering och hamnar därför lågt i kostnad.

Nyckeltal för Sahlgrenska Universitetssjukhuset blir 3 394 kr/m² fasadyta. Södra Älvsborgs sjukhus och Östra sjukhuset är för få byggnader och för olika kostnader för att nyckeltal ska tas ut.

4.1.3 Total energibesparing procentuellt

Diagram 5 visar en total energibesparing i procent och total kostnad för tilläggsisolering av fasad.

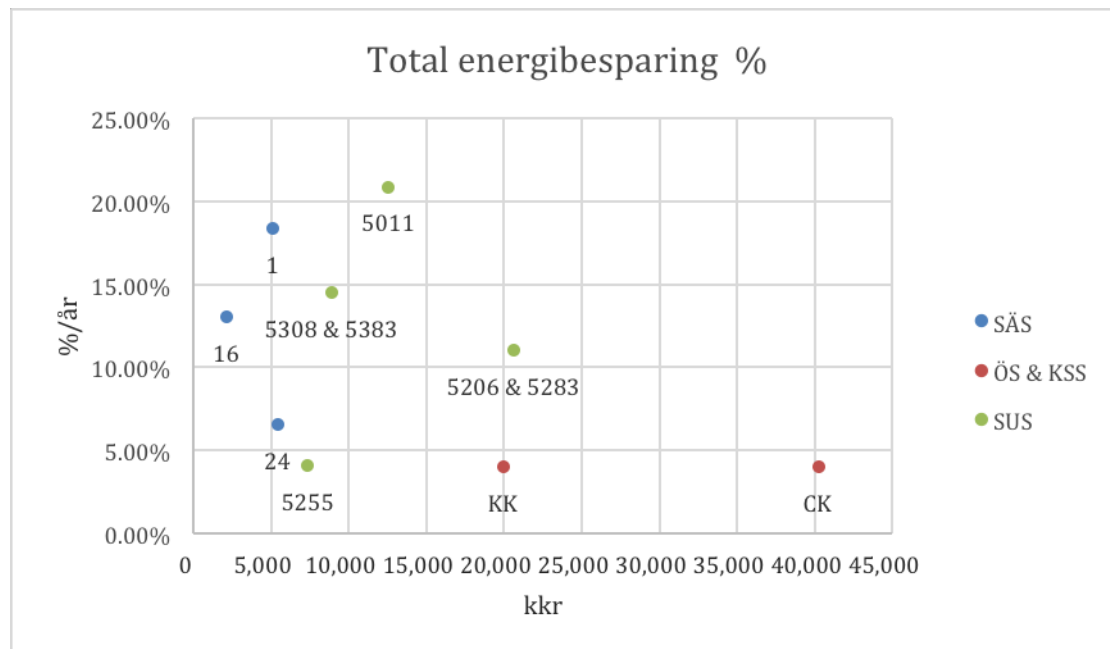


Diagram 5: Total energibesparing i % för tilläggsisolering

Är det en procentsats av energianvändningen som ska sänkas visar en del byggnader från Sahlgrenska och Södra Älvsborgs sjukhus på bäst potential även till en lägre kostnad enligt diagram 5. Byggnaderna 1, 16, 5308 & 5383 samt 5011 ger en besparing på över 10 % efter åtgärden. De har även ett nuvarande U-värde i fasad på 0.8 upp till 1.2 W/m²,°C jämfört Östra sjukhusets byggnader som har ett genomsnittligt U-värde på 0.4 W/m²,°C.

4.1.4 Sammanfattning av tilläggsisolering i fasad

Sammanställningen av tilläggsisolering i fasad visar att Södra Älvsborgs sjukhus har en bra besparingspotential för både energi och kostnad. Sahlgrenska sjukhusets byggnader ligger runt samma energibesparing men till en högre kostnad på grund av att byggnaden ska ha en tegelfasad. Östra sjukhuset visar en bra energibesparingspotential tack vare deras stora areor men till en väsentligt större kostnad. Det kan då vara mer lönsamt ur en kostnadssynpunkt att göra tilläggsisolering i fasad på fler byggnader och bespara lika mycket energi men till en lägre kostnad.

Något som är viktigt att ta med är att siffrorna inte säger hela sanningen. Byggnader som Kvinnokliniken och Centralkliniken på Östra sjukhuset har stora areor vilket gör att kostnaden kan se orimlig ut fastän den inte är det. Även om fasaden har visat sig ha en relativ bra värmeisoleringsförmåga klagas det mycket från personalen på att

byggnaderna är kalla och att det drar vilket skapar ett obehagligt inomhusklimat för personal och patienter.

4.2 Resultat av fönsterbyte

Resultatet av sammanställningen för fönsterbyte redovisas i 4 olika diagram med avseende på energibesparing och kostnaden om åtgärden utförs.

4.2.1 Total energibesparing i kWh

Diagram 6 redovisar den totala energibesparingen och den totala kostnad om åtgärden fönsterbyte utförs.

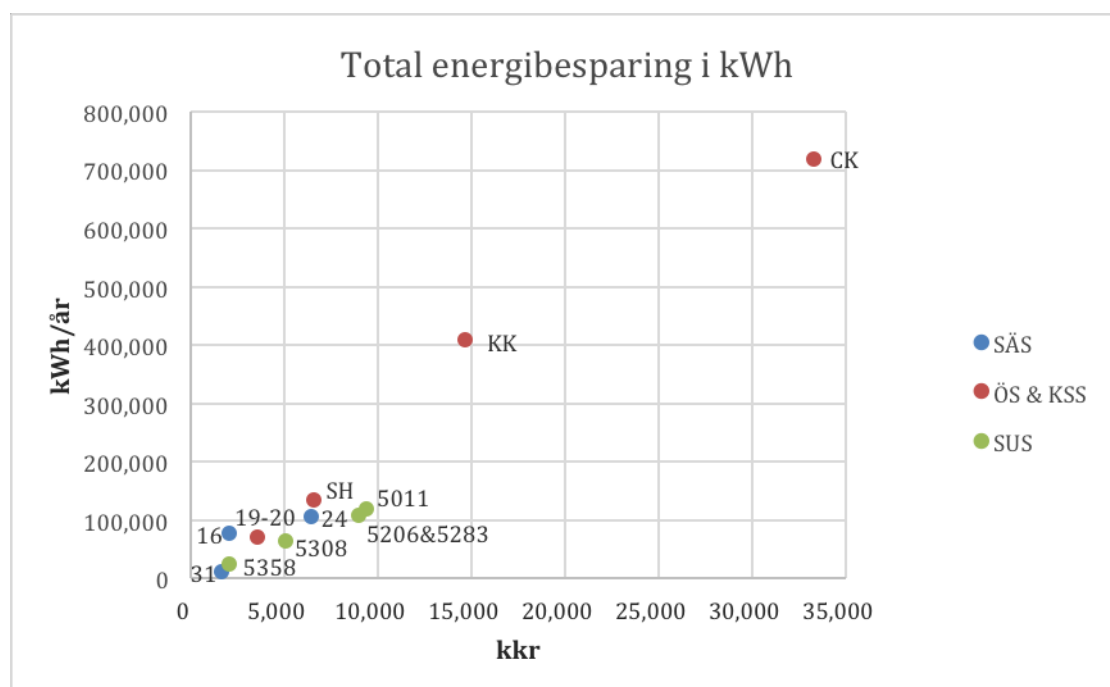


Diagram 6: Total energibesparing i kWh för fönsterbyte

Enligt punkterna ÖS & KSS i diagram 6 visar Östra Sjukhuset och Kärnsjukhuset i Skövde på störst energibesparing vid fönsterbyte. De är också de byggnader med högst U-värde överlag varpå energibesparingen blir störst. Kostnaden för åtgärderna på Kvinnokliniken och Centralkliniken på Östra sjukhuset är stora och beror på att antalet fönster är 1153 respektive 1723. Byggnad 5011 som kommer närmast i kostnad har 468 fönster.

4.2.2 Energibesparing per kvadratmeter tempererad area

Diagram 7 visar på energibesparing och kostnad per kvadratmeter. Där kvadratmetern är beräknad med A_{temp} för respektive byggnad.

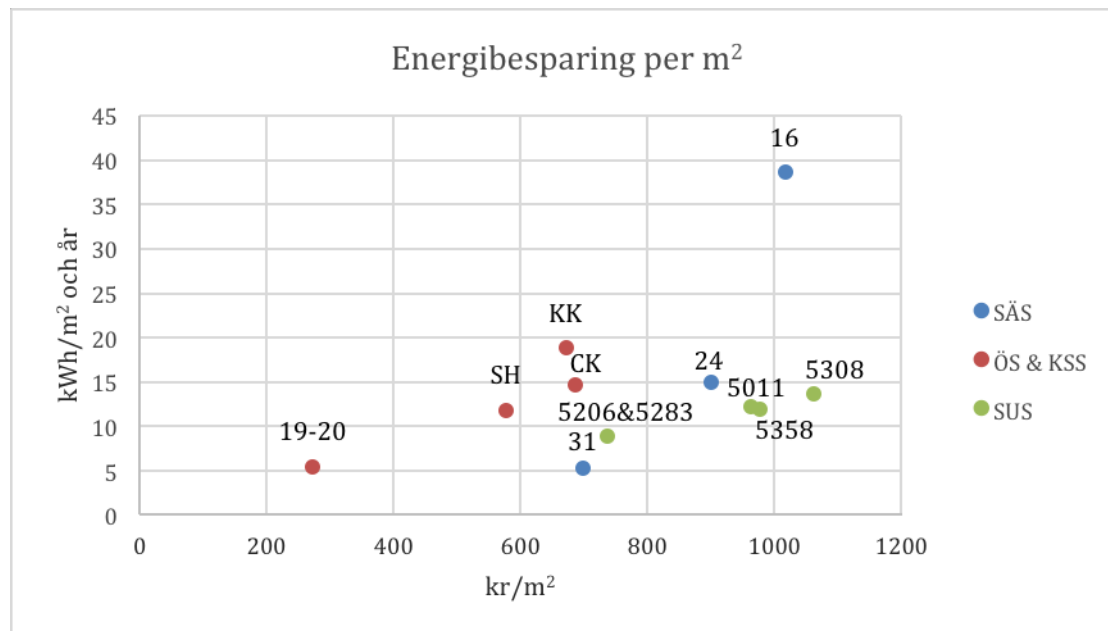


Diagram 7: Energibesparing per m² för fönsterbyte

Energibesparingen visar ett relativt jämnt resultat för byggnaderna i diagram 7. Anledningen till att byggnad 16 ligger mycket högre än resterande byggnader är för att konsulterna vid inventeringen haft dålig tillgång till material och har därmed antagit stora köldbryggor vid fönstren, men de är inte säkra på om det är helt sanningsenligt. Dessutom ser kostnaden ut att vara stor i det här fallet, men den tempererade arean är liten på byggnaden och på de andra diagrammen syns inte samma trend. Det går att se att Sahlgrenskas fönster ligger på en högre kostnad än resterande byggnader. Anledningen till att byggnad 19-20 ligger lågt i kostnad är för att de nya fönster som ska sättas in är billigare jämfört med övriga byggnaders fönster.

4.2.3 Energibesparing per kvadratmeter fönsteryta

Diagram 8 redovisar energibesparingen och kostnaden per kvadratmeter fönsteryta.

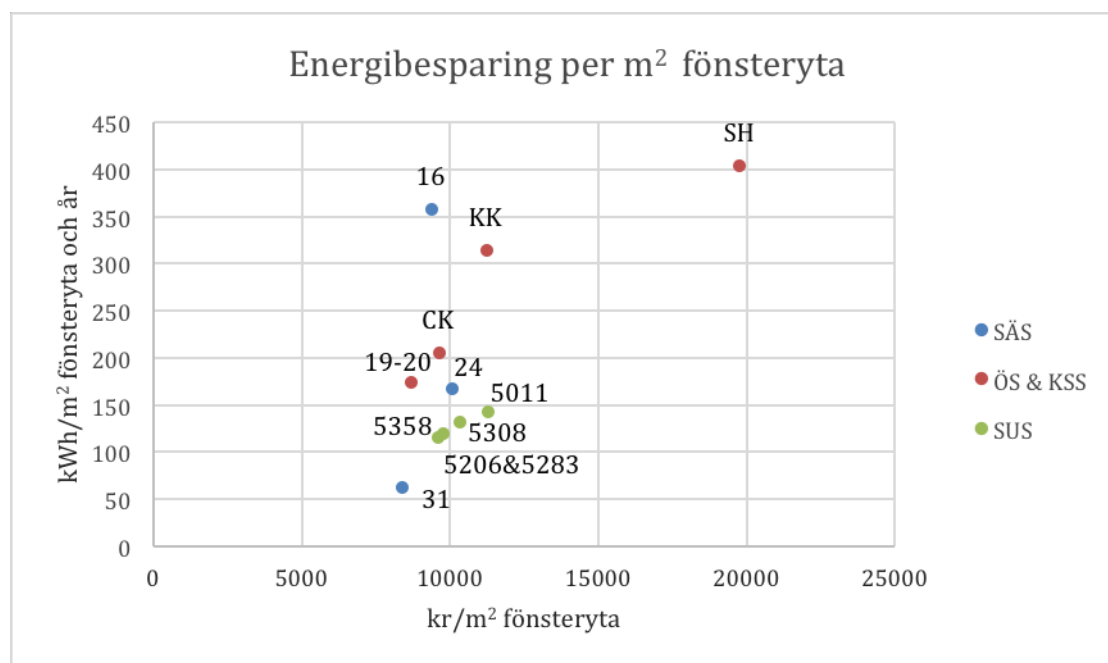


Diagram 8: Energibesparing per m² fönsteryta för fönsterbyte

Kostnaden per kvadratmeter fönsteryta visar sig jämn i diagram 8 utom för Servishuset som kostar mer på grund av att bygganden har öppningsbara fönster vilket är dyrt att köpa i jämförelse med dess fönsterarea. På grund av att Servicehuset har stora transmissionsförluster och liten fönster area blir dess energibesparing hög. Kvinnoklinikens har precis som Servicehuset stora transmissionsförluster. De har dessutom billiga fönster vilket gör att dess kostnad hamnar nära resterande byggnader. Överlag ligger Östra Sjukhuset och Kärnsjukhuset i Skövde på bäst besparingspotential per kvadratmeter fönsterarea. Av Sahlgrenska sjukhusets byggnader visar byggnad 5011 bäst besparingspotential och har även högst U-värde.

Nyckeltal för Sahlgrenska Universitetssjukhuset är 10 254 kr/m² fönsterarea, Södra Älvsborgs sjukhus blir 9 906 kr/m² fönsterarea och Östra sjukhuset samt Kärnsjukhuset i Skövde blir 9 767 kr/m² fönsterarea. Servicehuset har valts bort ur medelvärdet eftersom deras fönster har öppningsbara fönster som är dyrare än resterande och ger därmed ett missvisande värde om den tas med.

4.2.4 Total energibesparing procentuellt

I diagram 8 visas resultatet för den procentuella energibesparingen.

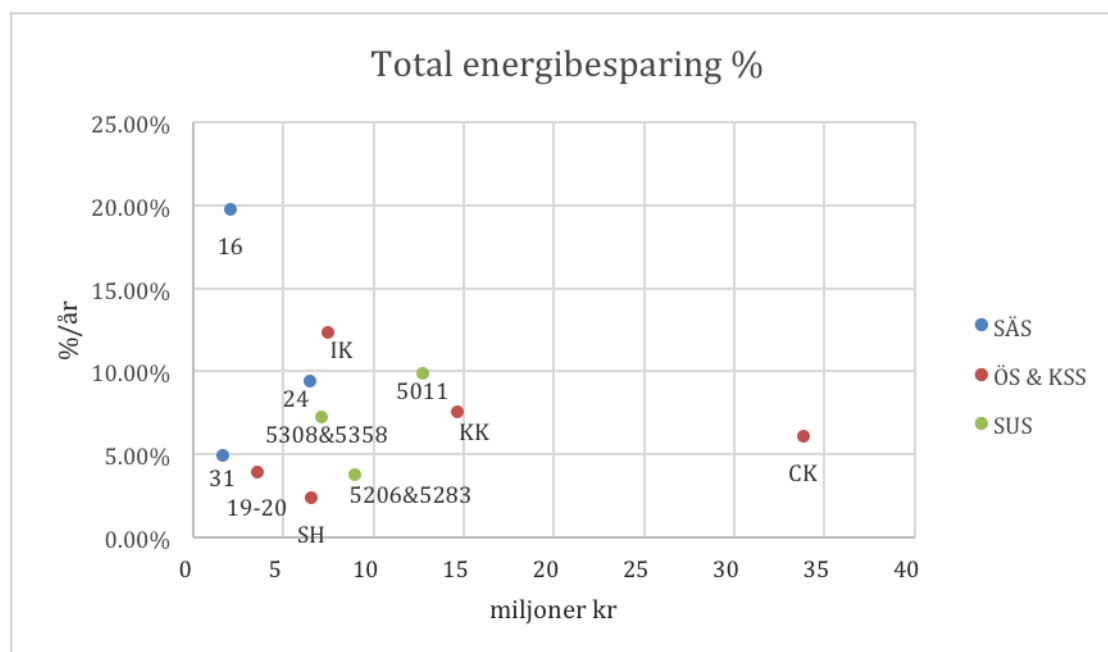


Diagram 9: Total energibesparing i % för fönsterbyte

Östra sjukhuset och Kärn sjukhuset i Skövde påvisar i diagram 9 att de procentuellt inte har någon större energibesparing jämfört med andra byggnader. Det på grund av att byggnaderna har en stor verksamhetsenergianvändning. Byggnad 16 på Södra Älvsborg sjukhus kan här anses missvisande på grund av antaganden om stora köldbryggor vid fönstren.

4.2.5 Sammanfattning av fönsterbyte

Östra sjukhuset påvisar en väldigt stor energibesparingspotential vid fönsterbyte. Det är många fönster som behöver bytas för Centralkliniken och Kvinnokliniken men medför även en hög energibesparingspotential. Gör energibesparande åtgärder som justeringar eller byten av el eller ventilation skulle energibesparingsens procentuella resultat kunna bli ännu högre. Södra Älvsborgs sjukhus och Sahlgrenska sjukhus visar en jämlig energibesparing fastän Sahlgrenska ofta är något dyrare.

4.3 Sammanfattning av nyckeltal

Sahlgrenska Universitetssjukhuset har jämna kostnader mellan deras byggnader vilket gör att nyckeltal har kunnat tas ut. Då Södra Älvsborgs sjukhus och Östra Sjukhuset har få byggnader i jämförelse med Sahlgrenska Universitetssjukhuset har det varit omöjligt att få fram nyckeltal för alla sjukhusen. Det är för stora intervall mellan

kostnaderna där nyckeltal inte tagits ut och värdet blir missvisande istället för hjälpsamt.

5 Analys av resultaten

Kapitlet behandlar arbetets analys och komplexitet. Då det finns flera infallsvinklar är det svårt att enbart utifrån siffror bestämma vad som är rätt åtgärd för en byggnad, i vissa fall kan en åtgärd vara en nödvändighet mer än en energibesparing. På grund av att det finns patienter i de flesta byggnaderna blir större åtgärder mer komplexa att utföra, till exempel vart ska patienterna förflyttas om en eller flera avdelning behöver stängas. Buller, damm och avfall som stör vården och patienterna som befinner sig i byggnaden eller i omnejd. Eftersom verksamheten inte är homogen är det svårt att avgöra hur mycket energi som är nödvändigt att förbruka för en byggnad. Speciellt för en sjukhusbyggnad där det finns stora krav på ventilation och renlighet beroende av verksamhet som kvinnokliniker och bårhus som exempel.

Ur energisynpunkt är frågan om en nybyggnation i framtiden kan spara mer energi i jämförelse med ombyggnation. Det som måste beaktas är den inneboende energin i befintliga material som går förlorade vid rivning och den energi som behöver tillföras med nytt material. Ur ett långsiktigt hållbarhetsperspektiv skulle det kunna vara bra att utreda vissa dåligt underhållna byggnader. En beräkning bör göras på hur många år det tar innan inventeringen ger en vinst och hur vilken kostnad som besparas därefter. En tät byggnad som har ny teknik och funktioner som passar just för den verksamheten som ska bedrivas i byggnaden bör spara mer energi. Självklart tillkommer mycket komplikationer då vården idag redan är överbelastad och att patienter kommer behöva förflyttas, frågan är var får de plats under tiden. Även en större åtgärd som tilläggsisolering av fasad skapar problem då stora gängstänger ska borraras igenom nuvarande fasad och rum kommer behöva tömmas på patienter, dessutom är det höga ljudnivåer det handlar om där patienten kan påverkas.

Då flera byggnader visar sig vara i stort behov av underhåll borde en drift- och underhållsplan läggas upp för till exempel 30 år framåt i tiden. Där bör det ingå att göra kontroller på att till exempel drift och ventilation fungerar som den ska. Att använda sig av en drift- och underhållsplan gör att Västfastigheter kan planera för stora kostnader som en fasadåtgärd eller när ett fönsterbyte bör ske och på så sätt ekonomiskt planer för stora utgifter, eller åtminstone se över i vilket skick byggnaden är och när det kan tänkas ske en fasadåtgärd eller ett fönsterbyte. Energikartläggningen som Västfastigheter utfört är en väldigt bra grund för en ordentlig drift och underhållsplan.

Det kan vara värt att göra en livscykelkostnadsanalys på de åtgärder som kan tänkas göras. Att gå igenom den totala kostnaden för att utföra en åtgärd där det tydligare visar hur stor eller liten inverkan kostnaden kommer att ha, alltså en energiåtgärd som har en stor insatskostnad kan i längden spara in mer energi och på så vid även pengar.

För att dra ner energianvändningen skulle solceller kunna placeras på tak, speciellt på Södra Älvsborgs sjukhus och Kärnsjukhuset i Skövde som ger bra möjligheter för en solcellsanläggning. När sjukhuset producerar viss egen energi går kostnaderna ner för inköp av energi.

När vi har gått igenom alla rapporter om de utvalda byggnaderna ser vi att ventilationsåtgärder som injustering, byte av aggregat, byte eller tillförsel av värmeåtervinningsfläktar, optimering med mera visar på mycket energieffektiva

resultat och även till en liten kostnad jämfört med tilläggsisolering i fasad och fönster. Gör även klimatskalet mer energieffektivt så de stora köldbryggorna försvinner finns även möjligheter för en mer effektiv ventilation.

5.1 Fasad

Utredningen visar att tilläggsisolering inte ger den bästa avkastningen för energibesparing jämfört med åtgärder som ventilationsbyten. Dock är det viktigt att beakta hur många fasader som upplevs släppa igenom värme och visar på drag i byggnaden. De flesta fasaderna är byggda från 1930-talet till 1970-talet, då väggsisoleringen är knapp eller ibland obefintlig. För att en fasads totala livslängd ska hålla behöver den även underhållas genom åren. Något som är intressant att fundera över är vilken kassa som ska användas för ett underhåll som tilläggsisolering, eftersom flera byggnader påvisar att åtgärden behöver utföras. Ett resonemang är att en åtgärd som tilläggsisolering går under renoveringskostnader istället för energibesparing eftersom det är en nödvändig åtgärd för en del byggnader men avkastningen blir inte så hög.

5.2 Fönster

Många fönster som idag finns i byggnaderna har ett högt U-värde, flera ligger på 2.9 kWh/°C eller över vilket gör att det blir ett kallras i byggnaderna som är obehagligt för personal och patienter. Åtgärden fönsterbyte visar på ett brett intervall av hur mycket energi som besparas procentuellt, generellt från 3 % till 10 %. Positivt med ett fönsterbyte är att om möjligheten finns att göra bytet inifrån behöver enbart till exempel ett patientrum vara ockuperat under dagen då själva bytet utförs.

6 Diskussion och slutsatser

En sammanfattning följer i det här kapitlet genom diskussion och slutsatser. I diskussionen tar vi upp vad som gjort arbetet komplex och vilka utmaningar vi bemött. Slutsatsen innehåller de resultat vi har tagit fram ur sammanställningen och rapporten.

6.1 Diskussion

Under arbetets gång har det flertalet gånger uppstått problem som försvårat sammanställningen och dess resultat. Till exempel har underlaget för de rapporter vi använt som grund för en energieffektiv utvärdering varierat. Framförallt hos de äldre byggnaderna har ritningsunderlag varit knappt, vilket lett till att konsulterna varit tvungna att anta och uppskatta byggnadens konstruktion och U-värden enligt den tidsepok byggnaden uppfördes.

Vi borde också gått in djupare på informationen som finns om byggnaderna då det har visat sig under arbetets gång att flera utvalda byggnader har fått eliminerats ur analysen på grund av bristfällig information. Då rapporterna ofta har genomfört åtgärdspaket där flera åtgärder bedöms tillsammans har energibesparingen inte alltid vart möjlig för oss att räkna ut. Exempelvis har energibesparingen för fönsterbyte slagits ihop och utvärderats tillsammans med energibesparingen för vindsisolering för byggnad 35 vid SÅS. Det gör det omöjligt att få en uppfattning om hur stor besparingen blir för fönsterbyte respektive vindsisolering för byggnaden. De flesta åtgärdspaketen har även utvärderats kumulativt. Det ger problem då två åtgärdspaket kan "hjälpa" varandra och den energibesparing som utgörs ofta blir större än vid om de utförs enskilt.

Något som försvårat sammanställningen är att i flertalet av byggnaderna har det skett ombyggnationer och/eller tillbyggnationer. Exempelvis kan det vara två plan som ett fönsterbyte har genomförts. Det gör det svårt att ta fram en mall över vilka åtgärder som hade rekommenderats och är den största anledningen till varför varje byggnad bör besiktigas ordentligt innan några val görs. Att utvärdera utefter en byggnads ålder blir i princip omöjlig då hela byggnaden kan vara från 1936, förutom fönster som byttes i början av 90-talet. Eller att i vissa fall endast en fasadsida har undergått underhåll.

Bakom rapporterna har flera olika konsultföretag varit inblandade. Det har gjort att rapporterna som presenterar byggnaderna har flera olika författare. Alla har haft en gemensam mall att arbeta utefter men skiljer fortfarande mycket i informationen de innehåller. Det gör att det blir svårare att få en helt klar bild över hela byggnadsbeståndet.

En fråga vi har ställt oss är var gränsen går för hur mycket man kan generalisera. Exempelvis är siffrorna i underlaget vi använder oss av i vissa fall generaliserade och de åtgärder vi ytterligare har beräknat blir ännu mer generaliserade. När blir siffrorna för förenklade och därmed missvisande.

En svårighet har vart att flera byggnader är sammansatta i en och samma rapport, detta då de har gemensamma ventilationssystem eller fysiskt sitter ihop. Är en

byggnad byggd under 1930 och sen ytterligare ihopbyggd under 1950 försvårar det undersökningen på det sättet att byggnaderna har olika förutsättningar men ändå beräknas som en byggnad. Det hade kunnat ge en mindre generaliserad bild om byggnaderna undersöktes var för sig.

Det som varit positivt med arbetet är att vi inte har stått utan material eller personer att kontakta. Bara energirapporterna har mängder med information där hur mycket information som helst kan utvinnas. En styrka med arbetet är att det går att bygga vidare på ytterligare examensarbeten där till exempel ventilationstekniken undersöks djupare då flertalet åtgärder faktiskt bygger på ventilationsjusteringar eller byten av ventilationsutrustning. Speciellt eftersom åtgärderna som görs på ventilation ofta visar en bättre utkomst ur energibesparing och till en mindre kostnad jämfört med de byggtkniska åtgärderna. Ett annat sätt att gå till väga skulle kunna vara en större utredning av ett sjukhus istället för fyra. Om alla de utvalda byggnaderna har något sånär liknande byggkonstruktioner skulle värdefulla nyckeltal kunna tas ut för just den byggnadstypen.

Slutligen är frågan om Västfastigheter faktiskt kommer att klara sin målsättning med att sänka med sin energianvändning för att klara de uppsatta målen. Ser vi på byggnadernas maximala besparingspotential är det få som når upp till en besparing på 50 %. Den maximala besparingen har även kostsamma åtgärder som ger liten påverkan på den hela energibesparingen. Att uppnå en besparing på 20 % är mycket rimligare, då de flesta byggnader kan få en bra besparing till en låg kostnad vid driftoptimering och vissa installationstekniska åtgärder. Sen är många byggnader i behov av att rustas upp som skulle ge den extra besparingen som behövs för att uppnå 20 %.

6.2 Slutsats

I rapporten har vi nu granskat energibesparing och kostnad för att utföra åtgärderna tilläggsisolering i fasad och tak samt fönsterbyte. Sammanställningen har gjorts utefter energisimuleringar och kostnadskalkyler för att ta fram nyckeltal. Det har visat sig svårt att få ut bra nyckeltal men det vi kan konstatera är att enligt våra resultat är en tilläggsisolering i fasad bäst att utföra på en putsfasad eller en tegelbyggnad, dock kostar åtgärder på en tegelbyggnad mer. Ett fönsterbyte har visat sig mest lönsamt ur energi- och besparingssynpunkt för de byggnaderna som har sandwichelement.

De nyckeltal som tagits ut är:

Sahlgrenska Universitetssjukhuset:

- 1 385 kr/m² tempererad area vid tilläggsisolering av fasad.
- 3 394 kr/m² fasadarea vid tilläggsisolering av fasad.
- 10 245 kr/m² fönsterarea vid fönsterbyte.

Södra Älvsborgs sjukhus:

- 9 906 kr/m² fönsterarea vid fönsterbyte

Östra sjukhuset och Kärnsjukhuset i Skövde:

- 9 767 kr/m² fönsterarea vid fönsterbyte.

7 Referenser

- Almström, T. och Davidsson T. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Öst, Södra Älvsborgs sjukhus, Byggnad 16*.
- Boverket. (1968) Utdrag ur äldre byggregler för OVK – SBN 67. <http://www.boverket.se>, tabell 36:412. (2013-04-29)
- Boverket. (1968) Utdrag ur äldre byggregler för OVK – SBN 67. <http://www.boverket.se>, tabell 36:412. (2013-04-29)
- Boverket. (2010a) *Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI*, Karlskrona: Boverket internt tryckeri.
- Boverket. (2010b) *God bebyggd miljö – Utvärdering av delmål för God inomhusmiljö – resultat från projektet BETSI*. Karlskrona: Boverket internt.
- Boverket. (2011a) *Regelsamling för byggande, BBR 2012*, Mölnlycke: Elanders Sverige AB.
- Boverket. (2011b) *Boverkets byggregler*. 2011:6. Karlskrona: Boverket internt. (BBR, BBR 18, BFS 2011:6).
- Boverket. (2012) Vad är Atemp för något?. <http://www.boverket.se>, sökord: Atemp. (2013-05-21)
- Björsell, E. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Öster, Södra Älvsborgs Sjukhus Borås, Byggnad 31*.
- Brändemo, L. (2012a) *Energikartläggning – Distrikt Borås, Byggnad 24*.
- Brändemo, L. (2012b) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad 4236 & 4234 A, Centralkliniken*.
- Brändemo, L. (2012c) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad SH*.
- Brändemo, L. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad KK*.
- Byggnyheter. (2011), <http://www.byggnyheter.se>
<http://www.byggnyheter.se/2011/03/sahlgrenska-universitetssjukhuset-bygger-f-r-framtiden>. (2013-05-22)
- Din Byggare. (2011) Tilläggsisolering av fasaden med mineralull. <http://dinbyggare.se>. (2013-04-30)
- Ekstedt G, Kullenberg L. (2013) <http://www.wagnerform.de>,
<http://www.wagnerform.de/referenser/sjukhus/sahlgrenska.php>. (2013-05-29)

- Energimyndigheten. (2009) *Att tilläggsisolera hus – fakta, fördelar och fallgropar*. Kristianstad: CM-gruppen.
- Eniro. (2013a) <http://eniro.se>, Sökord: Sahlgrenska Universitetssjukhuset, koordinater: WGS 84 decimal (lat, lo): 57.68395, 11.96375. (2013-05-29)
- Eniro. (2013b) <http://eniro.se>, Sökord: Sahlgrenska Universitetssjukhuset, koordinater: WGS 84 decimal (lat, lo): 57.6817, 11.95981. (2013-05-29)
- Eniro. (2013c) <http://eniro.se>, Sökord: Sahlgrenska Universitetssjukhuset, koordinater: WGS 84 decimal (lat, lo): 57.68320, 11.96273. (2013-05-29)
- Eniro. (2013d) <http://eniro.se>, Sökord: Kärnsjukhuset i Skövde, koordinater: WGS 84 decimal (lat, lo): 58.42718, 13.85145. (2013-05-29)
- European Union. (2011) *Energy 2020 – A strategy for competitive, sustainable and secure energy*. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- European Union. (2012) *Energy roadmap 2050*. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Eurostat. (2013) Gross inland energy consumption, by fuel. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, sökord: TSDCC320. (2013-04-15)
- Fastighet och bostadsrätt. (2010) <http://www.fastighetochbostadsratt.com>, <http://www.fastighetochbostadsratt.com/Projekt/29522-NCC-bygger-om-Sodra-Alvsborgs-sjukhus.html>. (2013-05-22)
- International Energy Agency. (2013) Unitconverter. <http://www.iea.org/stats/unit.asp>. (2013-04-15)
- Jönsson, H. (2012a) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5205 & 5255 - Patologen*.
- Jönsson, H. (2012b) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5206 & 5283 KK*.
- Jönsson, H. (2012c) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska, Byggnad 5011 - Elevhemmet*.
- Källgren, A. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Öst, KSS, Byggnad 19 och 20*.
- Ottosson, E. (2012) *Energikartläggning – Distrikt Öster, Kärnsjukhuset Skövde, Byggnad 4-6, 22-24*.
- Ottosson, E. (2013a) *Energikartläggning – Distrikt Öst, SÄS, Byggnad 1*.
- Ottosson, E. (2013b) *Energikartläggning – Distrikt Öster, Södra Älvsborgs sjukhus Borås, Byggnad 35 Försörjningscentralen*.
- Regeringskansliet. (2000) *Framtidens miljö – allas vårt ansvar*. <http://www.regeringen.se>, sökord: SOU 2000:52 (2013-05-13)

- RJK Windows. (2013) Vad är ett modernt energifönster?, <http://www.rjk-windows.com>. (2013-05-06)
- Sahlgrenska Universitetssjukhuset. (2010) Historik, <http://www.sahlgrenska.se>. (2013-05-02)
- Schnell Forkman, M. (2010) <http://www.sverigesradio.se>, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=97&artikel=3978418>. (2013-05-29)
- Semrén & Månsson. (2013) Östra sjukhuset, <http://www.semren-mansson.se>. (2013-04-16)
- Svensson, J. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Östra Sjukhuset, Byggnad CK 34CD*.
- P4 Sjukhärad. (2011) <http://www.sverigesradio.se>, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=95&artikel=4583403>. (2013-05-29)
- Tennerhed, A. (2013) *Energikartläggning – Distrikt Göteborg, Sahlgrenska Sjukhuset, Byggnad 5308, 5358*.
- Ullnert, M. (2012a) <http://www.mynewsdesk.se>, http://www.mynewsdesk.com/se/pressroom/sahlgrenska_universitetssjukhuset/_image/view/oestra-sjukhuset-sahlgrenska-universitetssjukhuset-goeteborg-159855. (2013-05-29)
- Ullnert, M. (2012b) <http://www.mynewsdesk.se>, http://www.mynewsdesk.com/se/pressroom/sahlgrenska_universitetssjukhuset/_image/view/oestra-sjukhuset-sahlgrenska-universitetssjukhuset-goeteborg-159849. (2013-05-29)
- Västra Götalandsregionen. (2012a), Västra Götaland – Vårt område, <http://www.vgregion.se>, <http://www.vgregion.se/sv/Vastra-Gotalandsregionen/startsidal/Om-Vastra-Gotalandsregionen/-Vastra-Gotaland/>. (2013-04-15)
- Västra Götalandsregionen. (2012b) SÄS Historia, <http://sas.vgregion.se>. (2013-05-06)
- Västfastigheter. (2013) <http://www.vastfast.vgregion.se>, <http://vastfast.vgregion.se/sv/Vastfastigheter2/Vastfastigheter/Vastfastigheter-Fastighet---Sok/Vastfastigheter-Fastighet---Sok/Platshallare---Distrikt-Ost/Karnsjukhuset-i-Skovdel>

International Energy Agency
Working together to ensure reliable, affordable and clean energy

Русский 中文网页

Search our site SEARCH

Connect with us: RSS Twitter Facebook LinkedIn YouTube

HOME ABOUT US TOPICS COUNTRIES NEWSROOM AND EVENTS PUBLICATIONS STATISTICS

Home > Statistics > Unit Converter

Statistics

Energy balance flows Energy indicators European gas trade flows Key World Energy Statistics

Unit Converter

1. Choose units
2. Type number into one of the input boxes
3. Click on the convert button

kilo (k) 10³ mega (M) 10⁶ giga (G) 10⁹ tera (T) 10¹² peta (P) 10¹⁵

| General Converter for Energy | | | | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| MJ | Gcal | ktoe | MBtu | PWh | Mtce | Reset |
| change units | 16650950000. | 1665095.0000 | 66076300651. | 19.365054850 | 2378.7071429 | Convert |

Sammanställning fönsterbyte:

| FÖNSTER | Ålder | Atemp [m ²] | Totala energianvändningen [kWh/år] | Energibesparing Värme [kWh/år] | Energibesparing EI [kWh/år] | Totala energibesparingen [kWh/år] | Energibesparing [%] |
|---------------|---------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| SÅS 16 | 1936 | 2041 | 251 152 | 78 797 | 7 | 78 790 | 31,37% |
| SÅS 24 | 1938 | 7165 | 1 139 388 | 107 000 | 0 | 107 000 | 9,39% |
| SÅS 31 | 1943 | 2305 | 214 980 | 12 000 | 0 | 12 000 | 4,96% |
| Östra KK | 1968 | 21 791 | 5 229 241 | 408 861 | 0 | 408 861 | 7,82% |
| Östra SH | 1972 | 11 370 | 4 990 853 | 134 006 | 0 | 134 006 | 2,69% |
| Östra CK | 1978 | 49 430 | 10 999 798 | 719 325 | 0 | 719 325 | 6,54% |
| KSS 19-20 | 1968-76 | 13 022 | 1 669 000 | 76 000 | 0 | 76 000 | 4,25% |
| SUS 5011 | 1936 | 9728 | 1 204 164 | 128 578 | 315 | 119 000 | 9,86% |
| SUS 5255 | 1975 / 1951 | 5640 | 4 624 001 | 388 600 | -712 | 387 888 | 8,39% |
| SUS 5308 | 1936 | 4783 | 1 240 869 | 65 000 | 0 | 65 000 | 7,25% |
| SUS 5358 | 1963 | 2097 | 1 240 869 | 25 000 | 0 | 25 000 | 7,25% |
| SUS 5206&5283 | 1938 / (1962) | 12 175 | 2 843 000 | 107 606 | 96 | 107 702 | 3,79% |

*Den totala energianvändningen för 5308 och 5358 är sammanslagen. Innebär att besparingen i procent redovisas för båda byggnaderna tillsammans.

| FÖNSTER | Kostnad [kr] | Kr per besparad kWh [kr/kWh] per år | Kostnad per Atemp [kWh/m ²] per år | Totala energibesparingen per Atemp [kWh/m ²] per år | Antal fönster | Fönsterarea inklusive karm [m ²] | Besparing [kWh/år] per m ² fönsterarea | Kostnad per m ² fönsterarea |
|---------------|--------------|-------------------------------------|--|---|---------------|--|---|--|
| SÅS 16 | 2 076 000 | 26,35 | 1017,15 | 38,6 | 101 | 221 | 356,5 | 9394 |
| SÅS 24 | 6 450 000 | 60,28 | 900,2 | 14,93 | 327 | 639 | 167,5 | 10094 |
| SÅS 31 | 1 610 000 | 134,17 | 698 | 5,2 | 93 | 192 | 62,5 | 8385 |
| Östra KK | 14 654 000 | 35,84 | 672,47 | 18,76 | 1157 | 1904 | 313,5 | 11238 |
| Östra SH | 6 562 500 | 48,97 | 577,18 | 11,79 | 264 | 332 | 403,6 | 19767 |
| Östra CK | 33 265 000 | 46,24 | 673 | 14,55 | 1723 | 3510 | 204,9 | 9650 |
| KSS 19-20 | 3 546 000 | 49,94 | 272,3 | 5,45 | 241 | 407 | 174,4 | 8413 |
| SUS 5011 | 9 361 383 | 78,68 | 962,3 | 12,23 | 462 | 830 | 143,4 | 11279 |
| SUS 5255 | | | | | | | | |
| SUS 5308 | 5 075 000 | 48,08 | 1061,01 | 13,59 | 212 | 491 | 132,4 | 10336 |
| SUS 5358 | 2 050 000 | 82 | 977,58 | 11,92 | 92 | 210 | 119 | 9762 |
| SUS 5206&5283 | 8 961 000 | 83,2 | 736,02 | 8,84 | 388 | 933 | 115,4 | 9605 |

Sammanställning tilläggsisolering av fasad:

| TILLÄGGSISOLERING | Ålder | Atemp [m ²] | Totala energianvändningen [kWh/år] | Energibesparing Värme [kWh/år] | Energibesparing EI [kWh/år] | Totala energibesparingen [kWh/år] | Energibesparing [%] |
|-------------------|-----------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| SÅS 1 | 1955 | 6166 | 780 449 | 169 478 | -860 | 148 200 | 18,99% |
| SÅS 16 | 1936 | 2041 | 251 152 | 51 580 | 11 | 51 850 | 20,64% |
| SÅS 24 | 1938 | 7165 | 1 139 388 | 15 375 | 0 | 75 000 | 6,58% |
| Östra KK | 1968 | 21 791 | 5 229 241 | 207 584 | 0 | 207 584 | 3,97% |
| Östra CK | 1978 | 49 430 | 10 999 798 | 470 976 | 0 | 470 976 | 4,28% |
| SUS 5011 | 1936 | 9728 | 1 204 614 | 264 361 | -419 | 263 942 | 21,91% |
| SUS 5255 | 1951/1975 | 5640 | 4 624 001 | 130 600 | -2327 | 128 273 | 2,77% |
| SUS 5308 | 1936 | 4783 | 1 240 869 | 140 000 | 0 | 140 000 | 17,00% |
| SUS 5358 | 1963 | 2097 | 1 240 869 | 40 000 | 0 | 40 000 | 5,00% |
| SUS 5206&5283 | 1938/1962 | 12 175 | 2 843 000 | 348 097 | -6964 | 341 100 | 12,00% |

| Kostnad [kr] | Kr per besparad kWh [kr/kWh] per år | Kostnad per Atemp [kWh/m ²] per år | Totala energibesparingen per Atemp [kWh/m ²] per år | Fasadarea som tilläggsisoleras [m ²] | Besparing [kWh/år] per m ² fasadarea | Kostnad per m ² fasadarea |
|--------------|-------------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------------|
| 5 106 000 | 34,45 | 828,09 | 24,04 | 2470 | 60,00 | 2067 |
| 2 130 000 | 41,08 | 1043,61 | 25,4 | 751 | 69,04 | 2863 |
| 5 441 291 | 72,55 | 759,42 | 10,46 | 1921 | 39,04 | 2832 |
| 19 952 000 | 96,12 | 915,61 | 9,53 | 5200 | 39,92 | 3836 |
| 40 260 000 | 85,48 | 814,48 | 9,53 | 13750 | 34,25 | 2928 |
| 12 570 600 | 47,63 | 1292,21 | 27,13 | 3380 | 78,09 | 3719 |
| 7 390 550 | 57,62 | 1310,38 | 23,15 | 2200 | 58,31 | 3359 |
| 6 000 000 | 42,86 | 1254,44 | 29,27 | 1940 | 72,16 | 3092 |
| 2 900 000 | 72,5 | 1382,92 | 19,07 | 870 | 45,98 | 3333 |
| 20 630 150 | 60,48 | 1694,47 | 28,01 | 5950 | 57,33 | 3467 |