

# Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

*Robert Linder*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2011  
Rapport TVIT--11/5024



## 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 golvvärmesystem, 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 och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

*Robert Linder*

© Robert Linder  
ISRN LUTVDG/TVIT--11/5024--SE(87)

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

## Sammanfattning

Titel:	Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet
Författare:	Robert Linder
Handledare:	Birgitta Nordquist, Avdelningen för Installationsteknik, Institutionen för bygg och miljöteknologi
Problemställning:	<p>Vilka energieffektiviseringsåtgärder finns för befintliga lokaler?</p> <p>Vilka applicerbara energieffektiviseringsåtgärder är mest lönsamma? Vilken åtgärds dimension och/eller modell är mest kostnadseffektiv? Vilka alternativa investeringar kan bli aktuella?</p> <p>Går det att generalisera och tillämpa någon av åtgärderna på en liknande byggnad?</p> <p>Går det att uppfylla nybyggnadskraven för lokaler med de valda åtgärderna?</p>
Syfte:	<p>Arbetet syftar till att belysa möjligheter och problematik med energieffektivisering av befintliga byggnader samt försöka hitta ekonomiskt och miljömässigt hållbara lösningar på problemen.</p> <p>Syftet är också att lyfta fram ämnet och inspirera till ett effektivare företagande. Energieffektivisering bidrar också till att få Sverige självförsörjande vad gäller energi.</p>
Metod:	<p>Arbetet startade med en litteraturstudie inom området för att få inspiration till infallsvinklar och för att se vad som redan gjorts inom området. Efter samtal med Briggen har objektet valts ut med hänsyn till dess stora potential för energieffektivisering. Byggnaden har sedan modellerats i energiberäkningsprogrammet VIP Energy för att på ett smidigt sätt beräkna förbrukning för grundfallet. Denna förbrukning jämförs med den nya efter att respektive åtgärd implementerats.</p> <p>Beräkningarna har utförts både i VIP Energy och för hand och grundar sig oftast i kostnadsbedömningar från sektionsfakta eller leverantör för att sedan lönsamhetsbedömas med hjälp av LCC metoden.</p> <p>För de åtgärder där det går kommer det tas fram ett spann för att klargöra vilken dimension eller modell</p>

## Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

som är kostnadseffektivast, exempelvis byte av fönster med ett U-värde på 0,8 jämfört med 1,2.

Slutsatser:

Byggnadens energiförbrukning bör gå att sänka med upp till 32 % och kommer då att klara nybyggnadskravet på 100 kWh/m<sup>2</sup>, år. Inomhusklimatet bör efter införande av rekommenderade åtgärder vara betydligt bättre både vintertid och sommartid.

Efter en lyckad teknisk upprustning bör den lediga delen av lokalen också bli uthyrd vilket skulle ge ett förbättrat ekonomiskt läge för fastighetsägaren. Sammantaget går det att konstatera att det finns stora pengar att spara på att utföra relativt enkla åtgärder.

Nyckelord:

Energieffektivisering, lokal, inneklimat, LCC, livscykelkostnad

## Abstract

Title:	Energy efficiency and indoor climate improvement of office and warehouse building from the 80s
Author	Robert Linder
Tutor:	Birgitta Nordquist, Department of Building Services Engineering, Institution of Civil and Environmental Technology
Problem:	<p>What energy efficiency measures are there for existing buildings?</p> <p>Which applicable energy efficiency measures are most profitable? What dimension and/or model is the most cost effective? What alternative investments may be relevant?</p> <p>Is it possible to generalize and apply any of the actions on a similar building?</p> <p>Is it possible to meet new construction requirements for the building with the chosen measures?</p>
Purpose:	The work aims to highlight opportunities and problems with energy efficiency of existing buildings and try to find economically and environmentally sustainable solutions to the problems. It also aims to highlight the subject and inspire a more efficient business. Energy efficiency also helps to make Sweden self-sufficient in energy.
Method:	The work started with a literature study in the area to get inspiration for ways to look and to see what had already been done. After talks with Briggen a building has been chosen because of its large potential for energy efficiency. The building was then modeled in the energy calculation program, VIP Energy to calculate consumption for the basic case. This consumption is compared with the new after each action is implemented. The calculations have been performed both in VIP Energy and by hand and have been based mostly on the cost estimates from sektionsfakta or supplier and then profitability is calculated using the LCC method. For those actions where it is possible there will be a range to identify the dimensions or model that is most cost effective, for example, replacement of windows with a U value of 0,8 compared to 1,2.

Conclusions:

It should be possible to reduce the building's energy consumption by up to 32%. It will then meet the construction requirement of 100 kWh/m<sup>2</sup>,year with a consumption of about 92,5 kWh/m<sup>2</sup>,year. The indoor climate after the implementation of recommended actions should be significantly better in both winter and summer.

After a successful technological upgrade, the free space will probably be hired which would give an improved financial position for the property owner.

Overall, it should be noted that there are major savings to be made with relatively simple measures.

Keywords:

Energy conservation, office, warehouse, indoor climate, LCC, lifecycle cost



## Förord

Detta arbete omfattar 30 högskolepoäng och har utförts vid avdelningen för Installationsteknik på Lunds Tekniska Högskola (LTH) tillsammans med Fastighets AB Briggen.

Jag vill rikta ett varmt tack till min handledare Birgitta Nordquist, universitetslektor på LTH, för ditt ovärderliga stöd och tålamod. Stort tack till Mats Dahlblom som hjälpt till med sakfrågor kring beräkningsprogrammet VIP.

Tack till företagen inhysta i byggnaden som tog sig tid att svara på mina frågor om inomhusklimatet.

Till sist vill jag tacka mina kontakter på Fastighets AB Briggen, Bengt Hansson och Jens Davidsson som båda bistått arbetet med information och gjort det möjligt att besöka fastigheten på plats.

Lund december 2010

Robert Linder



## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	13
1.1	Bakgrund .....	13
1.1.1	Nuläget för lokaler i Sverige .....	14
1.2	Syfte .....	14
1.3	Mål .....	14
1.4	Problemställning .....	14
1.5	Avgränsningar .....	15
1.6	Metod .....	15
2	Teori .....	17
2.1	Litteraturstudie .....	17
2.2	BBR:s krav på lokalbyggnaders energihushållning .....	19
2.3	Energibalans .....	19
2.3.1	Energitillskott .....	20
2.3.2	Energiförluster .....	21
2.4	Effektbehov .....	22
2.5	Metod för beräkning av uppvärmningsenergibehov .....	23
2.6	Tekniska åtgärder .....	24
2.6.1	Mindre åtgärder .....	25
2.6.2	Större mer kostnadskrävande åtgärder .....	26
2.7	Beteendeberoende åtgärder .....	27
2.7.1	Sänkning av inomhustemperaturen .....	27
2.7.2	Hålla klimatskalet förslutet .....	27
2.7.3	Möblering .....	27
2.7.4	Införande av individuell värmemätning .....	27
2.7.5	Införande av individuell mätning av varmvatten .....	27
2.7.6	Införande av individuell elmätning .....	28
2.8	Inomhusmiljö- och fuktaspekter kring olika åtgärder .....	28

## Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

---

2.8.1	Isolering/Tilläggsisolering av vindsbjälklag .....	28
2.8.2	Invändig tilläggsisolering av källaryttervägg.....	28
2.8.3	Byte av uppvärmningssystem .....	28
2.8.4	Tätning av fönster och dörrar.....	28
2.9	Investeringsbedömning/lönsamhetsberäkningar .....	29
2.9.1	Livscykelkostnad (LCC) .....	29
2.9.2	Pay off-metoden.....	30
3	Fallstudie.....	31
3.1	Beskrivning av Objektet Sadelknappen 4 och nuläget.....	31
3.2	Byggnadsbeskrivning.....	32
3.2.1	Beskrivning av byggnadstekniken – klimatskal med mera .....	37
3.2.2	Beskrivning av ventilations- och uppvärmningssystemet.....	37
3.2.3	Beskrivning av kylsystemet .....	38
3.2.4	Beskrivning av inneklimatet och hur det upplevs .....	39
3.3	Indata till VIP Energy .....	39
3.3.1	Allmänna förutsättningar .....	39
3.3.2	Köldbryggor .....	43
3.4	Resultat för grundfall 1 och 2 .....	44
4	Åtgärdsförslag med lönsamhetsberäkningar .....	47
4.1	Tilläggsisolering av vindsbjälklaget .....	47
4.1.1	370 mm vindsisolering.....	47
4.1.2	470mm vindsisolering.....	47
4.1.3	570 mm vindsisolering.....	48
4.1.4	Fall 2, ökat ventilationsflöde (ökad energiförbrukning) .....	52
4.2	Fylla igen uteluftsventilerna.....	53
4.3	Lufttäta och dreva fönster .....	57
4.4	Persienner.....	59
4.5	Luftväxling vid stora öppningar i fasaden .....	60
4.6	Byte till energieffektiva fönster 2015 .....	61
4.6.1	Beräkningar fall 1.....	62

## Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

---

4.6.2	Beräkningar Fall 2.....	62
4.7	Installation av vattenburet radiatorsystem .....	64
4.7.1	Årlig hyresförlust.....	65
5	Sammanställning av resultat samt analys.....	67
5.1.1	Dessa åtgärder rekommenderas att utföra omgående:.....	67
5.1.2	Pengabesparingar: .....	67
5.1.3	Investeringskostnader: .....	68
5.1.4	Energibesparingar: .....	69
5.1.5	Framtida åtgärder med besparingsmöjligheter:.....	69
5.1.6	Förbättringar av inomhusklimatet:.....	70
6	Diskussion.....	71
7	Felkällor .....	73
8	Slutsatser .....	75
8.1	Generella slutsatser om energieffektivisering och lärdomar av arbetet .....	75
8.2	Övriga rekommendationer .....	76
9	Referenser .....	77
9.1	Tryckta källor:.....	77
9.2	Elektroniska källor: .....	78
9.3	Muntliga källor:.....	78
10	Bilagor.....	79
10.1	Bilaga A Teknisk Beskrivning .....	79
10.2	Bilaga B Indata VIP Energy.....	80
10.3	Driftstatistik .....	87
10.4	Ritning planlösning.....	88



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

”Med energieffektivisering avses att optimera nyttan från varje inköpt kWh” - Energimyndigheten, 2009.

Energieffektivisering är i dagsläget ett hett ämne. Människor blir mer och mer medvetna om vikten av långsiktigt tänkande kring sitt boende och arbetsplatsen. Drifts- och underhållskostnaderna belyses därför alltmer. Dagens företag har också ofta uppmärksammat vikten av att optimera sin verksamhet och minimera kostnader och har därför blivit mer och mer intresserade av att energioptimera och energieffektivisera sina byggnader för att på så sätt få lägre kostnader.

Enligt Europeiska kommissionen, GD Energi och transport (EK) använder hushållen ca två tredjedelar av all energi som förbrukas. Våra byggnader står för ca 40 % av den totala energiförbrukningen. Som om inte det vore nog så ökar hushållens och kontorens energiförbrukning markant i takt med ökande levnadsstandard och det är främst komfortgivande värme och kylsystem, men även varmvatten och belysning som bidrar till ökningen.

EK hävdar också att det går att spara 30-50 % av belysningselen för kontor, affärer och dylikt om bara dessa skulle använda nyare och effektivare tekniska lösningar. Direktivet om byggnaders energiprestanda (2002/91/EG) omfattar alla nya byggnader över 1000 m<sup>2</sup> samt byggnader över 1000 m<sup>2</sup> som ska genomgå en omfattande renovering.

Västvärlden har länge utvecklats på bekostnad av u-länders dåliga ekonomi och haft tillgång till billig arbetskraft i framför allt Asien. Nu är Asien på stark frammarsch och på sikt kommer fler och fler i länder som Kina och Indien att få en ökad levnadsstandard vilket innebär ett mer energikrävande boende och mer elektronik som förbrukar energi. Detta kommer i sin tur öka efterfrågan på energi (Robert Flinth, 2010).

Framtida energibehov för länder med stark utveckling såsom Kina och Indien kommer att utarma den globala energimarknaden och energipriserna kommer att stiga i höjden. Ska Asien tillåtas att utvecklas utan att energi blir en dyr bristvara bör västvärlden sänka sin energiförbrukning. Ska energislöseriet minskas är det därför viktigt att börja där det finns störst potential till besparingar, det vill säga byggnaderna. Eftersom byggnader använder ca 40 % av den energi som produceras på jorden är det därför inför framtiden viktigt att väsentligt reducera både nybyggnationers men framför allt **befintliga byggnaders** energiförbrukning (EK, 2003).

Det nya energidirektivet från EU har till syfte att minska energianvändningen i bland annat flerbostadshus. Efter 2020 ska alla hus som byggs och renoveras uppfylla kravet på nära nollenergistandard. Detta krav kan uppnås genom att energieffektivisera på olika sätt, exempelvis genom att tilläggsisolera, byta fönster och genom en ökad användning av värmeåtervinning. Alla dessa åtgärder kostar pengar och ofta blir initialkostnaderna för dessa åtgärder ganska höga. Det är dock lätt att stirra sig blind på initialkostnaden och inte tänka på att byggnader och åtgärder har en livslängd på flera

årtionden, år då denna kostnad kan komma att betala av sig (Robert Flinth, Schneider Electric, föreläsning, 2010).

Ett annat argument för energieffektivisering är att det minskar vår miljöpåverkan. Alla, företagare, anställda som privatpersoner kan bidra till att göra vår jord lite mer hållbar. Företag som vidtar åtgärder och är mycket energieffektiva får på köpet också mycket bra PR och får lättare att attrahera kompetent personal (Energimyndigheten, 2009).

### **1.1.1 Nuläget för lokaler i Sverige**

I dagsläget finns det ca 150 miljoner m<sup>2</sup> lokalarea som har ett uppvärmningsbehov. Ungefär hälften av den totala arean är offentligt ägd, resten privatägd. Den största delen av lokalerna är kontor eller skolor och ungefär 60 % av totalarean är uppvärmd med hjälp av fjärrvärme. Direktverkande el står endast för ca 10 % av uppvärmningen och el tillsammans med värmepumpar ca 20 %. Byggnader från 1980 och tidigare står för en stor del av dagens lokalvärmebehov (Chalmers EnergiCentrum, 2005). Med andra ord finns det en stor besparingspotential hos Sveriges lokaler.

## **1.2 Syfte**

Arbetet syftar till att belysa möjligheter och problematik med energieffektivisering av befintliga byggnader samt försöka hitta ekonomiskt och miljömässigt hållbara lösningar på problemen.

Syftet är också att lyfta fram ämnet och inspirera till ett effektivare företagande. Energieffektivisering bidrar också till att få Sverige självförsörjande vad gäller energi.

## **1.3 Mål**

Målet med arbetet är att sänka energiförbrukningen och förbättra inomhusklimatet hos en av Briggens mindre energieffektiva byggnader så bra som möjligt.

En realistisk målsättning med arbetet antas vara att byggnaden efter energibesparande åtgärder ska ha en energiförbrukning som är mindre än nybyggnadskraven och det blir alltså dessa värden som den energieffektiverade byggnaden ska jämföras mot i VIP.

## **1.4 Problemställning**

- Vilka energieffektiviseringsåtgärder finns för befintliga lokaler?
- Vilka applicerbara energieffektiviseringsåtgärder är mest lönsamma? Vilken åtgärds dimension och/eller modell är mest kostnadseffektiv? Vilka alternativa investeringar kan bli aktuella?
- Går det att generalisera och tillämpa någon av åtgärderna på en liknande byggnad?
- Går det att uppfylla nybyggnadskraven för lokaler med de valda åtgärderna?



## 1.5 Avgränsningar

Fastigheten Sadelknappen 4 innefattar 2 olika byggnader, dels den studerade kontors- och lagerbyggnaden och dels en besiktningshall. Arbetet avgränsas till energieffektivisering av kontors och lagerbyggnaden och kommer inte avse besiktningshallen. Arbetet kommer främst att fokusera på åtgärder som minskar själva byggnadens energiförbrukning och endast titta mindre på användar- och beteendeberoende sparåtgärder då åtgärderna ska bli lönsamma ur ett förvaltarperspektiv.

## 1.6 Metod

Arbetet startade med en litteraturstudie inom området för att få inspiration till infallsvinklar och för att se vad som redan gjorts inom området. Briggen har sedan valt ut fastigheten på grund av den presumtivt stora besparingspotential den tros ha. Lämpliga modeller har sedan byggts i energiberäkningsprogrammet VIP Energy för att på ett smidigt sätt beräkna energibesparingen tillsammans med kostnadsberäkningar för att kunna bedöma lönsamheten hos den valda åtgärden.

Beräkningarna på tilläggsisolering av vindsbjälklaget och fönsterbyte har utförts med hjälp av VIP Energy och resterande åtgärdsförslag har beräknats för hand.

Alla beräkningar för kostnader och lönsamhet har utförts för hand, oftast med hjälp av sektionsfakta och LCC metoden.

Initialkostnaden för vald energieffektiviseringsåtgärd vägs sedan mot energibesparingen genom en livscykelkostnadsanalys. För de åtgärder där det går kommer det tas fram ett spann för att klargöra vilken dimension eller modell som är kostnadseffektivast, exempelvis byte av fönster med ett U-värde på 0,8 jämfört med 1,2. Det tas även fram vilken åtgärdskombination som är lönsammast.



## 2 Teori

### 2.1 Litteraturstudie

Denna litteraturstudie syftar till att ge en bild av den litteratur som finns kring energieffektivisering av lokaler. En stor mängd litteratur har gåtts igenom och nedan kommer ett par korta sammanfattningar av de verk som ligger närmast detta arbete.

Nilson, Uppström och Hjalmarsson skriver för Byggforskningsrådet i ”Energieffektivisering i kontorsbyggnader – en vinst inte bara för miljön!”, 1996, om lämpligt tillvägagångssätt för att genomföra olika åtgärder men belyser också att det är viktigt att alla berörda parter blir informerade om varför något åtgärdas och hur stor besparing det kommer att medföra. Författarna poängterar också vikten av drift och underhåll samt uppföljning av energiförbrukningen för att bibehålla den uppnådda effektiviteten.

Sandberg, Nilson, Hjalmarsson och Ericson skriver 1996 i Energieffektivisering. – ”Sparmöjligheter och investeringar för el- och värmeåtgärder i bostäder och lokaler” förutsådda möjligheter och kostnader för möjliga energieffektiviseringar i den svenska bebyggelsen fram till 2010 och 2020. Både ett teoretiskt fall och ett mer realistiskt fall har beräknats för att få fram ett rimligt spann på de besparingar som skulle kunna realiseras. Rapporten är framtagen i samarbete med Byggforskningsrådet.

Björkman, Widerström och Forsforsöker i sin skrift ”Minska företagets energikostnader nu! – energieffektivisering för smart företagande och bättre miljöarbete”, 2009 inspirera företag att energieffektivisera genom att framföra bra argument. De vill också belysa att små åtgärder snabbt betalar av sig, men också att ett långsiktigt tanke sätt måste appliceras vid större åtgärder. Skriften markerar också vikten av att se mer på livscykelkostnader istället för att endast titta på pay-off-tiden. Exempel på lyckade energieffektiviseringar hos stora företag redovisas och mätningar ses som en grundsten i arbetet med att minimera kostnaderna. En grundläggande kartläggning av var energin tar vägen rekommenderas också för att lyckas.

Anders Burman och Percy Persson har 2008 skrivit ett examensarbete som heter ”Energieffektivisering av tre flerbostadshus från 50-talet – är det möjligt att uppfylla nybyggnadskrav med rimliga effektiviseringsåtgärder?”. Metod och analyser som de utfört är snarlika mot de som används i detta arbete men med skillnaden att de tittar på flerbostadshus istället för lokaler. I detta arbete har de utvärderat olika åtgärder inom styr och reglerteknik, installationsteknik och byggnadsteknik för att kunna minska den specifika energianvändningen utan anpassning av hyresgästens beteende. Burman och Persson har utvärderat åtgärderna med beräkningar i VIP+ samt använt sig av livscykelkostnadsanalys och beräknat avbetalningstiden för respektive åtgärd. Resultatet av deras valda åtgärder visar att det är möjligt att hamna inom ramen för BBR:s nybyggnadskrav.

”Energisparpotentialen i lokaler – Effektivisering av fem kontorsbyggnader genom energiteknisk upprustning” är en rapport genomförd på initiativ av Byggforskningsrådet (BFR) skriven av Lars Sundbom, Anders Nilson och Karl Munther 1987. Fem kontorsbyggnader med helt olika förutsättningar undersöktes för att fastställa deras

besparingspotential. Rapporten fastslår att stora besparingar kan göras genom att gå igenom byggnadens anläggningar då det ofta finns väsentliga brister i dessa som kan kosta mycket pengar. Energibesparingar på 30-50% har uppnåtts i vissa fall kring köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning. Författarna poängterar också att lönsamheten kring åtgärderna är mycket bra redan vid en oförändrad ökningstakt hos energipriset. I dagsläget verkar energipriset bara stiga mer och mer, varför åtgärdernas lönsamhet bör bli ännu större.

”Energieffektiviseringshandbok del 2 – Lokaler och flerbostadshus” sammanställd av ÅF-VVS-projekt AB av Catrin Ställborn Werner, Björn Qvist, Per Jonasson och Per Öberg för Stockholm Energis räkning 1992. Skriften syftar till att fungera som en vägledning vid energieffektivisering av lokaler och flerbostadshus. Arbetsgången går igenom steg för steg och startar med energianalys. Ställborn med flera fortsätter genom att lista vanligt förekommande problem för att sedan beskriva olika lönsamma besparingsåtgärder och råd kring dessa. Handboken behandlar: energianalys, driftorganisation, belysning, ventilation, kyla, övrigt och värmeproduktionsanläggning.

Svensk Innemiljö har 2008 genom en branschsamverkan mellan VVS-företagen, kyl-entreprenörernas Förening, Svensk Ventilation och isoleringsfirmornas Förening sammanställt boken ”Framtidssäkra byggnader – En idébok om energieffektivisering för fastighetsägare”. Författarna Kristianson, Wranér, Ygberg och Björklund tar dels upp de olika åtgärder som finns, både de som betalar av sig snabbt och de som är mer långsiktiga. Argument för att utföra energieffektiviseringar läggs fram och exemplifieras för att på så sätt påvisa lönsamheten. Aktuella lagar och regler nämns också kortfattat. De tipsar också allmänt kring besparingsåtgärder och ger spann på möjliga procentuella besparingar.

För att få bättre lönsamhet är det vid större åtgärder viktigt att slå samman underhåll och energieffektiviseringsåtgärder. Som exempel är det inte oftast inte lönsamt att tilläggsisolera fasaden om den inte ändå behöver bytas ut. Slås åtgärderna ihop blir merkostnaden för de energisparande åtgärderna mycket mindre och eventuellt kan lönsamhet uppnås (Chalmers EnergiCentrum, 2005).

Enligt Kristianson mfl, 2008, bör arbetet med energieffektivisering av en befintlig byggnad alltid inledas med

Steg 1: att undersöka den befintliga energiförbrukningen genom att göra en kartläggning och statusbestämning av den aktuella byggnadens konstruktion och installationer (Kristianson mfl, 2008).

Steg 2 består i att definiera de energimässiga och innemiljömässiga krav som ska ställas på byggnaden.

Steg 3 är att utföra beräkningar på olika åtgärder för att kunna jämföra dess lönsamhet (Kristianson mfl, 2008).

Steg 4 innebär genomförande av de valda åtgärderna och sedan uppföljning av resultatet.

Energideklarationen bör fungera som en utgångspunkt vid en energieffektivisering då den innehåller byggnadens energiprestanda, det vill säga energiförbrukning i kWh/m<sup>2</sup>, år för all byggnadsarea som värms till mer än 10°C, men också referensvärdet på energiförbrukningen för att få något att jämföra mot (Kristianson mfl, 2008).

Energideklarationen innehåller även information om funktionskontroll av ventilationen samt om radonmätningar har utförts i byggnaden.

Slutligen ges det i energideklarationen förslag på energieffektiviserande åtgärder som är lönsamma för den aktuella byggnaden (Kristianson mfl, 2008). Dessa bör undersökas närmare innan beräkningar på andra åtgärder utförs.

Energiprestanda för lokaler inkluderar följande:

Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla, fastighetsel samt energi knuten till verksamheten (Chalmers EnergiCentrum, 2005)

## 2.2 BBR:s krav på lokalbyggnaders energihushållning

Byggnadens specifika energianvändning ska enligt Boverket inte överstiga **100 kWh/m<sup>2</sup>** golvarea ( $A_{temp}$ ) och år i klimatzon söder och **120 kWh/m<sup>2</sup>** golvarea ( $A_{temp}$ ) och år i klimatzon norr för lokaler. Dessa krav gäller då för nya byggnader.

Lokaler med ett uteluftsflöde över 0,35 l/s, m<sup>2</sup> får dock göra ett tillägg på 70(q-0,35) per m<sup>2</sup> golvarea ( $A_{temp}$ ) och år för den södra klimatzonen och 90(q-0,35) per m<sup>2</sup> golvarea ( $A_{temp}$ ) och år för den norra klimatzonen, q står för det genomsnittliga luftflödet under hela året (Boverket, 2008). I  $A_{temp}$  utesluts garage även om det tillhör samma byggnad. Energitillskottet från installerade solenergianläggningar får tillgodoräknas. Värmeövergångskoefficienten ( $U_m$ ) för byggnadens omslutande delar ska heller inte överstiga 0,7 W/ m<sup>2</sup>K (Boverket, 2008).

## 2.3 Energibalans

För att hålla konstant temperatur i en byggnad måste energibalans gälla. Enkelt uttryckt innebär det att lika mycket energi som försvinner ur byggnaden måste hela tiden tillföras.

- $Q_{in}=Q_{ut}$

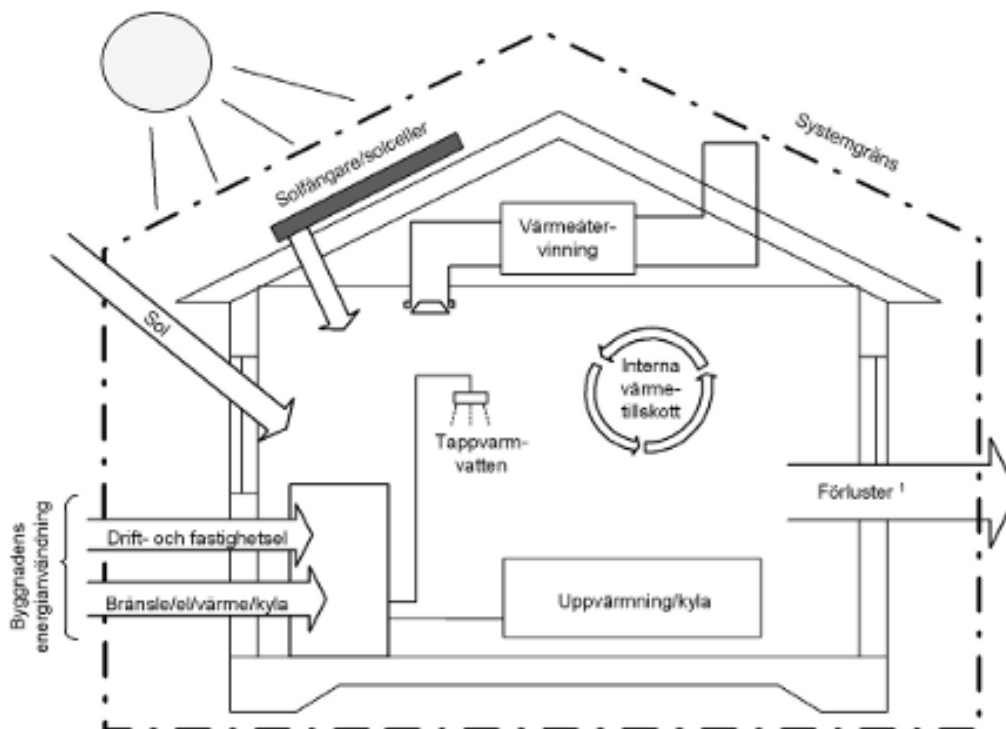


Bild 1. Energibalans. Bilden visar de ingående parametrarna vid energibalans. (BBR, 2009)

### 2.3.1 Energitillskott

- Solinstrålning  
Solinstrålningen är på sommaren ofta ett relativt stort problem för kontor med många anställda och många maskiner, datorer osv. eftersom den då skapar ett oönskat varmt inomhusklimat. Detta leder ofta till att komfortkyla installeras (Warfvinge, 2003).
- Internt värmetilskott  
Är den värme som genereras av de datorer, maskiner, elektroniska apparater som används. Det är även värme som alstras av de personer som vistas i byggnaden samt spillvärme från matlagning, tvagning med mera. (Warfvinge, 2003).
- Byggnadsstommens värmetröghet  
Innebär hur pass bra byggnaden är på att lagra värme. En byggnad med lätt stomme är mera känslig för svängningar i temperaturen eftersom den kyls ned och värms upp snabbare. På så sätt är det enklare att hålla ett jämnt inneklimat i en byggnad med tung stomme än i en byggnad med lätt stomme (Warfvinge, 2003).

- Solceller och värmeåtervinning av ventilationsluften  
Är installationer som inte alltid finns och därför inte genererar eller tillvaratar energi hos alla byggnader.

### 2.3.2 Energiförluster

- Okontrollerat luftläckage  
Otätheter kring fönster och dörrar eller i klimatskalet leder till att kylig luft ofta dras in. Detta sker eftersom det oftast är ett undertryck i byggnaden. Det är eftersträfvansvärt att ha undertryck i byggnaden för att fuktig luft inte ska pressas ut i konstruktionen. Denna kalla luft måste värmas upp vilket ökar värmebehovet (Warfvinge, 2003).
- Klimatet  
Klimatet där byggnaden är placerad är givetvis viktigt och inverkar stort på energibehovet. Gradtimmeverdets för olika platser i Sverige skiljer sig och kan medföra stora skillnader i energiförbrukning. Gradtimmeverdet avgörs av temperaturskillnaden mellan inomhus och utomhusluften och skillnadens varaktighet. Är byggnaden mycket utsatt för vind kommer ännu mer kylig luft tränga in genom otätheter i husets fasad. Detta kyler såklart ned byggnaden (Warfvinge, 2003). Byggnadens vridning, omgivande bebyggelse med mera spelar också självklart roll, särskilt för vindtryckets storlek.
- Värme- eller kylförlust av den styrda ventilationen  
Vid normal ventilationsdrift förs varm luft ut medans kall luft sugas in. Den kalla luften ska sedan värmas till innetemperatur innan den förs ut. Detta innebär att värmeflödet kommer att vara riktat inifrån och ut. Energi kommer därför att förbrukas för att hålla en konstant hög inomhustemperatur ifall utomhustemperaturen är lägre än inomhustemperaturen. Är inomhustemperaturen lägre än utomhustemperaturen uppstår det istället kylförluster. Detta kan hända vid höga temperaturer på sommaren.
- Transmissionsförluster  
Innebär strömning av värme genom husets omslutningsarea från den varma insidan genom väggar, tak och golv till den kalla utsidan (Kenneth Sandin, 1996). Värmen vill alltid ta den enklaste vägen och går därför ofta igenom otätheter i anslutningar och andra köldbryggor.
- Köldbryggor  
Är konstruktionsmässiga imperfektioner som gör att värme kan ledas ut ur byggnaden med ett lägre motstånd än till exempel genom den omgivande väggen. Till exempel oisolerad bjälklagfästning i vägg, eller dåligt isolerat källargolv (Kenneth Sandin, 1996). Det finns även köldbryggor som är oundvikliga. Det kan handla om utstickande byggnadsdelar, ytterhörn eller skador på klimatskalet. Dock finns det köldbryggor som oundvikligen uppstår, som till exempel regler i isoleringen eller kramlor i tegelväggar. Dessa behövs för att hålla tegelväggen på plats och går inte att komma ifrån (Nevander och Elmarsson, 2006).

- Värmeförluster ur spillvatten  
Vanligtvis finns det ingen spillvärmväxlare som tar vara på värme som annars spolats rakt ut i avloppet. Det har dock börjat bli mindre olönsamt än det varit tidigare att installera spillvärmväxlare (Kristianson mfl, 2008).
- Användarnas beteende  
Det vill säga hur mycket brukarna hushållar eller slösar med energiresurser. Inomhustemperaturen har en stor inverkan på uppvärmningsbehovet. Vilken temperatur som ger termisk komfort är väldigt individuellt och vanligtvis vill äldre människor ha det lite varmare än unga. Detta beror på att äldre inte rör på sig lika mycket som unga. Blodcirkulationen brukar också bli sämre med åldern. Varje grad som inomhustemperaturen kan sänkas sänker uppvärmningsbehovet med ca 5 %. Därför kan det vara mycket lönsamt att se efter hur varmt det egentligen är inomhus. Normalt går det att sänka inomhustemperaturen till 20 °C utan problem. För ännu större besparing går det att sänka temperaturen ytterligare och använda varmare klädsel (Energimyndigheten, 2010).

## 2.4 Effektbehov

Det dimensionerande effektbehovet för en byggnad beräknas efter uttryck (1). Beräkningen sker vid en given utomhustemperatur och innehåller transmissionsförluster, förluster från kontrollerad och okontrollerad ventilation samt den gratisvärme som uppstår (Warfvinge, 2003). Formeln förutsätter att frånluftstemperaturen är den samma som inomhustemperaturen.

Vid beräkning av energi och effektbehov används ett antal formler som visas nedan. Formulerna och dess ingående parametrar är hämtade från Installationsteknik Ak skriven av Catarina Warfvinge, 2003.

$$P = Q_{tot} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) - P_{gratis} \quad (W) \quad (1)$$

$Q_{tot}$  är byggnadens specifika värmeeffektörlust och beräknas enligt nedanstående formel

$$Q_{tot} = Q_t + Q_{ov} + Q_v \quad (W/^\circ C) \quad (2)$$

$Q_t = \sum U_j \cdot A_j + k\ddot{o}ldbryggor$  är transmissionsförluster genom byggnadsdelar

$Q_{ov} = q_{ov} \cdot \rho \cdot c_p$  är förluster från okontrollerad ventilation, dvs luftläckage från otätheter i byggnadens klimatskal

$Q_v = q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (1 - v)$  är förluster från ventilationsluften med hänsyn till värmeåtervinning (Warfvinge, 2003)



Där

$U_j =$  respektive byggnadsdels  $U$  – värde ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A_j =$  respektive byggnadsdels yta ( $m^2$ )

$\rho =$  luftens densitet,  $1,2 \frac{kg}{m^3}$

$c_p =$  specifik värmekapacitet, i detta fall luft,  $1000J/kg\text{°C}$

$v =$  återvinningsgrad, –

$q_v =$  luftflöde,  $\frac{m^3}{s}$

$q_{ov} =$  okontrollerat luftflöde,  $\frac{m^3}{s}$

$T_{inne} =$  inomhustemperatur,  $\text{°C}$

$T_{ute} =$  utomhustemperatur,  $\text{°C}$

## 2.5 Metod för beräkning av uppvärmningsenergibehov

Gradtimmemetoden är vanlig vid handberäkningar av denna typ. En genomgång av denna metod följer nedan.

$$E = Q_{tot} \cdot G_t \quad (Wh) \quad (3)$$

$G_t$  eller gradtimmar är ett specifikt värmeenergibehov som omfattar temperaturskillnaden mellan ute och inneluften multiplicerat med tiden för skillnadens varaktighet.

Där  $G_t$  är ett klimatberoende tabellvärde som beror av  $T_{un}$  samt  $T_{gräns} = T_{inne} - \frac{P_{gratis}}{Q_{tot}}$

$T_{un}$  är utetemperaturens normalårsvärde.

Uttryck (1) går även att använda för beräkning av dimensionerande effektbehov om  $T_{ute} =$  Dimensionerande vinter utetemperatur (DVUT) samt  $P_{gratis} = 0$  (Warfvinge, 2003)

## 2.6 Tekniska åtgärder

För att minska energiförbrukningen går det att utföra många olika åtgärder. Vid val av åtgärder för energieffektivisering är det därför viktigt att påbörja arbetet på rätt sätt och att välja rätt åtgärder.

Steg 1 är att se över klimatskalet och försöka minimera värmeförlusterna (Warfvinge, 2010). Nedanstående frågor kan då vara till hjälp:

- Är klimatskalet tätt?
- Hur bra isolerat är det?
- Finns det betydande köldbryggor?

Steg 2 är att minimera energibehovet från belysning och elektrisk utrustning

- Installera närvarostyrd belysning
- Byta trasiga glödlampor mot lågenergilampor
- Datorer med automatiskt energisparläge mm

Steg 3 är att titta på ventilationssystemet:

- Fungerar det som det ska?
- Är det tätt, helt och rent?
- Är flödena lagom stora?
- Injustera sedan systemet om så erfordras för optimal drift (ofta mycket lönsamt)

Steg 4 är att titta på värmesystemet:

- Injustera radiatorsystem
- Ändra reglerkurvan

Steg 5 är att titta på varmvattensystemet

- Byte till snålspolande armaturer
- Isolera varmvattenledningar för att minimera onödiga värmeförluster

Ordningen på åtgärderna är viktig, t ex startas det med värmesystemet blir det överdimensionerat vid efterföljande energisparande åtgärder på klimatskalet (Warfvinge, 2010). Vid tekniska åtgärder som t ex installation av värmepumpar är det viktigt att först utföra så många energisparande åtgärder som det går. Detta eftersom värmepumpen annars skulle bli helt överdimensionerad om åtgärderna utfördes i omvänd ordning (Nilsson och Warfvinge, 2008). Detta eftersom energibehovet sjunker efter att åtgärderna har utförts. Det vanligaste är att först titta på klimatskalet, sen ventilationssystemet och till sist när värmebehovet är känt så åtgärdas värmesystemet (Nilsson och Warfvinge, 2008).

Utförs flera åtgärder på en gång är det lätt att tro att de olika besparingarna kan adderas till varandra direkt, men så är inte alltid fallet. Nilsson och Warfvinge, (Sveriges Byggindustrier) åskådliggör detta med ett exempel:

Om man installerar snålspolande kranar (sparar ca 5 kWh/m<sup>2</sup>) och samtidigt inför individuell mätning av varmvatten (sparar ca 15 kWh/m<sup>2</sup>) så blir besparingen inte 5+15=20 kWh/m<sup>2</sup>, utan ca 17 kWh/m<sup>2</sup> eftersom den individuella debiteringen först minskar förbrukningen så att den snålspolande armaturen inte ger en lika stor besparing som den ursprungligen hade gjort (Nilsson och Warfvinge, 2008).

Eftersom det är mycket dyrare att kyla än att värma är det viktigt att minska sitt kylbehov så mycket som möjligt med hjälp av förebyggande åtgärder som till exempel solavskärmning i form av markiser, persienner och gardiner (Kristianson mfl, 2008).

### 2.6.1 Mindre åtgärder

Kristianson mfl listar ett antal åtgärder som ofta är lönsamma att utföra och betalar av sig relativt snabbt oavsett befintligt skick på byggnaden. Några av dessa är:

- Täta fönster för att hindra luftläckage. Denna åtgärd sparar inte bara energi utan minimerar risken för drag kring fönster vilket bidrar till ett bättre inneklimat
- Se över driftstiderna för ventilationen. Kan spara stora delar av fläktelen.
- Kontrollera ventilationsflödena så de stämmer, kan spara mellan 10-30% av fläktelen
- Se till att eventuell tilluft inte har för hög temperatur så att det blir onödigt varmt inomhus. Det blir även kontraproduktivt att värma upp luften för att sedan behöva kyla ned den när det blir för varmt.
- Justera reglerkurvan för byggnadens inomhustemperatur för att byggnaden ska hålla rätt temperatur oberoende av utomhustemperaturen
- Kontrollera att värmen är jämn i huset. Är den inte det krävs en injustering av värmesystemet. Detta skall alltid utföras efter någon av ovanstående åtgärder har utförts. Detta är dock mest aktuellt för ett vattenburet radiatorsystem.
- Stänga av påslagna värmekällor under sommarsäsongen
- Vid byte av glödlampor – byt till lågenergilampor
- Se över driftstider för belysning, alternativt sensorstyr belysningen (Kristianson mfl, 2008)
- Sänka temperaturen till 10-17°C i outnyttjade rum/byggnadsdelar samt garage, lager, förråd, trapphus och källare (Energikontoret Skåne, 2000).
- Stäng av kopiatorer, skrivare och liknande på nätter och helger. Installera en timer som stänger av automatiskt.  
Kan spara 1000 kWh/år, kopiator. Kostar mindre än 200kr/timer (Energikontoret Skåne, 2000).

## 2.6.2 Större mer kostnadskrävande åtgärder

Åtgärderna nedan bör helst utföras i den listade ordningen för bästa resultat

- Isolera vinden  
Enligt Energimyndigheten försvinner upp till 15 % av värmen ut genom taket. Genom att isolera och lufttäta vinden kan detta undvikas.
- Byt till energieffektiva fönster när det ändå är dags för byte. Olika typer av beläggningar på glaset kan användas för att minimera behovet av klimatkyla.
- Tilläggsisolera fasaden. Detta är främst lönsamt om fasaden ändå måste renoveras.  
(Kristianson mfl, 2008)
- Värmeåtervinn ventilationsluften om det är ekonomiskt försvarbart. Ofta kan detta spara mellan 50-85% av energin för uppvärmning av tilluften
- Byte till mer effektiv ventilationsfläkt
- Behovsstyrd ventilation t ex mellan 06.00-19.00, inget ska vara igång i onödan. Kan spara 10-80% av luftens uppvärmningsenergi (Kristianson mfl, 2008)
- Installera vattensnåla armaturer om de ändå ska bytas. Detta kan bespara mellan 5-15% av vattenförbrukningen (Kristianson mfl, 2008)
- Rengöring av kanalsystem och fläktar är ofta lönsamt och ger en möjlig besparing på 5-10% av fläktelen. Även regelbundna byten av fläkthfilter är viktigt för att undvika igensättning vilket ökar fläktens energiförbrukning samt ger upphov till onödigt slitage på fläkten
- Täta och isolera ledningar för tappvarmvatten. Läckage i dessa kan dels ge problem i form av vatten- och fuktskador men också kosta en hel del pengar eftersom vatten värms upp och sedan förloras genom läckage.  
Installera tryckstyrda cirkulationspumpar som har sommarstopp är ofta mycket lönsamt och kan bespara upp till 85 % av pumpenergin då de väsentligt minskar driftstiden (Kristianson mfl, 2008)

## **2.7 Beteendeberoende åtgärder**

Syftar till att sänka energiförbrukningen genom förändrat användarbeteende. Detta fungerar bäst i bostäder men gäller även lokaler.

### **2.7.1 Sänkning av inomhustemperaturen**

Ofta är det onödigt varmt inomhus och det finns ofta möjlighet att ha på sig varmare klädsel. Därför går det vanligtvis att sänka temperaturen någon eller några grader innan det blir för kallt. I utrymmen som sällan används kan det vara acceptabelt att sänka temperaturen ytterligare. Varje grads temperatursänkning ger ca 5 % besparing av energin för uppvärmning (Energimyndigheten, 2010).

### **2.7.2 Hålla klimatskalet förslutet**

Fönster och dörrar bör alltid försöka hållas stängda för att inte släppa ut onödig värme. Vid användning av större portar till t ex lager är det dock svårt att behålla värmen på grund av det stora luftutbytet som sker när de öppnas (Energimyndigheten, 2010).

### **2.7.3 Möblering**

Möbleringen kan ha en negativ effekt på värmespridningen för t ex radiatorer om de täcks. Detta leder då till att all värme inte kan tillgodogöras rummets hela yta (Energimyndigheten, 2010). Felmöblering kan även vara att arbetsplatsen är placerad för nära till – och frånluftsdon, dragit fönster eller fönster med stort kallras. Arbetsplatsen bör vara placerad utom räckhåll för tilluftsdonets kastlängd (Warfvinge, 2003). Är arbetsplatsen placerad för nära ett tilluftsdon måste tilluftstemperaturen höjas för att undvika dragkänsla och detta höjer på så sätt kostnaden för uppvärmning (Warfvinge, 2003).

### **2.7.4 Införande av individuell värmemätning**

Individuell mätning av värme tillämpas idag på villor och småhus, vissa bostadsrättsföreningar samt ett litet antal hyresrättsföreningar. Det finns två olika metoder att mäta värmeförbrukningen. Antingen mäts den tillförda värmeenergin eller så mäts rumstemperaturen. Den senare är en ny Svenskutvecklad metod som innebär att genom att mäta temperaturen på radiatorerna går det att beräkna den energi som avges (Chalmers EnergiCentrum, 2005). De båda metoderna har sina positiva och negativa aspekter. Har lokalerna avskilda värmesystem med värmemängdsmätare kan den tillförda värmen läsas av. Eftersom värme ofta sprider sig mellan angränsande lokaler fungerar det på så sätt endast med individuell värmemätning om det ska bli rättvist. Innetemperaturen är på så sätt inte direkt relaterad till värmeenergiförbrukningen.

### **2.7.5 Införande av individuell mätning av varmvatten**

Kan potentiellt spara upp till 30 % av varmvattenbehovet, dock är denna åtgärd effektivast på bostäder då de förbrukar betydligt mer varmvatten (Energikontoret Skåne, 2000).

### **2.7.6 Införande av individuell elmätning**

Detta innebär att mätning av elförbrukning kommer ske hos varje hyresgäst och de får på så sätt endast betala för det de själva förbrukar och inte ett genomsnitt av den totala förbrukningen. Detta kan både vara positivt och negativt för respektive hyresgäst beroende på om de förbrukar lite eller mycket. Individuell mätning utförs med antagandet att förbrukningen generellt kommer att minska när hyresgästen själv ansvarar för den eventuella merkostnaden som uppstår då det ”slösas” med energi. (Chalmers EnergiCentrum, 2005).

## **2.8 Inomhusmiljö- och fuktaspekter kring olika åtgärder**

De åtgärder som väljs i detta arbete ska inte ha någon negativ påverkan på det befintliga inneklimatet. Det vanliga är dock att inneklimatet blir bättre efter utförda åtgärder, som t ex vid tätning av fönster och dörrar.

### **2.8.1 Isolering/Tilläggsisolering av vindsbjälklag**

På grund av det termiska stigtrycket stiger varm och fuktig luft alltid uppåt i en byggnad. Är vinden från början oisolerad spelar det ingen större roll om det sker luftutbyte mellan våningen under och vinden eftersom vinden då är uppvärmd och det därmed inte finns någon risk för kondens (Nevander och Elmarsson, 2006). Vid isolering av vindsbjälklaget så kommer vinden att bli kall eftersom värmen stängs in i huset. Om det nu strömmar fuktig varm luft inifrån huset upp på vinden kommer denna kylas av och kondensera på vindens innertak. Det är därför oerhört viktigt att se till att vindsbjälklaget har en ordentligt applicerad ångspärr (Nevander och Elmarsson, 2006).

### **2.8.2 Invändig tilläggsisolering av källaryttervägg**

Vid invändig isolering av källaryttervägg kan detta innebära att väggen blir kall och därmed kan det uppstå kondensvatten då den omgivande jorden kan antas vara fuktmatad. Tilläggsisoleras istället väggen på utsidan undviks detta problem då hela väggkonstruktionen förblir uppvärmd. Utanpåliggande isolering fungerar även som ett kapillärbrytande skikt för väggen vilket är mycket gynnsamt ur fuktsynpunkt (Nevander och Elmarsson, 2006).

### **2.8.3 Byte av uppvärmningssystem**

Byts uppvärmningssystemet från t ex oljepanna till direktverkande el med värmepump kan det lätt uppstå fuktproblem på vinden. Vid eldning med oljepanna värms vinden upp av spillvärme från den varma skorstenen. När sedan skorstenen inte längre tillför någon värme till vinden så uppstår samma problem som vid isolering av vinden, dvs fuktig luft strömmar upp på vinden och kondenseras (Nevander och Elmarsson, 2006).

### **2.8.4 Tätning av fönster och dörrar**

Vid tätning av fönster och dörrar är det viktigt att ha ett bra fungerande ventilations-system. I äldre hus som endast har frånluftssystem kan detta innebära problem då de bygger på att det finns ett undertryck i byggnaden och tilluften sugs in genom otätheter i väggar och fönster samt uteluftsventiler. För att behålla ett bra inneklimat är det

därför viktigt att uteluftsventilerna fungerar som de ska och är rätt placerade. Detta eftersom de nu får ett ökat flöde i och med tätningen av fönster och dörrar. Finns det både från och tilluft i byggnaden är tätning en mycket bra åtgärd som också minskar drag (Warfvinge, 2003). Fönstertätning minskar även risken för kondens framför allt mellan rutorna på äldre 2-glasfönster. För optimalt inomhusklimat bör ventilationen injusteras efter större tätningar av klimatskalet hos en byggnad (Nilsson och Warfvinge, 2008).

## 2.9 Investeringsbedömning/lönsamhetsberäkningar

### 2.9.1 Livscykelkostnad (LCC)

Livscykelkostnad eller på engelska Lifecycle cost (LCC) är ett smart sätt att jämföra olika alternativs totala kostnad under dess livslängd. Företag är idag mycket kostnadsmedvetna och strävar ofta efter att ta den snabbaste vägen dvs, köpa det som är billigast nu och tänker inte på att merkostnader kan sparas in under livslängden. Det är dock långt ifrån alltid som det alternativet med lägst inköpskostnad verkligen blir billigast i längden. De dyrare inköpskostnaderna medför ofta att de kontinuerliga kostnaderna, främst i form av drift men också underhåll blir väsentligt mycket billigare (Energimyndigheten, 2009). LCC metoden redovisas i sin helhet nedan.

$$LCC = -\text{Merkostnaden} + \text{Årlig besparing} \cdot \text{energipris} \cdot \text{nusummefaktor}$$

Nusummefaktorn fås ur tabell 1 och beror av  $r_k - e_{p0}$  (Kalkylräntan – energiprisökningen) samt investeringens livslängd. Nusummefaktorn ger beräkningen därför en större trovärdighet då den räknar med en årlig investeringsförlust för lönsamma investeringar på annat håll, till exempel sätta in pengarna på banken. För att vara lönsam ska LCC-värdet vara positivt (Warfvinge, 2003).

Tabell 1 Nusummefaktor

År / %	0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93
5	5	4,85	4,71	4,58	4,45	4,33	4,21	4,1
10	10	9,47	8,98	8,53	8,11	7,72	7,36	7,02
15	15	13,87	12,85	11,94	11,12	10,38	9,71	9,11
20	20	18,05	16,35	14,88	13,59	12,46	11,47	10,59
25	25	22,02	19,52	17,41	15,62	14,09	12,78	11,65
30	30	25,01	22,4	19,6	17,29	15,37	13,76	12,41
40	40	32,83	27,36	23,11	19,79	17,16	15,05	13,33
50	50	39,2	31,42	25,73	21,48	18,26	15,76	13,8

Tabellens x-led representerar summan av kalkylräntan minus energiprisökningen och y-led står för livslängden i år.

För att få fram grundidén med LCC redovisas ett exempel nedan.

**Exempel:**

Fläkt 1 kostar 65 000 kr och drar 1500kWh/år medans fläkt 2 kostar 40 000 kr och drar 3500kWh/år.

Fläktarna antas ha en livslängd på 20 år. Kalkylräntan sätts till 4 % och energiprisökningen (utöver inflation) till 2 %. Detta ger en nusummefaktor på 16,35.

Om energipriset är 1kr/kWh så blir

$$LCC = -(65000 - 40000) + (3500 - 1500) \cdot 1 \cdot 16,35 = 7700 \text{ kr}$$

Att köpa fläkt 1 sparar alltså 7700kr jämfört med fläkt 2 (Warfvinge, 2010).

**2.9.2 Pay off-metoden**

Detta är den vanligaste och enklaste bedömningsmetoden, men den har också sina brister då den inte tar hänsyn till det överskott som genereras efter det att investeringen har betalat av sig. Investeringar med låg initialkostnad blir också väldigt glorifierade då de betalar av sig snabbt ([www.planguide.se](http://www.planguide.se), 2010-09-30). Metoden går ut på att först ta fram en årlig besparing för att sedan räkna ut hur många år det tar innan investeringen har betalat av sig. Pay-off tiden beräknas enligt följande formel:

$$\text{Pay-off tiden} = G / a \quad [\text{år}]$$

G = Grundinvesteringen [kr]

a = årligt inbetalningsöverskott [kr/år]

([www.planguide.se](http://www.planguide.se), 2010-09-30)



### **3 Fallstudie**

#### **3.1 Beskrivning av Objektet Sadelknappen 4 och nuläget**

Sadelknappen 4 är ej ännu energideklarerad så möjligtvis kan detta arbete fungera som en framtida hjälp till det.

Fastigheten som ägs och förvaltas av Briggen heter Sadelknappen 4 och är belägen på Ridspögatan 10 i Elisedals industriområde i Malmö. Det finns två byggnader på fastigheten. Den ena är ett L-format enplanshus på ca 1000 m<sup>2</sup> som innehåller kontors och lagerlokaler och den andra är en besiktningshall på ca 500 m<sup>2</sup> som tillkommit efter byggnationen av kontors och lagerbyggnaden. Kontors och lagerbyggnaden på Sadelknappen 4 mäter 47,5 m på de yttre långsidorna och 33,95 m på de inre långsidorna. Husbredden är 13,55 m. Takhöjden inomhus är ca 2,5 m. Taklutningen är ca 22 grader.

Detta examensarbete kommer helt att bortse från besiktningshallen och endast titta på kontors och lagerbyggnaden.

Byggnaden uppfördes 1985 och har sedan delvis renoverats och byggts om år 2000. Från början delades kök/lunchrum och konferensrum mellan hyresgästerna men efter renoveringen har byggnaden delats upp i fyra delar och varje del har fått eget pentry och konferensrum. En överblick av den nuvarande planlösningen kan ses i bilden nedan.

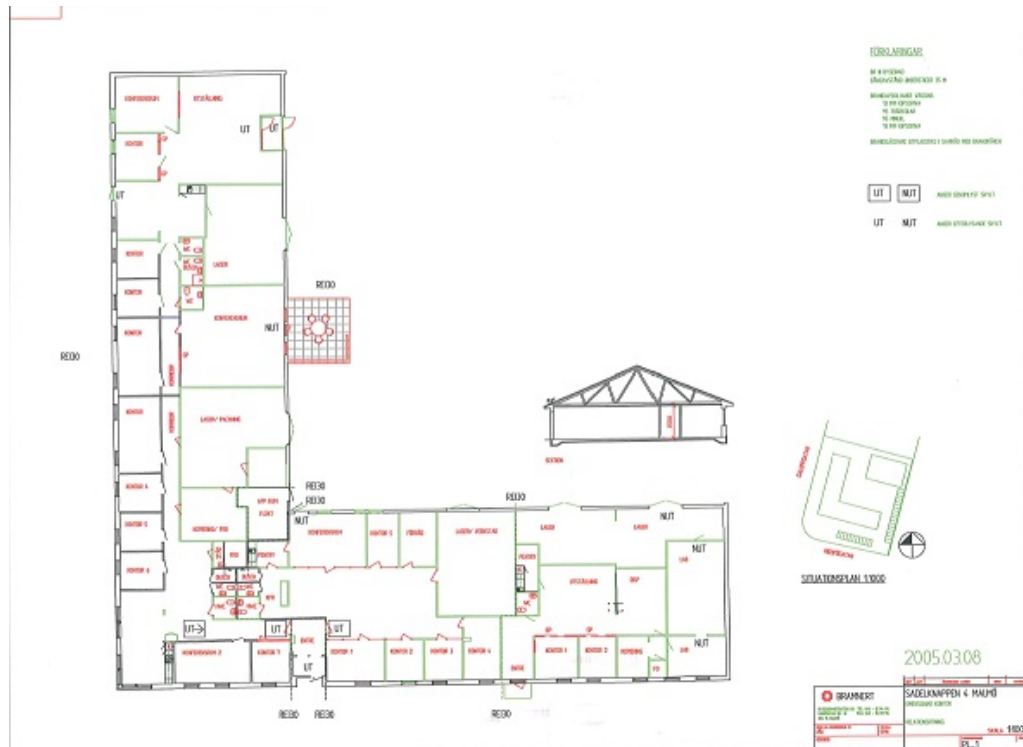


Bild 2 Ritning

Fastigheten har runt omkring byggnaden endast öppna gräs och asfaltytor, samt lägre vegetation i form av buskage, vilket innebär att det inte ligger särskilt skyddat mot vind.

Kontors/lager byggnaden är idag uthyrd till tre företag, ett som säljer badrumsutrustning och tillbehör, ett som säljer larm samt ett som tillverkar motorer och styrningar för solskyddssystem, jalousier och portar. Den fjärde och sista delen står för tillfället tom. Briggen har svårt att ta ut full hyra på grund av det bristfälliga inomhusklimatet och vill därför gärna förbättra det för att kunna hyra ut hela byggnaden och även kunna ta ut normal hyra.

### 3.2 Byggnadsbeskrivning

En teknisk beskrivning av byggnaden har hämtats från Stadsbyggnadskontorets arkiv i Malmö och kan läsas som BILAGA A. Denna beskrivning ligger till grund för de indata och antaganden som har gjorts till byggnadsdelarna i VIP Energy. Eftersom byggnaden ligger i Malmö tillhör den klimatzon III.

Så här ser byggnaden ut i dagsläget:



**Bild 3. Söderfasad, tegel**



**Bild 4. Söderfasad**



**Bild 5. Östlig fasad, tegel**



**Bild 6. Nordlig fasad, plåt**



**Bild 7. Östlig fasad, plåt**



**Bild 8. Östlig fasad, plåt**



**Bild 9. Nordlig fasad, tegel**



**Bild 10. Västlig fasad, tegel**

### 3.2.1 Beskrivning av byggnadstekniken – klimatskal med mera

För att underlätta förståelsen kring denna beskrivning så ska det tydliggöras att det som kallas ”kontorsdel” innefattar kontoren och korridorerna längs den södra och västra fasaden. ”Lagerdelen” står för övrig area.

Grunden består av betong med en tjocklek på 120 mm som under kanten 1 m inåt samt under kontorsdelen är isolerad med 70 mm styrolitskiva. Lagerdelens golv (ca 60 % av arean) är således oisolerat. Isoleringen av kontorsdelen beror på att uppvärmningen där från början skedde med golvvärme och det blir oekonomiskt att ha golvvärme i ett oisolerat betonggolv då en stor del av värmen kommer att ledas rakt ned i marken. Lagerdelen värmdes tidigare med takvärme.

Byggnadstekniskt består fasadmaterialen av tegel, träpanel respektive profilerad plåt.

Tegelväggen består av 120 fasadtegel, luftspalt, 50 fasadskiva, 9 utegips, 120 reglar+mineralull, tenotät och 13 gips. Plåtväggen på baksidan kring lagerdelen består av profilerad plåt, läkt, 9 utegips, 120 mineralull+reglar, plastfolie samt 13 gips. Gavelspetsarna har en fasad av träpanel och är oisolerade eftersom vinden inte är uppvärmd.

Innerväggarna består av 13 gips, 70 mineralull+reglar samt 13 gips.

Innertaketets beståndsdelar är inifrån 9 gips, glespanel, säkerhetsfolie och slutligen 220 mm mineralull för kontorsdelen och 13 gips, glespanel, säkerhetsfolie samt 170 mm mineralull för lagerdelen.

Vindens isolering var i dåligt skick och skulle behöva läggas om eftersom den spridits ut ojämnt när folk har gått runt på vinden. Förslagsvis läggs då en tjockare isolering då den nuvarande inte var särskilt tjock. På grund av den nuvarande vindisoleringens skick antas det därför i beräkningarna att det är 170 mm mineralull över hela vindsbjälklaget. Vid besök på fastigheten har det tyvärr inte funnits möjlighet att inspektera på vinden för att kunna bedöma skick och tjocklek på isoleringen, därför används den beskrivning av vinden som står ovan och gavs av fastighetsskötaren.

Taket består inifrån av haloten, 47\*75 bärläkt samt Zandapannor i betong.

Byggnaden har treglas fönster som heter Emmaboda Isonova och som enligt uppgift från SG Emmaboda har ett U-värde på 1,9 W/m<sup>2</sup>K.

Dörrarna är av aluminium och glas, slagportarna av trä. Belysningen tänds och släcks manuellt

### 3.2.2 Beskrivning av ventilations- och uppvärmningssystemet

Enligt den tekniska beskrivningen ska byggnaden värmas upp till 20°C men den verkliga temperaturen inomhus varierar från 19-23°C uppskattningsvis. De olika lagerdelarna var tänkta att hålla mellan 10 och 18°C från början. Idag är de uppvärmda till mer än så och temperaturen skiljer sig inte nämnvärt mellan kontor och lagerdelar. Uppskattningsvis kan det handla om ca en grads skillnad.

Trots att byggnaden använder sig av till- och frånluftsventilation så finns det ändå öppna uteluftsventiler på fönstren, vilket är mycket märkligt. Den luft som strömmar

in genom ventilen värms inte upp innan den kommer in och kyler därför ned luften inomhus.

Ventilationstekniskt betjänas byggnaden av ett ventilationssystem med från och tilluft samt värmeväxling, ett så kallat FTX-system i kontorsdelen. Värmeväxlingen sker med en roterande värmeväxlare. Då det inte gått att få fram uppgift på värmeväxlarens verkningsgrad har det i VIP antagits ett värde på 65 % som är lite under standardvärdet 70 %. Lagerdelen har endast frånluftsventilation och förmodligen är det tänkt att portarna i lagerdelen ska ge ett fullgott behov av friskluft då de öppnas och därmed göra tilluftsdon överflödiga. Frånluftsventilationen i lagerdelarna är kopplade direkt till avluftshuvar på taket och därmed så återvinns inte värmen ur den luften. Enligt fastighetens kundvärd bör ventilationen i de nybyggda pentryna och toaletterna vara kopplade till värmeväxlingen så att värmen tas till vara där i alla fall. Annars är det osannolikt att ventilationen har utökats med tilluft i utrymmena närmast plåtfasaden vilket innebär att en stor andel av byggnadens ventilationsluft inte värmeåtervinns. Tilluftsflödet för kontorsdelen var  $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$  och frånluftsflödet  $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$  vid avläsning under platsbesök. Frånluftsventilationens totala flöde har inte kunnat avläsas eftersom det inte samlas upp i en stor kanal där det går att mäta flödet. Takdonen i lagerdelen är var och en försedda med tidurstyrda fläktar som sedan fungerar som vanlig frånluftsventilation, fast de går miste om värmeåtervinningen. Långt ifrån alla kontorsrum har både till och frånluftsventilation utan har istället tilluftsdon och överluftsdon. Överluften dras sedan ut genom pentryn och toaletter via korridorer. Ventilationen är tidsstyrd konstant mellan 06.00-18.00 alla dagar. Övrig tid är ventilationen helt avstängd.

Fönstren är försedda med uteluftsventiler som fortfarande är öppna. Uteluftsventilerna är placerade ovanför fönsterrutan vilket också kan bidra till att det bildas kallras. Uppvärmningssystemet har tidigare bestått av golvvärme i kontorsdelen och takvärme i lagerdelen men består idag av elradiatorer som inte är tillräckligt många eller konsekvent utplacerade. Det finns även några enstaka vattenburna radiatorer placerade nära undercentralen, samt uppvärmning av tilluften.

I och med att den ursprungliga golvvärmen i kontorsdelen samt takvärmen i lagerdelen har tagits ur drift på grund av ineffektivitet finns det ingen uppvärmning i vissa lagerutrymmen förutom hyresgästernas egna apparater och endast uppvärmning genom tilluften i kontoren. Tilluften värms upp genom att strömma igenom en värmebaffel som är försedd med fjärrvärme. En stor del av värmebehovet tillgodoses med den uppvärmda tilluften.

Luften värms från utomhustemperaturen till  $20,8^\circ\text{C}$ , frånluftstemperaturen har vid de två besöken avlästs till  $23,1$  respektive  $22,6^\circ\text{C}$  vilket får anses som tillräckligt varmt. Förmodligen kommer den största delen av frånluftsvärmen från den norra delen där det finns en badrumsutställning som förmodligen har väldigt hög belysningsgrad.

### 3.2.3 Beskrivning av kylsystemet

Byggnaden har ingen form av komfortkyla överhuvudtaget.

Fyra fönster på söderfasaden har blivit utrustade med solstyrda markiser som fälls ut då solstyrkan nått gränseffekten på  $250 \text{ W}/\text{m}^2$ . Solskydden inaktiveras då vindhastig-



heten överstiger 20 m/s för att inte gå sönder. Dessa markiser tillhör en av hyresgästerna och kommer därför att bortses ifrån i energiberäkningarna.

### **3.2.4 Beskrivning av inneklimatet och hur det upplevs**

Efter att en kort digital undersökning i form av ett mail skickats ut till de berörda hyresgästerna har det kunnat konstateras att inneklimatet i byggnaden överlag är undermåligt.

Frågorna som ställdes var i princip dessa:

Hur upplevs inomhusklimatet?

Är det för varmt/kallt, dragigt?

Är luften dålig etc? Fuktigt?

Framför allt är det den termiska komforten som det finns missnöje kring. Det verkar som att uppvärmningssystemet (uppvärmningen via ventilationen) inte riktigt räcker till på vinterhalvåret då varje enskild hyresgäst använder sig av elradiatorer, byggfläktar med mera. Tas det sedan hänsyn till att det i vissa kontorsrum inte finns några elradiatorer är det inte svårt att förstå att inneklimatet kan upplevas som dragigt nära fönstren.

Klimatet upplevs av hyresgästerna på vintern som för kallt och på sommaren som alldeles för varmt. En stor del av värmen kommer från den förvärmade tilluften och eftersom ventilationen är helt avstängd på natten så måste temperaturen sjunka markant och inomhusklimatet blir därför för kallt de första timmarna på arbetsdagen innan byggnaden har värmts upp. Den södra fasaden får sommartid väldigt mycket solstrålning och därmed överskottsvärme. Därför har företaget, som hyr denna del, satt upp solstyrda markiser för att skärma av fönstren. Markiserna räcker dock inte, utan de blir även tvungna att använda sig av egna luftkonditioneringsaggregat för att få ett dragligt inneklimat med avseende på både temperatur och på ljuskomfort sommardag. I dagsläget ligger temperaturen uppskattningsvis kring  $23\text{ °C} \pm 2$  med säsongsmässiga fluktuationer beroende på utomhustemperaturen. Det ska dock tilläggas att temperaturen varierar hos hyresgästerna då de har olika förutsättningar. Förmodligen skiljer sig personbelastningen och belysningsgraden hos de olika företagen vilket ger ett varierande inomhusklimat. Den nordligaste delen av byggnaden inhyser en badrumsutställning vilken säkerligen har en mycket hög belysningsgrad vilket ger en hög temperatur och drar upp frånluftens genomsnittstemp som avlästs i undercentralen. Belysningen är i dagsläget manuellt styrd och antas vara en stor del av företagets energiförbrukning.

## **3.3 Indata till VIP Energy**

Beräkning av energianvändning har utförts i energiberäkningsprogrammet VIP Energy.

### **3.3.1 Allmänna förutsättningar**

Vid ett kort platsbesök hos en av hyresgästerna var dörren till lagerdelen vidöppen och det får antas att samma klimat rådde i både kontors och lagerdel då dessa inte

avgränsas från varandra. Det ska enligt hyresgästen inte vara någon känd temperaturskillnad i lagerdelen jämfört med kontoren. Temperaturen inomhus dippar lite på vintern och det finns heller inte några utförda mätningar på inomhus-temperaturen över ett helt år. Det är därför svårt att utgå från att byggnaden håller en viss temperatur över hela året. Den valda inomhustemperaturen är därför den temperatur som hyresgästerna skulle vilja ha i lokalen. Värdet på den antas vara ca 23 °C då frånluftstemperaturen höll ungefär den temperaturen. Detta anses vara en lämplig och accepterad temperatur hos hyresgästerna i dagsläget. Vid beräkningarna har det antagits att lagerdelarna har haft samma temperatur eftersom planlösningen ändrats och det lagerdelarna nu utgör en relativt liten andel av byggnadens area. Eftersom det inte finns något kylsystem installerat så antas den högsta möjliga temperaturen inomhus bli 30°C varefter fönstervädning antas ske.

Den sydligaste porten på östra fasaden antas vara gjord av glas då den har en stor glasyta. Likaså antas huvudingången på den södra fasaden också vara av glas. Resterande 7 portar på 2,1 gånger 2,5 m antas vara gjorda av uppreglad mineralull med aluminiumbeklädnad. Hur ofta portarna öppnas för till exempel leveranser är oklart.

Reglar och isolering av mineralull har fått ett nytt gemensamt material i VIP med beräknat u-värde i programmet. Olika material har skapats för reglering med cc 450 mm respektive cc 600 mm. De två ytterväggstyperna 1 och 2 har använt regler och isolering med cc 600 mm. Reglar med cc450 har använts till uppbyggnad av plåtdörrar.

Otättheter i alla byggnadsdelar har antagits vara 1,6 l/s,m<sup>2</sup> istället för 0,8 l/s,m<sup>2</sup> vid en tryckskillnad på 50 Pa , eftersom det endast ställdes krav på 1,6 då byggnaden uppfördes 1985. Köldbryggor mellan olika anslutningar har också lagts till byggnadsmodellen i VIP och baserats på det antagna luftläckaget. Köldbryggorna omfattar anslutningarna mellan tak och vägg, mellan vägg och grund samt mellan fönster och vägg.

En av VIP modellens osäkerheter är det sammanlagda ventilationsflödet i de gamla lagerdelarna. De är osäkra för att frånluften därifrån inte är kopplade till systemet med värmeväxlare utan blåses ut genom avluftshuvarna på taket. Dessa flöden går inte att läsa av och denna del av ventilationsflödet är därför antagen utifrån att byggnaden i genomsnitt ska ha en viss luftomsättning per timme (oms/h). Grundfallet förutsätter en luftomsättning på 1,5 per timme. Vilket betyder att byggnadens hela luftvolym har bytts 1,5 gånger per timme.

Fall 2 utgår därför utifrån en högre omsättning för att få upp energiförbrukningen ytterligare och förmodligen komma närmare den verkliga förbrukningen. I fall 2 används därför 2 oms/h i hela byggnaden.

Grundfall 1 utgår ifrån att hela byggnaden ska ha en luftomsättning på 1,5/h. Grundfall 2 utgår ifrån exakt samma indata som fall 1 förutom att det antas finnas en total luftomsättning i byggnaden på 2/h.

Tabell 2. Grundfall 1 indata

<b>Total golvarea</b>	1044 m <sup>2</sup>
<b>Lägst inomhustemperatur</b>	23°C
<b>Högst inomhustemperatur</b>	30°C
<b>Grund</b> Platta på mark. Kantförstyvad betongplatta uppskattningsvis 120 mm med 70 mm Styrolit grundskiva i kontorsdel samt yttre randfält lager Area Vägt U-värde, isolerad del Vägt U-värde oisolerad del	1044 m <sup>2</sup> 0,458 W/ m <sup>2</sup> K (ca 40% andel) 4,15 W/ m <sup>2</sup> K (ca 60% andel)
<b>Ytterväggstyp 1</b> Fasadtegel, luftspalt, fasadskiva, gips, 120 mm reglar och isolering, tenotät, gips Area U-värde	243,57 m <sup>2</sup> 0,21 W/ m <sup>2</sup> K
<b>Ytterväggstyp 2</b> Profilerad plåt, läkt, gips, 120 mm reglar och isolering, plastfolie, gips Area U-värde	121,9 m <sup>2</sup> 0,329 W/ m <sup>2</sup> K
<b>Fönster</b> Treglas fönster Emmaboda Isonova Area U-värde Soltransmittans total Direkt soltransmittans Glasandel av fönsterarean	52,6 m <sup>2</sup> 1,9 W/ m <sup>2</sup> K 48,03 % 80 %
<b>Dörrar och Portar</b> <b>Dörrar i aluminium och glas (anses och räknas som fönster)</b> Area	24,7 m <sup>2</sup>

Energieffektivisering och inneklimatförbättring av lokalbyggnad från 80-talet

U-värde	1,9 W/ m <sup>2</sup> K
<b>Dörrar/portar i stål</b>	
Area	30,5 m <sup>2</sup>
U-värde	0,408 W/ m <sup>2</sup> K
<b>Vindsbjälklag</b>	
Gips, glespanel, säkerhetsfolie 220 mm mineralull	1044 m <sup>2</sup>
Area	0,226 W/ m <sup>2</sup> K
U-värde	
<b>Ventilationssystem 1</b>	
Mekaniskt från- och tilluftssystem med roterande värmeväxlare	
Grundflöde på arbetstid 6-18 , tilluft	0,75 m <sup>3</sup> /s
Grundflöde på arbetstid 6-18 , frånluft	0,73 m <sup>3</sup> /s
Grundflöde utanför arbetstid	0 m <sup>3</sup> /s
Verkningsgrad på värmeväxlaren	65 %
Tryckfall över tilluftsfläkt, verkningsgrad	600 Pa, 55 %
Tryckfall över frånluftsfläkt, verkningsgrad	500 Pa, 55 %
<b>Ventilationssystem 2</b>	
Mekaniskt frånluftssystem	
Grundflöde på arbetstid 6-18 , tilluft	0 m <sup>3</sup> /s
Grundflöde på arbetstid 6-18 , frånluft	0,34 m <sup>3</sup> /s (0,72 för fall 2)
Grundflöde utanför arbetstid	0 m <sup>3</sup> /s
Verkningsgrad på värmeväxlaren	0 %
Tryckfall över frånluftsfläkt, verkningsgrad	500 Pa, 55 %
<b>Driftstider Ventilation</b>	
Arbetstid	Vardagar 06-18
Resterande tid	Vardagar 00-06, 18-24 Helger 00-24
Lufttemperatur inomhus	23,1 °C

<b>Driftfall</b>	
<b>Veckodrift</b>	
Verksamhetsenergi till rumsluften	12 W/m <sup>2</sup>
Fastighetsenergi till rumsluften	0,5 W/m <sup>2</sup>
Fastighetsenergi extern	2,37 W/m <sup>2</sup>
Personvärme	3,44 W/m <sup>2</sup> (antar ca 1 person/rum, vilket är högt räknat, detta minskar dock energibehovet)
Tappvatten	0,34 W/m <sup>2</sup>
Högsta rumstemperatur	30 °C
Lägsta rumstemperatur	23 °C
<b>Övrig tid</b>	
Verksamhetsenergi till rumsluften	1 W/m <sup>2</sup>
Fastighetsenergi till rumsluften	0,5 W/m <sup>2</sup>
Fastighetsenergi extern	2,37 W/m <sup>2</sup>
Personvärme	0 W/m <sup>2</sup>
Tappvatten	0,34 W/m <sup>2</sup>
Högsta rumstemperatur	30 °C
Lägsta rumstemperatur	23 °C
<b>Luftryck</b>	1000 Pa
<b>Solreflektion från mark</b>	30 %
<b>Vridning av byggnad</b>	-15 grader
<b>Ventilationsvolym</b>	2610 m <sup>3</sup>
<b>Golvyta</b>	1044 m <sup>2</sup>
<b>Markegenskaper</b>	
Typ av mark	Lera, dränerad sand/ grus
värmeeledningstal	1,4 W/mK

### 3.3.2 Köldbryggor

Köldbryggor som har lagts till i VIP kan ses i bilaga B, VIP utdrag.

### 3.4 Resultat för grundfall 1 och 2

Statistik på fastighetsel, kallvatten samt statistik på de två byggnadernas gemensamma fjärrvärmeförbrukning har erhållits från Briggen. Fjärrvärmeförbrukningen för den aktuella byggnaden går inte att separera och det går därför inte att uttala sig om hur mycket energi som tilluften värms med. Utifrån förbrukningsstatistik har det i VIP antagits att varmvattenförbrukningen står för en fjärdedel av den totala vattenförbrukningen. De senaste två åren har fjärrvärmeförbrukningen för hela fastigheten varit 79612 (52,9 kWh/m<sup>2</sup>,år) respektive 97063 kWh (64,5 kWh/m<sup>2</sup>,år). Värden på fastighetsel och fjärrvärmeförbrukning är inte normalårskorrigerade. Förbrukningsstatistik på fjärrvärme, fastighetsel och vatten finns bifogade i Bilaga C.

Värmeförbrukningen som den modellerade byggnaden får är för grundfallet beräknad i VIP Energy till 121471 kWh eller 116,4 kWh/m<sup>2</sup>,år för att få en jämförelse.

Handberäkningarna för igentäppning av uteluftsventiler samt lufttätning och drevning av fönstren är teoretiska och påverkas därför inte av antaganden som gjorts i VIP modellen. Eftersom grundfallets energiförbrukning per area är relativt låg (116,4 kWh/m<sup>2</sup>,år) är det mycket troligt att den egentliga förbrukningen är högre. Då åtgärderna ger en viss procentuell sänkning av energibehovet kommer besparingarna att öka lite ifall behovet blir större.

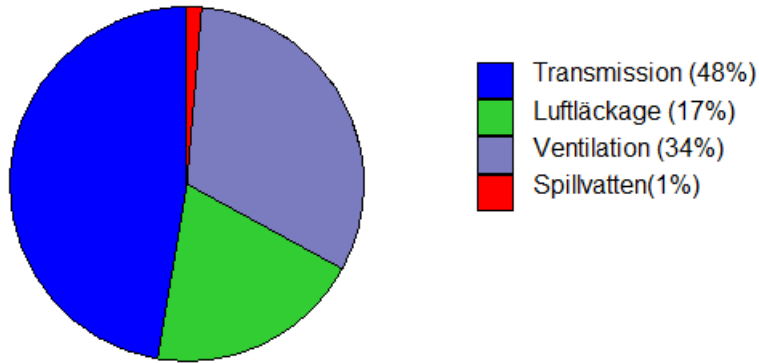
Frånluftsventilationen i lagerdelen har slagits samman till en enda frånluftsfläkt i VIP Energy. Det är alltså flödet i den frånluftsfläkten som ökar från 340 l/s till 720 l/s. Detta ger en total energiförbrukning på 142 603 kWh eller 136,6 kWh/m<sup>2</sup>,år.

Den totala energiförbrukningen för den oförändrade byggnaden ser alltså ut så här:

fall 1: 121471 kWh, 116,4 kWh/m<sup>2</sup>,år (beräknat för 1,5 oms/h)  
fall 2: 142 603 kWh, 136,6 kWh/m<sup>2</sup>,år (beräknat för 2 oms/h)

Dessa förbrukningar är summan av de olika energiförluster som finns i byggnaden i dagsläget. Fördelningen på dessa redovisas nedan:

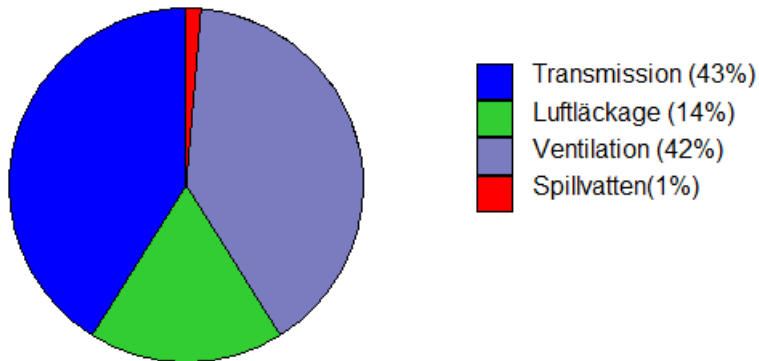
### Avgiven energi



**Figur 1. Fördelning fall 1 (1,5 oms/h)**

Det som går att säga är att transmissionsförlusterna är störst, följt av ventilationsförlusterna och luftläckage. Därför bör störst besparingspotential finnas i att förbättra klimatskalet.

### Avgiven energi



**Figur 2. Fördelning fall 2 (2 oms/h).**

Här går det att fastställa att transmissionsförlusterna fortfarande är den största andelen men ventilationsförlusterna är nu nästan lika stora. Eftersom det redan finns värmeåtervinning på ena delen av ventilationen kommer åtgärderna att fokusera på att minska transmissionsförlusterna samt förbättra inomhusklimatet.





## 4 Åtgärdsförslag med lönsamhetsberäkningar

### 4.1 Tilläggsisolering av vindsbjälklaget

För att kunna räkna ut besparingen som erhålls jämförs grundfallet med den nya förbrukningen efter att den valda åtgärden har lagts till grundfallet och beräknats.

En grundförutsättning för att isolera ett vindsbjälklag är att ångspärren i vindsbjälklaget fungerar som den ska. Efter att ha kontrollerat ångspärren alternativt applicerat en ny är det fritt fram att gå vidare med själva isoleringen.

Priser på olika material och dess arbetskostnad är hämtade från sektionsfakta 09/10 för renovering och tillbyggnad.

Arbetskostnaderna är beräknade utifrån en arbetslön på 175 kr/h för en hantverkare exklusive sociala kostnader och pålägg. För att få fram den totala kostnaden läggs det till direkta omkostnader på 76 % av timlönen och indirekta omkostnader på 181 % av timlönen. **Summeras detta blir den verkliga totala timlönen 625 kr/h.**

Tilläggsisolering med 200 mm lösull på ett vindsbjälklag bestående av 13 mm gips, 22 mm råspontad panel, papp och 150 mm spånfyllning. Arbetet som utförs är sprutning av lösull samt rivning av pappspänningar. Totalkostnad 252 kr/m<sup>2</sup> för 200 mm, vid extra lösullsisolering läggs det till 79 kr/m<sup>2</sup> för ett skikt på 200 mm eller 395 kr/m<sup>3</sup>. Priset antas stå i direkt förhållande till erhållen isolertjocklek.

Det nuvarande isoleringsskiktet på vinden är uppskattat till 170 mm, därför kan det vara lämpligt att isolera ytterligare 200-400 mm ovanpå det. Därför jämförs 370, 470 och 570 mm. Först beräknas vilken dimension som ger bäst energibesparing per investerad krona. Sedan jämförs lönsamheten för den optimala dimensionen vid varierande energipriser. Livslängden för isoleringen antas vara 50 år, energiprisökningen har antagits till 2 % och kalkylräntan till 4 %. Detta ger från tabell 1 ett nusummevärde på 31,42.

#### 4.1.1 370 mm vindsisolering

Vindsbjälklagets area är 1044 m<sup>2</sup>, kostnaden 252 kr/ m<sup>2</sup>, alltså blir *totalkostnaden* = 252 · 1044 = 263077 kr

Årlig besparing: 121471-107395 = 14 076 kWh/år

$$\text{Sparad kWh/kr} = \frac{14076}{263077} = 0,0535 \text{ kWh/kr, år}$$

$$LCC = -263077 + 14076 \cdot 31,42 \cdot EP$$

#### 4.1.2 470mm vindsisolering

Vindsbjälklagets area är 1044 m<sup>2</sup>, kostnaden 252 kr/ m<sup>2</sup>, alltså blir *totalkostnaden* = (252 + 0,5 · 79) · 1044 = 304 315 kr

Årlig besparing: 121471 – 104752 = 16 719 kWh/år

$$\text{Sparad kWh/kr} = \frac{16\,719}{304\,315} = \mathbf{0.0549\ kWh/kr, \text{år}} \quad \text{Lönsammast!}$$

$$LCC = -304\,315 + 16\,719 \cdot 31,42 \cdot EP$$

#### 4.1.3 570 mm vindsisolering

Vindsbjälklagets area är 1044 m<sup>2</sup>, kostnaden 252 kr/ m<sup>2</sup>, alltså blir *totalkostnaden* = (252 + 79) · 1044 = 345 553 kr

Årlig besparing: 121471 – 103025 = 18 446 kWh

$$\text{Sparad kWh/kr} = \frac{18\,446}{345\,553} = 0,0534\ kWh/kr$$

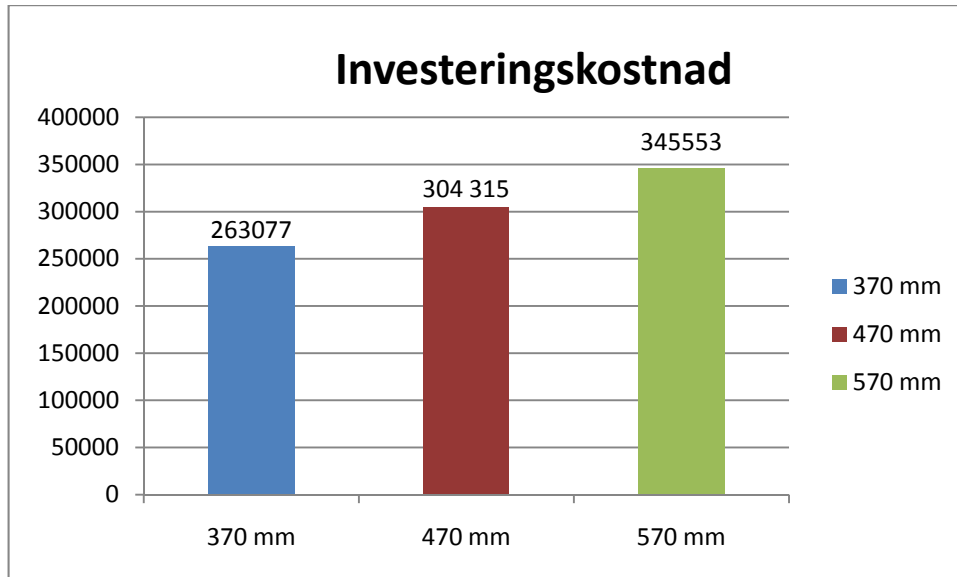
$$LCC = -345\,553 + 18\,446 \cdot 31,42 \cdot EP$$

Tabell 3. Tilläggsisolering

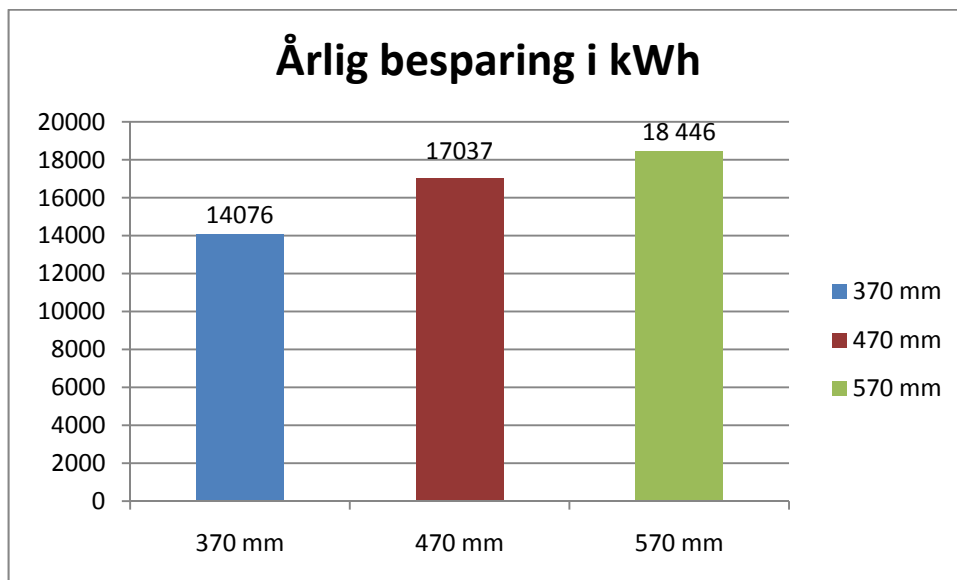
	Energibesparing, kWh/år	Material och arbetskostnad	Sparad kWh/kr
<b>Grundfall</b>	0		0
<b>370 mm (+200)</b>	14 076	263 077	0,0535
<b>470 mm (+300)</b>	16 719	304 315	<b>0,0549</b>
<b>570 mm (+400)</b>	18 446	345 553	0,0534

Sparad kWh/kr innebär alltså antalet besparade kWh på årsförbrukningen per investerade kr. Hade det värdet varit 1 hade åtgärden betalat av sig på 1 år. Nu är avbetalningstiden 1/0,0549=18,2 år.

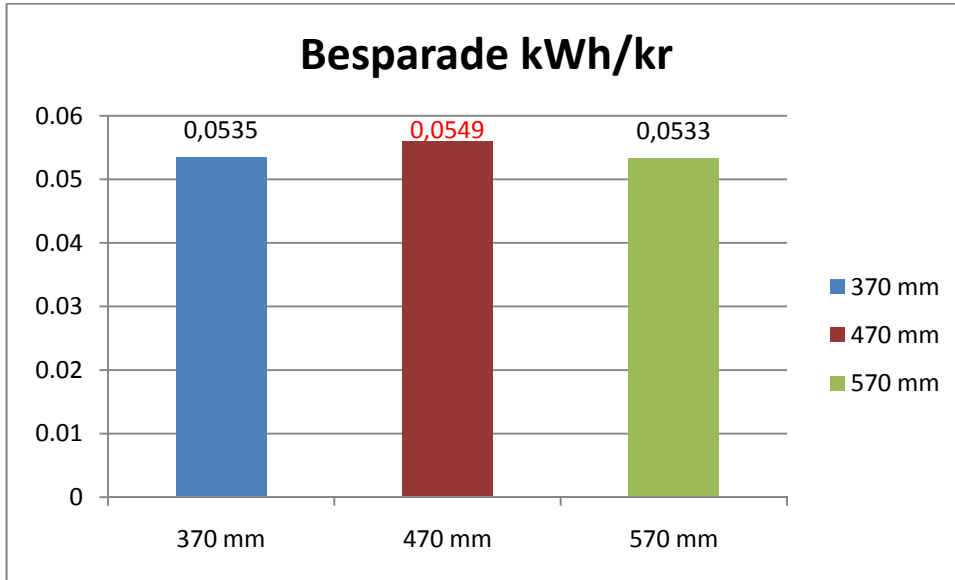
Följande diagram visualiserar de betydande skillnaderna i investeringskostnad.



Figur 3. Investeringskostnad för tilläggsisolering med lösull



Figur 4 Årlig besparing i kWh



Figur 5. Besparade kWh per investerad kr

Eftersom 470 mm isolering gav störst besparing/investerad kr kommer lönsamhetsberäkning att utföras på den dimensionen. Då energipriset hela tiden varierar kan det vara intressant att se under vilka energipriser som investeringen blir lönsam. Nedan står formeln för LCC beräkning med ifyllda värden för 470 mm fallet, det enda värde som inte är konstant är ju energipriset som varierar. Livscykelkostnaden har beräknats för energipris i mindre intervaller mellan 1 och 3 kr/kWh för att åskådliggöra besparingspotentialen.

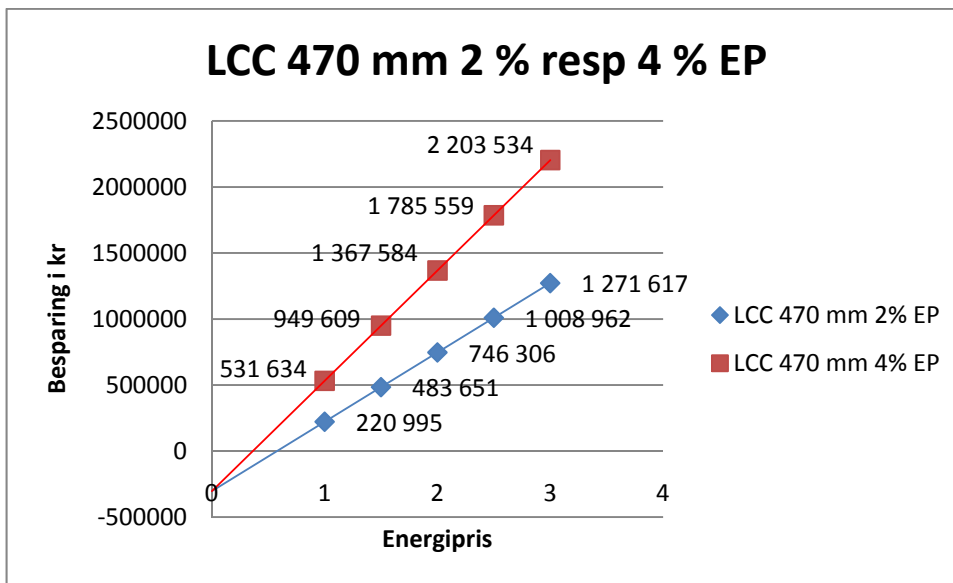
$$LCC = -304315,56 + 16\,719 \cdot 31,42 \cdot EP$$

Tabellen nedan visar hur pass mycket det skiljer sig beroende på energiprisets startvärde. LCC beräkningen tar sedan hänsyn till kalkylräntan på 4 % samt energiprisökningen på 2 % utöver inflationen. Det går även att se att det betalar sig väldigt bra att tilläggsisolera i detta fall. "Säkra" värden på elpriset mellan ca 1-1,2 kr/kWh innebär besparingar på mellan ca 221 000-326 000 kr över isoleringens femtioåriga livslängd. Positiva värden på LCC innebär en pengabesparing det vill säga åtgärden lönar sig.

Tabell 4. LCC för Vindsisolering fall 1 vid olika energipris

Energipris kr/kWh	LCC 470 mm 2% EP	LCC 470 mm 4% EP
1	220 995	531 634
1,5	483 651	949 609
2	746 306	1 367 584
2,5	1 008 962	1 785 559
3	1 271 617	2 203 534

Grafiskt ser det ut så här:



Figur 6. Fall 1 LCC totalt 470 mm vindsisolering

För att få med ytterligare ett perspektiv i LCC beräkningen har förutom energipriset även energiprisökningen varierats. Kurvan (och besparingen) ökar då snabbare i takt med ökat energipris.

Energipriset beror på de rörliga och fasta avgifterna samt på förbrukningen. Energipriset ligger i dagsläget på ca 1-2 kr/kWh.

Som det går att se i grafen så spelar energiprisökningen en oerhört stor roll för besparingspotentialen. Besparingarna kommer att för ett energipris på 1-2 kr/kWh ligga på minst 221 000 kr och som mest på 1 368 000kr. Detta får anses som oerhört bra. Troligtvis kommer besparingen uppgå till runt en halv miljon kronor . Det ska tilläggas

att om linjerna interpoleras nedåt syns det att alla energipriser över cirka 0,7 ger lönsamhet.

**Pay-off metoden fall 1 enligt redovisad metod i teoriavsnittet:**

$$\text{Pay-off tiden} = \frac{G}{a} = \frac{304\,315}{16\,719} = 18,20 \approx 18 \text{ år}$$

Beräkningen utförd med ett energipris på 1 kr/kWh, vilket är lågt. Stiger energipriset förkortas återbetalningstiden.

#### 4.1.4 Fall 2, ökat ventilationsflöde (ökad energiförbrukning)

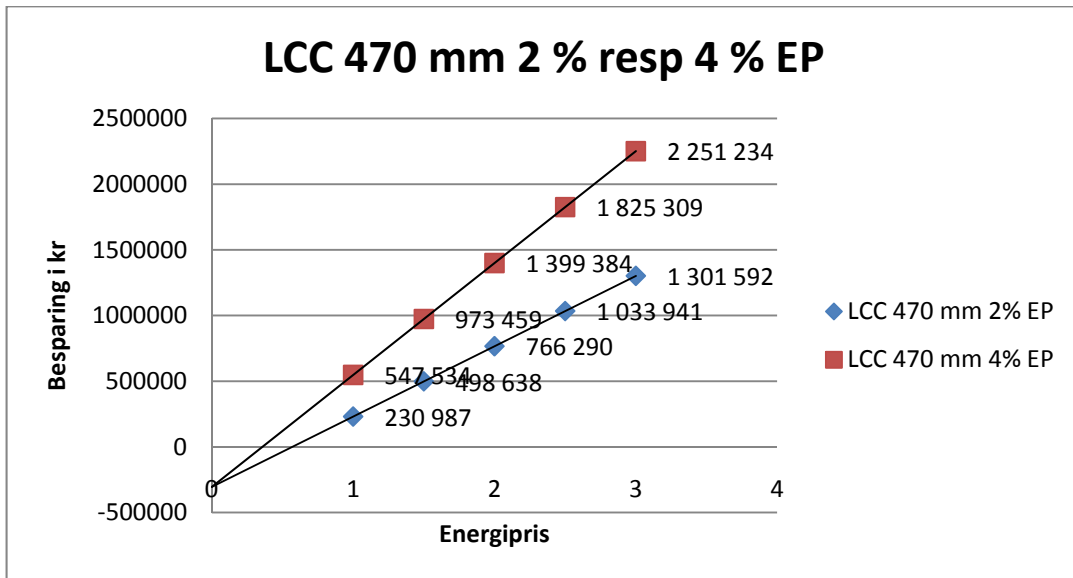
Eftersom det beräknats vilken dimension som är lönsammast att använda i fall 1 utförs det i fall 2 endast beräkningar på 470 mm. För fall 2 blir besparingen med totalt 470 mm lösull: 142 603 - 125 566 = 17 037 kWh. Detta ger i sin tur:

$$LCC = -304315,56 + 17037 \cdot 31,42 \cdot EP$$

Vilket illustreras i tabellen och figuren nedan:

**Tabell 5. LCC för Vindsisolering fall 2 vid olika energipris**

Energipris kr/kWh	LCC 470 mm 2% EP	LCC 470 mm 4% EP
1	230 987	547 534
1,5	498 638	973 459
2	766 290	1 399 384
2,5	1 033 941	1 825 309
3	1 301 592	2 251 234



Figur 7. Fall 2 LCC totalt 470 mm vindsisolering

Figuren visar att besparingen minst kommer att ligga på ca 231 000 kr och som mest 2,25 miljoner kr. Ligger energipriset på 1-2 kr/kWh blir besparingen i dagsläget mellan 231 000 och 1 400 000 kr (!) vilket är ofattbart mycket pengar. Redan vid relativt ”säkra” värden som energipris på 1,5 kr/kWh och 2 % energiprisökning erhålls en besparing på nästan en halv miljon kronor.

**Pay-off metoden fall 2:**

$$Pay - off\ tiden = \frac{G}{a} = \frac{304\ 315}{17037} = 17,86 \approx 18\ \text{år}$$

Beräkningen utförd med ett energipris på 1 kr/kWh, vilket är lågt. Stiger energipriset förkortas återbetalningstiden. 18 år är alltså den längsta tiden det kan ta för att investeringen ska betala av sig eftersom det är det sämsta fallet. Är energin dubbelt så dyr blir återbetalningstiden hälften så kort. I denna payoffberäkning tas ingen hänsyn till att energipriset ökar under avbetalningstiden. Förmodligen kommer energiprisets genomsnittsvärde under de närmsta 50 åren att överstiga 2 kr/kWh vilket ger en pay-off tid på max 9 år.

**4.2 Fylla igen uteluftsventilerna**

I dagsläget används uteluftsventiler trots att det finns uteluftsventilation och detta måste ses som rent energislöseri, då uteluften som nästan alltid är kallare än inomhusluften inte behövs. Även om trycket i byggnaden får antas som relativt neutralt så kommer det att vid större vindtryck mot fönstret att pressas in kall luft genom uteluftsventilerna.

Föreslagen åtgärd kommer att förbättra inomhusklimatet genom att minska draget vid fönstren.

Energibesparingen som denna åtgärd genererar kan beräknas teoretiskt genom att anta ett genomsnittligt luftflöde genom uteluftsventilen över året. Uteluftsventilerna är uppskattningsvis 19st, 10 längs söder och 9 längs västfasaden, och har uppmätts från ritning och bilder och uppskattas vara ca 40 cm långa och 2 cm breda. Oavsett storlek är det normalt att räkna med ett flöde på 0-10 l/s och uteluftsventil. Ett medelvärde på 5-6 l/s antas därför vara rimligt i och med de relativt tilltagna ventilerna.

För att utföra en igentäppning har det antagits att det krävs en viss mängd fogmassa och en förzinkad och lackad plåt för att täcka hålet med. Prisuppgifter för detta har hämtats ur Wikells sektionfakta för nybyggnad 10/11. Fogmassan kostar 74,2 kr/m och antas vara ca 1 cm bred. Plåten kostar 969,9 kr/m<sup>2</sup>, båda priserna inkluderar arbetskostnad. Priset för plåtbitarna bör dock bli betydligt större än ett pris baserat på arean plåt eftersom varje plåt ska skäras till och monteras. Det behövs 2 strängar fogmassa på 0,4 m och en plåtbit till varje fönster.

Totalkostnaden för att fylla igen uteluftsventilerna beräknas nedan:

$$\text{Plåtarean} = 0,4 \cdot 0,02 \text{ m}^2$$

Eftersom det tillkommer en hel del arbetskostnader kring plåten som det ursprungliga priset inte omfattar antas det att totalpriset tiodubblas för att vara på säkra sidan.

$$\text{Fogmassan} = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Totalkostnaden} = (74,2 \cdot 2 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,02 \cdot 969,9) \cdot 19 = 1275 \text{ kr}$$

$$\text{Nya totalkostnaden för alla ventilerna} = 1275 \cdot 10 = 12750 \text{ kr}$$

Genom att beräkna effektförlusten vid en given temperaturskillnad går det sedan att beräkna den totala energiförlusten över ett år.

Uppvärmningsbehovet som uteluftsventilerna skapar kan beräknas enligt formeln

$$\text{Energiförlusten} = \rho \cdot c_p \cdot q_{vent} \cdot d \cdot g \cdot G_t \text{ där}$$

$$\rho = \text{luftens densitet, normalt } 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_p = \text{luftens värmekapacitet, } \frac{1000\text{J}}{\text{kg}}, ^\circ\text{K}$$

$$q_{vent} = \text{ventilationsflöde, m}^3$$

$$d = \text{relativ årsdrift}$$

$$g = \text{korrektionsfaktor}$$

$$G_t = \text{antal gradtimmer, } ^\circ\text{Ch}, \quad G_t \text{ beror av } T_{gb} \text{ och } T_{un}$$

$$g_b = 1 - 0 = 1$$

$$T_{gb} = 21^\circ\text{C} \quad (\text{Gränstemperaturen,} \quad \text{tilluftstemperaturen)}$$

$$T_{un} = 8^\circ\text{C}$$



$$G_t = 113600 \text{ }^\circ\text{Ch}$$

$$q_{vent} = 5 \text{ l/s} = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sätts flödet 5 l/s in i formeln erhålles detta:

$$\text{Energiförlusten} = 0,005 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 113\,600 = 681,6 \text{ kWh per ventil}$$

$$\text{Total energiförlust} = 19 \cdot 681,6 = 12\,950,4 \text{ kWh för de 19 fönstren}$$

Eftersom flödet inte kan bestämmas exakt så jämförs besparingen i kr vid olika flöden och energipriser. Ökar energipriserna växer såklart besparingen och tabellen nedan visar detta. Beräkningarna i nedanstående tabell har tagits fram enligt formeln ovan och multiplicerats med 19 som är antalet uteluftsventiler samt energipriset.

Med denna tabell är det enkelt att hitta besparingen för sina egna förhållanden.

Tabell 6. Besparing i kr/år vid igenfyllning av uteluftsventilerna

	Flöde 1 l/s	Flöde 2 l/s	Flöde 3 l/s	Flöde 4 l/s	Flöde 5 l/s
<b>Energipris</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>
1	2590	5180	7770	10360	12950
1,5	3885	7770	11655	15540	19426
2	5180	10360	15540	20721	25901
2,5	6475	12950	19426	25901	32376
3	7770	15540	23311	31081	38851
	Flöde 6 l/s	Flöde 7 l/s	Flöde 8 l/s	Flöde 9 l/s	Flöde 10 l/s
<b>Energipris</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>
1	15540	18131	20721	23311	25901
1,5	23311	27196	31081	34966	38851
2	31081	36261	41441	46621	51802
2,5	38851	45326	51802	58277	64752
3	46621	54392	62162	69932	77702

Tabellen visar att beroende på flöde och energipris varierar besparingen kraftigt från ca 2600 kr/år till 77700 kr/år för ytterligheterna. I och med att dessa besparingsberäkningar inte räknar med någon energiprisökning är det rimligt att räkna med ett lite högre energipris. Det troliga fallet är att flödet är ca 5 l/s och energipriset ca 1,5 kr/kWh, vilket ger en årlig besparing på 19426 kr vilket är mycket bra med tanke på att det kostar så lite att åtgärda felet. Livslängden på den här åtgärden får anses väldigt lång och inga LCC beräkningar känns nödvändiga eftersom åtgärden redan första året kommer att betala av sig. Förmodligen kommer det årliga överskottet uppgå till mellan ca 12 000 och 19 000 kr/år efter år 1. Ett flöde på 5 l/s som tätas kommer att minska energiförbrukningen med 12950,4 kWh. Detta ger en ny förbrukning i kWh/m<sup>2</sup> på  $116,35 - (12950,4/1044) = 103,9$  kWh/m<sup>2</sup> för fall 1 och  $136,6 - (12950,4/1044) = 124,2$  kWh/m<sup>2</sup> för fall 2.

### 4.3 Lufttäta och drevna fönster

Lufttätningen avser tätning mellan båge och karm med elastisk gummilist för att förebygga onödig lufttransport genom fönstret. När gummilisterna åldras förhårdnar de och fnasar så småningom sönder. Därför är det viktigt att se över dessa om man har äldre fönster. Det bör göras en översyn på gummilisterna som förmodligen behöver bytas ut då fönstren är 25 år gamla. Drevning avser mineralullsisolering mellan vägg och fönsterkarm. Även för dessa åtgärder måste en uppskattning göras för att kunna säga något om besparingspotentialen som finns. Principen för beräkning av energiförlusten mellan karm och båge samt mellan karm och vägg är de samma som för uteluftsventilerna. Det som skiljer sig är antalet fönster som berörs och det är i detta fall 30 istället för 19 st. De 30 berörda fönstren är av samma modell och mått och sitter på väster och söderfasaderna och resterande 3 fönster skiljer sig mått-mässigt samtidigt som U-värdet på dessa dessutom är okänt. Därför räknas det endast på de fönster som är likadana. Luftläckagen är uppskattningsvis lägre än flödet för uteluftsventilerna och antas vara mellan 1-4 l/s och ställe. Med det givet kan det fastslås att den totala besparingen beräknas för ett flöde mellan 2-8 l/s. Hur stora besparingarna blir åskådliggörs i tabell 7 nedan.

**Tabell 7. Besparing i kr/år vid både lufttätning och drevning av alla de 30 befintliga fönstren**

	Flöde 1 l/s	Flöde 2 l/s	Flöde 3 l/s	Flöde 4 l/s	Flöde 5 l/s
<b>Energipris</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>
1	4090	8179	12269	16358	20448
1,5	6134	12269	18403	24538	30672
2	8179	16358	24538	32717	40896
2,5	10224	20448	30672	40896	51120
3	12269	24538	36806	49075	61344
	Flöde 6 l/s	Flöde 7 l/s	Flöde 8 l/s	Flöde 9 l/s	Flöde 10 l/s
<b>Energipris</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>	<b>besparing</b>
1	24538	28627	32717	36806	40896
1,5	36806	42941	49075	55210	61344
2	49075	57254	65434	73613	81792
2,5	61344	71568	81792	92016	102240
3	73613	85882	98150	110419	122688

Ett flöde som varierar mellan 2-8 l/s ger besparingar som varierar mellan ca 8200 kr/år och 98200 kr/år för extremvärdena. För att visa en ungefärlig besparing används medelvärdet för flödet (2-8) som då blir 5 l/s och med ett energipris på ca 1,5 kr/kWh erhålls en årlig besparing på 30672 kr för dessa två åtgärder tillsammans. Ett flöde på 5 l/s ger en ny förbrukning i kWh/m<sup>2</sup> på  $116,35 - (20448/1044) = 96,76$  kWh/m<sup>2</sup>.

De nuvarande fönstren har suttit sen byggåret 1985 och har därför antagligen bara runt 4 år kvar på sin livslängd. Det är därför troligt att fönstren byts ut 2015 och då måste tätning och drevning av fönstren betala av sig på 4 år. Därför anses det överflödigt att beräkna LCC-kostnad då livslängden är så kort. Istället beräknas en pay-off-tid som då helst bör understiga 4 år för att åtgärderna garanterat ska vara lönsamma.

**Följande prisuppgifter har hämtats ur Wikells sektionsfakta ROT 09/10.**

Att lufttäta fönster mellan karm och båg med en elastisk fog kostar 70 kr/m inkl arbetskostnaden. Drevning av fönster med mineralull har en totalkostnad på 58,7 kr/m. Fönstren mätte 1,1\*1,5 m och de är 30 st till antalet. Fönstrens totala omkrets beräknas först:

$$\text{Fönstrens totala omkrets} = (2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,5) \cdot 30 = 156 \text{ m}$$

$$\text{Totalkostnaden för lufttätning blir då: } 70 \cdot 156 = 10\,920 \text{ kr}$$

$$\text{Totalkostnaden för drevning blir : } 58,7 \cdot 156 = 9\,157,2 \text{ kr}$$

$$\text{Totalkostnaden för båda åtgärderna} = 10920 + 9157,2 = 20\,077 \text{ kr}$$

För att få reda på vilka förutsättningar som måste gälla för att pay-off-tiden ska bli 4 år avläses tabellen för att finna den årliga besparingen som måste uppnås. Dvs totalkostnaden genom fyra,  $20077/4=5019,3$  kr ska besparas varje år. Tabellen avslöjar att den besparingen kräver ett flöde på 2l/s vid ett energipris på 1 kr/kWh. Är energipriset 1,5 kr/kWh krävs endast ett flöde på 1 l/s för att åtgärderna ska betala av sig på 4 år. Vid ett flöde på 5 l/s betalar åtgärderna av sig på 1 år oavsett energipris. De sista tre åren genererar då ett överskott på mellan 60 000-90 000 kr.

Slutsatsen av allt detta blir att åtgärderna sannolikt betalar av sig på 4 år, samt att besparingarna det ger kan uppgå till tiotusentals kronor varje år beroende på flöde och energipris.

#### 4.4 Persienner

För att minska kylbehovet i byggnaden bör det monteras persienner på fönstren längs tegelfasaden, alltså både syd och västfasaden.

Prisuppgifter på persienner har därför inhämtats från internet. En persienn på 1\*1,4m kostar 558 kr vilket ger ett totalpris för 30 st på:

$$\text{Kostnad persienner} = 30 \cdot 558 = 16\,740 \text{ kr}$$

Montering av utanpåliggande persienner är ytterst simpelt och ska kunna utföras av nästan vem som helst enligt återförsäljaren. För att få en prisuppgift antas det att en snickare kan montera en persienn på uppskattningsvis 15 min.

Arbetskostnaderna är hämtade ur sektionsfakta 09/10 för renovering och tillbyggnad och beräknade utifrån en arbetslön på 175 kr/h för en hantverkare exklusive sociala kostnader och pålägg. För att få fram den totala kostnaden läggs det till direkta omkostnader på 76 % av timlönen och indirekta omkostnader på 181 % av timlönen. **Summeras detta blir den verkliga totala timlönen 624,75 kr/h.**

Monteringskostnaden för fönstren blir då:

$$\text{Total Monteringskostnad} = 30 \cdot 0,25 \cdot 624,75 = 4686 \text{ kr}$$

$$\text{Totalkostnad persienner} = 16740 + 4686 = 21\,426 \text{ kr}$$

Besparingen av kylbehovet kommer inte att generera någon besparing i pengar eftersom det i dagsläget inte finns något kylsystem installerat. Därför går det inte att utföra någon LCC eller pay-off beräkning på denna åtgärd. Persiennerna kommer dock att förbättra inomhusklimatet eftersom den mentala prestationsförmågan minskar med ökande temperatur.

Med hjälp av vald åtgärd kan hyresgästerna själva påverka inomhusklimatet och få en behagligare inomhusmiljö framför allt på sommaren när det är som varmast och solen är som starkast. Persienner hindrar inte bara solen från att stråla in genom fönstret utan kan också hjälpa fönstren att stänga ute värmen. På så sätt kan gå det att erhålla bättre ljus och värmekomfort i kontorsrummen. De ovan nämnda positiva aspekterna med persienner bör motivera den mindre investering som de innebär.

#### 4.5 Luftväxling vid stora öppningar i fasaden

Då till exempel stora dörrar eller portar står öppna sker en stor luftväxling vilken ger upphov till energiförluster då den varma luften försvinner ut ur byggnaden. För att visa på ett ungefär hur stor denna luftväxling är redovisas formeln och beräkningen av luftflödet nedan.

$$q = C_d \frac{B}{3} \sqrt{\frac{(T_{in} - T_{ut})gH^3}{\frac{T_{in} + T_{ut}}{2}}}$$

$$C_d = 0,4 + 0,0045 \cdot (T_{in} - T_{ut})$$

$$q = \text{luftflöde i båda riktningar, } \frac{m^3}{s}$$

$C_d$  = kontraktion, –

$B$  = öppningens bredd,  $m$

$H$  = öppningens höjd,  $m$

$T_{in}$  = lufttemperatur inne,  $K$

$T_{ut}$  = lufttemperatur ute,  $K$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

(Nordquist, 1998)

Följande indata kan antas för att utföra beräkningar på en av portarna på byggnadens baksida:

$$T_{in} = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$$

$$T_{ut} = 8^\circ\text{C} = 281 \text{ K (Årsmedeltemperatur i Malmö enligt Värme och Fukt)}$$

$$H = 2,1 \text{ m}$$

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$C_d = 0,4 + 0,0045(296 - 281) = 0,4675 = 0,47$$

$$q = 0,47 \frac{2,5}{3} \sqrt{\frac{(296 - 281) \cdot 9,81 \cdot 2,1^3}{\frac{296 + 281}{2}}} = 0,851 \frac{m^3}{s} = 851 \text{ l/s}$$

Flödet blir alltså större än ventilationen är i kontorsdelen, vilket bör noteras. Varje gång en port öppnas är flödet till en början i denna storleksordning vid denna utetemperatur; det vill säga 851 l/s varm luft försvinner ut och 851 l/s kall uteluft kommer in. Eftersom det inte finns några fakta kring hur ofta och hur länge portarna är öppna utförs inga beräkningar på energi eller pengaförlust.

#### 4.6 Byte till energieffektiva fönster 2015

För att kunna räkna ut besparingen som erhålls jämförs grundfallet med den nya förbrukningen efter att den valda åtgärden har lagts till grundfallet och beräknats.

Rötskyddsgarantin för fönster gäller oftast i 30 år och livslängden för fönster antas därför vara 30 år. Byggnaden uppfördes 1985 och därför kommer det vara troligt att fönstren behöver bytas ut år 2015, vilket inte ligger alltför långt fram i tiden. Därför bör det göras en besiktning av fönstren 2015 för att avgöra om det finns bytesbehov. Då de nuvarande fönstren har ett U-värde på 1,9 W/m<sup>2</sup>K finns en god besparingspotential i att införskaffa fönster med riktigt lågt U-värde. I dagsläget har de mest energieffektiva fönstren ett U-värde på 0,8 W/m<sup>2</sup>K (Elitfönster, 2010). Det är i första hand fönstren som sitter i tegelfasaden som eventuellt behöver bytas då de resterande fönstren är ditsatta senare efter renoveringar. Fönstren i fråga har ungefärliga mått på 1,1\*1,5 m vilket ger en fönsterarea på 1,65m<sup>2</sup> per fönster. Totalt finns det 30 likadana fönster längs med väster- och söderfasaden, vilket innebär att det totalt handlar om en area på 49,5 m<sup>2</sup>.

Offertter har tagits in från olika fönstertillverkare med olika resultat, det gemensamma är att prisbildningen ligger mellan ca 100 000 kr för vanliga ”standard” fönster i trä med U-värde på ca 1,2 och runt 180 000 kr för de mer energisnåla fönstren med U-värde på 0,8-1,0. Offertter har erhållits från Elitfönster samt Kronfönster. Kronfönsters alternativ har dock förbisetts i denna rapport på grund av att deras fönster med U 1,2 och U 1,0 var tillverkade i trä respektive PVC vilket gör det svårare att jämföra de mot varandra. Beräkningarna utförs på offerten från Elitfönster då deras fönster hade bäst U-värde samt var enklast att jämföra då de hade fönster med olika U-värde i samma material, nämligen trä.

**Tabell 8. Investeringskostnad för fönster från elitfönster dec 2010**

	Sidohängt fönster	Vridfönster
Elit Complete trä, vitmålat 3-glas, U=1,2	104 540 kr	118 355 kr
Elite Passiv, vitmålat träfönster med vit aluminiumbeklädnad, 3-glas U=0,8	180 400 kr	174 200 kr

Formeln för livscykelkostnaden följer nedan:

$$LCC = -\text{Merkostnaden} + \text{Årlig besparing} \cdot \text{energipris} \cdot \text{nusummefaktor}$$

Är kalkylräntan 4 %, energiprisökningen 2 % utöver inflationen och livslängden 30 år blir nusummefaktorn 22,4. Nusummefaktorn hämtas ur tabell 1. Tabellen nedan visar energibesparingen vid fönsterbyte. De ursprungliga fönstren har ett U-värde på 1,9.

**Tabell 9. Energibesparing för fönster fall 1**

	<b>U=0,8</b>	<b>U=1,2</b>	<b>Skillnad</b>
<b>kwh</b>	7155	4559	2596

#### 4.6.1 Beräkningar fall 1

Nedan jämförs först LCC för merkostnaden i form av skillnaden i pris mellan två likadana fönster med olika U-värde. Jämförelsen mellan fönstren med U=1,2 görs därför att utgångspunkten är att fönstren hur som helst ska bytas och det sidhängda med U=1,2 är billigast så det får ingen merkostnad alls. Vridfönstret med U=1,2 får därför en merkostnad jämfört med det sidhängda på 13 815 kr och ger samma besparing. Energipriset har för enkelhetens skull satts till 1 kr/kWh. Nusummevärdet har hämtats ur tabell 1.

LCC sidhängt, U 0,8 =-(180400-104540)+ 7155 \*1\*22,4=84 412 kr

LCC vridfönster U 0,8=-(174200 -118355)+ 7155 \*1\*22,4= 104 427 kr

#### Jämförelse mellan 1,2 fönstren:

LCC sidhängt, U 1,2 =-(0)+ 4559 \*1\*22,4= 102 121,6 kr

LCC vridfönster, U 1,2 =-(118355-104540)+ 4559 \*1\*22,4=88 306,6 kr

Det mest lönsamma är enligt ovanstående beräkningar att välja de mest energieffektiva vridfönstren med U 0,8. Detta ger en besparing på 104427 kr över den tretioåriga livslängden (om det används ett energipris på 1kr/kWh, vilket är relativt lågt). Den relativa besparingen mot att köpa sidhängda fönster, U 1,2 är dock

LCC=-(174200-104427)+ 7155\*1\*22,4= 90 499 kr

Denna analys tar ingen hänsyn till om fastighetsägaren endast kan tänka sig antingen sidhängda fönster eller vridfönster. Vill de ha sidhängt bör de välja de med U 1,2 och vill de ha vridfönster ska de välja de med U 0,8. Är hängning oväsentligt så bör de välja vridfönstren med U 0,8. Vridfönster med U 0,8 rekommenderas därmed.

#### Pay-off metoden för vridfönstren, fall 1:

$$Pay - off \text{ tiden} = \frac{G}{a} = \frac{(174\ 200 - 118\ 355)}{2596} = 21,51 \approx 22 \text{ år}$$

#### 4.6.2 Beräkningar Fall 2

I och med att det i fall 1 har fastslagits vilka fönster som är mest lönsamma utförs beräkningar endast på dessa.



Tabell 10. Energibesparing för fönster Fall 2

	U=0,8	U=1,2	Skillnad
kwh	7276	4633	2643

LCC vridfönster U 0,8 =  $-(174200 - 118355) + 7276 * 1 * 22,4 = 107\ 137$  kr

LCC sidhängt, U 1,2 =  $-(0) + 4633 * 1 * 22,4 = 103\ 779,2$  kr

Den ekonomiska vinsten som erhålls då det väljs vridfönster med U 0,8 istället för U 1,2 är för fall 2:  $-(174200 - 118355) + 2643 * 22,4 = \underline{3358}$  kr

Dessa LCC beräkningar visar att det är en marginell skillnad på besparingen för fall 1 och 2 vid fönsterbyte. Detta innebär att besparingen inte kommer öka särskilt vid en ökad energiförbrukning. Detta går också att bevisa genom att beräkna pay-off tiden som blir i princip lika lång som för fall 1.

**Pay-off metoden för vridfönstren, fall 2:**

$$\text{Pay - off tiden} = \frac{G}{a} = \frac{(174\ 200 - 118\ 355)}{2643} = 21,12 \approx 21 \text{ år}$$

Beräkningarna visar att om fastighetsägaren väljer vridfönster kommer de att spara 3358 kr på att köpa U 0,8 istället för U 1,2. Det gör därför nästan ingen skillnad vilket U-värde som väljs då det skiljer så lite i LCC värdet. Slutligen ska det tilläggas att inga beräkningar på varierande energiprisökning har utförts då besparingen grundar sig i att det är tvunget att byta fönster och inte för att försöka göra en ekonomisk vinst genom att energieffektivisera. Energibesparingen för beräkningarna som utförts kommer att vid ett högre värde på energiprisökningen också att öka.

#### 4.7 Installation av vattenburet radiatorsystem

I och med att värmen i dagsläget tillförs via tilluften tillsammans med elradiatorer blir inomhustemperaturen enligt hyresgästerna ganska ojämnt. Detta beror på att elradiatorerna dessutom är väldigt få och värmen från dem sprider sig inte i hela byggnadskroppen. Tilluften är också begränsad till kontorsdelen. Klimatmässigt upplevs luften torrare med elradiatorer än med vattenradiatorer på grund av de höga ytemperaturerna. Vid byte till vattenradiatorer skulle inomhusklimatet också förbättras vintertid eftersom byggnaden blir nerkyld under natten på grund av att ventilationen som står för en stor del av uppvärmningen är avstängd då. Det problemet bör därför försvinna helt och hållet med ett vattenburet radiatorsystem som håller temperaturen jämnt fördelad i byggnaden och över dygnet. Elradiatorer är heller inte bra ur ekonomisk synpunkt för hyresgästerna då elvärme blir betydligt dyrare än ett vattenburet värmesystem matat med fjärrvärme. Enligt Energimyndigheten är uppvärmning med fjärrvärme i dagsläget 35 % billigare än direktverkande eluppvärmning. Hur mycket fjärrvärmeuppvärmningen av byggnadens tilluft årligen kostar är i dagsläget svårt att uppskatta då denna byggnad delar fjärrvärmeförsörjning med besiktningshallen på samma fastighet. Därför går det inte att separera deras förbrukning på den statistik som erhållits som underlag till denna rapport. En okänd mängd energi tillkommer också för elradiatorerna i varje lokal. Därför har det inte utförts beräkningar på den energibesparing som ett byte av uppvärmningssystem ger.

Miljöpåverkan är dessutom större hos ett system med direktverkande el på grund av att energieffektiviteten är lägre samt att viss el inte kommer från förnybart bränsle. Ett elberoende uppvärmningssystem är även känsligare vid driftstörningar i elnätet. Därför kan det vara fördelaktigt med fjärrvärmematade radiatorer eftersom fjärrvärmeförsörjningen får anses mer stabil då den ligger skyddad under marken. Det förbättrade inomhusklimatet, lägre driftskostnaden samt den förhöjda driftsäkerheten motiverar en installation av ett vattenburet radiatorsystem. Problemet är att fastighetsägaren då måste göra en investering i byggnaden som de själva inte direkt kan dra nytta av eftersom det för närvarande är hyresgästerna som betalar uppvärmningen utöver värmeförsörjningen till tilluften. Med ett vattenburet radiatorsystem som är rätt dimensionerat och konsekvent utspritt i byggnaden kan värmningen av tilluften minska rejält och uppvärmningen primärt bestå av radiatorer matade med fjärrvärme. Dagens hyresnivåer är relativt låga på grund av att inomhusklimatet är undermåligt och därför skulle det även bli möjligt för fastighetsägaren att ta ut lite högre hyra än i dagsläget. Ett nytt radiatorsystem skulle förbättra byggnaden så markant att den skulle bli mer attraktiv och detta skulle öka möjligheterna till att den tomma lokalen skulle bli uthyrd. Den tomma lokalen har i nuläget stått outhyrd i över ett år vilket indikerar att den är oattraktiv i befintligt skick. På grund av detta går fastighetsägaren miste om stora hyresintäkter. En överslagsberäkning på de uteblivna hyresintäkterna kan ses nedan.

#### 4.7.1 Årlig hyresförlust

Den ungefärliga outhyrda lokalarean uppskattas till 183 m<sup>2</sup>. Hyresnivåerna för Malmös innerstad ska enligt hemsidan lokaler.nu ligga mellan 1800-4000 kr/m<sup>2</sup>, år. Eftersom lokalen i fråga ligger i Malmös utkant får det antas att hyran blir lägre än för innerstaden. Liknande objekt hos andra fastighetsbolag kostar ungefär 700 kr/m<sup>2</sup>, år. En antagen hyra på 700 kr/m<sup>2</sup>, år verkar därför rimligt efter att inomhusklimatet åtgärdats.

$$\text{Total hyresförlust per år} = 700 \cdot 183 = 128\,100 \text{ kr}$$

Detta visar att det i dagsläget är mycket kostsamt att ha delar outhyrda och att något (läs: mina åtgärdsförslag i resultatdelen) bör utföras omgående för att få den sista lokalen uthyrd.

Det finns i dagsläget ett bidrag att söka för att konvertera system med direktverkande elvärme till system anslutna till fjärrvärme, berg- sjö- eller jordvärmepump samt system drivet på biobränsle. För att kunna söka bidraget krävs dock att konverteringsarbetet ska vara slutfört innan 31 dec 2010 vilket gör att det kan bli svårt att hinna med för denna byggnad. Dock bör det aktivt sökas efter liknande bidragserbjudanden i framtiden.

Eftersom byggnaden skulle förbättras vid installation av ett vattenburet radiator-system har ungefärliga kostnader tagits fram för ett normalt system med radiatorer placerade under varje fönster och godtyckligt över resterande area. Produkterna har valts godtyckligt och kostnaderna har tagits från Wikells sektionsfakta VVS 09/10. Kostnaderna avser både material och arbetskostnad och redovisas i efterföljande tabell.

Tabell 11. Kostnads kalkyl för installation av vattenburet radiatorsystem

<u>Del</u>	<u>Kostnad/kvantitet</u>	<u>Kvantitet</u>	<u>Totalkostnad</u>
<b>35 takförlagd dold isolering värme press</b>	952 kr/m	262 m	249837 kr
<b>Växlarenhet fjärrvärme 80 kW</b>	56416 kr/st	1 st	56416 kr
<b>Expansionssystem abonnentcentral 20 lgh/100kW</b>	11222 kr/st	1 st	11222 kr
<b>Radiator TP11-56 med termostatventil, 665W – 55°/45°, 1295W - 75°/65°</b>	2557 kr/st	49 st	125286 kr
<b>Shuntgrupp anslutning 40, 2 alt 3-vägs utan reglerutrustning</b>	22571 kr/st	4 st	90283 kr
			<b><u>Summa:</u> <u>ca 533000 kr</u></b>

Ovanstående tabeller talar sitt tydliga språk och visar att det kostar ca 533 000 kr att installera ett vattenburet radiatorsystem.

## 5 Sammanställning av resultat samt analys

De förmodat otäta och dåligt isolerade fönstren i kombination med det otillräckliga uppvärmningssystemet ger idag upphov till problem både energimässigt och inneklimatmässigt.

Förslagsvis utförs en tilläggsisolering av vindsbjälklaget, igentäppning av uteluftsventilerna, samt att fönstren lufttätas och drevas om det finns behov för detta. En installation av ett vattenburet radiatorsystem rekommenderas också starkt för att kunna hålla ett jämnt inomhusklimat och på så sätt göra lokalen mer attraktiv.

De rekommenderade åtgärderna kommer att förbättra inomhusklimatet markant. Både den termiska komforten och dragproblemen kommer att förbättras eller försvinna helt vid kombinerade åtgärdspaket. För att konkret och enkelt åskådliggöra resultatet redovisas det i punktform nedan.

### 5.1.1 Dessa åtgärder rekommenderas att utföra omgående:

- Tilläggsisolera vindsbjälklaget med ytterligare 300 mm lösull (glöm inte att säkerställa ångspärrens funktion innan, då fuktproblem lätt kan uppstå annars!)
- Täppa igen uteluftsventilerna
- Lufttäta och dreva fönstren (om det behövs)
- Installera ett vattenburet radiatorsystem (om fastighetsägaren vill åtgärda den termiska komforten vilket rekommenderas starkt)
- Montera persienner på fönstren längs tegelfasaden

### 5.1.2 Pengabesparingar:

- Att tilläggsisolera vindsbjälklaget är mycket lönsamt och kommer över den femtioåriga livslängden att generera ett överskott på mellan 220 000 och 1 400 000 kr beroende på energiprisets startvärde och energiprisökningen.
- Att täppa igen uteluftsventilerna är garanterat lönsamt då det inte bör kosta mer än ca 13 000kr att åtgärda och det genererar troligtvis ca 13 000 kr/år vid ett flöde på 5 l/s. Åtgärden betalar därmed av sig på ett år och kommer sedan årligen att spara 13 000 kr.
- Lufttätning och drevning av fönstren är lönsamt och kan vid ett flöde på 5 l/s spara mellan 60 000 och 90 000 kr de närmaste 4 åren. Investeringen kommer definitivt att betala av sig och troligtvis kommer den att generera ett överskott på tiotusentals kronor per år. Så länge fönstren sitter kvar kommer denna åtgärd att fortsätta generera pengar.

- Besparingen som ett byte av uppvärmningssystem ger är svårbedömd då det idag inte går att fastställa byggnadens nuvarande energiförbrukning. Det som går att säga är att energiförbrukningen kommer att minska och att fastighetsägaren på så sätt kommer att spara pengar varje år, hur mycket går endast att spekulera kring. Den årliga energibesparingen samt en mindre hyreshöjning motiverad av det förbättrade inomhusklimatet kan på sikt betala tillbaka investeringen eller åtminstone delar av den. Eftersom en av lokalerna idag står tom kan det vara värt att investera i byggnaden för att göra den mer attraktiv, vilket den blir ifall inomhusklimatet åtgärdas. Detta kanske leder till att den sista lokalen hyrs ut och detta genererar i sig ett överskott i jämförelse med hur dagsläget ser ut inkomstmässigt.

### 5.1.3 Investeringskostnader:

Tabell 12. Investeringskostnader

<u>Åtgärd</u>	<u>Investeringskostnad, kr</u>
Tilläggsisolering 300 mm lösull	304 315
Täppa igen uteluftsventilerna	12 750
Lufttätning och drevning av fönstren	20 077
Persienner, 30 st	21 426
<b>Totalkostnad för alla 4 åtgärderna</b>	<b><u>358 568</u></b>
Vattenburet radiatorsystem	533 044
<b>Totaltkostnad för alla åtgärder</b>	<b><u>891 612</u></b>

#### 5.1.4 Energibesparingar:

Tabell 13. Förbrukning för Fall 1 och 2

<u>Åtgärd</u>	<u>Fall 1 Förbrukning i kWh/m<sup>2</sup></u>	<u>Fall 2 Förbrukning i kWh/m<sup>2</sup></u>
Inga åtgärder (startvärde)	116,4	136,6
Tilläggsisolering av vindsbjälklaget	100,3	120,3
Igentäppning av uteluftsventilerna	103,9	124,2
Lufttätning och drevning av fönstren	96,76	117
Alla 3 åtgärderna	68,3	88,3

Eftersom alla av åtgärdernas besparingar inte beräknats i VIP tar sammanslagningen av åtgärderna inte hänsyn till att de hämmar varandra, det vill säga utförs alla åtgärderna kommer besparingen att bli lite mindre jämfört med en summering av besparingarna för respektive åtgärd. Uppskattningsvis kommer förbrukningen att ligga mellan 85 och 100 kWh/m<sup>2</sup> om alla åtgärder utförs samtidigt. Detta ger ett genomsnitt på 92,5 kWh/m<sup>2</sup>, vilket är en minskning av förbrukningen för fall 1 på:  $1 - \frac{92,5}{116,35} = 0,204 = 20 \%$ !

För fall 2 blir minskningen  $1 - \frac{92,5}{136,59} = 0,32 = 32 \%$ !

**Med en förbrukning efter åtgärds paketet på ca 92,5 kWh/m<sup>2</sup> klarar byggnaden nybyggnadskravet på 100 kWh/m<sup>2</sup>!**

Anmärkningsvärt är att Igentäppning av uteluftsventilerna ger nästan lika stor besparing som att tilläggsisolera vinden men kostar nästan ingenting i jämförelse.

#### 5.1.5 Framtida åtgärder med besparingsmöjligheter:

Väljs det vid ett eventuellt fönsterbyte 2014 fönster med U=0,8 istället för 1,2 sparas det 3358 kr om hängning inte är en avgörande faktor. Beräkningarna för fall 2 visar att besparingen endast ökar marginellt om byggnadens totala energiförbrukning ökar.

För denna byggnad blir den extra besparingen med de mest energieffektiva fönstren relativt marginell. Även om besparingen är liten rekommenderas det såklart att de bästa fönstren väljs vid fönsterbyte.

### **5.1.6 Förbättringar av inomhusklimatet:**

Byggnaden kommer att få en jämn temperaturfördelning, men även mindre temperaturskillnader inomhus över årstiderna. Temperaturen kommer alltså för det mesta att hållas på en jämn och bra nivå. Vintertid kommer värmen att vara jämnare utspridd i byggnaden. Eftersom det vattenburna radiatorsystemet är igång dygnet runt till skillnad från uteluftsventilationen kommer det även att undvika nedkylning av byggnaden på natten vilket leder till att det blir kallt på morgonen. Sommartid kommer persiennerna att komma väl till pass för att stänga ute solstrålning och en därmed en del värme. Drag och kallras kring fönstren kommer att minska eller försvinna helt vilket kommer att ge en bättre arbetsmiljö i kontorsrummen där hyresgästerna sitter stilla nära fönstren. Dessa förbättringar erhålls vid ett sammanslaget åtgärds paket innehållande persienner, utökad vindsisolering, installation av ett vattenburet radiatorsystem, igentäppning av uteluftsventiler och drevning och lufttätning av fönster.



## 6 Diskussion

Tyvärr har det varit oerhört svårt att ta fram uppgifter på byggnadens verkliga totala energiförbrukning då uppvärmningen sker både via tilluften och via hyresgästernas egna elradiatorer och byggfläktar. Elfakturor har efterfrågats hos de tre befintliga hyresgästerna men endast ett företag har varit samarbetsvilligt. Tilluften värms med fjärrvärme och det har erhållits statistik på fjärrvärmeförbrukningen men eftersom den även innefattar förbrukningen hos besiktningshallen är det omöjligt att sätta om kontors och lagerbyggnadens förbrukning. Till denna ska det sedan läggas till förbrukningen för hyresgästernas egna elberoendeuppvärmning.

Som det tidigare har nämnts är det sällan lönsamt att tilläggsisolera fasaden om den inte ska renoveras av andra anledningar. Då det i dagsläget inte är aktuellt att renovera fasaden har det därför inte utförts några beräkningar på detta.

Alla åtgärders besparingar utgår från relativt säkra beräkningar och värdena som använts representerar oftast det ”sämsta fallet” eller ett fall som är mycket troligt vilket innebär att besparingarna i princip bara kan bli större.

Alla eventuella åtgärder som medför större investeringskostnader (läs installation av vattenburet värmesystem) kommer bli svåra för fastighetsägaren att motivera då det är hyresgästerna som kommer att spara pengar på en minskad energiförbrukning. Det som skulle locka Briggen till större investeringar är den stora förbättringen av inomhusklimatet. Detta eftersom det i dagsläget finns en vakans i lokalen. Med ett bättre inomhusklimat skulle byggnadens attraktionsförmåga och konkurrenskraft öka vilket skulle kunna leda till att uthyrningsgraden steg till 100 % i fastigheten. Med en hundraprocentig uthyrningsgrad uppstår inga hyresförluster vilka i dagsläget uppgår till över hundratusen kronor per år.

Det alternativet som finns är försöka motivera hyresgästerna att ta en hyreshöjning för att finansiera åtgärderna. Detta kommer sedan hyresgästerna tjäna in under x antal år i form av lägre energiförbrukning. Att byta ut ett system drivet på direktverkande el till ett vattenburet system är en miljömässig, inomhusklimatmässig och energimässig förbättring vilket kan bidra till att Briggen kan ta ut högre hyra än i dagsläget.

De åtgärder som baserar sig på beräkningar i VIP kommer antagligen att bli större än de är nu. Detta grundar sig i att den modell som har arbetats fram i VIP har en relativt låg förbrukning (fall 1: 116,35 kWh/m<sup>2</sup>, år respektive fall 2: 136,59 kWh/m<sup>2</sup>, år) redan innan förbättringsåtgärderna har lagts in. Nybyggnadskravet är 100 kWh/m<sup>2</sup>, år och modellens förbrukning för fall 1 ligger därmed endast 16 % över det, vilket är smickrande i och med byggnadens mycket märkliga tekniska lösningar, dåliga installationssystem och relativt låga isoleringsstandard. Därför känns fall 2 som mer verklighetstroget då dess förbrukning i alla fall ligger nästan 37 % över nybyggnadskravet.



## 7 Felkällor

Beräkningarna i VIP visar att byggnaden ska ha en värmeförbrukning på 121471 kWh för fall 1 vilket inte är riktigt lika högt som det borde vara. Därför har det utförts beräkningar på fall 2 som innebär en höjning av luftomsättningen vilket ger en högre energiförbrukning på 142 603 kWh. Bara fjärrvärmens för att värma tilluften gör av med mellan 80 000- 100 000 kWh/år minus det som besiktningshallen drar vilket är helt okänt. Läggs det sedan till den okända mängden energi som hyresgästerna använder till sina elradiatorer har det uppstått en väldigt komplex och svårberäknad ekvation. Det är därför otroligt svårt att fastslå hur mycket energi som byggnaden i dagsläget gör av med per år vilket gör att det inte finns något referensvärde för VIP modellen. De möjliga felen i VIP berör dock bara beräkningarna på tilläggsisolering och fönsterbyte då de andra åtgärdernas besparingar är beräknade teoretiskt utifrån ingenjörsmässiga antaganden. Beräkningar på luftläckage genom uteluftsventiler och otätheter kring fönstren är därför inte förankrade i uppmätta data för att fastslå att så verkligen är fallet. Hade flödet genom en ventil mätts hade det ändå bara utgjort ett mätvärde. För att få ett säkert värde på flödet krävs kontinuerliga mätningar utförda under ett helt år. Eventuellt skulle också flödet behöva normalårsanpassas. Därför har det antagits ett flöde istället.

De flesta antagandena är relativt lågt räknade för att få fram en besparing som representerar det sämsta fallet eller fall som är mycket troliga . Det vill säga att det går att garantera en viss besparing då beräkningarna utgått från ”för bra” indata. Den verkliga förbrukningen är förmodligen högre än VIP modellen fall 1 och därför bör fall 2 ligga närmare verkligheten. Det är dock möjligt att den verkliga förbrukningen även överstiger fall 2 vilket i så fall skulle medföra ännu större besparingar. Beräkningarna på de två olika fallen visar dock att det endast bör ge en marginell ytterligare besparing för vindsisolering respektive fönsterbyte.

De största osäkerheterna i VIP-modellernas indata är luftflödena då det endast finns värmeåtervinning och flödesavläsning på ventilationen till kontorsdelen. Frånluftsventilationens flöden är helt okända och dessutom värmeåtervinns inte den luften. Det är även okänt vilka utrymmen som endast har frånluftsventilation i och med att byggnaden har byggts om invändigt vilket ändrat planlösningen. Allt detta gör att det måste ske en hel del antaganden kring ventilationen då det inte skett någon sammanställning av varje rums ventilation i hela byggnaden. Verkningsgraden på ventilationens värmeåtervinning var även den okänd och har antagits till 65 % med hjälp från VIP-manualen samt diskussion med Mats Dahlblom.

Vid beställning av ett perfekt utformat radiatorsystem ska det dimensioneras av en sakkunnig och det kostar pengar. Kostnaden för radiatorsystemet kommer därför att öka med några procent. Detta har det i beräkningarna bortsetts ifrån.

Då det inte finns några uppgifter på hur tjock betongplattan är från varken den tekniska beskrivningen eller från Briggen har den med hjälp från Lars-Erik Harderup uppskattats till 120 mm.

Mått som använts har uppmätts från ritningar med linjal vilket kan ge marginella fel på olika areor, men detta bör inte påverka slutresultatet nämnvärt. Eftersom inga innerväggar subtraherats från golvarean är den i beräkningarna lite större än den verkligt användbara golvytan.

Eftersom det inte varit möjligt att titta runt på vinden har antagandena kring vindens isolering utgått från Jens Davidssons beskrivning av vinden samt informationen från den tekniska beskrivningen. På den tekniska beskrivningen står det att det ska vara 220 mm mineralullsisolering över den ”gamla kontorsdelen” och 170 mm över den ”gamla lagerdelen”, det vill säga så som de var uppdelade innan byggnaden ändrades invändigt. Jens nämnde att isoleringen var i dåligt skick och dåligt utspridd. Därför har det gjorts antagandet att det motsvarar en genomsnittlig tjocklek på 170 mm över hela vinden. Eftersom vinden har en väldigt stor area innebär det att isoleringens tjocklek har stor betydelse för den totala energiförbrukningen.

Olika åtgärders material- och arbetskostnad har fått så realistiska priser det går med hjälp av antingen sektionsfakta eller prisuppgifter från tillverkare och leverantör. Priserna som anges är inte exakta, men de bör ge en ungefärlig fingervisning på hur mycket saker och ting kostar.

## 8 Slutsatser

Det bör gå att minska byggnadens energiförbrukning med upp till 32 % vilket är mycket bra. Byggnadens specifika energiförbrukning kommer efter utförda åtgärder att ligga under 100 kWh/m<sup>2</sup> som är BBR:s krav på nya byggnader. Inomhusklimatet kommer efter åtgärds paketet att vara betydligt bättre. Både den termiska komforten och ljuskomforten förbättras både sommar- och vintertid. Problemen med drag och luftläckage åtgärdas även dem, helt eller delvis. På det stora hela kommer inomhusklimatet att upplevas på ett mer positivt sätt än i dagsläget.

Sammantaget går det att konstatera att det finns stora pengar att bespara på att utföra relativt enkla åtgärder. Byggnaden kommer bli mer lönsam ur ett ekonomiskt perspektiv om Briggen efter utförda åtgärder lyckas hyra ut den tomma delen av lokalen.

### 8.1 Generella slutsatser om energieffektivisering och lärdomar av arbetet

Det som skulle kunna appliceras på liknande byggnader eller bara äldre byggnader i allmänhet är att det alltid bör ses över hur uppvärmningssystem och ventilationssystem är tänkt att fungera och sedan se till att det fungerar som det ska.

Till exempel om det finns ett frånluftssystem ska det finnas uteluftsventiler som fungerar för att få in nödvändig friskluft. Är det ett system med från- och tilluft bör det ses till att klimatskalet är så tätt som möjligt för bästa möjliga effekt.

Det hela grundar sig såklart i formeln för byggnadens värmeeffektförbrukning,  $Q_{tot}=Q_t+Q_{ov}+Q_v$  minimeras de tre orsakerna till värmeförluster så minimeras energibehovet. Minimering av  $Q_t$  (transmissionsförlusterna) görs effektivast genom att minimera U-värdet på de största av byggnadens omslutningsareor. Byggnadsdelar med väldigt stora areor eller höga U-värden bör därför tittas närmare på vid åtgärdsförslag. Vanligt förekommande är dåligt isolerade vindar.

För att minimera  $Q_{ov}$  (förluster från okontrollerade luftflöden) är det även av stor vikt att försöka hålla byggnadens klimatskal tätt. Detta gäller särskilt för ventilationssystem som inte är av självdragstyp vilken bygger på att friskluft sugas in genom otätheter. De stora bovorna är oftast otätheter runt fönster och dörrar samt dåligt tätade vindar och andra anslutningar.

$Q_v$  (förluster från kontrollerade luftflöden) kan minimeras genom att se till att ventilationssystemet är helt, tätt och rent samt genom att installera värmeåtervinning om det inte redan finns. Lönsamhetsberäkningar bör utföras innan installation av värmeåtervinning. Värmeåtervinning är dock nästan alltid lönsamt.

Slutligen ska det tilläggas att besparingarna som denna byggnad erhåller vid olika åtgärder kommer att bli ännu större för andra byggnader runt om i Sverige då Malmö har Sveriges minsta antal gradtimmar. Det vill säga, det som är lönsamt i Malmö kommer bli ännu mer lönsamt för byggnader placerade längre norr ut då temperaturskillnaderna och temperaturskillnadernas varaktighet båda blir större ju längre norrut byggnaden är belägen.

## 8.2 Övriga rekommendationer

Nedan listas ett antal åtgärder som också kan vara lönsamma att titta närmare på idag eller i framtiden.

- **Koppla in frånluftsventilationen till värmeväxlaren**  
Det borde utföras beräkningar på om det kan löna sig att koppla ihop de två ventilationssystemen så att all ventilationsluft värmeåtervinns istället för att en del värme går till spillo som den gör i dagsläget.
- **Termografering av byggnaden**  
Innebär fotografering med värmekamera. Detta kan vara hjälpsamt för att lokalisera köldbryggor och värmeläckage. Briggen bör framför allt titta på fönster, dörrar och portar.
- **Injustera ventilationen**  
Är för det mesta lönsamt om det inte nyligen gjorts. Eftersom flödet i frånluftsfläktarna är okänt bör systemet justeras så ventilationsflödet är lagom stort och så att det kan fastställas hur luften rör sig i byggnaden. Det vore även bra att få reda på vilket tryckförhållande som råder i byggnaden ur fukt-synpunkt.
- **Separera byggnadernas energimätning**  
Köp en separat energimätare för fjärrvärme till båda byggnaderna på fastigheten för att få bättre koll på hur mycket energi de förbrukar. Detta bör göras omedelbart!
- **Använda sig av nattkyla på sommaren**  
För att kyla ned byggnaden på sommaren kan driftstiderna ändras så systemet är igång under natten då luften är svalare. Det bör dock utföras beräkningar på detta innan det kan implementeras. Eventuellt kan flödet dras ned under dagen för att undvika övertemperaturer. Flödet bör då inte minskas så mycket att luftkvalitén försämras.
- **Minskning av verksamhetsenergi, belysningsel, uppvärmning med mera**  
Beteendeberoende besparingar skulle kunna erhållas om hyresgästerna men även Briggen blev informerade om deras respektive besparingsmöjligheter. Detta är inget som Briggen som sparar något på, men för en mer hållbar framtid bör hyresgäst och hyresvärd samarbeta för att tillsammans få ned energiförbrukningen så mycket som möjligt. Beroende på vilken typ av energimätning och energidebitering som används blir hyresgäst respektive hyresvärd mer eller mindre motiverad till att hålla nere energiförbrukningen.
- **Sänkning av inomhustemperaturen**  
Om dragproblemen försvinner med rekommenderade åtgärder är det möjligt att det går att sänka inomhustemperaturen någon grad utan försämrad värmekomfort. Varje grads sänkning av inomhustemperaturen ger en besparing på ca 5 % av uppvärmningsenergin.
- **Hålla portar stängda under vintertid**  
Luftflödesberäkningen visar att det uppstår stora luftutbyten vid öppning av portar och detta leder i sin tur till stora värmeförluster.

## 9 Referenser

### 9.1 Tryckta källor:

Lars Sundbom, Anders Nilson och Karl Munther, 1987, Energisparpotentialen i lokaler – Energieffektivisering av fem kontorsbyggnader genom energiteknisk upprustning, Byggeforskningsrådet, Stockholm

Eje Sandberg, Anders Nilson, Christer Hjalmarsson och Christer Ericson, 1996, Energieffektivisering – Sparmöjligheter och investeringar för el- och värmeåtgärder i bostäder och lokaler Drift och skötsel, Bengt Dahlgren AB, ESAN Energi AB och Energidata Göteborg AB, Cecab, Göteborg och Stockholm

Anders Nilson, Ragnar Uppström och Christer Hjalmarsson, 1996, Energieffektivisering i kontorsbyggnader - en vinst inte bara för miljön! , Byggeforskningsrådet, Göteborg

Kenneth Sandin, 1996, Värme och fukt, Institutionen för byggnadsteknik, byggnadsfysik, Lunds tekniska högskola, Lund

Anders Burman och Percy Persson, 2008, Energieffektivisering av tre flerbostadshus från 50-talet – är det möjligt att uppfylla nybyggnadskrav med rimliga åtgärder?, LTH Ingenjörskolan vid campus Helsingborg , Helsingborg

Roine Kristianson, Roger Wranér, Ingvar Ygberg och Marita Björklund, 2008, Framtidssäkra Byggnader en idébok om energieffektivisering för fastighetsägare, Svensk Innemiljö, Växjö

Catrin Stållborn Werner, Björn Qvist, Per Jonasson och Per Öberg, 1992, Energieffektiviseringshandbok del 2 – Lokaler och flerbostadshus, ÅF-VVS-projekt AB för Stockholm Energi

Catarina Warfvinge, 2003, Installationsteknik AK för V, Avdelningen för installationsteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund

Annika Nilsson och Catarina Warfvinge, 2008, Undvik fel och fällor som ökar energianvändningen i byggnader, Sveriges Byggingustrier, Malmö

Bertil Petterson, Chalmers EnergiCentrum, med hjälp från Jan-Olof Dalenbäck, CIT Energy Management AB, 2005, Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen – underlag till boverkets regeringsuppdrag beträffande energieffektivisering i byggnader, Göteborg

Lars-Erik Nevander och Bengt Elmarsson, 2006, Fukthandbok: Praktik och teori, Svensk Byggtjänst, Stockholm

Energikontoret Skåne, 2000, Lönsamma sätt att spara energi – En lathund

Thomas Björkman, Glenn Widerström och Jan Fors, 2009, Minska företagets energikostnader nu! – energieffektivisering för smart företagande och bättre miljöarbete, Energimyndigheten, Eskilstuna

Magnus Bengtsson, Kristina Einarsson, Cathrine Engström, Ulla-Christel Götherström, Ingrid Hensell, Madeleine Hjortsberg, Agnes Jensen-Carlén, Stina Jonfjärd och Sofia Lindén, 2008, Regelsamling för byggande, BBR 2008, Boverket, Karlskrona

Krister Lilliequist, 2009, Wikells sektionsfakta VVS 09/10 , Wikells byggnadsberäkningar, Växjö

Krister Lilliequist, 2009, Wikells sektionsfakta ROT 09/10, Wikells byggnadsberäkningar, Växjö

Nordquist B. 1998. Vädring i skolor - ett komplement till normal ventilation? Rapport TABK--98/1014, Avd. för Installationsteknik, Lunds tekniska högskola

## 9.2 Elektroniska källor:

Nedanstående länkar är hämtade online på respektive datum:

Control Engineering, 2010-12-01  
<http://www.controlengineering.se/energi/energibalansberakning.htm>

[www.Lokaler.nu](http://www.Lokaler.nu) – hyresnivåer för lokaler i malmö – 2010-12-13

[www.Dittsolskydd.se](http://www.Dittsolskydd.se) 2010-12-20

[www.elitfonster.se](http://www.elitfonster.se) 2010-11-01

[www.Planguide.se](http://www.Planguide.se) 2010-09-30

<http://www.planguide.se/Investeringskalkyler.htm>

Europeiska kommissionen eller (EK, 2003), 2010-09-29

[http://www.energyefficiency.basf.com/ecp1/EnergyEfficiency/en/function/conversion:s/publish/upload/pdf/leaflet\\_better\\_buildings\\_sv.pdf](http://www.energyefficiency.basf.com/ecp1/EnergyEfficiency/en/function/conversion:s/publish/upload/pdf/leaflet_better_buildings_sv.pdf)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Tips-pa-hur-du-spar-energi--/Varme/>  
2010-10-20

[www.boverket.se](http://www.boverket.se) 2010-12-10 (BBR)

## 9.3 Muntliga källor:

Catarina Warfvinge, föreläsning, 2009-01-26. Finns även på nätet: ([http://www.hvac.lth.se/vbf045\\_pdf/VBF%20045%20090126%20%C3%A5h%C3%B6rare.pdf](http://www.hvac.lth.se/vbf045_pdf/VBF%20045%20090126%20%C3%A5h%C3%B6rare.pdf))

Robert Schmidt, Schneider Electric, föreläsning, 2010

Lars-Erik Harderup 2010-12-02

Jens Davidsson, kundvärd, Fastighets AB Briggen, löpande dialog



## 10 Bilagor

### 10.1 Bilaga A Teknisk Beskrivning

#### SADELKNAPPEN 4, MALMÖ

#### BYGGNADSBESKRIVNING:

<u>GRUND</u>	Kantförstyvad betongplatta, 70 styrolit grundskiva i kontorsdel samt yttre randfält lager k=0,23 kontor, 0.28 lager
<u>YTTERVÄGGAR</u>	Kontor: 120 fasadtegel, luftspalt, 50 fasadskiva, 9 utegips, 120 reglar + min ull, tenotät, 13 gips k=0,24 B30 Lager: plåt, läkt, 9 utegips, 120 reglar + min ull, plastfolie, 13 gips k=0,35 B30
<u>INNERVÄGGAR</u>	Möt lager och kring kontor: 13 gips, 70 reglar m 70 min ull, 13 gips k=0,60, B30, ljudisol fält 35 dB Väggar mellan lager: 13 gips, 70 reglar, 13 gips, B30 ljudisol 25 dB
<u>INNERTAK</u>	Kontor: 9 gips, glespanel, säkerhetsfolie, 220 min ull k=0,17 B15 (kan ökas till B30 med dubbel gips om så krävs) Lager: 13 gips, glespanel, säkerhetsfolie, 170 min ull k=0,22 B15
<u>YTTERTAK</u>	Zandapannor, 47x75 bärläkt, haloten
<u>FÖNSTER</u>	3 glas isoler, öppningsbara
<u>DÖRRAR</u>	Aluminium + glas F 15
<u>PORTAR</u>	Träslagportar
<u>INNERDÖRRAR</u>	B15
<u>BYGGNADSAREA</u>	110 m <sup>2</sup>
<u>UPPVÄRMNING</u>	Kontorsdel 20°: grundvattenvärmepump typ slingor i golv Lagerdel 10-18°: eltakvärme
<u>VENTILATION</u>	Kontorsdel: från och tilluftsventilation med värmeväxlare Lagerdel: frånluftsventilation
<u>UTRYMNINGSVÄG</u>	Genom utåtgående fönster resp port samt genom utrymningsväg i form av korridor avskild med B15 dörrar från kontors- och lagerlokaler

## **10.2 Bilaga B Indata VIP Energy**

Projekt: Sadelknappen 4 Datum: 2010-10-19  
 Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
 Utfört av: Sign: Robert Lin  
 Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknapp  
 n 4 Grundfall NYTT2.VIP Företag:

## INDATA

### Allmänt

Beräkningsdatum	2010-12-17 (13:43:29)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	30.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:70 NO:70 O:70 SO:70
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:20 SV:20 V:20 NV:20 N:20 NO:20 O:20 SO:20 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	-15 °
Verksamhetstyp	Ej Bostad
Ventilationsvolym	2610.0 [m³]
Golvarea	1044.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand , dränerat grus.	1.4 [W/m²K]

### Klimatdata

MALMÖ	Latitud	55.6	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	26.0	8.1	-11.0	°C
Vindhastighet	18.0	5.6	0.0	m/s
Solstrålning global	869.0	111.7	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	100.0	79.4	37.0	%

## Aktuellt Hus

### Byggdeltstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²																																																																																																															
GOLVTYP 1	CELLPLAST36	0.070	0.036	25	1400	0.458	0.010	1.60																																																																																																															
	BETONG1.7	0.120	1.700	2300	800				VÄGGTYP 1	TEGEL	0.120	0.600	1500	840	0.210	0.010	1.60	Luftspalt	0.020	0.125	1	1000	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100	sammansatt regel+iso	0.120	0.046	95	840	sammansatt regel+iso	0.120	0.044	95	840	BJLKL TAK	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100	0.226	0.010	1.60	LÖSULL 42	0.170	0.042	50	750	TRÅ-GRAN	0.022	0.140	500	2300	VÄGGTYP 2	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100	0.329	0.010	1.60	plåt+läkt	0.009	0.330	300	2300	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100	sammansatt regel+iso	0.120	0.046	95	840	sammansatt regel+iso	0.120	0.044	95	840	STÅLDÖRR	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100	0.408	0.010	1.60	STÅL	0.003	60.000	7800	460	sammansatt regel+iso	0.100	0.046	95	840	sammansatt regel+iso	0.100	0.044	95	840		STÅL	0.003	60.000	7800
VÄGGTYP 1	TEGEL	0.120	0.600	1500	840	0.210	0.010	1.60																																																																																																															
	Luftspalt	0.020	0.125	1	1000																																																																																																																		
	MINERALULL36	0.050	0.036	50	840																																																																																																																		
	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.120	0.046	95	840																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.120	0.044	95	840																																																																																																																		
BJLKL TAK	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100	0.226	0.010	1.60																																																																																																															
	LÖSULL 42	0.170	0.042	50	750																																																																																																																		
	TRÅ-GRAN	0.022	0.140	500	2300																																																																																																																		
VÄGGTYP 2	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100	0.329	0.010	1.60																																																																																																															
	plåt+läkt	0.009	0.330	300	2300																																																																																																																		
	GIPSSKIVA	0.009	0.220	900	1100																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.120	0.046	95	840																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.120	0.044	95	840																																																																																																																		
STÅLDÖRR	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100	0.408	0.010	1.60																																																																																																															
	STÅL	0.003	60.000	7800	460																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.100	0.046	95	840																																																																																																																		
	sammansatt regel+iso	0.100	0.044	95	840																																																																																																																		
	STÅL	0.003	60.000	7800	460																																																																																																																		

Projekt: Sadelknappen 4  
 Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
 Utfört av:  
 Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknapp  
 n 4 Grundfall NYTT2.VIP

Datum: 2010-10-19  
 Sign: Robert Lin  
 Företag:

## Byggdeltstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m <sup>2</sup> K	Densitet kg/m <sup>3</sup>	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m <sup>2</sup> K	Delta- U-värde W/m <sup>2</sup> K	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>
innervägg oisol plåt	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100	0.530	0.000	0.00
	sammansatt regel+iso	0.070	0.046	95	840			
	sammansatt regel+iso	0.070	0.044	95	840			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
tak vägg kb	BETONG1.7	1.400	1.700	2300	800	1.007	0.000	0.00
GOLVTYP 2	BETONG1.7	0.120	1.700	2300	800	4.156	0.010	1.60

## Byggdeltstyper 2-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Psi- värde W/mK	Bredd m	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- absorb- tion %	Byggdeltstyp	Psi- värde W/mK	Bredd m	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- absorb- tion %
FÖNSTERSMYG	0.102	0.410	0.00	0.00	KANTBALK min	0.611	2.100	0.80	70.00

## Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltstyp	Orien- tering	Mängd Area m <sup>2</sup> Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U- Psi- värde med mark och D-U	Chi- värde
grundplatta	GOLVTYP 1	PPM 1-6 m	201.9m <sup>2</sup>	0.0	0.0		0	0.183 W/m <sup>2</sup> K	
grundplatta	GOLVTYP 2	PPM 1-6 m	659.3m <sup>2</sup>	0.0	0.0		0	0.271 W/m <sup>2</sup> K	
grundplatta	GOLVTYP 1	PPM 0-1 m	183.2m <sup>2</sup>	0.0	0.0		0	0.308 W/m <sup>2</sup> K	
Tegelfasad	VÄGGTYP 1	SÖDER	88.8m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.220 W/m <sup>2</sup> K	
Tegelfasad	VÄGGTYP 1	VÄSTER	90.3m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.220 W/m <sup>2</sup> K	
Tegelfasad	VÄGGTYP 1	NORR	33.9m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.220 W/m <sup>2</sup> K	
Tegelfasad	VÄGGTYP 1	ÖSTER	32.3m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.220 W/m <sup>2</sup> K	
vindsbjälklag	BJLKL TAK	TAK	1044.0m <sup>2</sup>	2.5	2.5		0	0.236 W/m <sup>2</sup> K	
plåtvägg	VÄGGTYP 2	NORR	60.1m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.339 W/m <sup>2</sup> K	
plåtvägg	VÄGGTYP 2	ÖSTER	61.8m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.339 W/m <sup>2</sup> K	
ståldörr	STÅLDÖRR	ÖSTER	12.6m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.418 W/m <sup>2</sup> K	
ståldörr	STÅLDÖRR	NORR	15.8m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.418 W/m <sup>2</sup> K	
ståldörr	STÅLDÖRR	SÖDER	2.1m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	0.418 W/m <sup>2</sup> K	
innerväggar	innervägg oisol plåt	INNER	1500.0m <sup>2</sup>						
köldbrygga	KANTBALK min	NORR	190.0m	0.0	2.5		0	0.611 W/mK	
köldbrygga	FÖNSTERSMYG	NORR	156.0m	0.0	2.5		0	0.102 W/mK	
köldbrygga t v	tak vägg kb	VÄSTER	9.5m <sup>2</sup>	0.0	2.5		0	1.007 W/m <sup>2</sup> K	

## Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltstyp	Orien- tering	Area m <sup>2</sup>	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m <sup>2</sup> K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- skydd
Fönster	3 GLAS NORMAL	SÖDER	23.1	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
Fönster	3 GLAS NORMAL	VÄSTER	26.4	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
Fönster plåtvägg	3 GLAS NORMAL	NORR	1.6	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
Fönster	3 GLAS NORMAL	ÖSTER	1.5	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
glas port	3 GLAS PORT	ÖSTER	10.5	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
glas port	3 GLAS PORT	VÄSTER	2.1	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
glas port	3 GLAS PORT	SÖDER	4.8	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
glas port	3 GLAS PORT	NORR	7.3	80	60	48	1.90	0.0	2.5	1.60	
uteluftsentil	FRESCH80	SÖDER	10.0	0	0	0	0.00	0.0	2.5	11.11	

Projekt: Sadelknappen 4 Datum: 2010-10-19  
 Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
 Utfört av: Sign: Robert Lin  
 Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknappen 4 Grundfall NYTT2.VIP Företag:

## Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Bygghelstyp	Orientering	Area m <sup>2</sup>	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m <sup>2</sup> K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthetsfaktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol-skydd
uteluftsventil	FRESCH80	VÄSTER	9.0	0	0	0	0.00	0.0	2.5	11.11	

## Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi extern W/m <sup>2</sup>	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
Veckodrift	12.00	0.00	0.00	0.50	2.37	3.44	0.34	0.00	30.00	23.00
Övrig tid	1.00	0.00	0.00	0.50	2.37	0.00	0.34	0.00	30.00	23.00

## Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid	Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
Veckodrift	MÅND-SÖND	1 - 365	8 - 18	Övrig tid	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 8
Övrig tid	MÅND-SÖND	1 - 365	18 - 24				

## Ventilationsaggregat

Aggregatbenämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
tfa1	600.00	55.00	500.00	55.00	65.00	0.00	-20.0	100	20.0	100
frånluftsfläktar	0.00	0.00	500.00	55.00	0.00	0.00	-20.0	100	20.0	100

## Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregatbenämning	Veckodagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
tfa1					
	MÅND-SÖND	750.00	730.00	1 - 365	6 - 18
	MÅND-SÖND	0.00	0.00	1 - 365	0 - 6
	MÅND-SÖND	0.00	0.00	1 - 365	18 - 24
frånluftsfläktar					
	MÅND-SÖND	0.00	340.00	1 - 365	6 - 18
	MÅND-SÖND	0.00	0.00	1 - 365	0 - 6
	MÅND-SÖND	0.00	0.00	1 - 365	18 - 24

## Installationssystem

### ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3  
 El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft  
 Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C  
 Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C  
 Passiv kyla

Projekt: Sadelknappen 4 Datum: 2010-10-19  
Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
Utfört av: Sign: Robert Lin  
Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknappen 4 Grundfall NYTT2.VIP Företag:

## RESULTAT

### Detaljerat Resultat

#### Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh	Tillförd energi kWh													
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning	
Mån 1	13822	6070	11058	264	0	86	4743	0	0	0	1113	4725	19874	666	
Mån 2	12853	5956	10042	239	0	290	4308	0	0	0	1006	4268	18608	602	
Mån 3	13219	5185	9707	264	0	1443	4133	0	0	0	1113	4725	16309	666	
Mån 4	11117	3974	7548	256	0	2482	2957	0	0	0	1077	4573	11149	645	
Mån 5	9012	2611	5296	264	0	2922	1379	0	0	0	1113	4725	6402	666	
Mån 6	6846	1582	3714	256	0	2627	505	0	0	0	1077	4573	3002	645	
Mån 7	6273	1352	3331	264	0	2974	270	0	0	0	1113	4725	1522	666	
Mån 8	5988	1269	3430	264	0	2746	288	0	0	0	1113	4725	1452	666	
Mån 9	6607	2090	4514	256	0	1768	964	0	0	0	1077	4573	4252	645	
Mån 10	8462	3151	6395	264	0	976	2395	0	0	0	1113	4725	8372	666	
Mån 11	10372	4206	8341	256	0	124	3544	0	0	0	1077	4573	13178	645	
Mån 12	12591	5189	10249	264	0	57	4385	0	0	0	1113	4725	17349	666	
Summa	117160	42635	83625	3109	0	18495	29871	0	0	0	13108	55635	121471	7844	

### Nyckeltal

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	25.02	67.37	67.37	[Wh/m <sup>2</sup> °C]
Yttre värmekapacitet	24.89	41.08	41.08	[Wh/m <sup>2</sup> °C]
Medeltemperatur	20.00	20.00	23.00	[°C]
Medelvärde ventilation	535.00	535.00	535.00	[l/s]
Processenergi medel	5.00	5.00	8.45	[W/m <sup>2</sup> ]
Personvärme medel	1.00	1.00	1.43	[W/m <sup>2</sup> ]
Omslutningsarea		3035.79	3035.79	[m <sup>2</sup> ]
Luftläckage vid 50 Pa	4739.73	4631.64	4631.64	[l/s]
Invändigt tryck medel	-2.4	-2.0	-2.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.0	1.7	1.7	[kW/(m <sup>3</sup> /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.91	2.91	2.91	

### Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
<b>Jämförelse mot BBR 10</b>				
Fs-värde	0.256	0.299	0.313	W/m <sup>2</sup> K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.241				
Uppvärmning	99194	129315	89680	kWh
<b>Jämförelse mot BBR 12</b>				
U-värde		0.300	0.700	W/m <sup>2</sup> K
Energianvändning		149	111	kWh/m <sup>2</sup>
Atemp: 1044.0 m <sup>2</sup>				
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp:Ej Bostad				
Ventilation: 0.51 l/s,m <sup>2</sup>				
Direktverkande elvärme				

Projekt: Sadelknappen 4  
 Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
 Utfört av:  
 Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknappen 4 Grundfall NYTT2.VIP

Datum: 2010-10-19  
 Sign: Robert Lin  
 Företag:

## Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.300	0.600	W/m <sup>2</sup> K
Energianvändning		149	62	kWh/m <sup>2</sup>
Effekt		261.5	42.9	kW
Atemp: 1044.0 m <sup>2</sup>				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp:Ej Bostad				
Ventilation: 0.51 l/s,m <sup>2</sup>				
Elvärme				

## Energibalans

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m <sup>2</sup>
<b>Avgiven energi</b>						
(23)Transmission	91102	87.26	96045	92.00	117160	112.22
(24)Luftläckage	36784	35.23	34120	32.68	42635	40.84
(21)Ventilation	63483	60.81	67608	64.76	83625	80.10
(28)Spillvatten	0	0.00	0	0.00	3109	2.98
(22)Passiv kyla	74	0.07	0	0.00	0	0.00
<b>Tillförd energi</b>						
(27)Solenergi genom fönster	18495	17.72	18495	17.72	18495	17.72
(20)Återvinning ventilation	28256	27.07	25143	24.08	29871	28.61
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(45)Processenergi till rum	45727	43.80	45727	43.80	55635	53.29
(25)Personvärme	9145	8.76	9145	8.76	13108	12.56
(34)Elförsörjning	0	0.00	7844	7.51	7844	7.51
(33)Värmeförsörjning	89680	85.90	91350	87.50	121471	116.35

## Specifikation av energiflöden

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m <sup>2</sup>
(33)VÄRMFÖRSÖRJNING	89680	85.90	91350	87.50	121471	116.35
(1)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(2)Värmesystem	89680	85.90	91350	87.50	118361	113.37
(3)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	3109	2.98
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	0	0.00	7844	7.51	7844	7.51
(35)Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	0	0.00	3584	3.43	3584	3.43
(13)Frånluftsfläktar	0	0.00	4261	4.08	4261	4.08
(15)Cirk.pump värme	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Projekt: Sadelknappen 4 Datum: 2010-10-19  
Beskrivning: Lokalbyggnad med kontor och lag  
Utfört av: Sign: Robert Lin  
Projektfil: C:\Users\Robban\Desktop\Exjobb\Sadelknappen 4 Grundfall NYTT2.VIP Företag:

## Specifikation av energiflöden

	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m <sup>2</sup>
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(5)Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(6)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(7)Ventilationsaggregat	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(8)Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(9)Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(26)PROCESSENERGI	45727	43.80	45727	43.80	77309	74.05
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	45727	43.80	45727	43.80	51062	48.91
(41)Verksamhetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	0	0.00
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	0	0.00	4573	4.38
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00	0	0.00	21675	20.76
(42)VENTILATIONSAGGREGAT	28256	27.07	32988	31.60	37715	36.13
(43)VÄRMESYSTEM	89680	85.90	91350	87.50	118361	113.37
(44)TAPPVARMVATTEN	0	0.00	0	0.00	3109	2.98

## Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Referenshus Referensdrift kWh	Referenshus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Referensdrift kWh	Aktuellt hus Referensdrift kWh/m <sup>2</sup>	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m <sup>2</sup>
Avgiven energi	191444	183.38	197773	189.44	243420	233.16

## Projektanpassad rapport, Specifikation

Avgiven energi=  
+1.000 x (21) Ventilation  
+1.000 x (22) Passiv kyla  
+1.000 x (23) Transmission  
+1.000 x (24) Luftläckage  
+1.000 x (38) Fjärrkyla  
+1.000 x (17) Kondensorkyla



### 10.3 Driftstatistik

#### Fjärrvärme

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
<b>2010</b>	23054	18257	13965	9373	6452	1665	622	929	3076	0	0	0
<b>2009</b>	15783	14001	11746	5754	3455	1982	648	666	2050	10127	11292	19559
<b>2008</b>	14159	11293	11706	6637	2467	814	699	773	2825	5312	9597	13330
<b>2007</b>	0	0	0	0	0	0	968	1031	2570	5114	9937	13048

#### EL

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
<b>2009</b>	2496	2011	2231	2148	1936	1859	1938	1988	1822	2085	2067	2090
<b>2008</b>	2580	2332	1889	1865	2167	2040	2119	2204	2248	2317	2418	2529
<b>2007</b>	2738	2425	2555	2332	2280	2135	2233	2316	2345	2537	2479	2627
<b>2006</b>	2689	2084	2246	2261	2298	2257	2321	2444	2481	2698	2734	2493
<b>2005</b>	2553	1720	1972	1882	1915	1842	1878	1892	1082	1433	855	2875

## **10.4 Ritning planlösning**

FÖRKLÄRINGAR

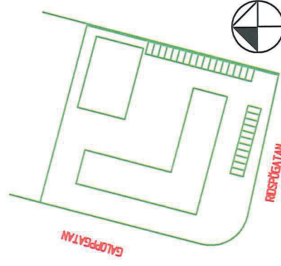
- BR II BYGEND
- GÅNGVÄGD UNDERSTIGER 35 M
- BRANDSKYLJANDE VÄGGAR
- 13 PM EPSSKOVA
- 95 TRÄREGULAR
- 15 PM LL
- 13 PM EPSSKOVA
- BRANDSLÖSNARE UPPRÄDDAS I SAMBAND MED BRANDKÄREN

UT NUT

ANER EGENHÄVST SKYLT

UT NUT

ANER EFTERLYSNANDE SKYLT



SITUATIONSPLAN 1:1000

2005.03.08



BRAMNERT  
 KONTOR  
 SÄDELKNAPPEN 4 MALMÖ  
 RELATIONSSTRUKTUR  
 SKALA 1:100  
 PL-1