

Energieffektivisering av kontorsbyggnader vid ombyggnation

En studie av Kv. Skjutsgossen 8

Carl Åkerhielm

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2012
Rapport TVIT-12/5036



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmsystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Energieffektivisering av kontorsbyggnader vid ombyggnation

En studie av Kv. Skjutsgossen 8

Carl Åkerhielm

© *Carl Åkerhielm*
ISRN LUTVDG/TVIT--12/5036--SE(63)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Sammanfattning

Vid om- och tillbyggnation av lokaler finns det stora möjligheter att rejält kunna sänka energianvändningen. Idag finns det cirka 62500 byggnader i Sverige som används som lokaler. Det är inte alltid nödvändigt att bygga nytt för att få en energieffektiv byggnad.

Detta examensarbete handlar till största delen om energiuppföljning av Kv. Skjutsgossen 8 på Södermalm i Stockholm. Byggnaden används som huvudkontor för konsultfirman Ramböll Sverige AB. Byggnaden har byggts om och byggts till under åren 2008 till 2010. Ett stort fokus under ombyggnationen har varit att sänka energianvändningen samt skapa en god inomhusmiljö.

Syftet med studien är att följa upp energianvändningen efter ombyggnad för att undersöka hur genomförda åtgärder har påverkat husets energianvändning jämfört med före ombyggnaden och jämfört med beräknad energianvändning.

Energianvändningen efter ombyggnad har följts upp med teoretiska beräkningar i datorprogrammet VIP-Energy samt uppmätta värden på energianvändningen. Några andra aspekter som har betydelse för energianvändningen har även studerats. Det har gjorts en termografering av byggnaden ett år efter ombyggnationen för att studera köldbryggor och luftläckage.

För att kunna göra en uppföljning kring energianvändningen har energiberäkningsmodell som användes under projekteringen uppdaterats med ny relationshandlings indata. Energiberäkningen har utförts i programmet VIP-Energy. Resultaten från dessa beräkningar har sedan jämförts med den faktiskt uppmätta energianvändningen för huset. Resultaten visar på att den beräknade energianvändningen är 15 % högre än den uppmätta energianvändningen för samma period.

VIP-Energy har också använts för att se hur olika åtgärder påverkar energianvändningen för Kv Skjutsgossen 8. Detta kan vara till stor hjälp vid projektering av liknande projekt och för en fortsatt energieffektivisering av Kv. Skjutsgossen 8. De enklaste åtgärder som minskar energianvändningen mest är att höja värmeåtervinningsgraden i ventilationssystemet samt att minska användningen av verksamhetsenergi. För att visa på känsligheten vid val av klimatindata i simuleringen har den gjorts med klimatindata från Stockholm under åren 2008, 2009 och med VIP Stockholm standardklimat. Skillnaden på energianvändningen mellan dessa klimat är 18,2%.

Före ombyggnationen användes byggnaden som kontor åt länsrätten. De siffror som gått att få tag på från före ombyggnationen visar på en uppmätt energianvändning på ca 225 kWh/m²,år. Efter ombyggnationen är den uppmätta siffran för energianvändningen nere på 132,8 kWh/m²,år. Energisimuleringen ger en beräknad total energianvändning på 160,2 kWh/m²,år efter ombyggnationen. Det åtgärder som vidtagits vid ombyggnationen är enligt tabell 1 nedan.

Tabell 1. Energipåverkande åtgärder

Åtgärd	Påverkan på energianvändningen
Borttagning av invändig isolering	Ökad energianvändning, bättre inomhusklimat
Utbyte och komplettering av nya fönster	Minskad energianvändning, bättre inomhusklimat
Borttagen takisolering	Ökad energianvändning
Nya installationssystem	Minskad energianvändning, bättre inomhusklimat

Examensarbetet berör också hur olika normer kring energiberäkningar påverkar resultatet. Med dagens svenska normer kan man styra energianvändningen på ett sådant sätt att resultatet blir inom vad som idag är godkänt, detta utan att den totala energianvändningen är speciellt låg. Genom att öka byggnadens verksamhetsenergi sänks i de flesta fall den specifika energianvändningen. BBR styr endast byggnadens specifika energianvändning och inte verksamhetsenergin. I Norge har man valt att utforma sin norm NS3031 för energiberäkningar på ett annat sätt. Den Norska normen styr mycket mer indata till simuleringen som t.ex. verksamhetsenergi och luftomsättning. Alla byggnader simuleras också med samma klimatdata oberoende av vart i landet byggnaden är placerad. Detta medför att det är svårare att kunna påverka resultatet från beräkningen med hjälp av att t.ex. öka internlasterna i byggnaden.

Förord

Först vill jag tacka mina två handledare Birgitta Nordquist på avdelningen för installationsteknik och Carluno Pålstedt på Ramböll. Både Carluno och Birgitta har haft ett mycket stort tålamod och varit en stor hjälp med både idéer, litteratur och korrekturläsning, tack för alla intressanta diskussioner.

Jag vill också tacka mina kollegor Pekka Laurila, Tryggvi Nielsen, David Lindgren och min chef Sanna Turina som ingått i den grupp som arbetat med den särskilda satsningen mot energieffektiva hus. Denna grupp har varit ett perfekt bollplank och kunskapsbank.

Jag vill också tacka Sune Häggbom från Sunda Hus Rådgivning för ett stort stöd med programmet VIP-energy och som delat med sig av sin stora erfarenhet från liknande projekt.

Ett tack går också till mina övriga kollegor vid hus-avdelningen på Ramböll i Stockholm för uppmuntran och glada tillrop.

Till sist vill jag ge ett stort tack till min fästmö Suzanne Rapp för hennes tålamod och uppmuntran under tiden detta examensarbete har skrivits.

/Carl Åkerhielm
Stockholm 2012-08-07

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
FÖRORD	5
1. INLEDNING	9
1.1 BAKGRUND TILL EXAMENSARBETET	9
1.2 ENERGIEFFEKTIVISERING.....	9
1.2.1 <i>Energianvändning i kontor</i>	9
1.2.2 <i>Belok Totalprojekt</i>	10
1.2.3 <i>Studie av värmeflöden i befintliga bostadsbestånd</i>	11
1.2.4 <i>Energibesparing i vid ombyggnation</i>	12
1.3 SYFTE	12
1.4 METOD	12
1.5 AVGRÄNSNINGAR	12
2. OM- OCH TILLBYGGNINGEN AV KV. SKJUTSGOSSEN 8	13
2.1 PROJEKTERING OCH ENTREPRENÖR.....	14
2.2 ENERGIPÅVERKANDE ÅTGÄRDER	14
2.3 KLIMATSKAL	15
2.4 BYGGNADENS AREA	16
2.5 VENTILATION, UPPVÄRMNING OCH INSTALLATIONER	16
3. ANALYTISKA METODER	19
3.1 ENERGIBALANS	19
3.2 BERÄKNINGSMETOD I VIP-ENERGY	20
4. ENERGIBERÄKNINGSDATA	21
4.1 MYNDIGHETERS REGLER FÖR INOMHUSKLIMAT I KONTOR	21
4.2 BERÄKNINGSINDATA FÖR KV. SKJUTSGOSSEN 8	21
4.2.1 <i>Klimatskal</i>	22
4.2.2 <i>Fönster</i>	25
4.2.3 <i>Areor, zonindelning och nyckeltal</i>	26
4.2.4 <i>Solskydd</i>	27
4.2.5 <i>Ventilation och installationer</i>	27
4.2.6 <i>Inomhusklimat</i>	29
4.2.7 <i>Uppmätt energianvändning</i>	29
4.3 FÄLTSTUDIE: TERMOGRAFERING	31
4.3.1 <i>Syfte</i>	31
4.3.2 <i>Metod</i>	31
4.3.3 <i>Utförande</i>	31
5. RESULTAT	33
5.1 BERÄKNAD ENERGIBALANS	33
5.2 BERÄKNAD ENERGIANVÄNDNING I VIP-ENERGY/UPPMÄTT EFTER OMBYGGNINGEN.....	34
5.3 TERMOGRAFERING AV KV. SKJUTSGOSSEN 8	37

5.4	KÄNSLIGHETSANALYS.....	37
5.5	VAD KAN GÖRAS FÖR ATT YTTRELIGARE SÄNKA ENERGIANVÄNDNINGEN.....	40
6.	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	43
7.	REFERENSER.....	47

1. Inledning

1.1 Bakgrund till examensarbetet

Inför framtida renoveringar och energieffektiviseringar av lokaler är det av stort värde att skaffa kunskap kring vad som kan uppnås vid renoveringar och vilket resultat man kan förvänta sig. Ett sätt att skaffa sig denna kunskap är genom att följa upp genomförda ombyggnader. Vid en sådan uppföljning kan erfarenheter erhållas kring vilken energianvändning som verkligen uppnås, inte bara de teoretiska siffror som beräknas vid projekteringen utan husets verkliga energianvändning. Denna kunskap kan användas vid nya ombygganden och en uppföljning kan möjligen även identifiera eventuella negativa eller icke påtänkta följder. Med lokaler avses BBR andra byggnader än byggnader som innehåller bostäder.

Huvudkontor för konsultfirman Ramböll Sverige AB, kvarteret (Kv.) Skjutsqossen 8 på Södermalm, har byggts om och byggts till under åren 2008 till 2010. Om- och tillbyggnationen av huset har haft stort fokus på att få ett energieffektivt kontor med god inomhusmiljö som känns och ser modernt ut.

1.2 Energieffektivisering

Vid om- och tillbyggnation av kontorshus finns det i stort sett i alla lokaler en möjlighet att kunna sänka energianvändningen [1]. Idag finns det cirka 62500 lokalbyggnader i Sverige. Dessa utgör tillsammans cirka 134,1 miljoner m² utthyrningsbar yta [2]. Av dessa är cirka 13,2% uppvärmda med olja, direktverkande el eller en kombination av båda dessa [2].

1.2.1 Energianvändning i kontor

Under 2005 kartlade konsultbolaget ÅF och K-konsult på uppdrag av Statens energimyndighet energianvändningen i 123 kontors- och förvaltningsbyggnader runt om i Sverige. Studien gjordes för att få fram tillförlitlig och detaljerad statistik på energianvändningen i kontor. En liknande studie gjordes 1990 men ansågs vara för inaktuell och odetaljerad för att kunna fortsätta användas som underlag. Rapporten från inventeringen 2005 blev klar 2007 och har titeln Förbättrad energistatistik för lokaler "stegvis STIL" rapport för år 1.

För de inventerade byggnaderna utgörs 90% av den tillförda energin för uppvärmning och tappvarmvatten av fjärrvärme [3]. För elanvändningen utgör belysning och fläktar tillsammans 37,5% av totala elanvändningen. Verksamhetselen utgör 53% av totala elanvändningen och fastighetselen utgör 47% av totala elanvändningen [4]. I genomsnitt är fläktarna i de inventerade byggnaderna påslagna ungefär halva dygnet. Den vanligaste ventilationstypen i de inventerade byggnaderna är CAV ventilation (75%)[5].

Medelvärden för specifik elanvändning i de inventerade byggnaderna är totalt 108,2 kWh/m² A_{temp} fördelat på verksamhetsel 57 kWh/m² A_{temp}, fastighetsel 44,5 kWh/m² A_{temp} och diverse 6,8 kWh/m² A_{temp}[4].

Vid jämförelse mellan den tidigare studien som gjordes 1990 [6] och den som gjordes 2005 kan man se följande skillnader i energianvändningen. För totalt levererad energi till kontor är skillnaden -10,6% mellan de två studierna. I exakta värden är det 218 kWh/m² år 1990 och 195 kWh/m² år 2005. Den största skillnaden i total levererad energi är att olja och elvärme har mer än halverats mellan studierna. En jämförelse av verksamhetsel och fastighetsel inklusive elvärme visar på en minskning i elanvändningen på 12,1% mellan de två studierna [7].

1.2.2 Belok Totalprojekt

BELOK (Beställargruppen Lokaler) gjorde i samarbete med Enno Abel med start 2007 en studie av möjliga energibesparingar i en befintlig lokal. Lokalen används som kontor och har en yta om 8460 m². Studien gjordes i tre etapper där etapp 1 visar på hur mycket olika energibesparande åtgärder kostar och vilken effekt dessa har på energianvändningen. *”Erfarenheterna från energibesparing i lokalbyggnader visar klart att de stora besparingarna återfinns i de tekniska systemen som belysningssystem, ventilationssystem, värmesystem, styr- och reglersystem och kylsystem. Utformningen av byggnadens klimatskärm och den byggnadstekniska utformningen i övrigt är av avgörande betydelse från första början då huset projekteras och byggs. När en lokalbyggnad väl är byggd blir det emellertid svårt att finna byggnadstekniska åtgärder som inte kostar alldeles för mycket i förhållande till de energibesparingar de kan ge.”* [8]. I etapp 2 genomförs sedan en ombyggnation av lokalen med energibesparande åtgärder. I etapp 3 färdigställs fastigheten och inflyttning sker, energianvändningen följs upp under ett år. Vid renoveringen byttes fönster ut, takisoleringen ökades, ventilationen byttes ut, ny fastighetsbelysning installerades, reduktion av internlaster genomfördes samt att nattkyla användes. Studien visar på en halvering av energianvändningen för fastigheten, se tabell 2 [9].

Tabell 2. Energianvändning för kontorsfastigheter i BELOK studien av Enno Abel

Energislag	Före åtgärder uppmätt kWh/m ² ,år	Efter åtgärder beräknat etapp 1 kWh/m ² ,år	Uppmätt efter etapp 3 kWh/m ² ,år
Fjärrvärme	95	27	48,5
Fastighetsel	65	36	20,8
Kyla	21	18	7,7
Hyresgästel	60	60	36,5

1.2.3 Studie av värmeflöden i befintliga bostadsbestånd

Dan Johansson har i sitt examensarbete undersökt energibesparande åtgärder i 133 självdragsventilerade småhus i Uppsala som är byggda år 1974. Studien bygger på simuleringar av hur olika åtgärder påverkar energianvändningen. Åtgärder som undersökts är tilläggsisolering av tak, byte av fönster, installation av FTX ventilation, ändring av inomhustemperatur och tilläggsisolering av vägg. Studien visar på energibesparingar på mellan 3%-32% beroende på åtgärder se tabell 3 [10]. Studien kan ge en fingervisning om vilka åtgärder som är möjliga att göra även fast typ av hus och verksamhet skiljer såg åt mot detta examensarbete.

Tabell 3. Energibesparing för olika åtgärder i småhus. Värmebehov och elbehov avser alla 133 småhusen sammanslagna till ett totalvärde, examensarbete av Dan Johansson.

	Värmebehov MWh	Elbehov MWh	Totalt MWh	Skillnad
Nollalternativ (temp 22°C)	3724	0	3724	0%
Temp 21	3508	0	3508	6%
Temp 23	3951	0	3951	-6%
Energifönster	3352	0	3352	10%
2-glas fönster, ny isolerruta	3603	0	3603	3%
Tak 200	3593	0	3593	4%
Tak 300	3569	0	3569	4%
Vägg 50	3559	0	3559	4%
Energifönster + Tak 300	3190	0	3190	14%
Energifönster + Tak 200	3215	0	3215	14%
Energifönster + Tak 300 + Vägg 50	3023	0	3023	19%
Energifönster + Temp 21	3162	0	3162	15%
Energifönster + Temp 21 + Tak 300	3017	0	3017	19%
FTX	3221	105	3326	14/11%
FTX + Tak 200	3089	105	3194	17/14%
FTX + Tak 300	3064	105	3169	18/15%
FTX + Tak 300 + Energifönster	2689	105	2795	28/25%
FTX + Tak 300 + E. fönster + Temp 21	2544	105	2649	32/29%

1.2.4 **Energibesparing i vid ombyggnation**

Enno Abels studie Belok Totalprojekt visar att det finns en stor potential att kunna sänka energianvändningen i befintliga lokaler. Detta kan med fördel göras då lokalen byggs om. Ombyggnationen av Kv. Skjutsgossen 8 visar att det går att skapa en modern lokal med bra inomhusklimat och samtidigt sänka energianvändningen.

1.3 **Syfte**

Syftet med studien är att följa upp energianvändningen efter ombyggnad för att undersöka hur genomförda åtgärder har påverkat husets energianvändning jämfört med före ombyggnaden och jämfört med beräknad energianvändning.

1.4 **Metod**

Energianvändningen efter ombyggnad har följts upp med teoretiska beräkningar i datorprogrammet VIP-Energy 1.0 samt uppmätta värden på energianvändningen. Byggnaden har termograferats ett år efter ombyggnationen för att kontrollera köldbryggornas omfattning.

1.5 **Avgränsningar**

Studien kommer endast att omfatta ombyggnadsdelen av Kv. Skjutsgossen 8 och inte de tillbyggda flyglarna. Flyglarna togs i drift under 2010 och uppföljning av dessa kunde inte göras året 2009/2010. Energiberäkningar kommer endast att göras i programmet VIP-Energy. Grundmodellen som beräkningarna utgår ifrån är en uppdatering av modellen som Sune Häggbom från Sundahus rådgivning sammanställde under projekteringen.

2. Om- och tillbyggnationen av Kv. Skjutsgossen 8

Huvudkontor för konsultfirman Ramböll Sverige AB, kvarteret (Kv.) Skjutsgossen 8 på Södermalm, har byggts om och byggts till under åren 2008 till 2010. Figur 1 nedan visar byggnaden efter ombyggnationen år 2010. Huset ägs och förvaltas idag av Vasakronan. Byggåret är 1944 och huset byggdes ursprungligen som en industrifastighet. År 1958 inreddes vån 3 och 5 till kontor [11]. Figur 2 nedan visar hur huset ursprungligen såg ut. Ramböll tillträdde lokalerna under slutet av år 2008.

Enligt Vasakronan var den tidigare specifika energianvändningen ca 62,4 kWh/m²,år och den totala energianvändningen för huset ca 225 kWh/m²,år (specifik energianvändning + verksamhetsel). Specifika energianvändningen inkluderar i enlighet med BBR köpt energi för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten, drift av byggnadens installationer och övrig fastighetsel. Huset användes före ombyggnationen som kontor åt länsrätten.



Figur 1. Kv. Skjutsgossen 8 norra och västra fasaden år 2010.

Foto Pekka Laurila



Figur 2. Kv. Skjutsgossen 8 norra och östra fasaden kring år 1974 Foto Stockholms stadsmuseum

2.1 **Projektering och entreprenör**

Om- och tillbyggnationen skedde i två etapper. Den första etappen omfattade tillbyggnad av garage, teknikrum samt ombyggnation av kontor. Den andra etappen omfattade de tre nybyggda flyglarna. Om- och tillbyggnationen projekterades av Ramböll Sverige AB. Entreprenör för etapp 1 var Peab Bygg AB och för etapp 2 OP2 Bygg AB.

2.2 **Energipåverkande åtgärder**

Vid ombyggnationen gjordes en rad åtgärder för att energieffektivisera och förbättra inomhusklimatet. Mer ingående om varje åtgärd finns att läsa under respektive rubrik. Det gjordes både förbättringar på tekniska system och på klimatskalet se tabell 4.

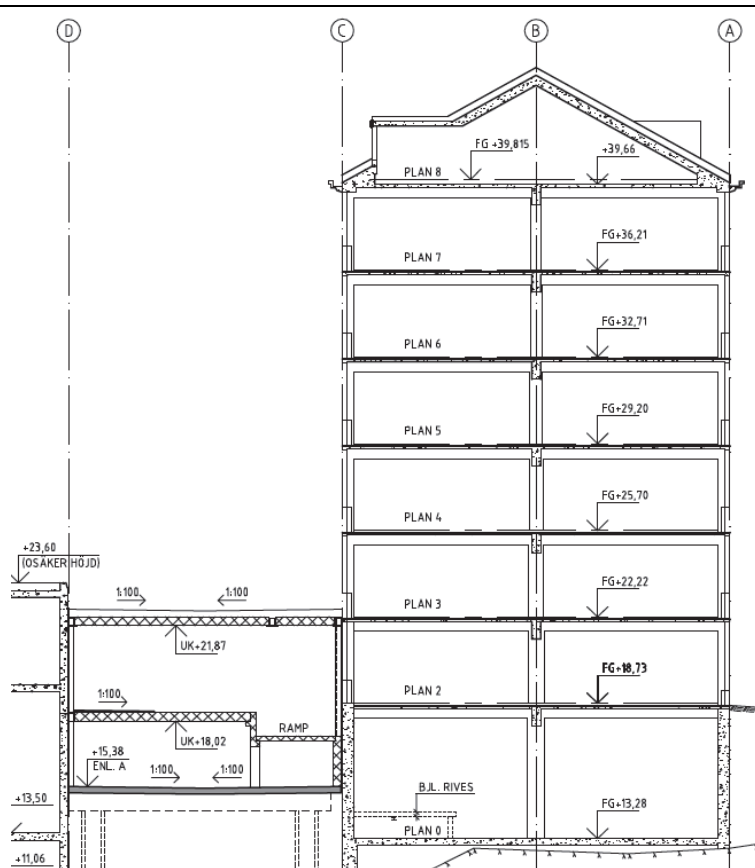
Tabell 4. Energipåverkande åtgärder

Åtgärd	Påverkan på energianvändningen
Borttagning av invändig isolering	Ökad energianvändning, bättre inomhusklimat
Utbyte och komplettering av nya fönster	Minskad energianvändning, bättre inomhusklimat
Borttagen takisolering	Ökad energianvändning
Nya installationssystem (fläktaggregat och belysning)	Minskad energianvändning, bättre inomhusklimat

2.3 Klimatskal

Byggnaden har tegelfasad och plåttak. Före ombyggnationen var ytterväggarna tilläggsisolerade invändigt. Detta avlägsnades p.g.a. mögelpåväxt i isoleringen som orsakades av fukt. Även taket gjordes om från tidigare invändig och utvändigt oventilerad isolering till utvändigt ventilerad isolering, detta också p.g.a. tidigare fukt- och mögelproblem. Figur 3 nedan visar en sektion genom huset från en konstruktions ritning. På sektionen syns även garaget som byggdes till samtidigt med ombyggnationen.

Fönstren är spröjsade treglasfönster. Vid ombyggnationen år 2007 ökades fönsterarean till ursprunglig storlek. Vid en ombyggnation på 70-talet hade fönsterarean reducerats med hjälp av plåtkassetter. Detta gjordes för att minska transmissionsförlusterna genom klimatskalet. Tre stycken vertikala glasburspråk på norra fasaden har ersatt tidigare tegelfasad i denna ombyggnation, se figur 1.



Figur 3. Sektion genom Kv. Skjutsgossen 8.

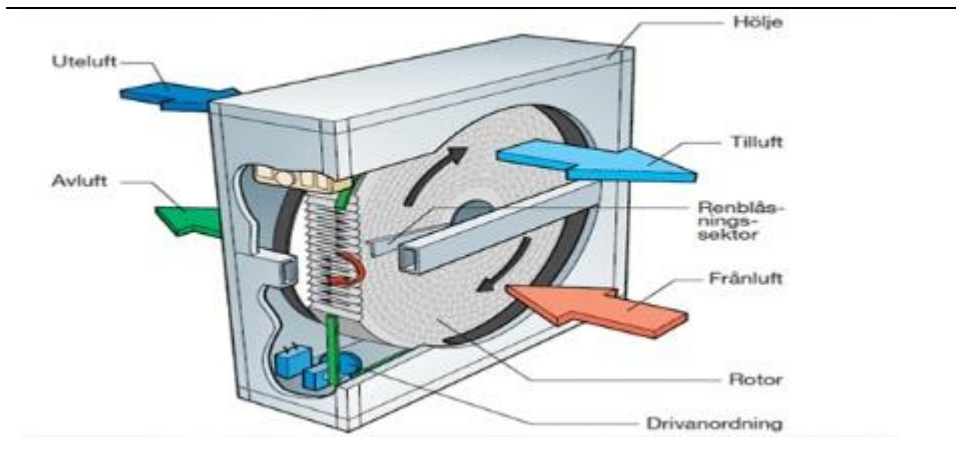
Källa: Relationshandlingar Ramböll

2.4 Byggnadens area

Byggnaden har en total area ex flyglarna på 11960 m² bestående av kontor (8750 m²), källare (1580 m²), garage (1540 m²) och restaurang (90 m²). År 2009 och år 2010 har tre flyglar byggts till vilket ökat den totala arean med 2000 m². Under år 2008-2010 användes restauranglokalen som platskontor för byggtreprenören.

2.5 Ventilation, uppvärmning och installationer

Huset har fyra stycken ventilationsaggregat installerade från tillverkaren Fläktwoods. Alla aggregaten är av typen FTX med mekanisk från och tilluft och värmeåtervinning. Värmen i luften som tas från byggnaden återförs till den inkommande luften genom en roterande värmeväxlare. Den teoretiska återvinningsgraden för värmen är ca 70-80%. Figur 4 visar principen för en roterande värmeväxlare.



Figur 4. Roterande värmeväxlare

Bild: Fläktwoods

Huvudaggregaten, i beräkningen kallade för LB01 och LB02, förser kontorsdelen med ventilation. Ett aggregat som går att forcera, förser konferensrummen med ventilation, i beräkningen kallat LB03. Garaget har ett eget aggregat, i beräkningen kallat LB04. Aggregaten LB02 och LB04 är sammankopplade så att avluften från LB02 är kopplad till intaget för uteluft på LB04 vilket höjer verkningsgraden på återvinningen något. Att återanvända avluften ytterligare en gång fungerar endast i garage eftersom avluften redan innehåller en del föroreningar från kontorslokalerna.

Före ombyggnationen hade huset ett FTX system med en värmeåtervinningsgrad på ca 50%. Fläktaggregaten var före ombyggnationen placerade på vinden. De nya aggregaten är placerade i källare. Luften tillförs fortfarande med omblandande ventilation till rummen genom don placerade i taket. Den stora skillnaden före/efter ombyggnationen är återvinningsgraden i aggregaten.

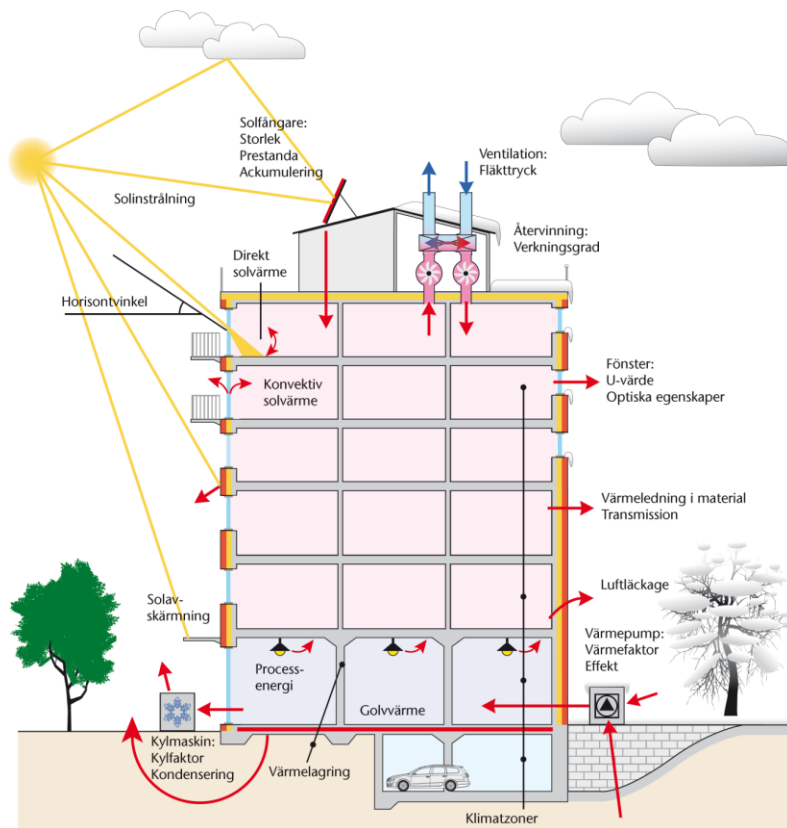
Uppvärmning av huset sker via radiatorer som värms via fjärrvärmenätet. Varje del av kontorslandskapet och cellkontoren har en egen temperaturgivare som kan styra temperaturen lokalt i olika delar av kontoret. Varje radiator har reglerbart flöde som styrs av temperaturgivaren i rummet. Temperaturgivaren ska också se till att rummet inte både värms och kyls samtidigt.

Kylningen av byggnaden görs via ett lokalt kylaggregat som är placerat ovanpå byggnadens garage. Kylningen tillförs byggnaden via ventilationssystemet. Varmvattnet värms via fjärrvärme, ingen värmeåtervinning finns på spillvattnet.

3. Analytiska metoder

3.1 Energibalans

En byggnad tillförs energi i form av värme genom installationer som radiatorer och ventilation. Byggnaden kommer även att värmas av den aktivitet som finns i byggnaden ifrån människor, maskiner och belysning. Solinstrålningen genom fönstren kommer också att hjälpa till att värma byggnaden. Byggnaden förlorar värme delvis genom ventilationen och otätheter i klimatskalet. En stor del av värmen går också förlorad genom transmission i klimatskalet. Figur 5 visar en bild som illustrerar tillförd och förlorad värmeenergi.



Figur 5. Energi instrålning/utstrålning för en byggnad

bild: Strusoft

3.2 **Beräkningsmetod i VIP-Energy**

VIP-Energy är ett beräkningsprogram för att beräkna en hel byggnads energibalans. Programmet bygger på dynamiska beräkningar. I VIP-Energy finns ett stort antal klimatfiler för olika orter i Sverige. Det är även möjligt att komplettera med egna väderindata från t.ex. SMHI. VIP-Energy beräknar energibehovet för både uppvärmning och kylning av byggnaden. Programmet hanterar bla. värmelagring, luftläckage, solinstrålning och värmeledning genom marken [12]. Användaren anger indata för byggnadsdelar, installationssystem, processenergi, rumsklimat och solskydd. Inställningarna kan i stor utsträckning styras av användaren.

VIP-Energy jämför beräknad specifik energianvändning mot gällande krav för specifik energianvändning enligt Boverkets byggregler (BBR).

4. Energiberäkningsdata

4.1 Myndigheters regler för inomhusklimat i kontor

Regler som styr inomhusklimatet i kontor återfinns i BBR, arbetsmiljölagen och arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS). I BBR ges denna allmänna beskrivning "Byggnader och deras installationer ska utformas så att de kan ge förutsättningar för en god luftkvalitet i rum där människor vistas mer än tillfälligt. Kraven på inneluftens kvalitet ska bestämmas utifrån rummets avsedda användning. Luften får inte innehålla föroreningar i en koncentration som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt".

Enligt BBR ska uteluftsflödet under den tiden på dygnet som kontoret används vara motsvarande $0,35 \text{ l/s, m}^2$ [13]. Installationerna i byggnaden ska dimensioneras så att den operativa temperaturen i vistelsezonen inte blir lägre än 18°C . Den riktade temperaturens differens i vistelsezonen ska vara maximalt 5°C . Golvtemperaturen ska som lägst vara 16°C .

I AFS finns regler kring inomhustemperatur på en arbetsplats. I AFS 2009:02 Arbetsplatsens utformning finns grundkravet i §29 "lokaler som innehåller arbetsplatser eller personalutrymmen ska ha lämpligt termiskt klimat. I §49 finns kravet att "fönster och lanterniner ska vid behov ha anordningar eller vara utförda så att solinstrålningen kan avskärmas". Det finns ingen exakt maximal tillåten inomhustemperatur skriven i AFS. Tolkningen som kan göras är att vid stillasittande arbete bör inte lufttemperaturen varaktigt överstiga 26°C [14]. AFS ger också riktlinjer kring koldioxidhalten i rum. I AFS 2009:02 ges gränsvärdet 1000 ppm [15]. AFS behandlar också uteluftsflödet i lokaler där personer vistas mer än tillfälligt. I AFS 2009:02 går det att läsa följande "För lokaler där personer vistas mer än tillfälligt kan ett uteluftsflöde på minst 7 l/s och person behövas vid stillasittande arbete. Högre luftflöden kan behövas vid fysiskt mer ansträngande arbete. Med hänsyn till föroreningar från andra källor än personer bör ett tillägg på lägst $0,35 \text{ l/s}$ och m^2 golvarea göras."

4.2 Beräkningsindata för Kv. Skjutsgossen 8

Nedan återfinns indata som användes för beräkningen av Kv. Skjutsgossen 8.

4.2.1 Klimatskal

I tabell 5 och 6 listas alla byggnadsdelar med sina ingående material, U-värde och areor för konstruktionen efter ombyggnationen. I tabell 7 listas köldbryggorna. Lufttätheten för klimatskalet är i beräkningen satt till 0,3 l/s,m² omslutningsarea vid 50 Pascals tryckskillnad över byggnadsdelen.

Tabell 5. Klimatskal kv. Skjutsgossen 8

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	Uppbyggnad	Area
Tak	0,136	Plåttak 250 Mineralull($\lambda=0,036$ W/m,K) 200 Betong($\lambda=1,7$ W/m,K)	1502 m ²
Takterrass	0,205	150 Cellplast($\lambda=0,036$ W/m,K) 320 Betonghålblock ($\lambda=0,6$ W/m,K)	1002 m ²
Bröstning långsida	0,881	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 120 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K)	534 m ²
Pelarvägg långsida/kortsida	0,930	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 15 Mineralull ($\lambda=0,4$ W/m,K) 250 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	598 m ²
Yttervägg långsidan	0,319	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 265 Lättbetong ($\lambda=0,12$ W/m,K)	843 m ²
Sockel långsida	0,433	15 Granit ($\lambda=1,7$ W/m,K) 150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 165 Lättbetong ($\lambda=0,12$ W/m,K)	55 m ²
Gavelvägg	0,796	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 190 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K)	188 m ²

Gavelbalk	0,902	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 130 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K) 60 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K)	60 m ²
Bröstning gavel	0,902	150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 130 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K) 60 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K)	64 m ²
Sockel gavel	0,306	15 Granit ($\lambda=1,7$ W/m,K) 150 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K) 50 Dyhonit (isolering) ($\lambda=0,1$ W/m,K) 280 Lättbetong ($\lambda=0,12$ W/m,K)	22 m ²
Platta på mark i källaren	0-6m 0,375 >6m 0,310	200 Makadam ($\lambda=1,4$ W/m,K) 250 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	1421 m ²
Källarvägg 0-1m (källare)	0,446	200 Makadam ($\lambda=1,4$ W/m,K) 150 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K) 50 Cellplast ($\lambda=0,036$ W/m,K) 250 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	122 m ²
Källarvägg 1- m (källare)	1-2m 0,609 >2m 0,372	200 Makadam ($\lambda=1,4$ W/m,K) 450 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	441 m ²

Tabell 6. Klimatskal garage kv. Skjutsgossen 8.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	Uppbyggnad	Area
Källarvägg i garage	0-1m 0,268	200 Makadam ($\lambda=1,4$ W/m,K)	76 m ²
	1-2m 0,241	100 Isodrän ($\lambda=0,036$ W/m,K)	
	>2m 0,194	250 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	
Garagevägg	0,292	140 Tegel ($\lambda=0,58$ W/m,K)	71 m ²
		100 Cellplast ($\lambda=0,036$ W/m,K)	
		200 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	
Takterrass ovan garage	0,205	150 Cellplast ($\lambda=0,036$ W/m,K) 320 Betong håldäck ($\lambda=0,6$ W/m,K)	1003 m ²
Platta på mark i garaget	0-6m 0,375	200 Makadam ($\lambda=1,4$ W/m,K)	1003 m ²
	>6m 0,310	280 Betong ($\lambda=1,7$ W/m,K)	

Tabell 7. Köldbryggor kv. Skjutsgossen 8.

Köldbrygga 2d	Psi-värde (W/mK)	Längd
Balk (balk – bjl)	0,553	82 m
Bröstning (bjl – fönster)	0,554	56 m
Bröstning (balk – fönster)	0,253	60 m
Sockel (Sockel – fönster)	0,261	14 m
Gavel (Gavel – fönster)	-0,039	226m
Pelare (pelare – bjl)	0,342	14m
Tak (Tak – fönster)	0,421	12m

4.2.2 Fönster

I tabell 8 listas U-värden för de olika fönstertyperna. Under hösten 2009 gjordes en mätning av treglasfönstrenas U-värde i samarbete med Sune Häggbom från Sundahus rådgivning. Yttertemperaturerna utvändigt glas, invändigt glas samt utom- och inomhustemperatur loggades med 10 minuters intervall under en vecka. Från temperaturloggarna beräknades sedan ett verkligt U-värde för glaset till 0,9 W/m²K. För att beräkna total U-värde för fönster och karm gjordes ett påslag på 20% för karmen. U-värde, inklusive karm är 1,1 W/m²K. Detta värde stämmer väl överens med angivet U-värde från tillverkaren. För att grovt kunna beräkna U-värde användes dessa förenklade formler enligt nedan.

Invändiga värmeövergångstal för strålning och konvektion beräknas för varje mätpunkt med funktionerna nedan.

För att beräkna strålningen används formeln nedan.

$$\alpha_s := 0,23 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T_m}{100} \right)^3 \quad [17]$$

Egenkonvektionen för glaset beräknas med formeln nedan.

$$\alpha_k := C_1 \cdot (t_i - t_{gl})^{0,25} \quad [17]$$

T_m = medeltemperaturen mellan t_i och t_{gl}

t_i = Loggade temperatur i rummet (ca 1 dm från fönstret)

t_{gl} = Loggad temperatur glasets insida

Emissionstalet ε är det sammanvägda emissionstalet för glaset och övriga ytor, i denna beräkning är ε antaget till 0,84. Konvektionskoefficienten C_1 är normalt 2,2 för vertikala ytor utan påtvingade luft rörelser. Ur summan av α_s och α_k och

temperaturskillnaden mellan rumsluft och glasyta beräknas värme flödet ut genom fönstret. Ur värme flödet och temperaturskillnaden mellan glasets insida och utsida beräknas glaspaketets värmemotstånd. Till detta adderas 0,17 som standardvärde på summan av yttre och inre värmeövergångsmotstånd. Glaset har en värmetröghet som gör att förändringar av glasytornas temperaturer släpar i förhållande till lufttemperaturerna. Det beräknade U-värdet varierar därför vid temperaturvariationer men eftersom mätningen pågår under en längre tid påverkas inte det beräknade medelvärdet. [16] [17]

Tabell 8. U-värde för fönster och dörrar.

Placering	U-värde (W/m ² K)	G-värde %	ST-värde %	Area
Standardfönster	1,1 (Beräknat)	60	30	1399 m ²
Takkupor/takfönster	1,5 (Från tillv.)	60	30	68 m ²
Dörr utan glas	1 (Från tillv.)			22 m ²
Dörrar med glas	1,5 (Från tillv.)	60	30	18 m ²
Entre (glas)	1,5 (Från tillv.)	60	30	28 m ²
Burspråk	1,5 (Från tillv.)	60	30	200 m ²
Garageport	1 (Från tillv.)			21 m ²

4.2.3 Areor, zonindelning och nyckeltal

Samtliga ytor och fasader är beräknade efter relationshandlingar. Till energiberäkningen var det nödvändigt att dela in huset i fyra zoner efter tydligt skilda aktiviteter och förutsättningar. Zonerna är 1) kontor syd, 2) kontor norr, 3) källare och 4) garage. Deras areor finns redovisade i Tabell 9. Enligt Boverkets Byggnads Regler får inte garagets yta tillgodoräknas till areamåttet A_{temp} . Garagets energiåtgång belastar dock husets totala energianvändning. Tabell 10 visar de olika jämförelsetalen för byggnaden.

Tabell 9. Areor för de fyra zonerna.

Rum	Area
Kontor syd	4420 m ²
Kontor norr	4420 m ²
Källare	1580 m ²
Garage	1540 m ² (ingår ej i A_{temp})
A_{temp}	10420 m²

Tabell 10. Jämförelsetal för klimatskalet.

Fönster och dörrar / omslutningsarea (exkl. Grund och källare)	0,24 m ² /m ²
Omslutningsarea / golv-area	0,91 m ² /m ²

4.2.4 Solskydd

Solskydden är av typen aktiva markiser som fälls ut när solstrålningen är högre än 250 W/m² i global strålning. Markiserna fälls in om vindstyrkan överstiger 10 m/s. De är monterade i alla väderstreck förutom norrvända fönster som saknar aktivt solskydd. Enligt beräkningar i VIP-Energy ska markiserna vara nedfällda 1638 timmar per år.

4.2.5 Ventilation och installationer

Flöden, drifttider och aggregatdata för de olika ventilationsaggregaten i huset finns presenterade i tabell 11 och 12 nedan. Luftflöden enligt ventilationskontroll som gjordes under oktober och november 2008. Luftflödena nattetid antas vara halverade dagtidsflöden. Flöden för måndag skiljer sig från flöden tisdag-fredag beror på att ventilationen ökas på måndag morgon efter att flöden varit låga under helgen. Detta bidrar till ett bättre inomhusklimat på måndag morgon med behagligare temperatur och mindre föroreningar i luften efter helgens lägre luftomsättning. Flödet under dagen är sedan något lägre än övriga dagar eftersom ventilationen varit forcerad under morgonen.

Tabell 11. Aggregatdata.

Aggregat	Fläkttryck tillluft (Pa)	Fläkttryck frånluft (Pa)	Verkningsgrad för fläktarna	Verkningsgrad värmeåtervinning
LB01 (kontor+källare)	600	500	60%	75%
LB02 (kontor)	600	500	60%	70%
LB03 (konferensrum)	600	500	60%	80%
LB04 (garage)	600	500	60%	75%

Tabell 12. Luftflöden.

Aggregat	Driftfall	Tilluft (l/s)	Frånluft(l/s)	Omsättning (oms/h)
LB01 (kontor+källare)				
	Måndag 00-07	3350	3350	0,57
	Måndag 07-18	6700	6700	1,15
	Måndag 18-24	3350	3350	0,57
	Tisdag-Fredag 00-07	2500	2500	0,43
	Tisdag-Fredag 07-18	10000	10000	1,71
	Tisdag-Fredag 18-24	2500	2500	0,43
	Lördag-Söndag 00-24	2500	2500	0,43
LB02 (kontor)				
	Måndag 00-07	2800	2800	0,65
	Måndag 07-18	5600	5600	1,30
	Måndag 18-24	2800	2800	0,65
	Tisdag-Fredag 00-07	2250	2250	0,52
	Tisdag-Fredag 07-18	6300	6300	1,47
	Tisdag-Fredag 18-24	2250	2250	0,52
	Lördag-Söndag 00-24	2250	2250	0,52

LB03 (konferens)				
	Måndag 00-07	650	650	Varierar (forcering)
	Måndag 07-18	1300	1300	Varierar (forcering)
	Måndag 18-24	650	650	Varierar (forcering)
	Tisdag-Fredag 00-07	165	165	Varierar (forcering)
	Tisdag-Fredag 07-18	1650	1650	Varierar (forcering)
	Tisdag-Fredag 18-24	165	165	Varierar (forcering)
	Lördag-Söndag 00-24	165	165	Varierar (forcering)
LB04 (garage)				
	Måndag 00-24	1500	1500	1,4
	Tisdag-Fredag 00-07	250	250	0,23
	Tisdag-Fredag 07-18	1000	1000	0,94
	Tisdag-Fredag 18-24	250	250	0,23
	Lördag-Söndag	250	250	0,23

4.2.6 Inomhusklimat

Energiberäkningar är utförda efter förutsättningen att den accepterade temperaturen i vistelsezon är samma året runt dvs. 21,7°C – 24°C i kontor, 20°C-24°C i källaren och 14°C - 27°C i garaget. Dessa värden styrs i undercentralen och kan ändras av fastighetsskötaren. Brukaren kan i hög grad påverka energianvändningen genom val av rumstemperatur. Vid energiberäkningar i VIP-Energy sätts börvärdet för inomhustemperaturen som ett intervall mellan ett max- och ett minvärde.

4.2.7 Uppmätt energianvändning

Processenergi är den energi som tillförs byggnaden från de verksamheter som bedrivs i byggnaden under hela dygnet. Begreppet verksamhetsenergi innefattar i huvudsak belysnings- och datoreffekt. Tappvarmvatten är inkluderat i verksamhetsenergin eftersom det inte finns separat mätdata att tillgå. Värden som anges i tabell 13 nedan är medelvärden av timavlästa värden från fastighetens

verksamhetsel­mätare under perioden januari till december 2009 exklusive garaget. För garaget har ett schablonvärde om 5 W/m² antagits eftersom separata mätdata inte finns tillgängliga. Indatan har hämtas från Fortums som levererar elen till byggnaden. Antalet personer som arbetar i byggnaden har antagits till 400. Personalnärvaron i kontoret antas vara 70 % av 400 under normal arbetstid måndag till fredag kl 8 till 17. Övrig tid antas att det inte finns någon personal i lokalerna.

Tabell 13. Internlast­er.

Driftfall	Verksamhetsenergi kontor+källare (W/m ²)	Personlast­er kontor (W/m ²)	Antagen Verksamhetsenergi garage (W/m ²)
Måndag-Fredag Kl. 00-06	6,7		5,0
Måndag-Fredag Kl. 06-07	7,8		5,0
Måndag-Fredag Kl. 07-08	10,6		5,0
Måndag-Fredag Kl. 08-09	13,2	2,0	5,0
Måndag-Fredag Kl. 09-16	14,5	2,0	5,0
Måndag-Fredag Kl. 16-17	14,1	2,0	5,0
Måndag-Fredag Kl. 17-18	12,6		5,0
Måndag-Fredag Kl. 18-19	9,6		5,0
Måndag-Fredag Kl. 19-20	8,9		5,0
Måndag-Fredag Kl. 20-21	8,3		5,0
Måndag-Fredag Kl. 21-22	8,0		5,0
Måndag-Fredag Kl. 22-23	7,6		5,0
Måndag-Fredag Kl. 23-24	7,2		5,0
Lördag-Söndag Kl. 00-06	6,2		5,0
Lördag-Söndag Kl. 06-18	7,8		5,0
Lördag-Söndag Kl. 18-24	6,5		5,0

Inomhusklimatet har kontrollerats genom att temperaturmätning gjorts på tre olika plan under november 2009 . Temperaturen från mätningen ligger inom intervallet 21,7°C – 24°C vilket tyder på att temperaturstyrningen verkar fungera. Börvärden från undercentralen har tyvärr ej gått att logga utan endast kunnat läsas av momentant.

Flödet i ventilationen har tyvärr inte kunnat loggas eftersom fläktarna enbart är tryckstyrd och saknar flödesmätare.

De uppmätta värden som finns för fjärrvärmes kommer ifrån de avläsningar av fjärrvärmemätaren som Vasakronan gör varje månad. Dessa värden loggas hos Vasakronan och har sedan tilldelats oss som en total användning per månad.

Användningen av fastighetsel + el till kylmaskinen baseras på data från Vasakronan som har månadsvis loggade värden som de i sin tur får ifrån Fortum. Tyvärr har det inte funnits möjlighet att få tillgång till mer exakt data.

Före ombyggnationen användes byggnaden som kontor åt länsrätten. De siffror som gått att få tag på från före ombyggnationen visar på en uppmätt energianvändning på ca 225 kWh/m²,år. Efter ombyggnationen är den uppmätta siffran för energianvändningen nere på 132,8 kWh/m²,år.

4.3 **Fältstudie: Termografering**

4.3.1 **Syfte**

Syftet med fältstudien var att studera omfattningen av köldbryggor och otätheter i klimatskalet på Kv. Skjutsgossen. Studien gjordes för att bekräfta de köldbryggor och otätheter man i projekteringen hade antagit samt hitta ev. okända köldbryggor. Studien syftade inte till att ta fram beräkningsunderlag.

4.3.2 **Metod**

Metoden som användes för termograferingen var en förenklad prövning enligt SS-EN 13187. Denna metod följer det normala förfarandet vid termografering inom Ramböll.

4.3.3 **Utförande**

Studien gjordes en tidig morgon i april (2010-04-19) då förutsättningarna var optimala eftersom ute temperaturen var låg (4°C) samt att morgonsolen inte hunnit värma upp fasaden. Först termograferades fasaden utvändigt innan solen hunnit värma upp fasaden. Senare under dagen termograferades byggnaden invändigt och då dokumenterades detaljer som fönster, dörrar och anslutningar mellan byggdelar. Bilder och förklarande text återfinns i appendix 1.

5. Resultat

5.1 Beräknad energibalans

Diagrammen redovisar beräknad tillförd och avgiven energi efter ombyggnationen med programmet VIP-Energy. Värmeförsörjningen i form av fjärrvärme utgör en relativt liten del av den totala energiomsättningen. Relativt små procentuella avvikelser i större poster som processenergi och ventilation ger relativt stora procentuella avvikelser i värmeförsörjning som kan ses som en restpost. Redovisningen i diagram 1 och diagram 2 avser perioden maj 2009 – april 2010.

Diagram 1. Beräknad tillförd energi

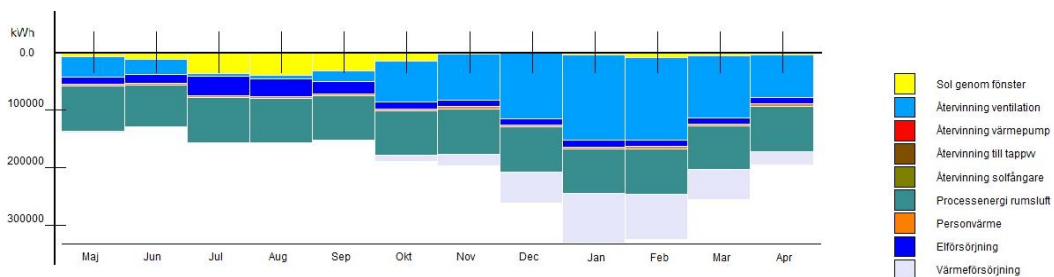
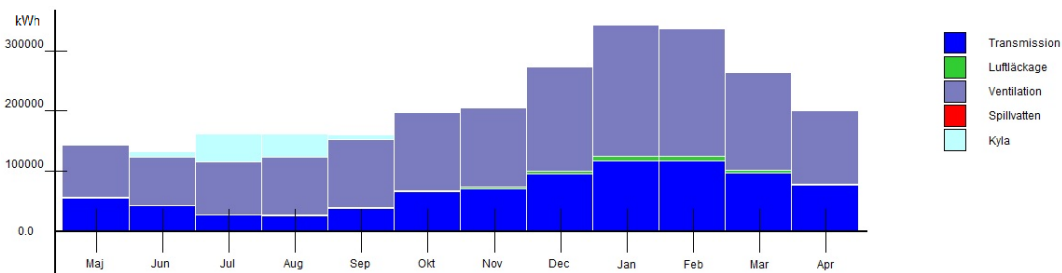


Diagram 2. Beräknad avgiven energi



5.2 Beräknad energianvändning i VIP-Energy/uppmätt efter ombyggnationen

Tabellen nedan visar byggnadens beräknade energiprestanda. Boverkets definition för energiprestanda innebär att man summerar energi för värme, kyla och fastighetsel. Utöver detta redovisas beräknad verksamhetsenergi och det totala energibehovet. Enl BBR18 skall energiåtgången för byggnadens kyla multipliceras med en faktor tre om byggnaden inte är eluppvärmd. Detta gör att byggnader med stor användning av kyla får svårare att klara kraven även om den verkliga användningen av energi inte är stor. I jämförelsen nedan har energiåtgången för kylan inte multiplicerats med någon faktor, vilket hade varit fallet ifall jämförelsen skulle vara mot BBR kraven. I detta fall underlättar det jämförelsen mellan uppmätt och beräknad energianvändning att inte multiplicera energianvändningen för kylan. Redovisningen av kWh/m² är baserad på A_{temp} arean 10420m². Simuleringen i VIP-Energy har gjorts med verksamhetsenergin enligt nedan som skall motsvara uppmätt verksamhetsenergi under samma period. Detta för att den specifika energianvändningen som simulerats skall kunna jämföras med uppmätt värde under samma period. Simulering och uppmätta värden är för perioden januari till december 2009. I VIP-Energy har en klimatfil skapats utifrån observationer från Stockholm för samma period från SMHI. Observationerna utgår ifrån ett medelvärde under en tretimmars period och har sedan interpolerats till entimmes värden för att passa VIP-Energy. Viktigt att observera är att verksamhetsenergi direkt påverkar specifik energianvändning eftersom all verksamhetsenergi kommer byggnaden tillgodo som värme. I tabell 14 redovisas resultatet från simuleringen och jämförs med uppmätta värden. Uppmätta värden kommer ifrån den loggning av energianvändning som fastighetsägaren har kunnat tillhandahålla. För verksamhetsel används uppmätt värde som indata för VIP-Energy beräkningen. Beräknat och uppmätt värde för verksamhetselen skall alltså vara i princip lika.

Tabell 14: Jämförelse beräknad och uppmätt årlig energianvändning

Energipost	Beräknat kWh/år	Beräknat kWh/m ² år	Uppmätt kWh/år	Uppmätt kWh/m ² år
Fjärrvärme	310 475	29,8	264 300	25,4
Kyla	32 348	3,1		
Fastighetsel	183 745	17,6		
Verksamhetsel (Beräknat ~ Uppmätt enligt indata från tabell 13)	927 309	89	932 725	89,5
Fastighetsel + kyla	216 093	20,7	186 800	17,9

Skillnaden mellan beräknade värde och uppmätta värden på fjärrvärme och fastighetsel + kyla är cirka 15 % efter ombyggnationen.

Diagram 3 visar en jämförelse mellan beräknad och uppmätt fjärrvärmeanvändning. I diagrammet visas också uppmätt utomhustemperatur under perioden. Att diagrammet visar data från 2009 beror på att separerad indata för fjärrvärme inte finns tillgänglig från Vasakronan för 2010. Under 2009 var huvudkontoret i full drift och verksamheten pågick som normalt även om det under perioden pågick arbete med tillbyggnaden av flyglarna.

Diagram 3. Fjärrvärmeanvändning under 2009

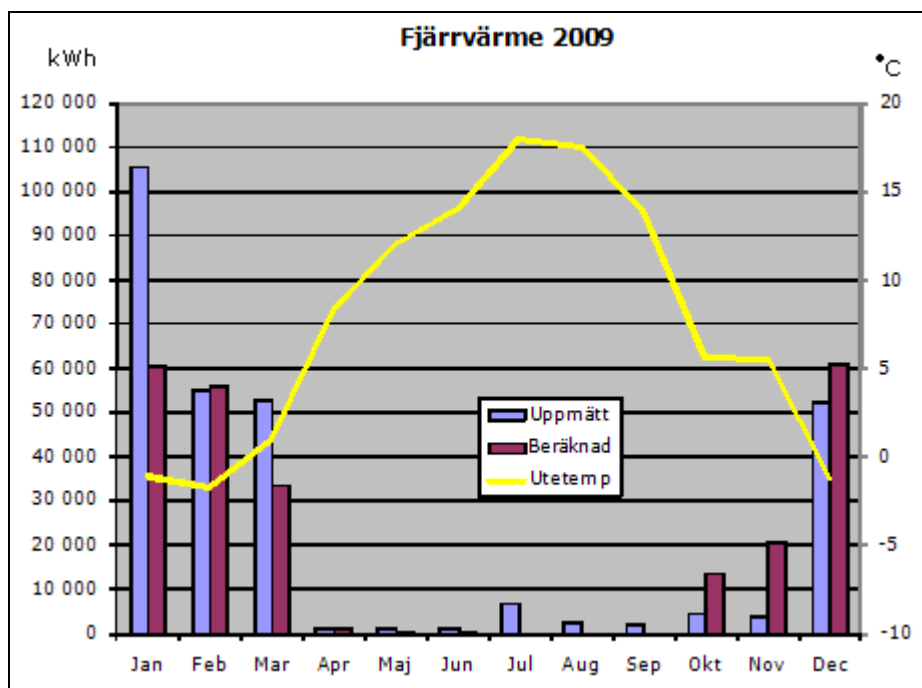
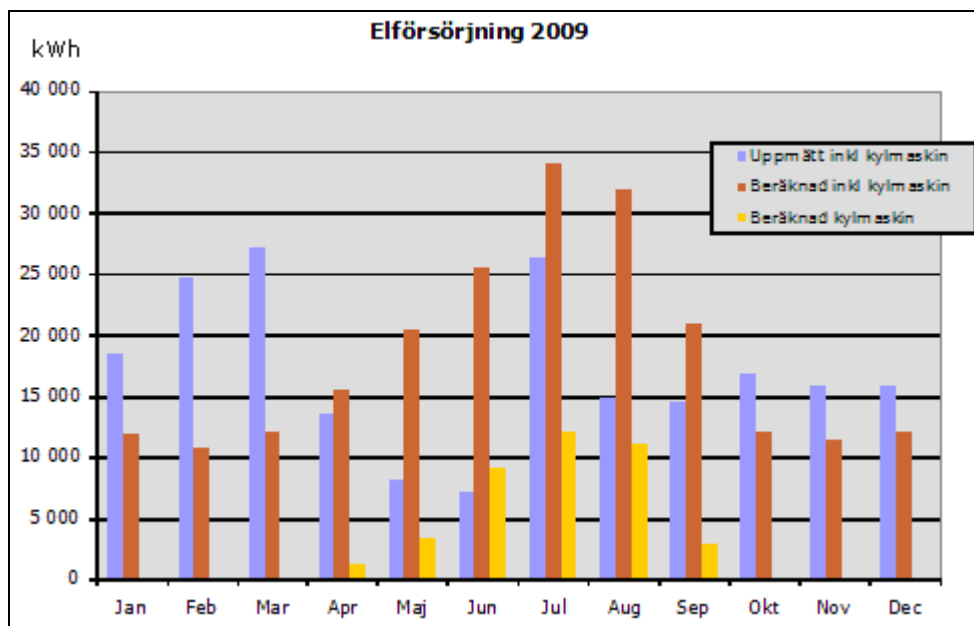


Diagram 4 visar en jämförelse mellan beräknad och uppmätt användning av el under 2009. Att värden från 2009 används beror likt för fjärrvärmens att data för 2010 inte gått att få tag på. Den blåa stapeln visar uppmätt total elförsörjning alltså den faktiska elanvändningen vilket inkluderar el till kylmaskinerna. Den röda stapeln visar beräknad elförsörjning inklusive elförsörjning till kylmaskinerna alltså total beräknad elanvändning. Den gula stapeln visar beräknad elförsörjning enbart till kylmaskinerna.

Diagram 4 Elförsörjning under 2009



Före ombyggnationen användes byggnaden som kontor åt länsrätten. De siffror som gått att få tag på från före ombyggnationen visar på en uppmätt energianvändning på ca 225 kWh/m²,år. Efter ombyggnationen är den uppmätta siffran för energianvändningen nere på 132,8 kWh/m²,år. Energisimuleringen ger en beräknad total energianvändning på 160,2 kWh/m²,år efter ombyggnationen.

5.3 **Termografering av Kv. Skjutsgossen 8**

Termograferingen visar på en del köldbryggor. En av de återkommande köldbryggorna är bjälklaget som går ända ut i fasaden och ger upphov till en köldbrygga. Köldbryggan syns som ett gult parti i termograferingsbilden på sidan 13 i appendix 1. Bjälklagskanten ger även upphov till en köldbrygga vid sockeln mot marken.

En annan köldbrygga är den vid pelaren vid ytterhörnet i entreplan sidan 7 i appendix 1. Den låga yttemperaturen kring pelaren där beror troligen på otätheter i klimatskalet vilket ger upphov till inläckande luft. Denna köldbrygga borde gå att åtgärda genom att täta mellan fasad och bjälklagskant. I övrigt upptäcktes inga oväntade köldbryggor vilket tyder på att klimatskalet är tätt och att anslutningar mellan byggdelar är korrekt utförda.

5.4 **Känslighetsanalys**

För att teoretiskt kunna jämföra hur olika bygg- och installationstekniska åtgärder skulle påverka den specifika energianvändningen för Kv. Skjutsgossen 8 har en grundsimulering gjorts. I simuleringen används en klimatfil, så kallad standard Stockholm klimat, som baseras på ett medelklimat för Stockholm. Simulerad specifik energianvändning efter de olika bygg- och installationstekniska åtgärderna jämförs mot grundsimuleringens värde. Jämförelsen mellan olika bygg- och installationstekniska åtgärder redovisas i tabell 15.

Tabell 15: Variation i specifik energianvändning beroende på åtgärd

Åtgärd	Bygg- eller installationsteknisk åtgärd i förhållande till grundsimuleringen	Exakt värde i VIP-Energy beräkningen	Specifik energianvändning (kWh/m ² per år)	Skillnad
Grundsimulering	-		46,7	0%
Otätthet (läckflöde)	+15%	Från 0,3 l/s,m ² till 0,345 l/s,m ²	47,8	+2,3%
Köldbryggor	-100%		44,2	-5,4%
Fläktflöde (Drifttid ej ändrad)	-15%	Från 19450 l/s till 16532 l/s	42,7	-8,6%
Temperatursänkning	-1°C	Från 21,7 °C till 20,7 °C	42,4	-9,2%
Isolering invändigt	+50mm	Från 0 mm till 50 mm invändigt	40,2	-13,9%
Verksamhetsel	-15%	Från 10,4 W/m ² i snitt på vard. Till 8,8 W/m ² i snitt på vard.	56,4	+20,8%
Värmeåtervinning	-15%	Från 75% i snitt till 64% i snitt	57,3	+22,7%

Bygg- och installationstekniska åtgärderna utgår ifrån en förändring på 15 %, det vill säga att åtgärderna simuleras som +15% eller -15%. Att simuleringen baseras på en förändring om 15% är för att visa hur en ganska liten förändring påverkar energianvändningen. Genom att öka eller minska otätheterna, fläktflödena, verksamhetselen eller värmeåtervinningen med 15% medför att det är praktiskt genomförbara åtgärder på Kv Skjutsgossen 8 och andra liknande byggnader.

Att köldbryggorna togs bort helt gjordes som ett antagande i simuleringen av byggnadens specifika energianvändning. Simuleringen visar på att även om byggnaden helt saknar köldbryggor skulle den specifika energianvändningen endast minska med 5,4%.

Temperatursänkning på 1°C kan antas vara en rimlig åtgärd för att sänka energianvändningen och visar på hur stor inverkan rätt inomhustemperatur har för simuleringen.

Simuleringarna visar på att värmeåtervinningen i ventilationsaggregaten har störst inverkan på specifik energianvändning vid en 15% förändring av respektive faktor. Verksamhetel har näst störst inverkan, alltså om effektivare lampor och datorer installerades som har en elanvändning som är 15% lägre än idag skulle istället den specifika energianvändningen öka med 13,8%. Husets totala energianvändning skulle däremot sänkas eftersom verksamhetselen är större än den specifika energianvändningen, det är effektivare att värma huset via radiatorer och ventilationen än att värma huset med överskottsvärme från datorer och lampor.

Köldbryggor påverkar den specifika energianvändningen i ganska låg grad men har stor betydelse för det lokala inomhusklimatet, många köldbryggor kan bidra till en generellt höjd inomhustemperatur vintertid för en bibehålla en god termisk komfort. Detsamma gäller tätheten som inte påverkar den specifika energianvändningen i lika stor utsträckning som övriga åtgärder men har stor inverkan på både lokalt inomhusklimat och hur effektivt FTX-systemet kan fungera. I ett otätt hus är det svårare att få en bra verkningsgrad på värmeåtervinningen eftersom luftflödena är svårare att kontrollera med en stor del oönskad ventilation.

Tilläggsisolering med 50 mm mineralull på fasaden ger en relativt stor sänkning av den specifika energianvändningen. På Kv. Skjutsgossen 8 har den invändiga isoleringen avlägsnats eftersom det varit problem med mögel. Att isolera utvändigt hade varit ett bra alternativ men detta skulle förändra fasaden på ett icke önskvärt sätt.

Tabell 16 visar hur olika årsklimat påverkar fastighetsenergin. Skillnaden i specifik energianvändning för byggnaden mellan olika årsklimat är ganska stor, vilket visar på hur viktigt det är att använda uppmätta klimatdata från samma ort och år som uppföljningen av projektet görs. Simuleringar under projekteringen görs oftast med ett medelklimat för den specifika orten, nedan kallat Stockholm standard.

Tabell 16: Variation i specifik energianvändning beroende på klimat.

Hus	Klimat	Specifik energianvändning (kWh/m ² per år)	Skillnad mot standardklimat
Kv. Skjutsgossen 8	Stockholm standard i VIP-Energy	46,7	0%
Kv. Skjutsgossen 8	Stockholm 2008 Observatoriekullen, köpt från smhi	38,2	-18,2%
Kv. Skjutsgossen 8	Stockholm 2009 Observatoriekullen, köpt från smhi	44,6	-4,5%
Kv. Skjutsgossen 8	Stockholm maj 2009 – april 2010 Observatoriekullen, köpt från smhi	50,8	+8,8%

5.5 Vad kan göras för att ytterligare sänka energianvändningen

Om energianvändningen för Kv. Skjutsgossen under perioden januari till december 2009 jämförs med energianvändningen för andra kontor i STIL2 rapporten ser man tydligt att den största skillnaden mellan Kv. Skjutsgossen 8 och lokalerna i rapporten är användningen av verksamhetsenergi. Medelanvändningen för alla uppmätta kontor som ingår i STIL2 rapporten är 57 kWh/m²,år vilket kan jämföras mot Kv. Skjutsgossen som använder 89 kWh/m²,år, se tabell 14. Sänks verksamhetsenergianvändningen kommer detta även att påverka fastighetsenergin eftersom det alstras mindre mängd värme i huset från datorer och maskiner. Tabell 17 visar hur en sänkning av verksamhetsenergin från dagens 89 kWh/m²,år till 57 kWh/m²,år som är medelanvändningen för kontor enligt STIL2. För Kv. Skjutsgossen ger en minskning av verksamhetsenergin med 32 kWh/m²,år en ökning av den specifika energianvändningen med 10.6 kWh/m²,år. För Rambölls del blir besparingen ännu större eftersom fastighetsenergin betalas av hyresvärden Vasakronan medan verksamhetsenergin betalas av hyresgästen Ramböll.

Tabell 17: Verksamhetsenergins inverkan på den specifika energianvändningen.

Hus	Klimat	Verksamhetsenergi (kWh/m ² per år)	Skillnad	Specifik energianvändning (kWh/m ² per år)	Skillnad
Kv. Skjutsgossen	Stockholm standard	89,0 (uppmätt)	36,0%	46,7	18,5%
Kv. Skjutsgossen	Stockholm standard	57,0 (STIL2 genomsnitt)		57,3	

6. Diskussion och slutsatser

I denna uppföljning skiljer sig uppmätt värde på den specifika energianvändningen med 15% jämfört med beräknat. Denna siffra är högre än vad som är väntat, normalt ligger skillnaden på ca 5% [19] och vid projektering antas ofta en säkerhetsmarginal på 10% [19]. Denna uppföljning har en extra osäkerhet eftersom husets flyglar togs i drift successivt under 2010 vilka inte ingår i det beräknade värdena på användningen, flyglarna borde däremot bidra till en ökad energianvändning och inte en lägre energianvändning.

Vilka är då de troligaste felkällorna? Tittar man på månadsjämförelse mellan beräknade och uppmätta värden på använd fjärrvärme i diagram 3 så är det ganska tydligt att de uppmätta värdena för januari måste vara felaktiga. Utomhustemperaturen är något lägre i februari än i januari, däremot är uppmätt fjärrvärmeanvändning i januari ungefär dubbelt så stor som för februari. Vad detta beror på är svårt att avgöra, det kan ha samband med utbyggnaden av flyglarna på kontoret eller så är avläsningen för januari felaktig. Siffrorna som används i denna rapport kommer ifrån Vasakronan.

Diagram 4 visar en jämförelse mellan beräknad och uppmätt elförsörjning. I jämförelsen ser man att elförsörjningen generellt sett är högre än beräknat under vinterhalvåret och lägre än beräknat under sommarhalvåret. För fjärrvärmens är det tvärtom, en lägre uppmätt energianvändning än beräknad under vinterhalvåret och något högre uppmätt användning under sommarhalvåret. Dessa skillnader beror till viss del på att kylmaskinen har en värmeåtervinning som är kopplad till husets uppvärmning. Denna funktion är inte med i VIP-Energy simuleringen. Antagligen är det lokala kylbehovet för olika delar av byggnaden större än det totala simulerade behovet. Detta bidrar till en ökad fastighetselanvändning, samtidigt minskar behovet av fjärrvärme under uppvärmningssäsongen eftersom delar av energin till kylmaskinen kan återvinnas.

En osäkerhet i beräkningarna är de verkliga luftflödena från ventilationsaggregaten. Aggregaten är av en typ som reglerar flödet beroende på tryck i kanalerna och det finns inget inbyggt sätt att läsa av flödet genom aggregatet. Detta har gjort att i beräkningen baseras flöden på de uppmätta värden som erhållits i samband med OVK kontrollen som gjorts på fastigheten. Dessa flöden har sedan antagits vara halverade utanför kontorstid vilket var en förutsättning från projekteringen. Det hade varit önskvärt med en mätning av flöden i realtid och loggning av dessa.

Termograferingen hjälper till att kontrollera så att klimatskalet är tätt och identifiera var eventuella köldbryggor finns. Ett tätt klimatskal är en viktig förutsättning för att kunna få ett FTX ventilationssystem att fungera optimalt. I Kv. Skjutsgossen 8 bidrar det täta klimatskalet till att energianvändningen kunde sänkas med hjälp av att höja värmeåtervinningen i ventilationen.

I Norge används standarden NS3031 vid energiberäkningar och där ges olika indata för t.ex. ventilationsflöden och verksamhetsenergi beroende på typ av verksamhet. Vid beräkningar används ett och samma klimat oavsett var byggnaden slutligen kommer att vara placerad. Detta medför att det är möjligt att jämföra olika byggnaders energiprestanda med varandra. Det är även möjligt att sätta en kravgräns på den totala energianvändningen som tvingar byggherren att anpassa byggnaden för att klara kravet, det är inte möjligt att klara kravet bara genom en hög verksamhetsenergi och på så vis sänka den specifika energianvändningen. [18]

Med modern teknik är det idag möjligt att bygga om gamla kontorshus för att klara dagens krav på energianvändningen och inomhusklimat. Det är inte alltid nödvändigt att byta eller tilläggsisolera fasaden för att kunna uppnå målen. För Kv. Skjutsgossen återställdes fönsterarean till den ursprungliga större storleken. Till den ursprungliga fönsterarean adderades även tre stycken vertikala glasburspråk. Trots den ökade fönsterarean har energianvändningen sänkts rejält och med ett bra inomhusklimat både vinter och sommar. Med ombyggnationer där man kan behålla den gamla fasaden kan stora besparingar både i pengar och tid göras. I fallet med Kv. Skjutsgossen har fokus legat på fönster med låga U-värden, solavskärmning, täthet i klimatskalet samt effektiva ventilationsaggregat och kylmaskiner. Med detta sammantaget har Ramböll lyckats konstruera ett modernt och energieffektivt kontor som med råge uppfyller kraven för både greenbuilding¹ och BBR.

Vid energiberäkningar är det viktigt med så nära korrekt indata som möjligt. Redan i ett tidigt skede är det viktigt att ta reda på så mycket indata som möjligt för att kunna göra en prognosberäkning som är användbar. Saknas mycket indata är det inte värt kostnaden att göra en prognosberäkning i ett så pass avancerat program som VIP-Energy. Vid uppföljningar har det visat sig att felmarginalen mellan beräknade värden och uppmätta värden är mindre än 5% [19]. Vid projekteringen av installationer i byggnaden är det viktigt att ta med utrustning för att senare kunna följa upp energianvändningen på ett enkelt och exakt sätt. Ett av de mest tidskrävande arbetena vid en uppföljning är att samla in data för faktisk elanvändning, fjärrvärmeanvändning, ventilationsflöden och driftstider. Att vid både projektering och uppföljning använda korrekt klimatdata har stor inverkan på precisionen för beräkningen. Här behövs det mer specifik och uppdaterad indata för fler platser i Sverige. Att köpa aktuella klimatdata från SMHI är förhållandevis

¹ EU Green Building kräver en minskad energianvändning på 25% för att erhålla Greenbuilding certifiering

kostsamt och bör tas med i budgeten för uppföljningen. Indata från SMHI kommer också ifrån en specifik plats på orten där deras mätare är placerad, det kan skilja en del i klimat från mätstationen till det faktiska objektet. Det bästa alternativet är att samla in egna klimatdata direkt på plats.

För att kunna göra en uppföljning kring energianvändningen har energiberäkningsmodell som användes under projekteringen uppdaterats med ny relationshandlings indata. Energiberäkningen har utförts i programmet VIP-Energy. Resultaten från dessa beräkningar har sedan jämförts med den faktiskt uppmätta energianvändningen för huset. För kv. Skjutsqossen visar resultaten på att den beräknade energianvändningen är 15 % högre än den uppmätta energianvändningen för samma period. Detta beror troligtvis på en kombination av felaktiga uppmätta värden och osäkra indata. Den faktiska energianvändningen ligger troligen någonstans mitt i mellan beräknat och uppmätt värde.

Före ombyggnationen användes byggnaden som kontor åt länsrätten. De siffror som gått att få tag på från före ombyggnationen visar på en uppmätt energianvändning på ca 225 kWh/m²,år. Efter ombyggnationen är den uppmätta siffran för energianvändningen nere på 132,8 kWh/m²,år. Verksamheten i byggnaden kan tänkas skilja sig en del mellan Länsrätten och Ramböll, däremot har båda använt lokalen som kontor. Hur stor skillnad i verksamhet som har förekommit före respektive efter och därigenom eventuell påverkan på energianvändningen är svårt att bedöma, men eftersom det använts som kontor bör skillnaden vara förhållandevis liten, detta är dock en osäkerhet.

Ett problem med dagens regelverk kring energiberäkningar är att kravet från BBR på maximal användningen endast tar hänsyn till den specifika energianvändningen för fastigheten. Alltså den energi som behövs för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer. Hur mycket energi som går åt till att värma beror i stor utsträckning på hur mycket verksamhetsenergi som kan tillgodoräknas som värme. Detta medför att en hög verksamhetsenergi bidrar till en sänkt specifik energianvändning för byggnaden. Det är således enklare att klara kravet enligt BBR om verksamhetsenergin är hög vilket ger en högre total energianvändning för byggnaden. Problemet med verksamhetsenergis påverkan på den specifika energianvändningen är framförallt ett problem för kontorsfastigheter eftersom det kan skilja mycket mellan olika typer av verksamheter. I bostäder är problemet mindre eftersom variationerna i verksamhetsenergi är mindre.

7. Referenser

- [1] BELOK Totalprojekt – Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader, Enno Abel oktober 2010
- [2] Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1, inventering av kontor och förvaltningsbyggnader, Energimyndigheten, 2007
- [3] Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1, inventering av kontor och förvaltningsbyggnader, Energimyndigheten, 2007, sid 16
- [4] Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1, inventering av kontor och förvaltningsbyggnader, Energimyndigheten, 2007, Tabell 9
- [5] Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1, inventering av kontor och förvaltningsbyggnader, Energimyndigheten, 2007, Tabell 12
- [6] Lokalerna och energihushållningen, rapport från STIL-studien inom Uppdrag 2000. Vattenfall rapport U 1991/70.
- [7] Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1, inventering av kontor och förvaltningsbyggnader, Energimyndigheten, 2007, Sidan 84
- [8] BELOK Totalprojekt – Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader, Enno Abel oktober 2010, sid 17
- [9] BELOK Totalprojekt, Getholmen – Ett genomfört Totalprojekt, Enno Abel mars 2010
- [10] Studie av värmeflöden i befintligt bostadsbestånd – Utvärdering av energieffektiva besparingsåtgärder, examensarbete 20p, Dan Johansson 2007, Institutionen för teknikvetenskaper, Uppsala
- [11] Södra Maria del av Högalid byggnadsinventering 1974, Hallerdt och Råberg, Stockholms stadsmuseum, 1978
- [12] Strusoft, Structural design software, hemsida, tillgänglig 2011-06-10, <http://www.strusoft.com>
- [13] Boverkets byggregler BBR, BBR18, BFS 2011:6, kapitel 6, Boverket, 2011

-
- [14] Rätt om inomhusklimatet, Cecilia Hautamäki, Mitt i juridiken publ 31/8-2010
- [15] Byggnaden som system, E Abel & A Elmroth, Formas, 2006
- [16] Fukthandboken, Nevander och Elmarsson, Svensk byggtjänst, 2006
- [17] Mätprincip för översiktlig mätning av värmeflöden och U-värden på glas, Häggbom, 2006
- [18] NS 3031:2007 Calculation of energy performance of buildings - Method and data, utgåva 5, Norsk standard 2007
- [19] Intervju med Sune Häggbom på Sunda Hus Rådgivning 10/3 – 2011

Termografering av Kv. Skjutsgossen

Företag Ramböll Sverige AB

Krukmakargatan 21
Stockholm

Telefon: 010-6156167

E-post: carl.akerhielm@ramboll.se

Instrument testo 880-3

Beställare

Mätplats:

Kv. Skjutsgossen
Krukmakargatan 21
Stockholm

Mätdatum: 2010-04-19

Order

En förenklad provning gjordes enligt EN 13187 med en värmekamera

Termografering av kv. Skjutsgossen

Byggnadsbeskrivning:**Konstruktion:**

Tegel / betong / lättbetong

Omgivning:Stadsmiljö

Väderförhållanden:

Innerluftens temperatur	23°C
Lufttemperaturen mellan in- och utsidan hos de omslutande ytorna	19°C
Lufttrycksskillnad mellan vind- och läsida	
Ytterligare faktorer	

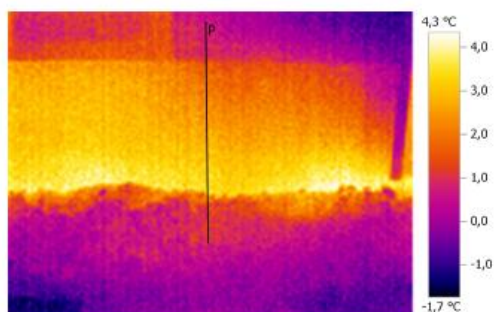
Avvikelser jämfört med de angivna provkraven

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01684.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:03:40

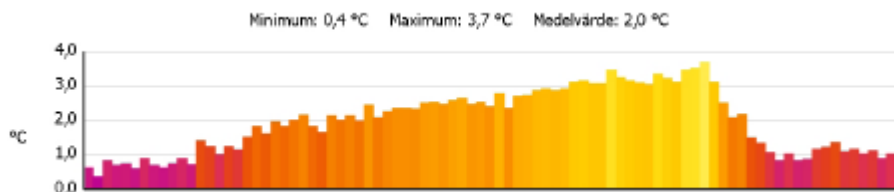


Bildparameter:

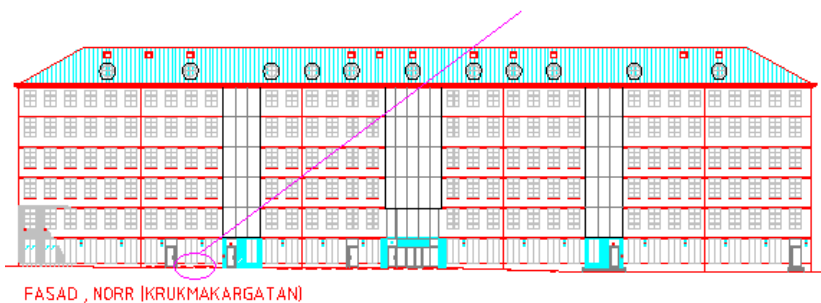
Emissionsgrad: 0,93

Refl. Temp. [°C]: 4,0

Profillinje:



Bilden visar mötet mellan sockel och mark på norrfasaden mot krukmakargatan. Den förhöjda värmestrålningen vid marken beror troligen på köldbryggan från bjälklaget.



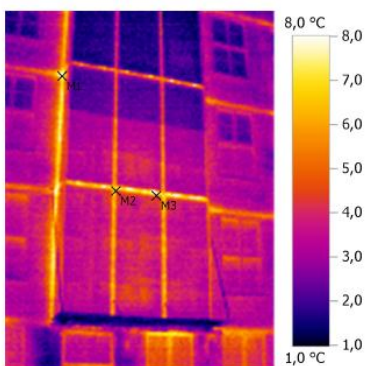
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01688.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:00:12



Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 4,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkingar
Mätpunkt 1	8,9	0,95	4,0	-
Mätpunkt 2	6,7	0,95	4,0	-
Mätpunkt 3	8,0	0,95	4,0	-

Bilden visar glasburspråket ovanför entrén, karmen kring glaset har en något högre temperatur än glaset.



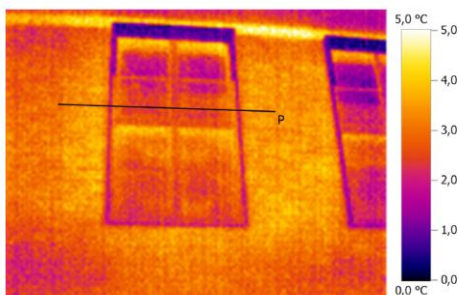
FASAD , NORR (KRUUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01691.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:10:49

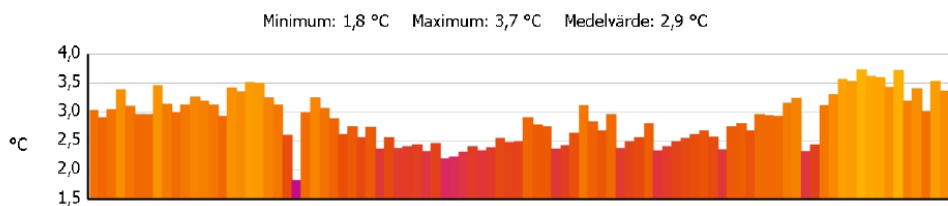


Bildparameter:

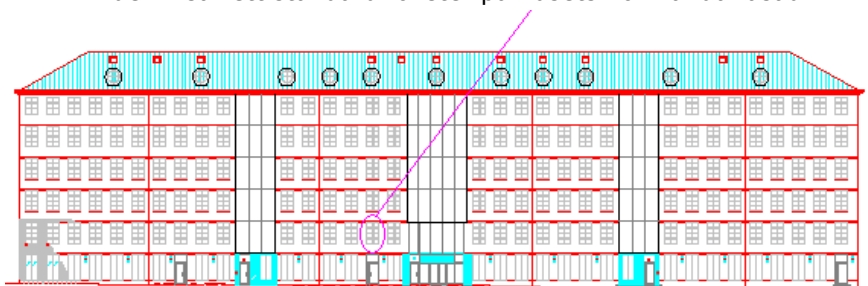
Emissionsgrad: 0,94

Refl. Temp. [°C]: 4,0

Profilinje:



Bilden visar ett standard fönster på husets norrvända fasad



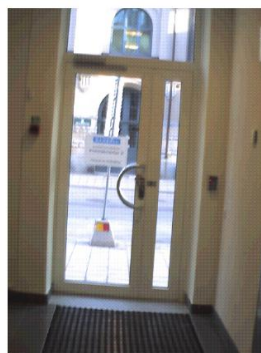
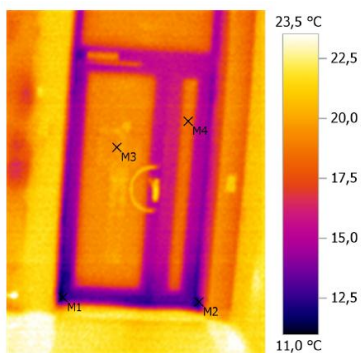
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01710.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
07:09:57



Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,94

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkningar
Mätpunkt 1	11,2	0,95	23,0	-
Mätpunkt 2	12,2	0,95	23,0	-
Mätpunkt 3	19,3	0,95	23,0	-
Mätpunkt 3	18,4	0,95	23,0	-

Bilden visar sidoentré/nödutgång, karmen kring glaset har mycket lägre temperatur än glaset.



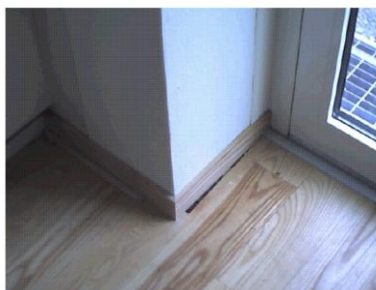
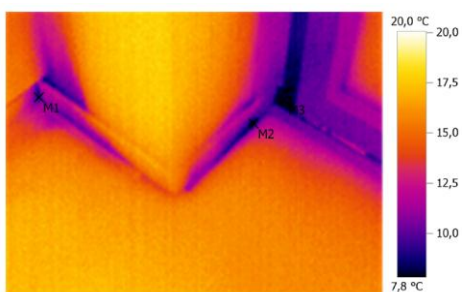
FASAD , NORR IKRUKMAKARGATAN

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01711.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
07:04:14



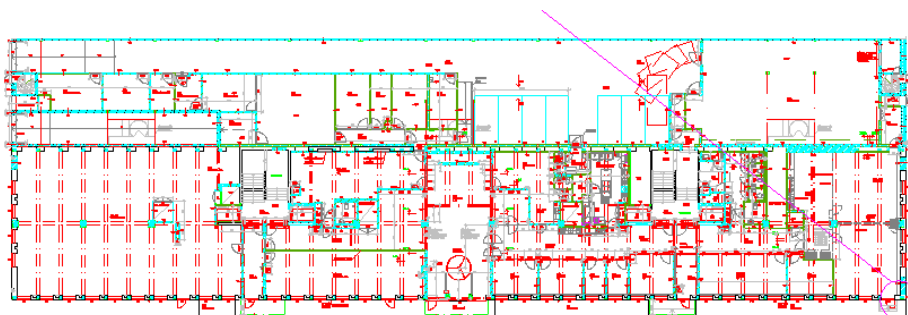
Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkningar
Mätpunkt 1	9,0	0,95	23,0	-
Mätpunkt 2	7,4	0,95	23,0	-
Mätpunkt 3	7,7	0,95	23,0	-

Bilden visar ytterhörn i ett konferensrum på entréplan, i hörnet känner man hur det drar in kallluft troligen beroende på dålig isolering/tätning av klimatskalet kring hörnet.

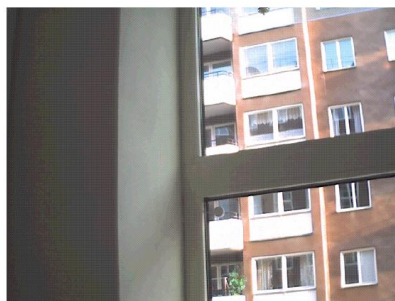
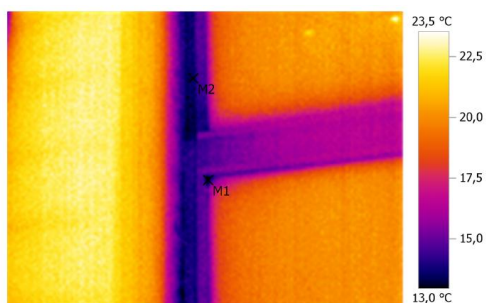


Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01708.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
07:00:18



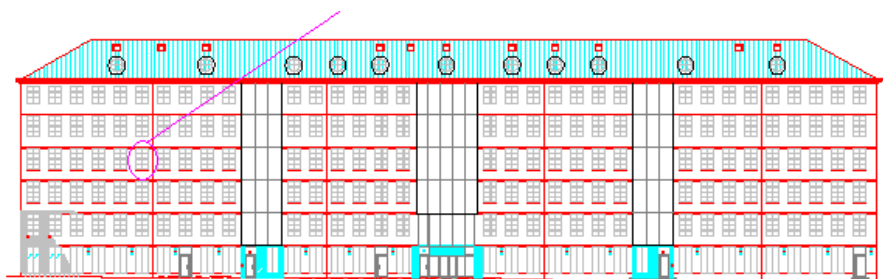
Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkningar
Mätpunkt 1	12,3	0,95	23,0	-
Mätpunkt 2	13,4	0,95	23,0	-

Bilden visar vänster sida av fönsterkarm från insidan. Att hörnet har en lägre temperatur beror på en kombination av karmens u-värde och att luft rörelsen är mindre i hörn.



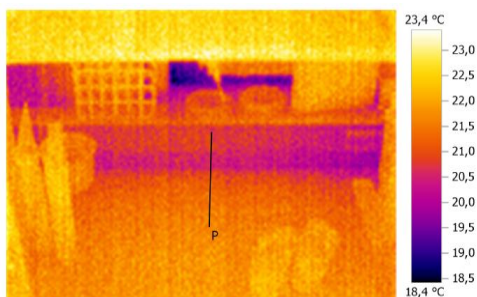
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01705.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
07:01:09

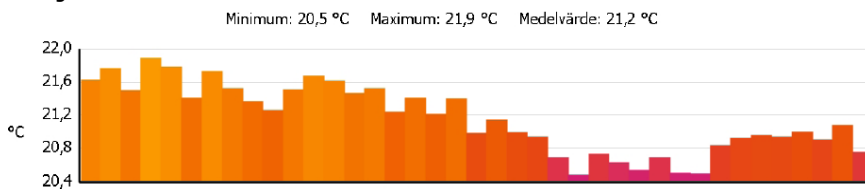


Bildparameter:

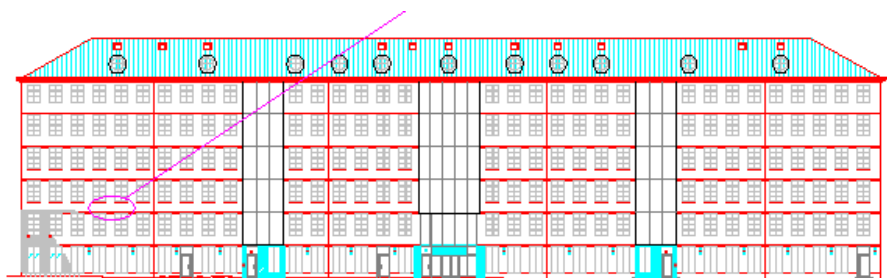
Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 20,0

Profillinje:



Bilden visar insidan där bjälklaget möter väggen. Att temperatur är lägre beror på en kombination av köldbryggan som är vid bjälklaget och att luftrörelsen är mindre i hörn.



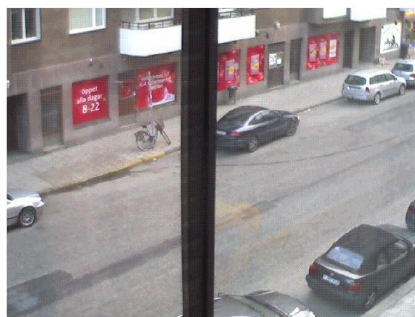
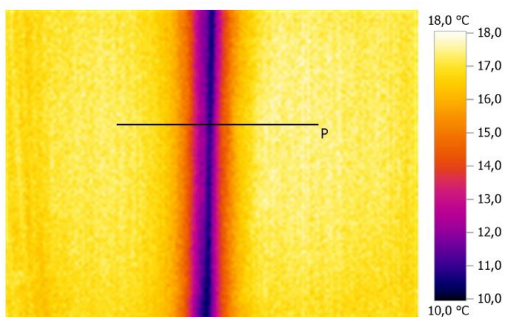
FASAD , NORR IKRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01704.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:41:14

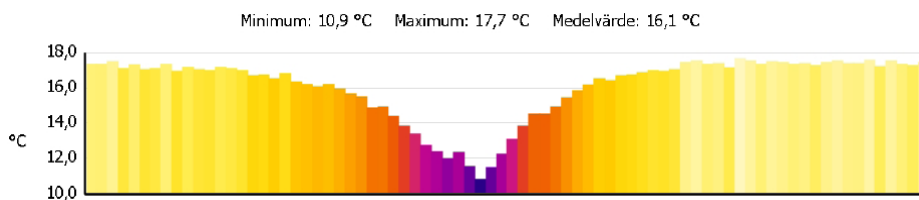


Bildparameter:

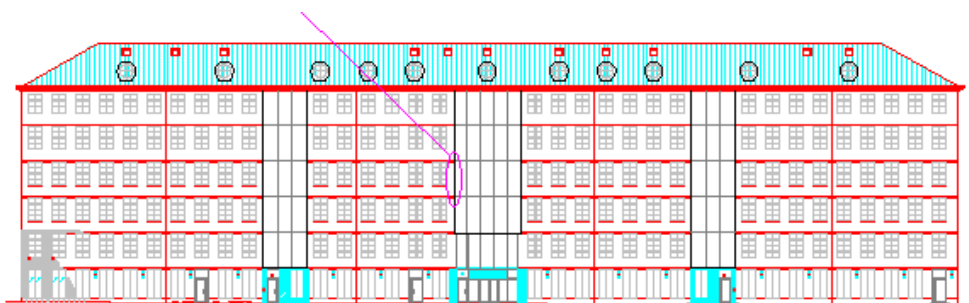
Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Profillinje:



Bilden visar insidan av hörnet där två glas möter varandra i burspråket.



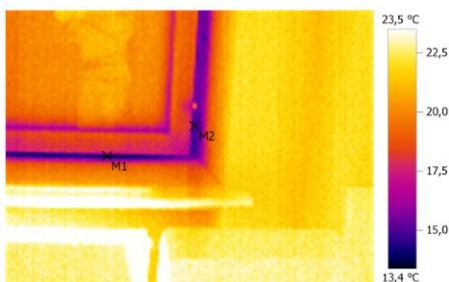
FASAD , NORR (KRUUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01700.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:24:25



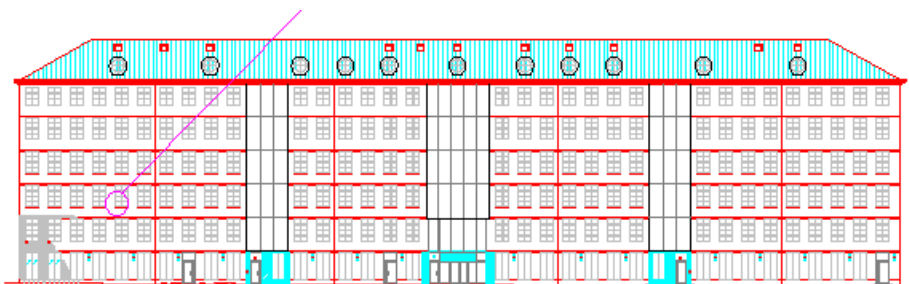
Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkingar
Mätpunkt 1	13,4	0,95	23,0	-
Mätpunkt 2	15,1	0,95	23,0	-

Bilden visar höger sida av fönsterkarm från insidan. Att hörnet har en lägre temperatur beror på en kombination av karmens u-värde och att luftcirkulationen är mindre i hörn.



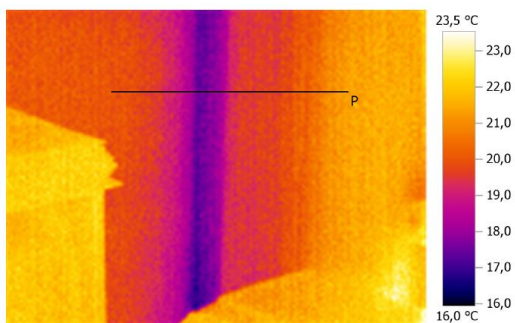
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01699.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:23:30



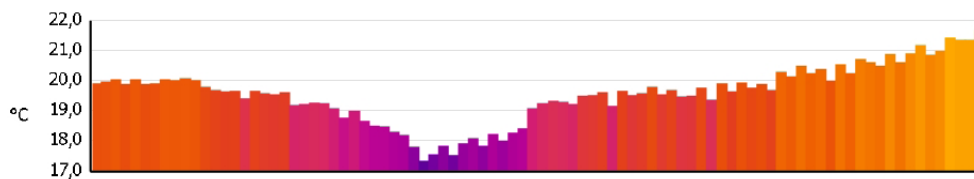
Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,93

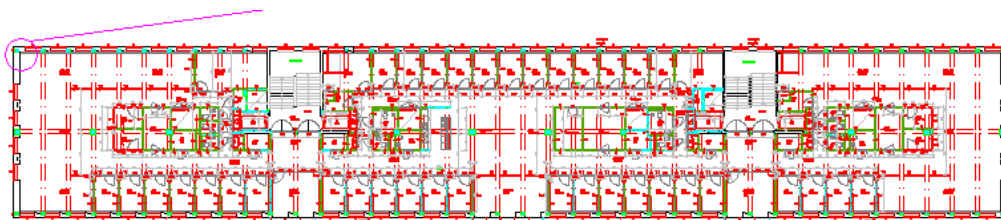
Refl. Temp. [°C]: 23,0

Profillinje:

Minimum: 17,3 °C Maximum: 21,7 °C Medelvärde: 19,6 °C



Bilden visar ytterhörn på plan 3 inifrån.

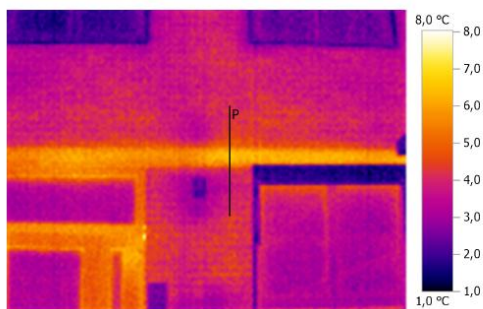


Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01693.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
06:20:54

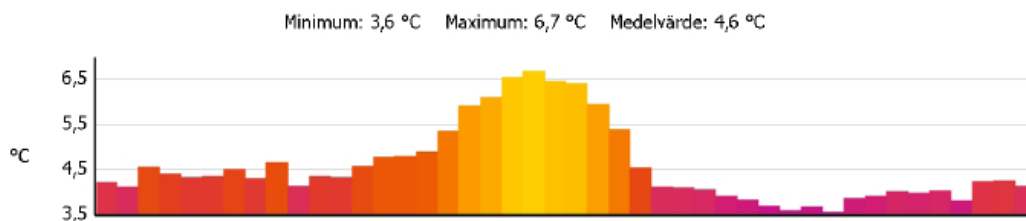


Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,93

Refl. Temp. [°C]: 4,0

Profillinje:



Bilden visar bjälklagskanten utifrån. Eftersom bjälklaget går hela vägen ut i fasad blir detta en köldbrygga vilket går att se på den höjda temperaturen kring det synliga bjälklaget.



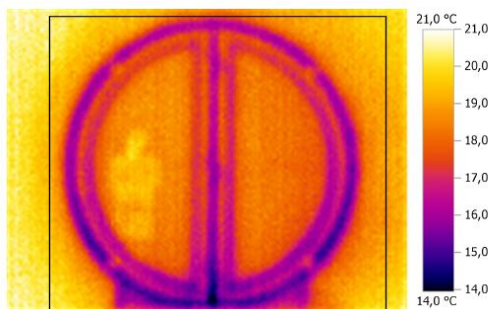
FASAD , NORR IKRUKMAKARGATAN

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01718.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
08:18:38

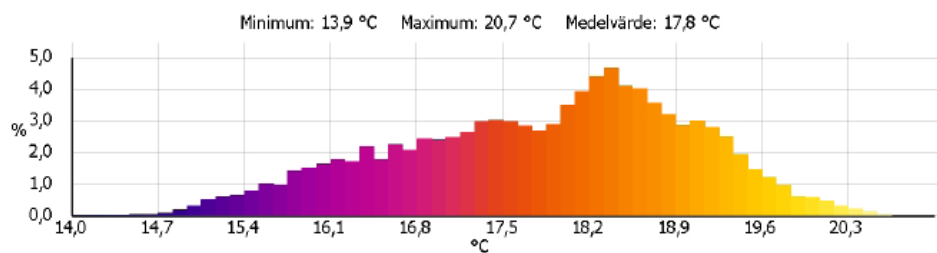


Bildparameter:

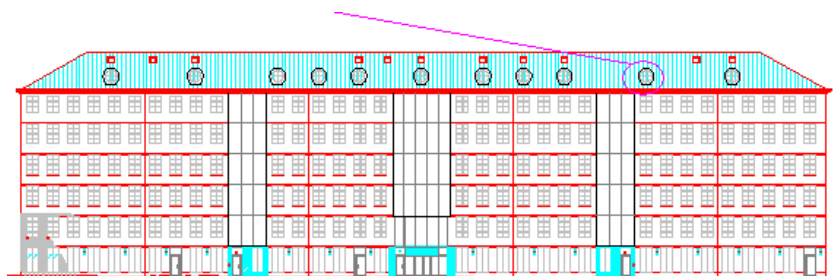
Emissionsgrad: 0,95

Refl. Temp. [°C]: 20,0

Histogram:



Bilden visar en norrvänd fönsterkupa på plan 8.



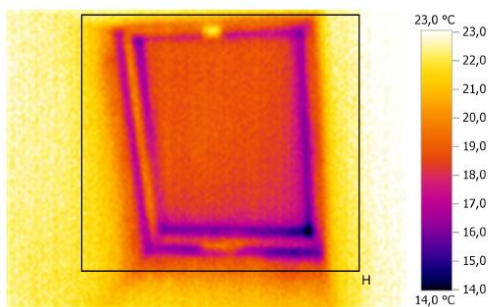
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01719.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
08:18:55

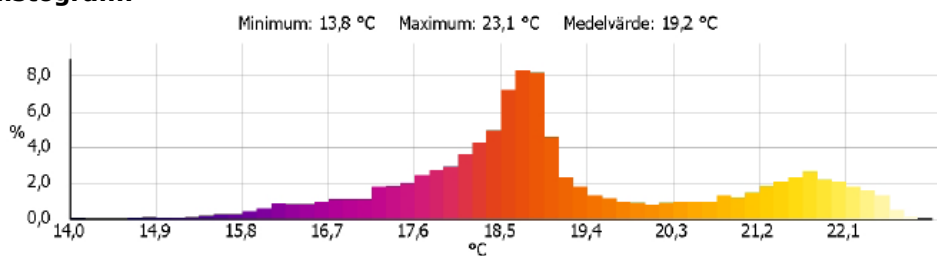


Bildparameter:

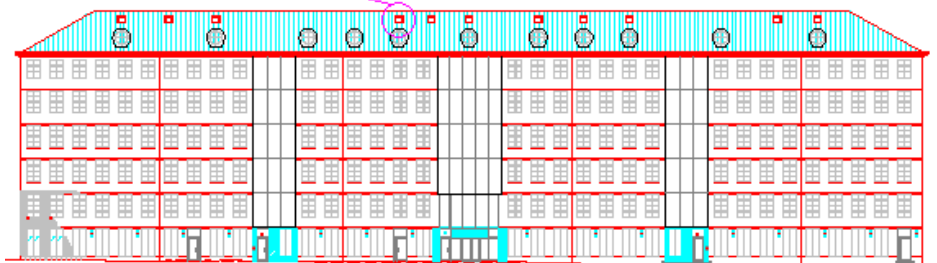
Emissionsgrad: 0,93

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Histogram:



Bilden visar ett norrvänt takfönster på plan 8.



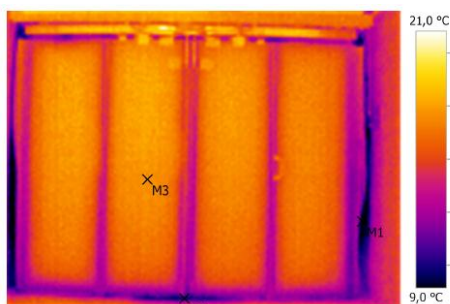
FASAD , NORR (KRUKMAKARGATAN)

Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01726.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
08:34:34



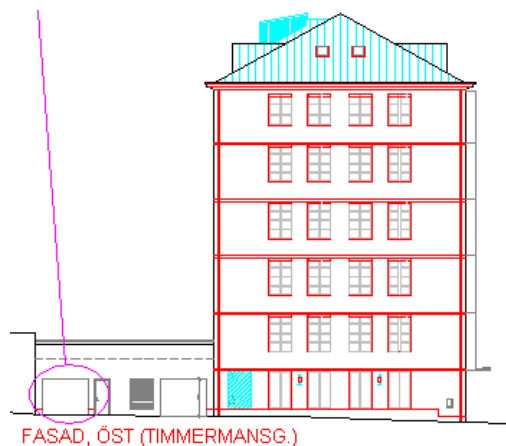
Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,93

Refl. Temp. [°C]: 23,0

Mätobjekt	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Anmärkningar
Mätpunkt 1	8,8	0,95	23,0	-
Mätpunkt 2	9,9	0,95	23,0	-
Mätpunkt 3	17,4	0,95	23,0	-

Bilden visar garageporten på östra fasaden inifrån.

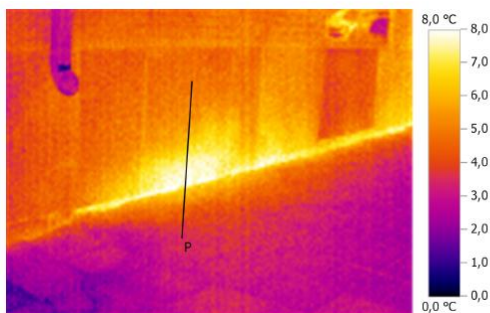


Termografering av kv. Skjutsgossen

Datafil:
IV_01741.BMT

Datum:
2010-04-19

Klockslag:
08:38:01

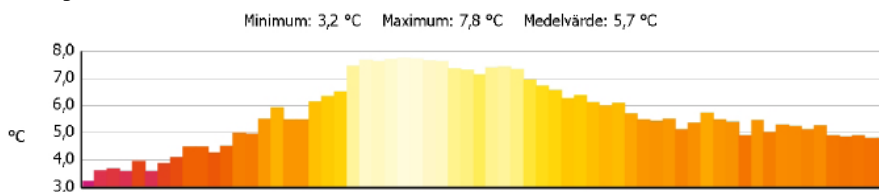


Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,93

Refl. Temp. [°C]: 4,0

Profillinje:



Bilden visar sockeln på västra fasaden. Värmeläckaget som syns på bilden beror troligen på köldbryggan vid bjälklagskanten och bidrar även till den låga temperaturen vid hörnet av konferensrummet.

