



# CHALMERS

---



## **Energianalys av EDIT-huset**

### **Undersökning och åtgärder**

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

JOAKIM JARL  
ANTON HÅRD AF SEGERSTAD

---

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Installationsteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Examensarbete 2016:06  
Göteborg, Sverige 2016



EXAMENSARBETE 2016:06

# Energianalys av EDIT-huset

Undersökning och åtgärder

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

JOAKIM JARL

ANTON HÅRD AF SEGERSTAD

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

Göteborg, 2016

Energianalys av EDIT-huset  
Undersökning och åtgärder

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

JOAKIM JARL

ANTON HÅRD AF SEGERSTAD

© JOAKIM JARL, ANTON HÅRD AF SEGERSTAD, 2016

Examensarbete 2016:06 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2016

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

Omslag:  
Centrerat i bilden ligger EDIT-huset på Chalmers Johanneberg (Pixel P) 2013

Chalmers reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2016

Energianalys av EDIT-huset

Undersökning och åtgärder

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

JOAKIM JARL

ANTON HÅRD AF SEGERSTAD

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Syftet med denna rapport var att undersöka möjligheterna att energieffektivisera EDIT-Huset på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Det har varit klagomål från hyresgästerna att det har varit för varmt och för kallt i byggnaden och det finns även mycket som kan energieffektiviseras. Metoden som använts var att med hjälp av energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> skapa modeller av byggnaden. Sex olika modeller behövde skapas för att ta hänsyn till de olika förutsättningar som finns i byggnaden. Modellerna har tagits fram genom intervjuer, ritningar och okulärbesiktning. Indata som inte har varit tillgängliga har antagits till rimliga värden.

När modellerna var klara kontrollerades validiteten av dem genom att jämföra mot fastighetsförvaltarens verkligt uppmätta värden av värme, kyla och el. Modellerna behövde göras om ett antal gånger för att uppnå likvärdiga värden. När modellerna stämde överens kunde de användas för att analysera föreslagna åtgärder för energieffektivisering.

Slutsatsen som dragits av arbetet var att EDIT-huset går att förbättra på många olika sätt främst inom ventilation-, värme, kyl-, belysning- och reglersystem. I arbetet diskuteras också behovet av att kunna följa upp energianvändningen mer i detalj genom att installera undermätare. Detta gör det också möjligt att förändra debiteringen av energi i byggnaden vilket kan öka möjligheterna att minska energianvändningen.

Nyckelord: BV<sup>2</sup>, energibesparing, energieffektivisering, kontor, EDIT-huset, energiberäkning

Energy analysis EDIT-building

Examination and measures

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering*

JOAKIM JARL

ANTON HÅRD AF SEGERSTAD

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Division Name

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The purpose of this report was to examine the possibilities of making the EDIT-building on Chalmers University of Technology in Gothenburg more energy efficient. There have been complaints from the renters about the building being too warm or too cold and there is also a lot that can be made more energy efficient. The method used was to create models of the building with the energy calculation program BV<sup>2</sup>. Six different models had to be created because of the different conditions in the building. The models have been created through interviews, architectural plans and visual inspection. The input data that was not available has been assumed to reasonable values.

When the models were finished the validation was controlled by comparing them to the property manager's actual measured values of heat, cool, and electricity. It was necessary to redo the models several times to achieve comparable values. When the models were comparable they could be used to analyze suggested measures for energy efficiency.

The conclusion of this report was that the EDIT-building can be improved in many different ways, mainly within ventilation, heating, cooling, lighting and regulating systems. The report also discusses the need to further follow up the energy consumption in detail by installing energy meters. This also makes it possible to change the way of debiting the energy in the building which may increase the possibilities to reduce the energy consumption.

Key words: BV<sup>2</sup>, energy saving, energy efficiency, office, EDIT-building, energy calculation

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställning	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	2
2 TEORI	4
2.1 Ventilation	4
2.2 Kyla	5
2.3 Värme	5
2.4 Byggnadskonstruktion	6
3 BESKRIVNING AV INSTALLATIONSSYSTEMEN I EDIT-HUSET	8
3.1 Ventilationssystem	9
3.1.1 VAV-System	9
3.1.2 CAV-System	10
3.2 Värmesystem	11
3.3 Kylsystem	12
3.4 Belysningsystem	13
3.5 Debitering av energi	13
4 ENERGIBERÄKNINGSPROGRAMMET BV <sup>2</sup>	15
4.1 Tidigare erfarenheter från BV <sup>2</sup>	15
4.2 Indata byggnadskonstruktion	16
4.2.1 Areaberäkning	16
4.2.2 Ytterväggar och köldbryggor	17
4.2.3 Tak	18
4.2.4 Platta på mark	19
4.2.5 Fönster	20
4.2.6 Portar	21
4.2.7 Luftläckage	21
4.2.8 Inre volym	22

4.2.9	Inre massa	23
4.3	Indata allmänt	24
4.3.1	Ort	24
4.3.2	Horisontavskuggning	24
4.3.3	Orientering	25
4.3.4	Tappvarmvatten	25
4.3.5	Extra elanvändare	25
4.3.6	Sammanställning av antal personer i byggnaden	26
4.4	Interna värmegenereringen i del 1 - 5	26
4.4.1	Personer	26
4.4.2	Belysning	27
4.4.3	Maskiner	27
4.4.4	Sammanlagring	27
4.4.5	Månadsavgränsningar	28
4.5	Interna värmegenereringen i del 6 (datorsalar)	28
4.5.1	Datorsalar	29
4.5.2	Serverrum	29
4.5.3	Restaurang	29
4.5.4	Sammanställning del 6	29
4.6	Klimatsystem	30
4.7	Resultat BV <sup>2</sup>	33
4.7.1	Jämförelse mellan BV <sup>2</sup> -modellerna	33
4.7.2	Jämförelse av årsvärden	35
4.7.3	Jämförelse av månadsvärden	35
4.7.4	Slutsats från BV <sup>2</sup>	37
5	ÅTGÄRDER	38
5.1	Värme	38
5.2	Kyla	39
5.3	Ventilation	40
5.4	Elanvändning	41
5.5	Uppföljning och debitering	42
6	AVSLUTNING	43
7	REFERENSER	44
	BILAGOR	46



## Förord

Detta examensarbete är skrivet under våren 2016 för institutionen bygg- och miljöteknik. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är den avslutande delen för byggingenjörsutbildningen på Chalmers tekniska högskola.

Vi skulle vilja tacka vår handledare Jan-Olof Dalenbäck på Chalmers som har hjälpt oss och varit involverad hela vägen. Vi vill också tacka Anna Hjalmarsson, Lars Lundahl, Per Löveryd och Jonas Hansson på Akademiska Hus som har hjälpt oss med de tekniska frågorna om EDIT-huset och CIT Energy Management AB för teknisk support av BV<sup>2</sup>. Sist men inte minst vill vi tacka våra opponentgrupper Ervin Kajdic & Antun Marić samt Axel Ydregården & Gustav Hagström för deras synpunkter på denna rapport.

Göteborg juni 2016

Joakim Jarl och Anton Hård af Segerstad

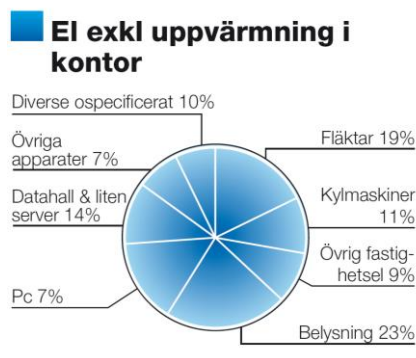


# 1 Inledning

Detta arbete utreder möjligheterna att energieffektivisera EDIT-huset på Chalmers tekniska högskola i Göteborg.

## 1.1 Bakgrund

Kontor och skolor står för 20 % respektive 16 % av alla lokaler i Sverige vilket innebär att det finns mycket energi att spara vid energieffektivisering av dessa byggnader. I kontor står belysning, fläktar och datorer för den största delen av elanvändningen, se Figur 1.1. (Statens energimyndighet, 2007).



Figur 1.1 Genomsnittlig elanvändning i kontor i Sverige (Statens Energimyndighet 2010).

EDIT-huset ligger på Chalmers Johanneberg i Göteborg och är en byggnad som byggdes år 1963 och används till undervisnings- och kontorsverksamhet. Byggnaden använder mycket energi och det har även varit klagomål på att det har varit för varmt och för kallt.

I EDIT-huset finns det inte några energimätare på lämpliga ställen, vilket gör att det inte går att veta hur mycket energi en viss verksamhet använder. Därför kan man inte begära att en viss institution ska betala för den energi den använder. Man låter istället alla byggnader som hyrs ut av fastighetsförvaltaren Akademiska Hus på Chalmers betala lika mycket per kvadratmeter. Detta gör att det blir en orättvis debitering av energi för de olika institutionerna. Man kan inte heller se vart energin används vilket gör det svårare för fastighetsförvaltaren att veta var man kan spara energi. Detta är inte förenligt med Chalmers energimål då de ska sträva mot låg energianvändning.

En del av EDIT-huset byggdes om år 2003 för att förbättra komfort och minska energianvändningen men det finns fortfarande mycket kvar att förbättra.

## 1.2 Syfte

Syftet med arbetet var att kartlägga hela EDIT-huset, dess konstruktion och alla installationstekniska system som ventilation, värme, kyla, belysning och reglering för att kunna ta fram korrekta beräkningsmodeller av byggnaden. Detta har använts till underlag för föreslagna förbättringsåtgärder och att undersöka möjligheten att sätta

upp mätare för att kunna följa upp energianvändningen på ett bättre sätt än vad som görs idag.

### 1.3 Frågeställning

1. Hur ser byggnaden och dess installationstekniska system ut idag?
2. Stämmer modellerna från energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> överens med verkligheten?
3. Hur kan värme-, kyl-, ventilations- och belysningssystemet förändras för att minska effektuttag utan att äventyra inomhusklimatet?
4. Är det möjligt att sätta upp undermätare för att kunna följa upp energianvändningen på ett bättre sätt än vad som kan göras idag?

### 1.4 Avgränsningar

Projektet avgränsas till EDIT-husets fem huskroppar som kommer delas upp i sex olika modeller i BV<sup>2</sup> enligt Figur 3.1, kapitel 3. Uppdelningarna sker efter byggnadens olika klimatsystem och förutsättningar. De mindre aggregatrummen på taket försummas.

För köldbryggor kommer metoden 20 % ökning av U-värdet användas (Larsson & Berggren, 2015, s. 28) istället för den mer exakta metoden där varje enskild köldbrygga matas in i BV<sup>2</sup>.

Vid inmatning av fönster antas ett U-medelvärde för samtliga fönster i hela byggnaden.

Byggnaden kommer inte provtryckas för att mäta luftläckaget. Ett rimligt värde kommer att uppskattas.

Motionshall och andra rumstyper som består av en väldigt liten del av hela EDIT-huset kommer inte tas hänsyn till utan kommer istället räknas som kontor.

### 1.5 Metod

Följande metoder har använts.

- Litteraturstudier.
- Insamling av byggnadsteknisk data för byggnaden genom ritningar, intervjuer och okulärbesiktning för att kartlägga byggnaden.
- Utbildning med CIT Energy Management AB i energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup>.

- Användning av energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> för att skapa modeller av EDIT-huset.
- Beräkningsverktyg i BV<sup>2</sup> för framtagning av horisontavskuggning och beräkning av U-värden för väggar, fönster, tak och platta på mark.
- Användning av Akademiska Hus energiportal för kontroll och jämförelser av beräknade modeller i BV<sup>2</sup> med verkligt uppmätta energivärden för att kontrollera validiteten på modellerna.
- Genom kartläggning av byggnaden har förslag på energieffektiviseringsåtgärder tagits fram. Förslagen har analyserats ur energibesparingssynpunkt med hjälp av BV<sup>2</sup> modellerna.

### Intervjumetod

I intervjuerna har intervjuarna först berättat om området och vad deras arbete handlar om. Förberedda intervjufrågor ställdes sedan till de intervjuade och följdfrågor ställdes för att få ut så mycket information som möjligt. Under intervjun gjordes anteckningar som förtydligades och färdigställdes direkt efter intervjun. De intervjuade valdes ut eftersom de har djupa kunskaper inom byggnadernas installationstekniska system.

## 2 Teori

### 2.1 Ventilation

#### Tilluft och frånluft

Tilluft är den luft som tillförs en byggnad. Tilluften kan antingen behandlas i ett aggregat eller tas in direkt utifrån genom exempelvis fönsterventiler. Frånluft är den luft som bortförs från en byggnad genom frånluftsdon.

#### Hygienflöde

Hygienflöde är det ventilationsflöde som behövs i en byggnad eller rum för att säkerställa god luftkvalité. Flödet som krävs ökar i förhållande till storleken och antal personer i rummet. Enligt arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning står det ”För lokaler där personer vistas mer än tillfälligt kan ett uteluftsflöde på minst 7 l/s och person behövas vid stillasittande arbete. Högre luftflöden kan behövas vid fysiskt mera ansträngande arbete. Med hänsyn till föroreningar från andra källor än personer bör ett tillägg på lägst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea göras” (Arbetsmiljöverket, 2013)

#### Återluft

Återluft innebär att frånluften i byggnaden återanvänds och används som tilluft. Istället för att låta den gå ut från byggnaden så låter man den gå in i byggnaden igen. Detta gör det möjligt att återanvända nästan 100 % av värmen. Detta kan vara användbart på nätter eller helger då ingen vistas i byggnaden eftersom när samma luft återanvänds försämras luftkvalitén.

#### Constant Air Volume

CAV står för Constant Air Volume och betyder att till- och frånluftsflödena är konstanta. I vissa CAV-system finns tvåhastighetsmotorer till fläktarna vilket innebär att fläkten kan gå på två olika hastigheter.

#### Variable Air Volume

VAV står för Variable Air Volume och betyder, till skillnad mot CAV, att till- och frånluftsflödet kan variera. Luftflödet kan regleras efter rumstemperatur, koldioxidhalt eller personnärvaro. Med VAV-system kan rum som inte används ventileras minimalt och därför minskas energianvändningen.

#### SFP

$$SFP = \frac{\text{Eleffekt (kW) tilluftsfläkt} + \text{Eleffekt (kW) frånluftsfläkt}}{\text{Det största av tilluftsflödet eller frånluftsflödet (m}^3/\text{s)}}$$

SFP står för Specific Fan Power (specifik fläkteffekt). Enheten är kW/(m<sup>3</sup>/s). SFP beskriver hur många kW som krävs för en fläkt eller ett aggregat att åstadkomma ett flöde på en kubikmeter luft per sekund, alltså hur energieffektiv en fläkt eller ett aggregat är. Ju lägre SFP desto energieffektivare fläkt. BBR:s allmänna råd är att SFP

inte ska överskrida 2,0 för ventilationssystem av typen från- och tilluft med värmeåtervinning (Boverkets byggregler, 2015).

## 2.2 Kyla

### Komfortkyla

Om inomhustemperaturen är högre än de uppsatta kraven används komfortkyla. Komfortkyla innebär att en byggnad kyls ner när den är för varm för människornas komfort. Det dimensionerande kyleffektbehovet beror på många olika faktorer.

- Komfortkrav
- Belysning och elapparater
- Antal personer
- Solinstrålning
- Ventilation
- Byggnadens värmelagringsförmåga

### Frikyla

Med frikyla menas gratis kyla. Det finns flera olika sätt att kyla en byggnad utan att det kräver energi, med undantag av el till pumpar och fläktar. Man kan kyla med temperaturer i omgivningen när de är lägre än i byggnaden. Vanliga exempel på frikyla är nattkyla, kylning med uteluft, borrhålslager, grundvatten eller sjövattnet (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

## 2.3 Värme

### Värmeåtervinning

Värmeåtervinning innebär att värmeinnehållet i frånluften används för att värma upp tilluften. På detta sätt sparas mycket energi som annars skulle försvinna ut med frånluften. Värmeåtervinning görs vanligast med en värmeväxlare eller med en värmepump. Den vanligaste värmeväxlaren kallas för roterande värmeväxlare. Med den kan man i laboriemiljö komma upp i verkningsgrader på 85 %, vilket innebär att 85 % av värmen i frånluften återvinns. Den fungerar på det sättet att varm frånluft passerar ett rotorhjul som är ihopsatt av flera metallplåtar och i dessa plåtar finns flera hål. I metallplåten lagras värme som sedan avges till den kalla tilluften (Warfvinge & Dahlblom 2010).

### Termostat

Ordet termostat betyder ”värmeställande”. I termostaten finns en vätska som expanderar ju varmare den blir. Den expanderande vätskan pressar in en kägla i radiatorventilen som stryper vattenflödet vilket minskar värmeförseln till rummet. När termostaten vrids ändras börvärdet för temperaturen på radiatoren.

## Internvärme

Internvärme är värme som alstras inne i en byggnad från personer, maskiner och belysning. Denna värme försöker man ta vara på under kalla delar av året och minimera under varma delar av året.

## Solvärmetillskott

Solinstrålningen varierar över årstid och tid på dygnet samt vilket väderstreck fönstret är riktat mot. Solen strålar energi in genom ett fönster som omvandlas till värme då den träffar en fast yta. Den fasta ytans temperatur stiger och på detta sätt avges konvektiv värme till rummet. Den inre byggnadens tröghet (bjälklag, golv, väggar och tak) gör att temperaturförändringen som kommer från solinstrålningen går långsammare.

## Horisontavskuggning

Horisontavskuggning innebär att en byggnad blir skuggad av en annan byggnad. Detta innebär att solinstrålning minskas vilket leder till minskat kylbehov på sommaren och ökat värmebehov på vintern.

## 2.4 Byggnadskonstruktion

### Bruttoarea och $A_{temp}$

Bruttoarea är den area som begränsas av utvändiga väggar.  $A_{temp}$  är den invändiga arean i byggnaden som värms till mer än  $10^{\circ}\text{C}$  (Boverket, 2014).

### Lambda och U-värde

Lambda-värde kallas även för värmekonduktivitet. Lambda-värdet beskriver ett visst materials isoleringsförmåga. Ju lägre lambda-värde desto bättre isolerar materialet, enheten är  $[\text{W}/\text{m}^{\ast}\text{K}]$ .

U-värde kallas även värmegenomgångskoefficienten. U-värdet beskriver hur trögt det är för värme att ta sig igenom en konstruktion, till exempel en vägg eller ett fönster, alltså hur bra en hel byggnadsdel isolerar. Ju lägre U-värde desto bättre isoleringsförmåga, enheten är  $[\text{W}/\text{m}^2\ast\text{K}]$  (Nationalencyklopedin, 2016).

### Byggnadens värmelagringsförmåga

Byggnadens förmåga att lagra värme påverkar hur känslig byggnaden är för temperaturförändringar. En byggnad som har stor värmelagringsförmåga påverkas mindre av kraftiga temperaturförändringar än en byggnad som har liten värmelagringsförmåga. Byggnadens förmåga att lagra värme beror på hur tung byggnaden är och hur snabbt den kan ta upp värme. Byggnadens värmelagringsförmåga beskrivs som lätt eller tung byggnad. En byggnad med stomme av betong eller tegel räknas som tung och en byggnad av träreglar och lätta bjälklag räknas som lätt (CIT Energy Management AB, 2012).



## **Sammanlagring**

I en kontorsmiljö är det ovanligt att 100 % av de anställda är på kontoret varje arbetsdag under hela arbetstiden. Det är vanligt att de anställda är på tjänsteresa, sjuka, lediga, på möten med mera. Sammanlagring innebär att man bara räknar att de som är på kontoret bidrar till den interna värmegenereringen i form av personvärme, belysning och elapparater/maskiner genom att anta att en procentuell del av personerna är borta.

## **Solfaktor**

Solfaktorn beskriver totala förhållandet mellan den solinstrålning som kommer in i rummet jämfört med den solinstrålning som träffar fönstrets utsida. Solfaktorn kan ligga mellan 0 och 1. Är solfaktorn 1 betyder det att all solinstrålning som träffar fönstrets utsida också kommer in i rummet. Enda sättet att uppnå detta är genom att ha ett helt öppet fönster (CIT Energy Management AB, 2012).

## **Luftläckage**

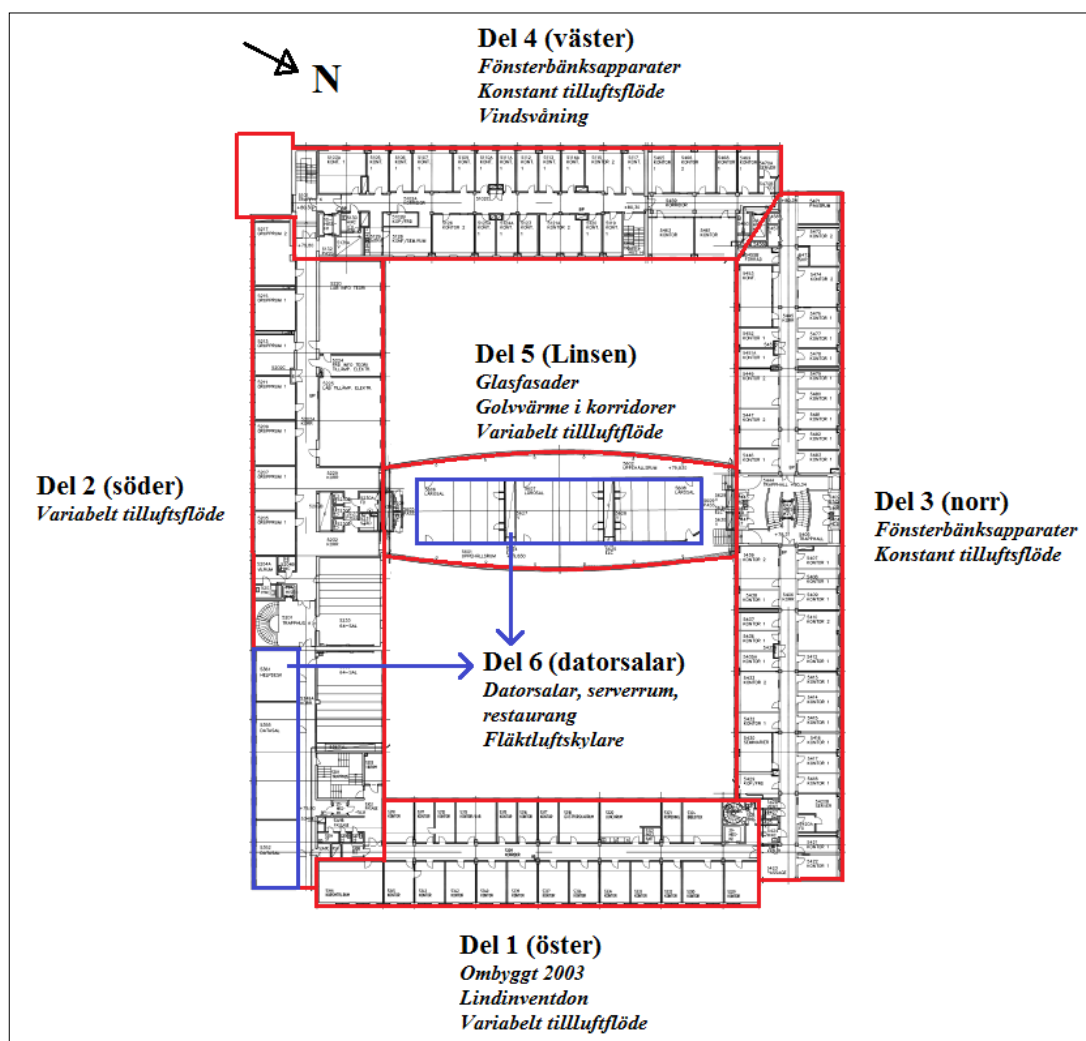
Med luftläckage avses luft som läcker ut och in genom ytterväggar, tak och golv. Så fort uteluftstemperaturen är kallare än rumstemperaturen leder detta till en ökad energianvändning eftersom värme förloras genom läckaget (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

## **Köldbryggor**

En köldbrygga är en del i en konstruktion som har sämre U-värde än resten av konstruktionen och kan därför leda bort värme från insidan av en byggnad till utsidan. Det är vanligt att fönster och dörrar räknas som köldbryggor då de ofta har sämre u-värde än väggkonstruktionen i övrigt.

### 3 Beskrivning av installationssystemen i EDIT-huset

Detta kapitel beskriver hur de installationstekniska systemen i EDIT-huset är uppbyggda. EDIT-huset har flera olika delar med olika installationstekniska system och förutsättningar, därför behöver byggnaden delas upp i sex olika delar, se Figur 3.1. Detta är nödvändigt för att kunna göra korrekta BV<sup>2</sup> modeller och finna lämpliga förslag på åtgärder. Dessa åtgärder redovisas i kapitel 5.



Figur 3.1 Hur uppdelning av EDIT-huset har utformats för BV<sup>2</sup>.

I del 1, 3 och 4 finns det kontor, mötesrum och fikarum. I Del 2 finns det lektionssalar och grupprum. I del 5 finns det motionshall och korridorer. I del 6 finns det datorsalar, serverrum och restaurang.

## 3.1 Ventilationssystem

Detta kapitel kommer beskriva varje dels ventilationssystem. Förenklat finns det två stycken olika system, dessa är VAV och CAV. Alla aggregaten i byggnaden kan återvinna värme ur frånluften och såväl värma som kyla luften som går till de olika lokalerna

### 3.1.1 VAV-System

#### Del 1 (öster)

I del 1 av byggnaden byggdes ventilationssystemet om år 2003 från konstant luftflöde till variabelt, och det installerades även Lindinvent-don. Lindinvent-don är moderna tilluftsdon som har en platta längst ner som kan röra sig upp och ner beroende på hur mycket flöde som behövs till rummet. Detta görs för att kunna behålla samma lufthastighet oavsett flöde vilket gör att kastlängden från donet alltid kommer att vara samma. I donet sitter en temperaturgivare som kan användas för att ställa in flödet efter önskad temperatur.

Eftersom Lindinvent-donen alltid har samma kastlängd och kastar luften åt sidorna (omblandande ventilation) istället för rakt ner minskar risken för dålig komfort. Därför kan tilluftstemperaturen sänkas till 15°C vilket är några grader lägre än resten av byggnaden som har tilluftstemperaturen 18°C. Luften leds sedan ut från rummen genom frånluftsdon.

I rummen sitter även radiatorer som värmer rummen vid behov. Problemet är att både radiatorerna och Lindinvent-donen har var sin termostat. Detta kan orsaka problem ifall de två thermostaterna är inställda på olika temperaturer. Till exempel Lindinvent-donen är inställt på börvärdet 21°C och någon ändrar börvärdet på radiatoren till 22°C. Detta innebär att mycket onödig energi kommer användas till att de jobbar emot varandra. Lösning till detta kommer diskuteras i kapitel 5.1.1.



Figur 3.2 Tilluftsdon av typen Lindinvent i kontor.

#### Del 2 (söder), del 5 (Linsen) och del 6 (datorsalar)

I del 2, 5 och 6 finns det föreläsning- och datorsalar samt grupprum. Även här är det variabelt luftflöde som styrs med hjälp av närvarosensorer och temperaturgivare.

Ventilationen går på ett grundflöde när rummen är tomma. Flödet ökar när närvarosensorn upptäcker att personer går in i rummen. Vid komfortbehov ökas flödet ytterligare för att kyla rummet.



*Figur 3.3 Till vänster finns en temperaturgivare och till höger en närvarosensor i datorsal.*

Tilluftsdonen i föreläsningssalar och flera datorsalar är runda långa don som skjuter ut luften genom galler och ger en omblandande ventilation. Från salarna förs luften bort med frånluftsdon till aggregatet med värmeåtervinnare. I korridorerna finns det tillufts- och frånluftsdon för att ventilera dessa, eftersom det inte finns någon överluft från föreläsningssalar och datorsalar.



*Figur 3.4 Långa tilluftsdon i föreläsningssalar och datorsalar.*

### **3.1.2 CAV-System**

I del 3 (norr) och del 4 (väster) har kontor och fikarum fönsterbänksapparater med konstant luftflöde. Tilluften går igenom apparaterna där den kan värmas eller kylas med vattenburna värme- eller kylbatteri efter önskat behov som ställs in med en vridbar rumstermostat. Tilluften blandas med rumsluften inne i apparaten och blåses sedan ut i rummet för att få en bra omblandning. Fönsterbänksapparaterna har en regulator med inbyggd temperaturgivare.



Figur 3.5 Fönsterbänksapparat i kontor med vridbar temperaturjusterare.

Övertrycket i rummet gör att luften via överluftsdon går ut till korridorerna vilket gör att det inte behövs några extra tilluftsdon där. Luften leds sedan via frånluftsdon ut från korridorerna till aggregatet med värmeåtervinnare. Ventilationen har en tvåhastighetsfläkt vilket innebär att ventilationen kan gå på två olika hastigheter. Fönsterbänksapparater förenklar systemuppbyggnaden eftersom de innehåller värme, kyla och ventilation, men av denna anledning försvårar de också injustering och reglering.

Fönsterbänksapparater är svåra att injustera eftersom det är kyla, värme och ventilation i samma apparat.

## 3.2 Värmesystem

Detta kapitel beskriver de olika värmesystemen som finns i EDIT-huset. Det finns totalt tre stycken olika värmesystem som är anslutna till ett lokalt fjärrvärmesystem.

### Del 1 (öster), del 2 (söder) och del 6 (datorsalar)

Här värms byggnaden med radiatorer som styrs med termostater som sitter på varje radiator. Termostaten reglerar automatiskt temperaturen i rummet genom en sensor som känner av hur varmt det är i rummet. När termostaten vrids så ändras börvärdet för temperaturen på radiatören.

I del 6 har alla rum mycket internvärme från datorer och servrar samt apparater i restaurangen. Det finns dock några datorsalar som har mycket klimatskal och fönster. Där har man satt in radiatorer för att de har värmebehov under kalla årstider och för att förhindra kallras från fönster som ger dålig komfort.

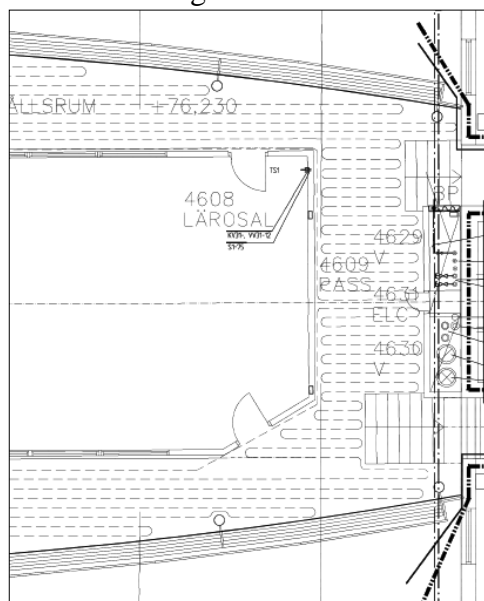
### Del 3 (norr) och del 4 (väster)

Här sitter ett värmebatteri inne i fönsterbänksapparaten som försörjs av fjärrvärme, som värmer tilluften innan den går ut i rummet. Detta styrs via en rumstermostat på varje enskilt kontor som ändrar börvärdet för temperaturen.

### Del 5 (Linsen)

Korridorerna i del 5 har golvvärme för att inte behöva ha radiatorer som täcker glasfasaden. Golvvärmen regleras med temperaturgivare som sitter på varje våningsplan.

I korridorerna finns det invändiga gardiner mot glasfasaden. Gardinerna styrs med en LUX-sensor, vilket innebär att de känner av hur mycket belysningsstyrka det är mot fasaderna och går då ner vid behov.



Figur 3.6 Översiktsbild som visar hur golvvärmslingorna går i korridorerna i del 5.

### 3.3 Kylsystem

Detta kapitel beskriver de olika kylsystemen som finns i EDIT-huset. Det finns totalt tre stycken olika kylsystem som är anslutna till ett lokalt fjärrkylsystem.

#### Del 1 (öster), del 2 (söder) och del 5 (Linsen)

I dessa delar kyls rummen med tilluften. I luftbehandlingsaggregaten sitter det ett kylbatteri som kyler tilluften till en temperatur lägre än rumsluften. Eftersom det är VAV-system så kan tilluftsflödet öka stegvis när det behövs mer kyla.

#### Del 3 (norr) och del 4 (väster)

Som nämnts i kapitel 3.1.2 har del 3 och del 4 fönsterbänksapparater med inbyggt kylbatteri som kyler tilluften innan den går ut i rummet. Detta styrs via en rumstermostat på varje enskilt kontor som ändrar börvärdet för temperaturen.

#### Del 6 (datorsalar)

I del 6 finns mycket datorer, skärmar och servrar som avger stora mängder värme. I flera av dessa rum har fläktluftkylare installerats, som kyler med vatten kopplat till fjärrkyla, för att säkerställa rätt temperatur. Om man inte hade haft fläktluftkylare, och bara kylde med tilluften, skulle det antingen behövas ett väldigt högt tilluftsflöde eller en lägre tilluftstemperatur. Men ett högt tilluftsflöde kan orsaka buller och kräver stora kanaler och fläktar, medan en låg tilluftstemperatur kan skapa en dålig termisk komfort.



Figur 3.7 Fläktluftkylare i datorsal.

### 3.4 Belysningssystem

I EDIT-husets alla delar fungerar belysningen i princip på samma sätt. I kontor, datorsalar och grupprum styrs belysningen med en av och på strömbrytare. I korridorerna är belysningen igång från klockan 07.00-19.00 på vardagar och på övrig tid är var tredje lampa tänd.

### 3.5 Debitering av energi

Detta kapitel beskriver hur debiteringen av energi sker i dagsläget och vilka undermätare som finns.

Akademiska Hus fakturerar elen för vad varje byggnad använder till Chalmers Fastigheter AB. Då Akademiska Hus inte har någon uppdelning mellan hyresgästel och fastighetsel så delas kostnaden. Hyresgästen betalar alltså 50 % av byggnadens totala energianvändning och fastighetsförvaltaren betalar 50 %.

Denna kostnad delas sedan upp av Chalmers Fastigheter så att alla hyresgäster på campus Johanneberg får betala lika mycket per kvadratmeter för värme, kyla och el. EDIT-huset får till exempel betala för Kemihusets energianvändning och tvärtom. Detta skapar försvårande omständigheter för energiminskning för hyresgästen eftersom denne knappt sparar några pengar på att bete sig energieffektivt. Det vore bättre ifall alla hyresgäster betalar för den energi de använder. Test har visat att individuell energimätning och debitering i genomsnitt minskar energianvändningen av värme och varmvatten med 20 % respektive 30 % för bostäder (SFFE, u.å).

Enligt elingenjör på Akademiska Hus finns det undermätare i ställverket, som ligger i kulverten väster om del 5 (Linsen), i EDIT-huset. Ett ställverk är en station som samlar och dirigerar el till utgående ledningar. I ställverket finns sju-åtta stycken skåp som innehåller ett antal grupper med huvudledningar. I varje skåp finns det en undermätare, och summeras dessa undermätare får man fram hur mycket elenergi hela EDIT-huset använder.

Elnätet är inte uppdelat per våningshus eller trapphus. Av den anledningen är det väldigt svårt att sätta upp undermätare så att varje institution kan betala för sin egen

energi (hyresgästel). Ifall elnätet var sektionerat per våningsplan hade man enkelt kunna sätta upp undermätare som mätte varje våningsplans energianvändning. Vilket hade gjort det enkelt att debitera varje institution för rätt mängd elenergi de använder.



## 4 Energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup>

Detta kapitel beskriver hur energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> har använts, hur indata har tagits fram och hur det matats in i programmet. Som tidigare nämnts kommer det skapas sex modeller i BV<sup>2</sup>. Alla delar kommer att adderas ihop för att få ett totalt värde för hela byggnadens energianvändning gällande värme, kyla och el.

BV<sup>2</sup> är ett energiberäkningsprogram som är baserat på en doktorsavhandling från Chalmers tekniska högskola år 1996. Programmet har testats mot det internationella beräkningsprogrammet DOE-2 och fått bra överensstämmande resultat (CIT Energy Management AB, 2013). Det finns andra mer avancerade energiberäkningsprogram som tar hänsyn till fler faktorer men som kräver mer tid för att samla in data och det är inte säkert att bättre resultat uppnås.

Det är skillnad mellan att göra en energiberäkning på en befintlig byggnad och en ny byggnad. På en ny byggnad har man bättre koll på indata medan på en befintlig byggnad får det göras mycket antaganden som är osäkra. Men däremot kan resultatet jämföras med uppmätta värden. Ofta stämmer inte de första modellerna, då får man göra logiska justeringar tills rätt värden uppnås.

### 4.1 Tidigare erfarenheter från BV<sup>2</sup>

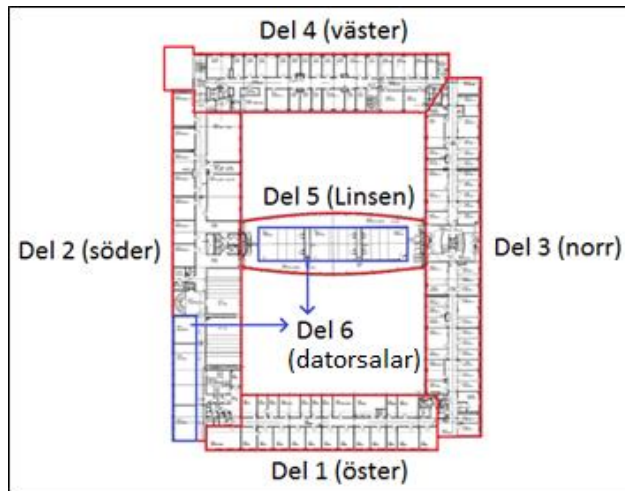
I de första modeller som gjordes med BV<sup>2</sup> delades byggnaden upp i fem olika delar för de olika huskropparna. Felet blev att BV<sup>2</sup> räknade ut att hela byggnaden använde 0 kWh per månad för kyla under vintern. Enligt Akademiska Hus bör det värdet ligga på ungefär 24 000 kWh per månad. Eftersom byggnaden har ett dåligt U-värde och mycket fasader så räknar BV<sup>2</sup> inte med att någon kyla används på vintern trots att det är mycket internvärme i datorsalarna och serverrummen. Detta på grund av att BV<sup>2</sup> räknar ut att man får tillräckligt med kyla genom klimatskalet.

Enligt intervju med Akademiska Hus framkom att det finns flera serverrum och datorsalar i byggnaden som även kyls under vintern. Detta på grund av att några av dessa låg mitt i byggnaden utan klimatskal eller hade en liten andel klimatskal. Även restaurangen i Linsen kyls under vintern.

Därför behövde det skapas en till zon i BV<sup>2</sup>, del 6, för de rum som har kylbehov även på vintern för att dessa ska få rätt fasadyta och internvärme istället för att spridas ut över hela byggnaden.

## 4.2 Indata byggnadskonstruktion

Detta kapitel kommer beskriva byggnadskonstruktionens indata för BV<sup>2</sup>.

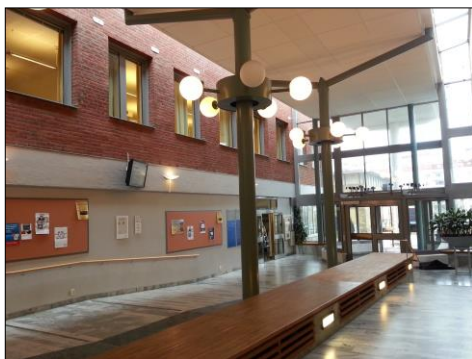


Figur 4.1 EDIT-husets uppdelning för BV<sup>2</sup>.

### 4.2.1 Areaberäkning

Tabell 4.1 visar sammanfattade areor för väggar, fönster, tak, platta på mark, källarväggar och portar. Mätningar har gjorts i visningsprogrammet TCD-view från arkitekturritningar.

När arean beräknas på den södra fasaden på del 2 subtraheras fasaden som ligger mot den stora entrén eftersom den är uppvärmd av ett annat system och därför sker inga värmeförluster mot den, se Figur 4.1.



Figur 4.1 Södra fasaden som gränsar mot uppvärmd entré.

Tabell 4.1 Sammanställning av areor för byggnadens klimatskal.

Byggnadsdel	Väggar [m <sup>2</sup> ]	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]	Tak [m <sup>2</sup> ]	Platta på mark [m <sup>2</sup> ]	Källarväggar [m <sup>2</sup> ]
Del 1 (öster)	1310	607	14	646	646	162
Del 2 (söder)	1466	564	30	1118	1261	173
Del 3 (norr)	2350	928	14	1076	1076	218
Del 4 (väster)	1774	620	13	837	837	0
Del 5 (Linsen)	358	2086	0	829	1011	271
Del 6 (datorsalar)	273	120	0	144	0	0
<b>Totalt</b>	<b>7530</b>	<b>4924</b>	<b>71</b>	<b>4649</b>	<b>4831</b>	<b>824</b>

Fönsterarean står för ungefär 40 % av fasadarean vilket är förhållandevis mycket och har därför stor betydelse för värmebehovet.

## 4.2.2 Ytterväggar och köldbryggor

Ytterväggarna är 400 millimeter tjocka och gjorda av massivt tegel utan isolering, se bilaga 1. Yttre- och inre övergångsmotstånd väljs till 0,04 samt 0,13 [W/m<sup>2</sup>\*°C] enligt BV<sup>2</sup>. Beräkningsverktyg i BV<sup>2</sup> ger att U-värdet för väggarna är 1,34 [W/m<sup>2</sup>\*°C], se Figur 4.2.

The screenshot shows a software interface titled "Beräkna U värde" (Calculate U value). It is divided into "Utomhus" (Outdoor) and "Inomhus" (Indoor) sections. Under "Utomhus", there is a checked box for "Rse (Yttre övergångsmots)" with a value of 0.04. Below this is a table with columns "Beskrivning" (Description) and "Tjocklek" (Thickness). The table contains one entry: "Tegel (Massivt)" with a thickness of 400. There are buttons "Infoga" (Insert), "Ta bort ett" (Remove one), and "Ta bort alla" (Remove all) below the table. Under "Inomhus", there is a checked box for "Rsi (Inre övergångsmots)" with a value of 0.13. To the right, there is a "Material" dropdown menu set to "Tegel (Massivt)", a "Lambda [W/m, °C]" field set to 0.7, and a "Tjocklek [mm]" field set to 400. There is also a checkbox for "Fixera tjocklek" (Fix thickness) which is unchecked. A "Redigera materiallista" (Edit material list) button is present. On the far right, there is a "Summa Uvärde [W/m², °C]" field showing 1.34, which is highlighted with a red box. Below this is a section "Ändra Uvärde i byggnad" (Change U value in building) with checkboxes for "Tak" (Roof), "Söder fasad" (South facade), "Öster fasad" (East facade), "Väster fasad" (West facade), "Norrfasad" (North facade), and "Bottenplatta" (Basement slab). At the bottom, there are "OK" and "Avbryt" (Cancel) buttons, and an "Alternativ meny" (Alternative menu) button.

Figur 4.2 U-värdesberäkning för fasader av tegel i BV<sup>2</sup>.

Köldbryggor kan tas hänsyn till på två olika sätt i BV<sup>2</sup>. Antingen kan alla matas in separat eller låta dem ingå i U-värdet genom att öka detta. Det enklaste alternativet är att öka U-värdet vilket kommer användas i BV<sup>2</sup>. Enligt Boverkets byggregler är det rimligt att öka U-värdet med 20 % (Boverket, 2012). Detta är ett bra värde att öka med för äldre befintliga byggnader. Är det en ny byggnad som har väldigt låga U-

värden måste det ökas med mer än 20 %. Väggarnas U-värde ökas därför med 20 % till 1,608 [W/m<sup>2</sup>\*°C].

Vid inmatning av fasader skrivs hur stor del av väggen som gränsar åt de olika väderstrecken. Se bilaga 2 för exakta areavärden på fasader för de olika väderstrecken. Vid inmatning av väggarea i BV<sup>2</sup> görs detta inklusive fönster. Byggnadens tyngd sätts som tung eftersom det är betongbjälklag och tegelfasader.

Figur 4.3 Exempel på inmatning av U-värde, tyngd och area åt olika väderstreck för fasader i BV<sup>2</sup> för del 1.

### 4.2.3 Tak

Taket i EDIT-huset är ett betongbjälklag med ovanpåliggande plåt. Bjälklaget är 300 millimeter tjockt och innehåller 100 millimeter isolering, enligt Jan-Olof Dalenbäck, professor på Chalmers tekniska högskola. Den ovanpåliggande plåten försummas i U-värdesberäkningen. Detta ger, enligt BV<sup>2</sup>:s beräkningshjälpmedel för U-värden, att U-värdet är 0,299 [W/m<sup>2</sup>\*°C], se Figur 4.4.

Figur 4.4 U-värdesberäkning för tak i BV<sup>2</sup>.

Takkonstruktionens tyngd sätts till tung eftersom det är betongbjälklag.

Figur 4.5 Exempel på inmatning av area, tyngd och U-värde för tak i BV<sup>2</sup> för del 1.

#### 4.2.4 Platta på mark

Bottenplattan är av betong och enligt ritningar 400 millimeter tjock utan isolering. Underliggande material antas vara sprängsten eftersom det är mycket berg i närheten. Berg har troligen sprängts bort och jämnats ut under byggnaden. Underliggande material påverkar värmekonduktiviteten. Detta ger U-värdet 0,704 [W/m<sup>2</sup>\*°C] enligt BV<sup>2</sup> beräkningshjälpmedel.

När platta på mark skrivs in i BV<sup>2</sup> ska även källarväggar adderas i samma kategori. Därför behöver ett medel U-värde ( $U_{medel}$ ) för platta på mark och källarväggar tas fram. Källarväggarna är totalt 360 millimeter tjocka, uppbyggd av betong och 90 millimeter isolering, se bilaga 1. Detta ger U-värdet 0,326 [W/m<sup>2</sup>\*°C] enligt BV<sup>2</sup> beräkningshjälpmedel.

För att ta fram  $U_{medel}$  för platta på mark och källarväggar så jämförs hur stor andel källarväggar det är jämfört mot andelen platta på mark, se Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Sammanställning av  $U_{medel}$  - värde för platta på mark.

Byggnadsdel	Andel källarväggar	Andel platta på mark	$U_{medel}$ [W/m <sup>2</sup> *°C]
Del 1 (öster)	20,03 %	79,97 %	0,628
Del 2 (söder)	12,05 %	87,95 %	0,658
Del 3 (norr)	16,85 %	83,15 %	0,640
Del 4 (väster)	0 %	100 %	0,704
Del 5 (Linsen)	18,59 %	81,41 %	0,634
Del 6 (datorsalar)	-	-	-

Vid inmatning av platta på mark sätts marktemperaturen till 8,2°C enligt ortens medeltemperatur. Inverkan av uteluft sätts till 0. Detta beskriver hur mycket plattan påverkas av uteluft. Om värdet sätts till 1 innebär det att plattan är uppe i luften på till exempel pelare och om den sätts till 0 innebär det att den står på marken och inte har någon kontakt med uteluften.

Platta mot mark

Area [m<sup>2</sup>]  
? 808,06

OBS Ange det kombinerade U-värdet för både platta och mark

Beräkna uvärde

U-värde [W/°C·m<sup>2</sup>]  
? 0,628

om det är valt nu tillkommer eventuella köldbryggor

Mark-temperatur [°C]  
? 8,2

Inverkan av uteluft[0-1] 0 ?

Ok Avbryt

Figur 4.6 Exempel på inmatning av area, U-värde och marktemperatur för platta på mark i BV<sup>2</sup> för del 1.

#### 4.2.5 Fönster

Majoriteten av alla fönster i EDIT-huset är treglasfönster och resterande är tvåglasfönster. BV<sup>2</sup> har tabeller för U-värden på fönster. Klarglas treglas ger U-värdet 2,1 [W/m<sup>2</sup>·°C] och solfaktor 67 % vilket används för hela byggnaden förutom på glasfasaden på del 5 (Linsen). U-värdet som anges gäller för hela fönsterkonstruktionen inklusive karm och båge. Glasandelen av hela fönstret (inklusive karm) antas vara 70 % på alla fönster förutom del 5 (Linsen). Det innebär att fönstret består av 70 % glas och 30 % karm.

Glasfasaderna på del 5 (Linsen) är tvåglasfönster av märket Glaverbel Thermobel structural stopray. Enligt tillverkaren är U-värdet 1,4 [W/m<sup>2</sup>·°C] (AGC Glass Europé, u.å). Glasandelen för glasfasaden antas vara 100 % eftersom karmarna utgör en mycket liten del av fönsterytan.

Fönsterarea (inkl.karm)		Total Fönsterarea [m <sup>2</sup> ]	Glasandel [%]	
<input type="radio"/> Lika för alla fasaderna		Söder	0	70
<input type="radio"/> Lika för motstående fasader		Öster	345,14	70
<input checked="" type="radio"/> Olika för alla fasader		Väster	261,5	70
		Norr	0	70

Figur 4.7 Exempel på inmatning av U-värde, solfaktor och area åt olika väderstreck för fönster i BV<sup>2</sup> för del 1.

## 4.2.6 Portar

I det U-värde som anges för portarna skall hänsyn vara tagen även till eventuella köldbryggor. Portarna i EDIT-huset består av mycket glas vilket försämrar U-värdet. Därför antas U-värdet till 1,5 [W/m<sup>2</sup>\*°C] efter jämförelser mot dörrtillverkare. (www.nordan.se).

	Yta [m <sup>2</sup> ]	Uvärde [W/m <sup>2</sup> *°C]
Area för portar på söderfasad	0	1,5
Area för portar på österfasad	13,95	1,5
Area för portar på västerfasad	0	1,5
Area för portar på norrfasad	0	1,5

Figur 4.8 Exempel på inmatning av area och U-värde för portar i BV<sup>2</sup> för del 1.

## 4.2.7 Luftläckage

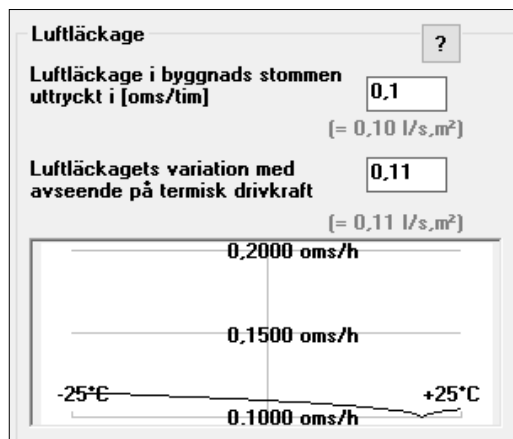
Byggnaden kommer inte att provtryckas utan rimliga värden på luftläckage kommer att uppskattas. Enligt Jan-Olof Dalenbäck föreslås det att följande värden används:

Luftläckage i byggnadsstommen = 0,1 [omsättningar/timme]

Här anges totala luftläckaget när utetemperaturen är lika med innetemperaturen, d.v.s. normalt ca 20 - 25°C utetemperatur.

Luftläckagets variation med avseende på termisk drivkraft = 0,11 [omsättningar/timme]

Här anges totala luftläckaget när differensen mellan innetemperaturer och utetemperaturen är 20°C.



Figur 4.9 Inmatning av luftläckage i  $BV^2$ .

#### 4.2.8 Inre volym

I diagrammet nedan listas alla byggnadsdelars våningar, rumshöjd, bruttoarea och  $A_{temp}$ . Bruttoarean erhålls genom att multiplicera golvarea med antalet våningar. Bruttoarean omvandlas till  $A_{temp}$  med omvandlingsfaktorn 0,9 (Sveby, 2012) och skrivs in i  $BV^2$ . Sedan skrivs rumshöjden in och  $BV^2$  räknar då ut volymen. Sist adderas volymen för kulvertarna, se Figur 4.10.

Tabell 4.3 Sammanställning av  $A_{temp}$  för de olika byggnadsdelarna.

Byggnadsdel	Antal våningar	Rumshöjd [m]	Bruttoarea [m <sup>2</sup> ]	$A_{temp}$ [m <sup>2</sup> ]
Del 1 (öster)	6	2,55	3 862	3 476
Del 2 (söder)	5	3,0	5 656	5 090
Del 3 (norr)	6	2,6 (medel)	6 438	5 795
Del 4 (väster)	6	2,7	4 657	4 191
Del 5 (Linsen)	6	3,25 (medel)	4 010	3 609
Del 6 (datorsalar)	-	-	1 569	1 412
<b>Totalt</b>			26 192	23 574

Uppmätta värdet på  $A_{temp}$  är 23 574 m<sup>2</sup>. Enligt Akademiska Hus energiportal är  $A_{temp}$  22 917 m<sup>2</sup>.

Tabell 4.4 Sammanställning av extra volym för kulvertar och vindsvåning.

Byggnadsdel	Volym [m <sup>3</sup> ]
Del 1 kulvert	121,3
Del 2 kulvert	172,8



Del 3 kulvert	131,0
Del 4	0
Del 5 kulvert	966,0
Del 6	0

Figur 4.10 Exempel på inmatning av  $A_{temp}$  och rumshöjd i  $BV^2$  för del 1. Därefter adderas den extra volymen vilket justerar rumshöjden.

## 4.2.9 Inre massa

Byggnadens inre massa sätts som tung eftersom innerväggarna är av betong eller tegel. Det påverkar hur snabbt byggnaden kan jämna ut temperaturförlopp utomhus.



Figur 4.11 Exempel på innervägg av tegel.

Figur 4.12 Val av inre massa i  $BV^2$ .

## 4.3 Indata allmänt

### 4.3.1 Ort

Orten är Göteborg vilket ger en årsmedeltemperatur på 8,2°C. Mätvärden för Göteborg i BV<sup>2</sup> är hämtat från Sveby SMHI som baseras på värden för temperaturer från åren 1981 - 2010.

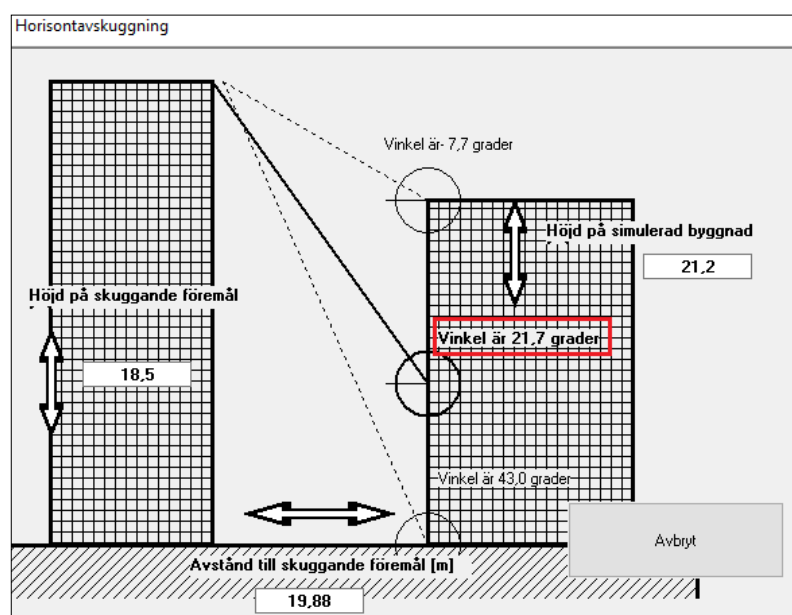
### 4.3.2 Horisontavskuggning

För ytterbyggnaderna, del 1 - 4, försummas horisontavskuggning eftersom de skuggas lite av andra byggnader. För del 5 (Linsen) däremot är det nödvändigt att ta hänsyn till horisontavskuggning på grund av att den har mycket fönster och är omgiven av byggnader som bidrar till horisontavskuggning.

För BV<sup>2</sup> behövs ett medelvärde på höjden för de skuggande byggnaderna, del 1 - 4, samt avståndet till dessa. Alla byggnaders höjd mäts med referenspunkt från marknivån på del 5 (Linsen), se Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Sammanställning av höjder och avstånd för objekt som skuggar del 5 (Linsen).

Skuggande objekt	Höjd [m]	Avstånd till linsen [m]
Del 1 (öster)	16,1	29
Del 2 (söder)	18,8	13,25
Del 3 (norr)	18,8	13,25
Del 4 (väster)	20,3	24
<b>Medelvärde</b>	18,5	19,88

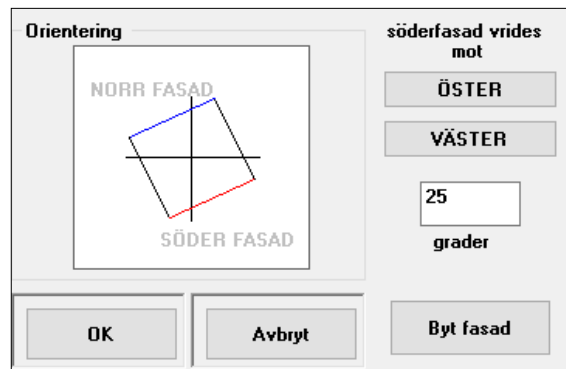


Figur 4.13 Beräkningshjälpmedel för horisontavskuggning i BV<sup>2</sup>. Höjden på Linsen är 21,2 meter, medelhöjden på de skuggande objekten är 18,5

meter och medelavståndet till dessa är 19,88 meter. Detta ger vinkel 21,7 grader som används i  $BV^2$ .

### 4.3.3 Orientering

Hur byggnaden är orienterad i förhållande till väderstrecken spelar stor roll för hur mycket energi byggnaden använder. Framst påverkar detta kyl- och värmebehovet eftersom solinstrålningen kan bli större eller mindre. Byggnaden orienteras 25 grader mot öster (motsols) för att ta hänsyn till att fasaderna inte står parallellt mot väderstrecken. Detta har mätts med gradskiva på utskrivna ritningar.



Figur 4.14 Orientering av byggnaden med 25 grader.

### 4.3.4 Tappvarmvatten

På tappvarmvatten används ett schablonvärde på 2 kWh/m<sup>2</sup> per år (Sveby, 2013). Fördelningen av tappvarmvatten antas vara 100 % på dagen och 0 % på natten. Nedan finns en tabell över antal tappvattenställen. Hänsyn kommer inte tas till att de är ojämnt utspridda i byggnaden.

Tabell 4.6 Sammanställning av tappvarmvattenställen i byggnaden.

Byggnadsdel	Antal tappställen
Del 1 (öster)	13
Del 2 (söder)	59
Del 3 (norr)	60
Del 4 (väster)	20
Del 5 (Linsen)	27
Del 6 (datorsalar)	0

### 4.3.5 Extra elanvändare

Här ges möjlighet att ange utrustning i byggnaden som använder el, men som inte påverkar byggnadens totala värmebalans eftersom de inte genererar någon internvärme.

Totalt finns det sex stycken hissar i EDIT-huset jämt fördelade över de fem olika huskropparna. Varje hiss drar ungefär 5 500 kWh/år (Sveby, 2013). Lika mycket extra el fördelas till del 1 - 5 vilket blir 6 600 kWh extra el per år.

### 4.3.6 Sammanställning av antal personer i byggnaden

För att få reda på antalet anställda personer i byggnaden kontaktades de fem institutioner som finns i byggnaden, detta visas i Tabell 4.7.

Tabell 4.7 Sammanställning av antal anställda personer i byggnaden.

Institutioner	Antal personer	Byggnadsdel
Signaler och system	100	Del 2
Rymd och Geovetenskap	127	Del 2
Energi och Miljö	140	Del 1 och 3
Data och IT	198	Del 4
<b>Totalt</b>	<b>565</b>	

Utöver de anställda så finns det även ett visst antal studenter i byggnaden. Exakta antalet är svårt att veta. Antalet rum där studenter vistas och hur många personer det brukar vara där har räknats. Uppskattningsvis är det ungefär 750 studenter i byggnaden en vanlig arbetsdag. Dessa antas befinna sig främst i del 2, 5 och 6. Totalt blir det 1315 personer i byggnaden.

## 4.4 Interna värmegenereringen i del 1 - 5

Tabell 4.8 visar andelen area för primär- och sekundärytor i del 1 - 5. Primärytor avser kontor, fikarum, datorsalar, föreläsningssalar och sekundärytor avser korridorer och trapphus. Denna uppdelning behövs för att i  $BV^2$  kunna göra en mer noggrann uppskattning av den interna värmegenereringen för byggnaden, eftersom förutsättningarna skiljer sig för primärytor och sekundärytor.

Tabell 4.8 Uppdelning av primär- och sekundärytor för del 1 - 5.

Byggnadsdel	Primärytor [%]	Sekundärytor [%]
Del 1 (öster)	86	14
Del 2 (söder)	70	30
Del 3 (norr)	70	30
Del 4 (väster)	81	19
Del 5 (Linsen)	0	100

### 4.4.1 Personer

I kapitel 4.3.6 räknades antalet i personer i byggnaden ut till 1315 stycken. Det sensibla värmetilskottet från en person antas vara 71 watt enligt tabell i  $BV^2$ . Detta värde divideras med  $A_{temp}$  och ger då ungefär 4 [ $W/m^2$ ]. Detta antas till både primär- och sekundärytor eftersom det är ett medelvärde för en byggnad. Även om det är mindre personer i korridorerna så antas samma värde för hela byggnaden.

På primär- och sekundärytor antas personer befinna sig från klockan 08.00 till 18.00 på vardagar. Utöver denna tid antas det inte finnas några personer i byggnaden.

#### 4.4.2 Belysning

Överslagsvärde för värmetilskottet för belysning i kontor är 8,0 [W/m<sup>2</sup>] (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Detta antas till både primär- och sekundärytor.

För primärytor antas belysningen vara igång från klockan 08.00 till 18.00 på vardagar och avstängda alla andra tider. För sekundärytor (korridorer) är belysningen igång från klockan 07.00 - 19.00, enligt Akademiska Hus. Utöver den tiden lyser var tredje lampa. Under denna tid antas värmegenereringen vara en tredjedel av värdet vilket är 2,67 [W/m<sup>2</sup>]. Även på helgen antas 2,67 [W/m<sup>2</sup>] hela dygnet.

#### 4.4.3 Maskiner

Överslagsvärde för värmetilskottet för maskiner i kontor är 10,0 [W/m<sup>2</sup>] (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Här ingår bland annat datorer, monitorer, skrivare, köksapparater, servrar. Detta värde antas till både primär- och sekundärytor.

På primär- och sekundärytor antas maskiner vara igång under samma tid som personer befinner sig i byggnaden, från klockan 08.00 till 18.00 på vardagar. Utöver denna tid antas det inte vara några maskiner igång i byggnaden.

#### 4.4.4 Sammanlagring

Sammanlagring avser hur stor del av totala antalet personer som är i byggnaden samtidigt. Det är vanligt att personer är på tjänsteresa, sjuka eller på utbildning. Lärarna har föreläsningar och möten i andra byggnader. I en intervju med J-O. Dalenbäck (2016) rekommenderas att sammanlagringen i kontor antas till 50 %. Detta antas på de anställda i byggnaden (565 personer). Antalet studenter uppskattades till 750 stycken och ska inte multipliceras med en sammanlagringsfaktor. Belysningen på sekundärytor antas vara 100 % eftersom den är igång hela dagen.

Internvärme

Rumstyp: 1

Fördelning av areor i [%] för olika rumstyper: 86

Rumsbeskrivning: typnamn

Val:  Procentuell fördel.  Fördelning efter m<sup>2</sup>

Val:  Vardag  Helgdag

Vardag/Helgdag uppdelning

	DAG	NATT	[W/m <sup>2</sup> ]
BELYSNING	8	0	
Sammanlagring	0,5	0,5	
PERSONER	4	0	
Sammanlagring	0,5	0,5	
MASKINER	10	0	
Sammanlagring	0,5	0,5	

Sammanlagring

Varierande under året

Varierande under året

Temperaturvarierande värde

Varierande under året

Rumstypens andel av byggnaden:

MultiKommandon Ok Avbryt

Figur 4.15 Exempel på inmatning av internvärme i BV<sup>2</sup> för del 1. Här skriver man in fördelning av primär- och sekundärytor, avgiven värme för belysning, personer och maskiner samt vilken sammanlagring som antas.

#### 4.4.5 Månadsavgränsningar

Månadsavgränsningar används för att ta hänsyn till att byggnaden inte används lika mycket året runt. Under juni, juli och augusti antas att 50 %, 50 % respektive 75 % av belysning, personer, maskiner och varmvatten används, se Figur 4.16. Detta eftersom studenter har sommarlov och anställda har semester. Samma månadsavgränsningar antas även till del 6 (datorsalar).

	Totalt	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Anga drift för hela byggnaden olika kalendermånader	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Anga drift för olika brukare vid olika kalendermånader													
Belysning	90	100	100	100	100	100	50	50	75	100	100	100	100
Person	90	100	100	100	100	100	50	50	75	100	100	100	100
Maskiner	90	100	100	100	100	100	50	50	75	100	100	100	100
Solinstrålning	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Varmvatten	90	100	100	100	100	100	50	50	75	100	100	100	100
Externa elbrukare	90	100	100	100	100	100	50	50	75	100	100	100	100

Figur 4.16 Månadsavgränsningar antas till 50, 50 och 75 % för juni, juli och augusti för att ta hänsyn till semester och ledighet.

#### 4.5 Interna värmegenereringen i del 6 (datorsalar)

Del 6 skiljer sig från de andra delarna när det gäller intern värmegenerering. Här tas hänsyn till datorsalar, serverrum och en restaurang. För del 6 är primärytor datorsalar samt serverrum och sekundärytor är restaurang.

Tabell 4.9 Uppdelning av primär- och sekundärytor för del 6.

Byggnadsdel	Primärytor [%]	Sekundärytor [%]
Del 6	95	5

### 4.5.1 Datorsalar

En dator och skärm som är påslagen genererar cirka 107 - 133 W. Denna multipliceras sedan med en närvarofaktor på 0,7 - 0,8. I en typisk datorsal på 57 kvadratmeter finns det 14 datorer och skärmar. Detta ger internvärmerna 22 [W/m<sup>2</sup>] för datorer och skärmar i en datorsal på dagen. På natten är datorerna och skärmarna i viloläge och genererar 32-53 W som inte multipliceras med en närvarofaktor vilket ger 10,3 [W/m<sup>2</sup>] (Bergsten, 2004). För belysning antas 8 [W/m<sup>2</sup>] och för personer 4 [W/m<sup>2</sup>] vilket är samma som för del 1 - 5. Belysningen antas vara igång från klockan 8.00 till 18.00.

### 4.5.2 Serverrum

Serverrum drar stora mängder el eftersom det finns många servrar på en liten yta och de drar i princip lika mycket el vare sig de används eller inte. Man behöver dessutom hålla en lagom temperatur för att servrarna ska kunna prestera på topp, vanligtvis runt 20-23°C. I kontor står serverrum för runt 12,7 % av den totala energianvändningen (Bratt, M & Isaksson, H, 2011).

Enligt ritningar är serverrummen 131,5 m<sup>2</sup> och är utspridda jämnt i byggnaden. Det är svårt att ta reda på hur mycket internvärme serverrummen producerar. Akademiska Hus vet inte hur mycket internvärme det finns i varje serverrum och de säger att det varierar mycket från rum till rum. Därför kommer istället internvärmerna i serverrummen användas som en parameter som kan ändras för att komma nära Akademiska Hus uppmätta värden.

Efter försök i BV<sup>2</sup> antas att det är fem gånger så mycket internvärme från servrar än datorerna i datorsalarna. Dessutom antas ingen närvarofaktor vilket ger 146 [W/m<sup>2</sup>]. Detta värde används även under natten för serverrum.

Internvärme från personer antas till 4 [W/m<sup>2</sup>] och för belysning 8 [W/m<sup>2</sup>].

### 4.5.3 Restaurang

I EDIT-huset finns en restaurang i del 6 som är 70 m<sup>2</sup> stor. Denna drar mycket energi och genererar mycket internvärme. Internvärmegenereringen för apparater i en restaurang är normalt cirka 500 [W/m<sup>2</sup>] på dagen, 50 [W/m<sup>2</sup>] på natten och för belysning 15 [W/m<sup>2</sup>] under dagen (Sveby, 2013). För personer antas 4 [W/m<sup>2</sup>] vilket är samma som i övriga EDIT-huset.

### 4.5.4 Sammanställning del 6

För primärytorna görs en uppdelning av internvärme för datorsalar och serverrum för att få ett medelvärde på internvärmerna för maskiner. Andelen serverrum jämfört mot datorsalar är 8,8 %. Ett medelvärde räknas ut för internvärmerna från maskiner för primärytorna vilket blir 32,96 [W/m<sup>2</sup>] på dagen och 22,29 [W/m<sup>2</sup>] på natten.

Månadsavgränsningar antas till samma som för del 1 - 5. Alltså 50 % i juni, 50 % i juli och 75 % i augusti.

**Internvärme**

Rumstyp: **1**

Fördelning av areor i [%] för olika rumstyper: **95**

Rumsbeskrivning: **typnamn**

Vardag | Helgdag

Vardag/Helgdag uppdelning

	DAG	NATT	[W/m²]
<b>BELYSNING</b>	8	0	
Sammanlagring	1	1	
<b>PERSONER</b>	4	0	
Sammanlagring	0,5	1	
<b>MASKINER</b>	32,96	22,29	
Sammanlagring	1	1	

Rumstypens andel av byggnaden:

Buttons: Multikommandon, Ok, Avbryt

Figur 4.17 Inmatning av internvärme i  $BV^2$  för del 6. Här skrivs fördelning av primär och sekundärytor, avgiven värme för belysning, personer och maskiner samt vilken sammanlagring som antas.

## 4.6 Klimatsystem

I EDIT-huset finns tre olika klimatsystem. Dessa är variabelt tilluftsflöde (VAV), konstant tilluftsflöde (CAV) och vattenburet kylsystem. Del 1 (öster), del 2 (söder) och del 5 (Linsen) har VAV. Del 3 (norr) och del 4 (väster) har CAV. Del 6 (datorsalar) har CAV kompletterat med vattenburet kylsystem.

Akademiska Hus strävar efter att ha en inomhustemperatur på  $21^{\circ}\text{C}$ . De har ett krav på lägsta tillåtna temperatur på  $20^{\circ}\text{C}$  men inget krav på högsta tillåtna temperatur.

I  $BV^2$  antas att lägsta tillåtna temperatur är  $20^{\circ}\text{C}$ , högsta tillåtna temperatur är  $28^{\circ}\text{C}$  och börvärdet för att kyla byggnaden är  $24^{\circ}\text{C}$ , se Figur 4.18. Detta innebär att  $BV^2$  tillåter att temperaturen går över  $24^{\circ}\text{C}$  några dagar per år men att kylutrustningen är dimensionerad för  $24^{\circ}\text{C}$ . Endast del 6 som har servrar och datorer har krav på högsta tillåtna inomhustemperatur, här antas därför  $24^{\circ}\text{C}$ .



Temperaturer på inneklimat		
	Dag	Natt
Lägsta tillåtna temperatur	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>
Högsta tillåtna temperatur	<input type="text" value="28"/>	<input type="text" value="28"/>
Börvärde kyla	<input type="text" value="24"/>	<input type="text" value="24"/>

Figur 4.18 Inomhustemperaturer i BV<sup>2</sup>.

Hela byggnaden har FTX-system med roterande värmeåtervinnare med temperaturverkningsgrader på ungefär 75 %, enligt drifttekniker på Akademiska Hus. Byggnaden kyls med fjärrkyla. Det finns ingen kylåtervinning i luftbehandlingsaggregaten.

SFP ligger i snitt på 3,5 [kW/m<sup>3</sup>/s], enligt Akademiska Hus, vilket används för hela byggnaden förutom del 1 som blev ombyggd år 2003 och har SFP på 2,5 [kW/m<sup>3</sup>/s] (Mari-Liis Maripuu, 2009).

På natten är ventilationen avstängd för del 1, 2 och 5. Om en person skulle vara där under natten kan denna trycka på forcerad ventilation för att få ventilationen att starta. Men för BV<sup>2</sup> antas att det inte är nattdrift. I del 3 och 4 är det nattdrift eftersom där värms kontoren med ventilation istället för med radiatorer. Även del 6 har nattdrift eftersom det finns kylbehov på natten.

Hygienflödet väljs till 0,76 [l/s] enligt Akademiska Hus, se bilaga 6. BV<sup>2</sup> beräknar fullflöde automatiskt, detta innebär att BV<sup>2</sup> räknar ut ett flöde med hänsyn till angiven lägsta temperatur på tilluften och byggnadens dimensionerande kyleffektbehov. CAV-systemen har en tvåhastighetsfläkt som använder fullflöde vid kyl eller värmebehov och hygienflöde övriga tider.

Tilluftstemperaturen är, enligt Akademiska Hus, 18°C för hela huset förutom del 1 som har 15°C.

**VAV SYSTEM Vardag** Beräknat nödvändigt luftflöde Beräknat nödvändigt

Fullflöde  BV<sup>2</sup> väljer flöde  Förvärmd intagsluft ?

Hygienventilation dagtid  l/s m<sup>2</sup> ?  Nattdrift ?

Hygienventilation natttid  l/s m<sup>2</sup> ?  Kylåtervinning ?

Tilluftstemp  [°C] När utetemp är högre än  [°C] ?

Tilluftstemp  [°C] När utetemp är lägre än  [°C] ?

Specifik fläkteffekt SFP  [kW/(m<sup>3</sup>/s)] ? SFP

Verkningsgrad värmeåtervinning  Avancerad  [%] ?

Kylmaskin ?

Fjärrkyla

Aktiv nattkyla Styrparametrar ?

Figur 4.19 Exempel på inmatning av data för VAV-systemet i BV<sup>2</sup> för del 1.

**CAV SYSTEM Vardag** Beräknat nödvändigt luftflöde Beräknat nödvändigt

Fullflöde  BV<sup>2</sup> väljer flöde  Förvärmd intagsluft ?

Flöde på natten  l/s m<sup>2</sup> ?  Utetemperatur styrt flöde ?

Tvåhastighetsfläkt ?

Endast minflöde nattid ?

Nattdrift ?

Kylåtervinning ?

Tilluftstemp  [°C] När utetemp är högre än  [°C] ?  Behovstyrd temperatur ?

Tilluftstemp  [°C] När utetemp är lägre än  [°C] ?  Kyl ej tilluft ?

Specifik fläkteffekt SFP  [kW/(m<sup>3</sup>/s)] ? SFP

Verkningsgrad värmeåtervinning  Avancerad  [%] ?

Kylmaskin ?

Fjärrkyla

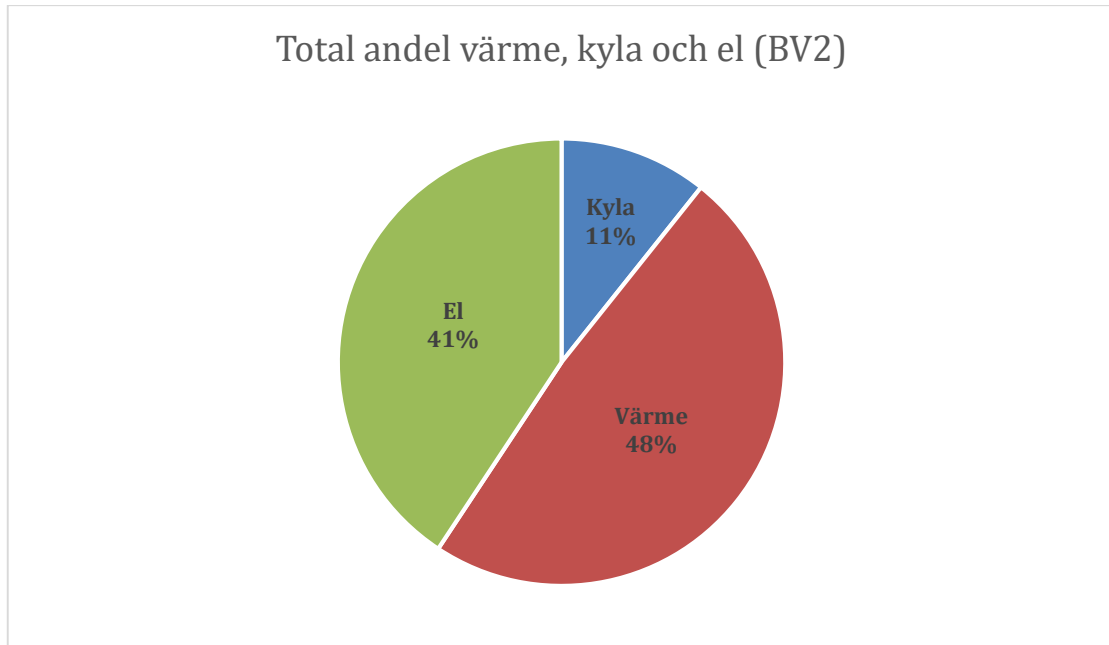
Aktiv nattkyla Styrparametrar ?

Detaljerade tider för fläktstyrning

Figur 4.20 Exempel på inmatning av data för CAV-systemet i BV<sup>2</sup> för del 3.

## 4.7 Resultat BV<sup>2</sup>

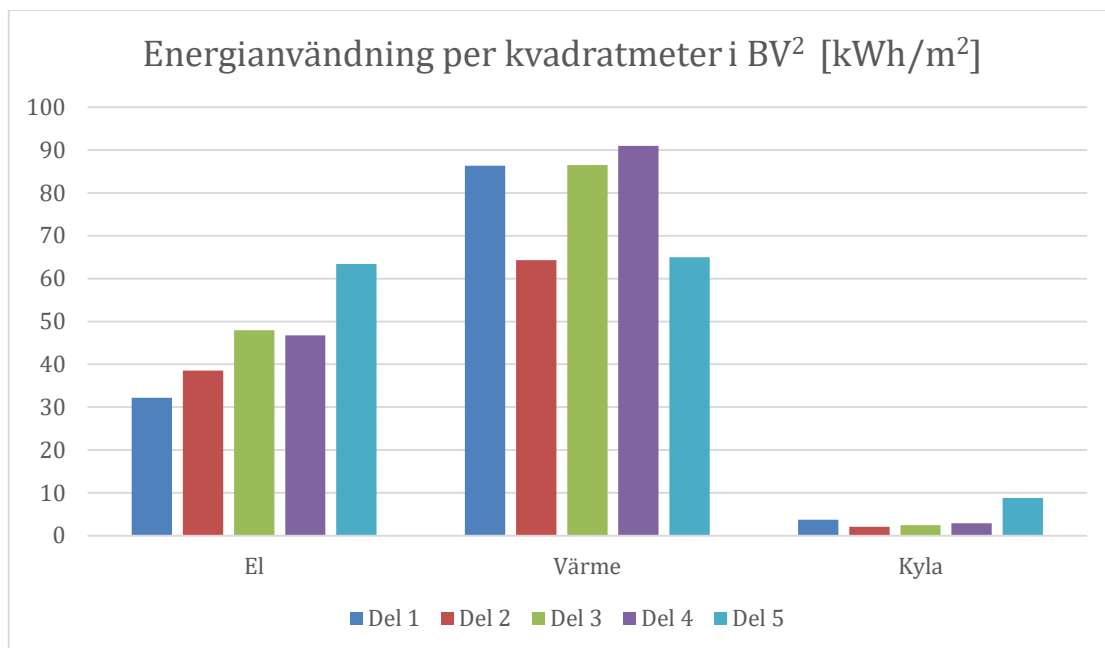
I detta kapitel redovisas resultat från modellerna i BV<sup>2</sup>. Från de sex modellerna fås det fram energianvändning för värme, el och kyla. Årsvärden och månadsvärden kommer att jämföras med Akademiska Hus verkligt uppmätta medelvärden för åren 2010 - 2015.



Figur 4.21 Energiuppdelning av värme, kyla och el för del 1 - 6 i EDIT-huset.

### 4.7.1 Jämförelse mellan BV<sup>2</sup>-modellerna

Här kommer de olika delarna jämföras med varandra för att se ifall alla delar är rimliga och att inget är anmärkningsvärt. Del 6 (datorsalar) kommer inte jämföras i diagrammen eftersom förutsättningarna skiljer sig helt mot resterande EDIT-huset och är därför inte relevant att jämföra ifall något sticker ut.



Figur 4.26 Jämförelse av el, värme och kyla för del 1 - 5.

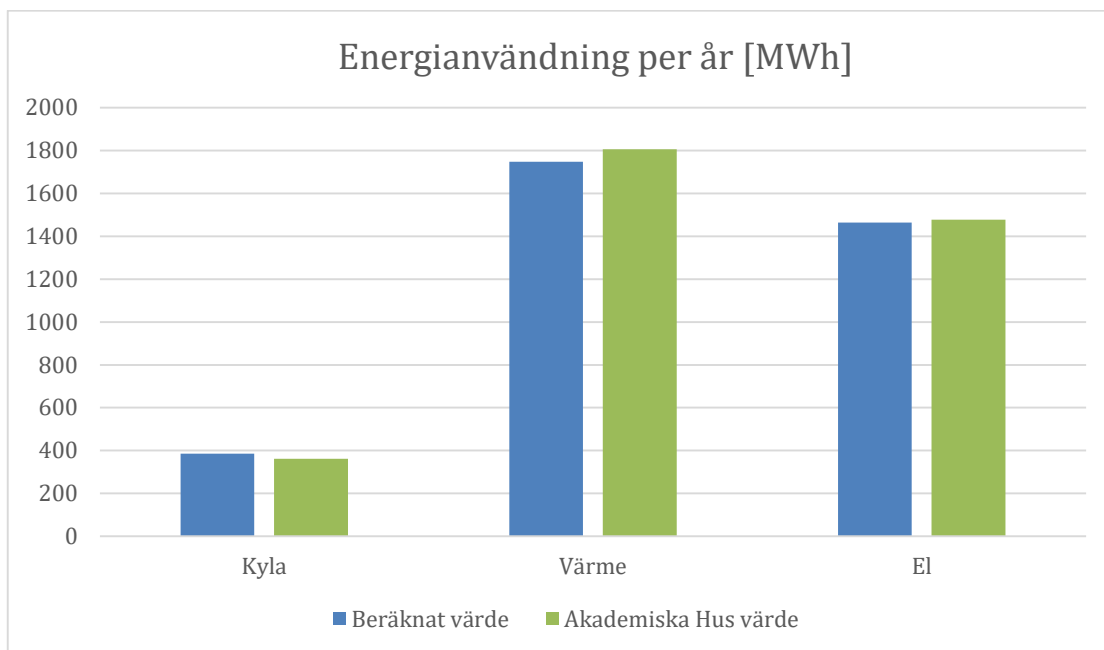
Elfördelningen mellan de olika delarna är rimliga. Anledningen av fördelningen beror på att del 1 (öster) har VAV och ett lågt SFP värde. Del 2 (söder) har VAV men ett högre SFP värde. Del 3 (norr) och del 4 (väster) har högre elanvändning än del 1 och del 2 eftersom de har CAV som drar mer el till fläktarna. Del 5 (Linsen) har bara korridorer vilket ökar elen för belysning eftersom det har antagits att korridorer har igång belysning hela dagen och även lite på nätter och helger.

Värmefördelningen är rimlig. Del 2 har en stor del av fasaden som gränsar mot en uppvärmd entré vilket minskar värmebehovet. Del 5 har bättre U-värde än övriga delar av byggnaden.

Kylfördelningen är jämn för hela byggnaden förutom del 5 som har mycket solinstrålning vilket ökar kylbehovet.

## 4.7.2 Jämförelse av årsvärden

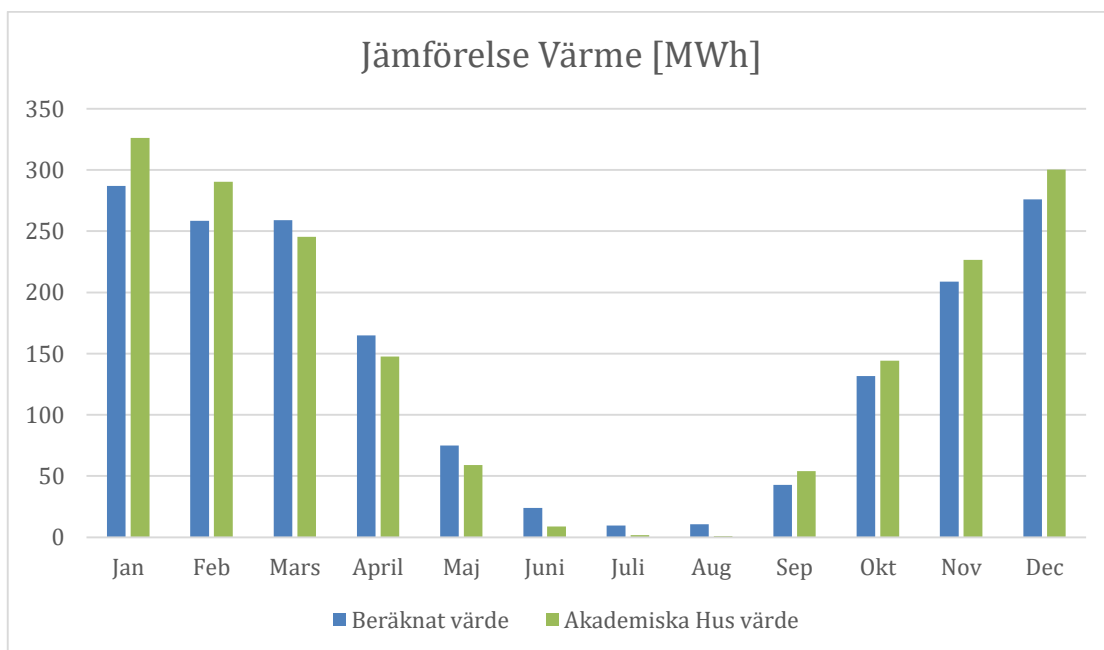
Här jämförs BV<sup>2</sup>:s årsvärden mot Akademiska Hus verkligt uppmätta årsvärden.



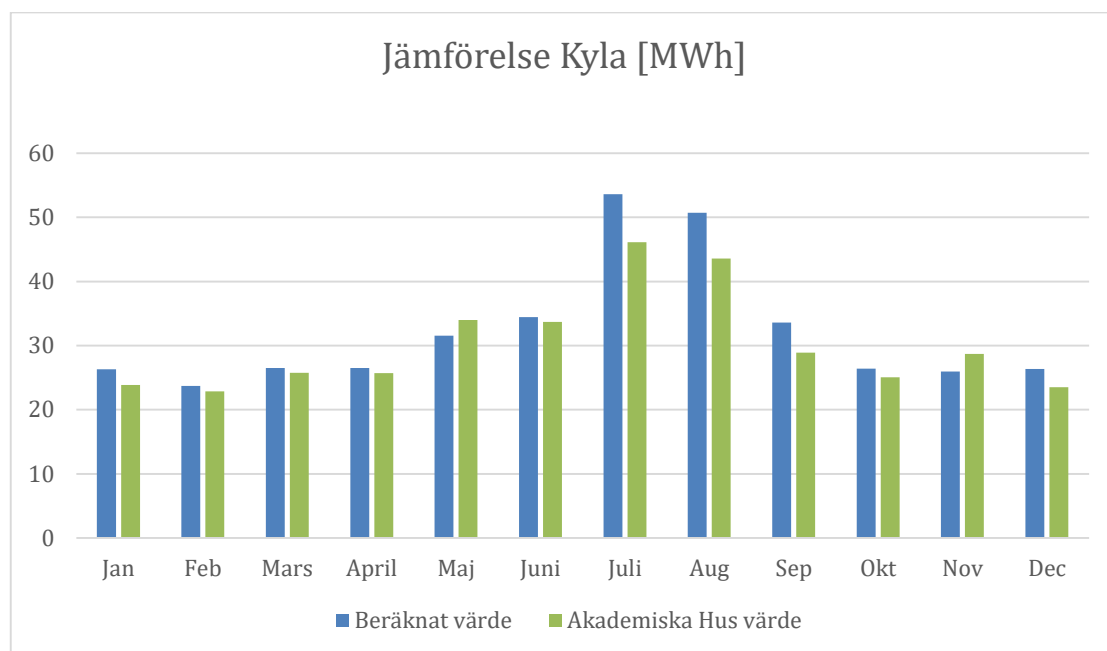
Figur 4.22 Jämförelse av BV<sup>2</sup>:s beräknade årsvärden mot Akademiska Hus uppmätta värden för kyla, värme och el.

## 4.7.3 Jämförelse av månadsvärden

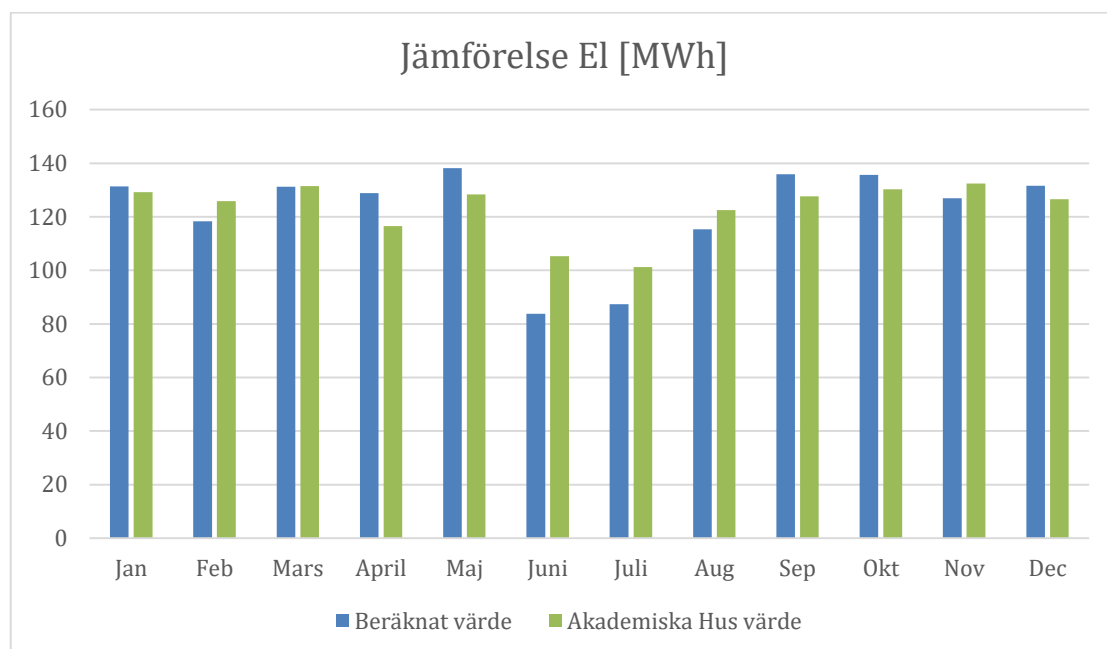
För att få en djupare analys och kontroll av BV<sup>2</sup> modellerna så kontrolleras även värme, kyla och el för varje månad. Detta jämförs med Akademiska Hus uppmätta månadsvärden.



Figur 4.23 Jämförelse av  $BV^2$ :s beräknade månadsvärden mot Akademiska Hus uppmätta värden för värme.



Figur 4.24 Jämförelse av  $BV^2$ :s beräknade månadsvärden mot Akademiska Hus uppmätta värden för kyla.



Figur 4.25 Jämförelse av  $BV^2$ :s beräknade månadsvärden mot Akademiska Hus uppmätta värden för el.

#### 4.7.4 Slutsats från BV<sup>2</sup>

Generellt har bra modeller tagits fram som stämmer överens med verkligheten. Teoretiska modeller kommer alltid skilja sig mot verkligheten eftersom det måste göras mycket antaganden. Modellerna räknar även med att allt är perfekt i byggnaden men i verkligheten kan till exempel reglersystem inte fungera perfekt och komponenter vara utslitna eller liknande.

De värden som urskiljer sig från Akademiska Hus värden är något för lite värme på vintern, för mycket kyla på sommaren samt för lite el på sommaren. Detta kan bero på en mängd olika faktorer som till exempel antagna U-värden, internvärme, månadsavgränsningar och reglering. Eftersom det är en stor byggnad med många olika förutsättningar så är det svårt att veta exakt vilka faktorer som inte stämmer. Men med arbetets förutsättningar, där mycket antaganden har behövts göras, så är det svårt att göra bättre modeller. Men överlag så stämmer BV<sup>2</sup> modellerna bra överens med verkligheten och kan därför användas för att analysera förslag på åtgärder för byggnaden.

## 5 Åtgärder

I detta kapitel redovisas förslag på åtgärder för de problem som har uppmärksammats under arbetets gång. Detta berör värme-, kyl-, ventilations- och belysningsystem samt mätare. Förslagen kommer analyseras med hjälp av framtagna BV<sup>2</sup> modeller.

### 5.1 Värme

*Frågeställning:* Vilka åtgärder kan leda till minskat värmebehov?

#### Regleråtgärder

System ska inte jobba emot varandra i byggnaden. Till exempel värme och kyla i del 1 (öster) som har Lindinvent-don och radiatorer. Ifall termostaten i radiatorn är inställt på ett annat börvärde än termostaten i donet så kan systemen jobba emot varandra. Till exempel att ventilationen försöker kyla medan radiatorn försöker värma vilket använder mycket onödig energi. Problemet går att lösa genom att länka ihop termostaterna på Lindinvent-donen och radiatorerna så att de jobbar tillsammans och inte emot varandra.

Ett annat alternativ som är billigare och enklare är att låsa fast termostaterna på radiatorerna så de inte går att justera. Nackdelen är att personerna i rummen inte kan justera exakt vilken temperatur de vill ha. Det går inte att analysera i BV<sup>2</sup> hur mycket energianvändningen minskar av detta förslag. Men enligt föreläsarna på BV<sup>2</sup> utbildningen på CIT Energy Management AB står reglerförluster för ungefär 5-10 % av en byggnads värmeanvändning.

Ett annat reglerproblem i EDIT-huset är att det inte finns några mätare på returtemperaturen för värmesystemen. Genom att installera detta kan man få en bättre översikt på systemet och enkelt kunna se temperaturförändringar före och efter radiatorn. Detta förslag är enkelt och billigt att installera men minskar inte energianvändningen så mycket utan är en komfortmässig åtgärd.

#### Minska temperatur på natten

Akademiska Hus har en lägsta tillåtna temperatur på 20°C. Om inomhustemperaturen skulle tillåtas sjunka till 18°C under natten skulle energianvändningen minska med 146 000 kWh per år vilket är cirka 8,4 % minskning av totala värmeanvändningen.

Tabell 5.1 Besparing av värmeenergi vid temperaturminskning.

Byggnadsdel	Besparing [kWh/år]
Del 1 (öster)	24 000
Del 2 (söder)	28 000
Del 3 (norr)	44 000
Del 4 (väster)	31 000
Del 5 (Linsen)	19 000
Del 6 (datorsalar)	0
<b>Totalt</b>	<b>146 000</b>



## Tilläggsisolering

Det finns ingen isolering i väggarna och därför kan energianvändningen minskas mycket på att tilläggsisolera. Detta förbättrar även komforten då väggar inte strålar lika mycket kyla. Detta har redan gjorts på två andra byggnader på Chalmers Johanneberg, dessa är Hörsalarna och Väg & Vatten. Vid 100 millimeter tilläggsisolering fås U-värdet 0,348 [W/m<sup>2</sup>\*°C]. Del 5 (Linsen) går inte att tilläggsisolera eftersom den har glasfasad. Detta ger en besparing på 706 000 kWh per år vilket är cirka 40 % av totala värmeanvändningen.

Tabell 5.1 Besparing av värmeenergi vid tilläggsisolering.

Byggnadsdel	Besparing värme [kWh/år]
Del 1 (öster)	151 000
Del 2 (söder)	169 000
Del 3 (norr)	248 000
Del 4 (väster)	186 000
Del 5 (Linsen)	-
Del 6 (datorsalar)	- 48 000 (förlust)
<b>Totalt</b>	<b>706 000</b>

Eftersom fönster utgör så stor del av fasadarean så bör även fönsteråtgärder undersökas närmare. De tvåglasfönster som finns kan kompletteras med en extra isolerruta invändigt.

## 5.2 Kyla

*Frågeställning:* Vilka åtgärder kan leda till minskat kylbehov?

### Kylåtervinning

Kylåtervinning kan installeras i luftbehandlingsaggregaten för att återvinna kyla på varma sommar dagar. Tester med BV<sup>2</sup> modeller visar att energianvändningen minskar med ungefär 600 kWh per år ifall kylåtervinning installeras i alla aggregat. Detta är en väldigt liten besparing och är därför inte värt att installera då det kostar mycket att byta ut.

### Frikyla

Serverrummen och datorsalarna i del 6 använder vattenburna kylsystem som är kopplat till fjärrkyla. Här skulle frikyla kunna användas genom att installera en värmeväxlare mot uteluften som kan kyla vattnet när det är kallt utomhus. Då behöver det inte användas lika mycket fjärrkyla.

Detta går att testa men BV<sup>2</sup> beräknar dock att man antingen kyler vattnet med enbart fjärrkyla eller enbart uteluft, i verkligheten går det att använda en blandning av båda ifall inte uteluften räcker till. Vid tester med BV<sup>2</sup> fyller man i vid vilken temperatur som uteluften klarar av hela kylbehovet och ingen fjärrkyla används. Det är svårt att veta vilken temperatur som ska väljas, BV<sup>2</sup> väljer automatiskt 10°C. Vid försök med

detta minskar energianvändningen med 172 000 kWh per år vilket är cirka 45 % av totala kylanvändningen.

## 5.3 Ventilation

*Frågeställning: Vilka åtgärder kan leda till minskat effektuttag för ventilationssystemet?*

### CAV till VAV

Del 3 och 4 som har CAV-system och fönsterbänksapparater bör i framtiden bytas ut till VAV och radiatorer. I dagsläget måste CAV-systemet gå på full fart i princip dygnet runt för att hålla rätt temperatur i kontoren. Vid installation av VAV kan ventilationen anpassas efter hur många personer det är i kontoren och vara helt avstängt på natten, helgen eller om kontoren är tomma.

Tabell 5.1 Besparing av värme-, kyl- och elenergi vid byte från CAV till VAV.

Byggnadsdel	Värmebesparing [kWh/år]	Kylbesparing [kWh/år]	Elbesparing [kWh/år]	Summa [kWh/år]
Del 3 (öster)	38 000	2 000	55 000	95 000
Del 4 (väster)	29 000	3 000	42 000	74 000
<b>Totalt</b>	67 000	5 000	97 000	169 000

Totalt minskar energianvändningen med ungefär 169 000 kWh per år genom att byta ut CAV-system med fönsterbänksapparater till VAV-system med radiatorer vilket är cirka 5 % av totala energianvändningen.

### Fläktbyte

Sätter man in fläktar i luftbehandlingsaggregat som ger ett SFP på 2,0 [kW/m<sup>3</sup>/s] för del 2 - 6 istället för 3,5 [kW/m<sup>3</sup>/s] minskar energianvändningen med 104 000 kWh per år vilket är cirka 9,3 % av totala elanvändningen. I Del 1 har systemet redan byggts om och har SFP på 2,5 [kW/m<sup>3</sup>/s] och behöver därför inte bytas.

Tabell 5.1 Besparing av fläktenergi vid förbättrat SFP.

Byggnadsdel	Energibesparing fläktar [kWh/år]
Del 2 (söder)	16 000
Del 3 (norr)	36 000
Del 4 (väster)	26 000
Del 5 (Linsen)	21 000
Del 6 (datorsalar)	5 000
<b>Totalt</b>	104 000

### Överdon i Linsen

Överluft utnyttjas väl i större delen av byggnaden förutom i Linsen. Där har datorsalarna tilluft och frånluft och även korridorerna utanför har tilluft och frånluft. Överdon hade kunnat installeras från datorsalarna till korridorerna för att på så vis

inte behöva ha några tilluftsdon i korridorerna och inte heller någon frånluft i datorsalarna.

## **Återluft**

Det finns ingen återluft i aggregaten. CAV-systemen körs hela nätterna för att inte rumstemperaturen ska sjunka då det tar lång tid att få upp temperaturen igen. Eftersom aggregaten inte har någon återluft tar man istället in kall uteluft under natten som måste värmas upp med värmebatteriet. Ifall återluft installerades hade den uppvärmda rumsluften istället kunna återanvändas vilket ger nästan 100 % återvinning istället för värmeväxlaren som ger 75 %. Nackdelen med återluft är att luftkvalitén försämras men kan användas under natten då kontoren i regel är tomma.

För del 3 (norr) minskar energianvändningen med 12 000 kWh och del 4 (väster) med 8 000 kWh. Totalt 20 000 kWh under ett år vilket är cirka 1 % av totala värmeanvändningen.

## **5.4 Elanvändning**

*Frågeställning:* Vilka åtgärder kan leda till minskat elbehov?

### **Närvarostyrd belysning**

I alla datorsalar och grupprum kan närvarostyrd belysning kombinerat med strömbrytare installeras. Då startar belysningen med ett knapptryck och sedan släcks det automatiskt när närvarogivaren inte känner av någon person inne i rummet. Även i korridorerna skulle närvarostyrd belysning kunna installeras istället för att ha var tredje lampa tänd på natten och helger. Man bör även se över möjligheterna att byta gamla belysningsarmaturer.

### **Koppla LUX-sensor till belysningen i Linsen**

I dagsläget finns det LUX-sensorer som styr gardinerna i del 5 (Linsen). Det innebär att gardinerna styrs efter hur mycket solljus som lyser på glasfasaderna. Dessa sensorer skulle kunna användas för att styra belysningen efter hur mycket solljus det kommer in.

### **Hyresgästel**

Akademiska Hus tycker att elanvändningen på natten är alldeles för hög och menar att 70-90 % av totala energianvändning under natten är till hyresgästel. Hyresgästel är energi som används av hyresgästerna i byggnaden, till exempel datorer och köksapparater.

Detta kan bero på det stora antalet serverrum som finns i byggnaden. Dessa är igång även på natten. Det skulle även kunna bero på att onödigt mycket belysning är igång eller att datorer i datorsalar sätts i viloläge istället för att stängas av helt.

En nattvandring kan göras i byggnaden för att kontrollera vilka apparater och vilken belysning som är igång för att bedöma vad som kan minskas.

## 5.5 Uppföljning och debitering

I detta kapitel föreslås åtgärder om hur debiteringen kan förändras för att göra det mer rättvist för hyresgästerna. Det viktigaste är att kunna skilja på fastighetsel och hyresgästel. Förslag 1 och förslag 2 gör att man kan dela upp dessa för sig och inte behöver dela den totala elanvändningen på hälften. Det är även viktigt att kunna följa upp energianvändningen på ett bättre sätt än vad man kan göra idag.

### Förslag 1

#### **Undermätare elcentral**

Ifall elnätet inte byggs om behöver fler undermätare sättas upp för att lokalisera vart elen används. Undermätare bör sättas upp på varje elcentral. På varje våningsplan finns det cirka 8-10 elcentraler och elmätare bör sättas upp i varje. Då kan man se vad varje elcentral använder och vart den energin går vilket gör att det går att debitera bättre än vad som kan göras idag.

**Fjärrkyla-undermätare** kan sättas upp i EDIT-huset. Dessa mätare kan placeras på kylbatterierna i luftbehandlingsaggregaten, fönsterbänksapparaterna och fläktluftkylarna. Då kan den institution som blir behandlat av ett luftbehandlingsaggregat betala för den kostnaden.

**Fjärrvärme-undermätare** kan sättas upp i EDIT-huset. Dessa mätare kan placeras på stora radiatorkretsar. Det kan även sättas upp undermätare på värmebatterierna i luftbehandlingsaggregaten och fönsterbänksapparaterna. Detta för att se hur värmen fördelas i byggnaden.

**Tappvarmvatten-undermätare** är inte relevant att sätta upp i kontorsbyggnader. Ett kontor har i regel låg användning av tappvarmvatten då det i liten omfattning tvättas kläder, diskas, duschas eller lagas mat. Tappvarmvatten används endast i de få köken och väldigt lite på toaletter.

### Förslag 2

#### **Ombyggnation av elnätet**

Vid en framtida ombyggnation bör man, utöver mätare på värme och kyla, även bygga om elnätet så att det är sektionerat per våningsplan, vilket gör det enkelt att sätta upp undermätare för att kunna mäta varje våningsplans elanvändning. Eftersom varje institution ofta hyr ett helt våningsplan så möjliggör denna lösning en exakt debitering för varje institution.

### Förslag 3

#### **Institutionerna i EDIT-huset delar kostnaden**

I stället för att Chalmers Fastigheter låter EDIT-huset dela på elkostnaden för alla Akademiska Hus byggnader på Chalmers så bör man låta institutionerna i EDIT-huset dela på den totala elanvändningen för EDIT-huset istället.

Detta är en väldigt enkel åtgärd då man redan vet hur mycket energi EDIT-huset använder totalt. Detta är mer rättvist än nuvarande system eftersom olika byggnader på Chalmers använder olika mängder energi. EDIT-huset använder till exempel mycket mer energi än vad Kemihuset gör.

## 6 Avslutning

Syftet med detta arbete var att utreda möjligheterna att energieffektivisera EDIT-huset på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Några indata var svåra att få tag på som till exempel antal personer i byggnaden. Vi har fått göra ett antal antaganden och förenklingar och även behövt göra om modellerna många gånger för att hamna på rätt värden jämfört mot Akademiska Hus. Vi lyckades trots allt skapa bra modeller i BV<sup>2</sup> där värme, kyla och el stämmer överens med verkligt uppmätta värden för varje månad. Dessa modeller kunde sedan användas till att analysera föreslagna åtgärder för energibesparing.

I arbetet har vi kommit fram till flera förslag på åtgärder som kan användas för att förbättra byggnadens energieffektivitet och som bör undersökas närmare. Bland annat reglerproblem, belysningstider, ventilationseffektivisering och frikyla. Vi har även kommit fram till förslag för att kunna mäta energianvändningen på ett bättre sätt än vad som kan göras idag för att skapa en mer rättvis debitering.

Vi tycker att BV<sup>2</sup> är ett bra och enkelt program som tar hänsyn till de viktigaste faktorerna som behövs för en energianalys. Vi fick några problem med buggar i programmet men som löstes snabbt av programmerare från CIT Energy Management. BV<sup>2</sup> är dock inte så bra på att hantera flera modeller samtidigt. Eftersom vi behövde dela upp byggnaden i sex olika modeller behövde varje modell ändras ifall en faktor behövde ändras.

Rapporten kan ligga till grund för framtida undersökningar och ombyggnationer av EDIT-huset.

## 7 Referenser

AGC Glass Europe. (u.å). *Glass unlimited* [Produktblad]. Bryssel: AGC Glass Europe

Arbetsmiljöverket. (2013). *Arbetsplatsens utformning: Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.*

Hämtad från

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>

Bergsten, B. (2004). *Free cooling in commercial buildings: application with evaporative cooling tower and chilled beams.* (Licentiatavhandling, Chalmers tekniska högskola, Department of Building Technology)

Boverket. (2012). *Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler- utgåva 2.* Hämtad från <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/handbok-for-energi-hushallning-enligt-boverkets-byggregler.pdf>

Boverket. (2014). *Atemp.* Hämtad från <http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>

Boverket. (2015). *Boverkets författarsamling.* Hämtad från <http://www.boverket.se/globalassets/vagledning/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-9>

Bratt, M & Isaksson, H. (2011). *Förstudie – Energieffektivisering av serverrum.*

Hämtad från

[http://belok.se/download/projektarkiv/2010\\_9%20F%C3%B6rstudie%20-%20serverhallar%20dec%202011.pdf](http://belok.se/download/projektarkiv/2010_9%20F%C3%B6rstudie%20-%20serverhallar%20dec%202011.pdf)

CIT Energy Management AB. (2012). *BV<sup>2</sup>: Byggnadens Värmebalans i Varaktighetsdiagram. Ett datorprogram för beräkning av byggnaders energibehov.*

Hämtad från

<http://www.bv2.se/Program/2012/bv2%20manualen%202012.pdf#zoom=75>

CIT Energy Management AB. (2013). *Varför BV<sup>2</sup>.* Hämtad från

<http://www.bv2.se/9/Introduktion.php>

Larsson, T & Berggren, B. (2015). *Undvik fel och fällor med köldbryggor: I nyproduktion.* Hämtad från

[http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/38A1FF38-F7A9-46D3-A87F-](http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/38A1FF38-F7A9-46D3-A87F-B5CEF3151B92%5CFinalReport%5CSBUF%2012801%20Slutrapport%20Undvik%20fel%20och%20f%C3%A4llor%20med%20k%C3%B6ldbryggor.pdf)

[B5CEF3151B92%5CFinalReport%5CSBUF%2012801%20Slutrapport%20Undvik%20fel%20och%20f%C3%A4llor%20med%20k%C3%B6ldbryggor.pdf](http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/38A1FF38-F7A9-46D3-A87F-B5CEF3151B92%5CFinalReport%5CSBUF%2012801%20Slutrapport%20Undvik%20fel%20och%20f%C3%A4llor%20med%20k%C3%B6ldbryggor.pdf)

Maripuu, ML. (2009). *Demand controlled ventilation (DCV) systems in commercial buildings: functional requirements on systems and components.* (Licentiatavhandling, Chalmers tekniska högskola, Department of Energy and Environment)

Nationalencyklopedin. (2016). *Värmeöverföring*. Hämtad från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rme%C3%B6verf%C3%B6ring>

Statens energimyndighet. (2007). *Förbättrad energistatistik för lokaler – ”Stegvis STIL” Rapport för år 1: Inventeringar av kontor och förvaltningsbyggnader*. Stockholm: Energimyndighetens förlag.

Statens energimyndighet. (2010). *Energien i våra lokaler: Resultat från Energimyndighetens STIL2-projekt*. [Elektronisk bild]. Hämtad från: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=2455>

Sveby. (2012). *Brukarindata bostäder*. Hämtad från [http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby\\_Brukarindata\\_bostader\\_version\\_1.0.pdf](http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby_Brukarindata_bostader_version_1.0.pdf)

Sveby. (2013). *Brukarindata kontor*. Hämtad från <http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2013/06/Brukarindata-kontor-version-1.1.pdf>

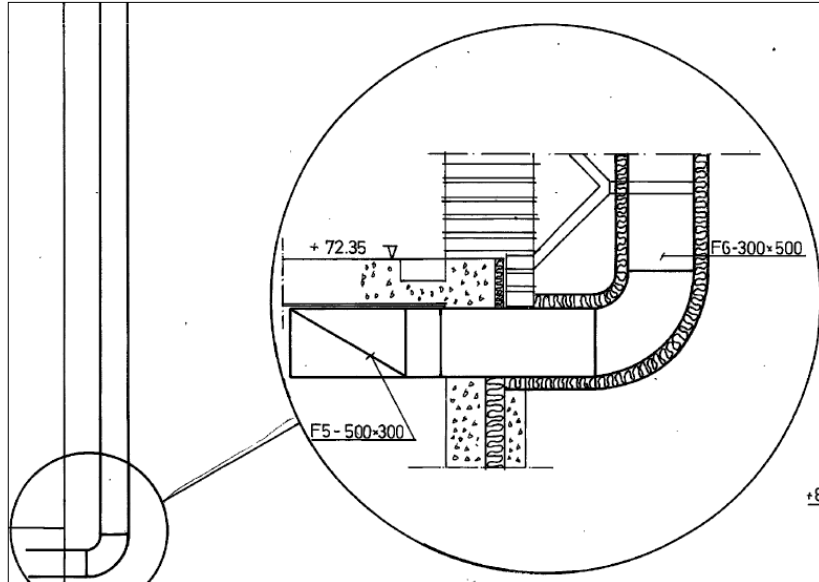
Svensk Förening för Förbrukningsmätning av Energi. (u.å). *Individuell mätning och debitering (IMD)*. Hämtad från <http://www.sffe.se/individuell-matning/>

Warfvinge, C., Dahlblom, M (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB

# Bilagor

## Bilaga 1

Visar tjockleken på ytterväggar och källarväggar samt att det finns isolering i källarväggarna men inte i tegelfasaderna.





## Bilaga 2

Areavärden för fasader, fönster och portar åt olika väderstreck.

DEL 1 (öster)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot väster	261,504	473,92612	0
Fasad mot öster	345,1362	750,1868	13,95
Fasad mot söder	0	38,57	0
Fasad mot norr	0	46,8952	0

DEL 2 (söder)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot väster	0	67,16864	0
Fasad mot söder	220,3477	746,7908	9,5815
Fasad mot öster	20,988	41,784	0
Fasad mot norr	322,8316	609,9346	20,33

DEL 3 (norr)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot norr	536,594	1216,786	4,5
Fasad mot söder	322,7	881,46	9,0
Fasad mot väster	30,528	100,416	0
Fasad mot öster	38,2336	151,2669	0

DEL 4 (väster)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot öster	218,3156	585,2944	5,5
Fasad mot norr	3	88,65	2,4
Fasad mot väster	354,3852	1013,2448	5,25
Fasad mot söder	43,89	87,14	0

DEL 5 (Linsen)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot öster	998,61784	0	0
Fasad mot väster	1086,92404	357,76	0
Fasad mot söder	10	0	0
Fasad mot norr	10	0	0

DEL 6 (datorsalar)	Fönster [m <sup>2</sup> ]	Fasader [m <sup>2</sup> ]	Portar [m <sup>2</sup> ]
Fasad mot öster	0	79,11	0
Fasad mot väster	0	0	0

Fasad mot söder	120	191,28	0
Fasad mot norr	0	0	0

### Bilaga 3

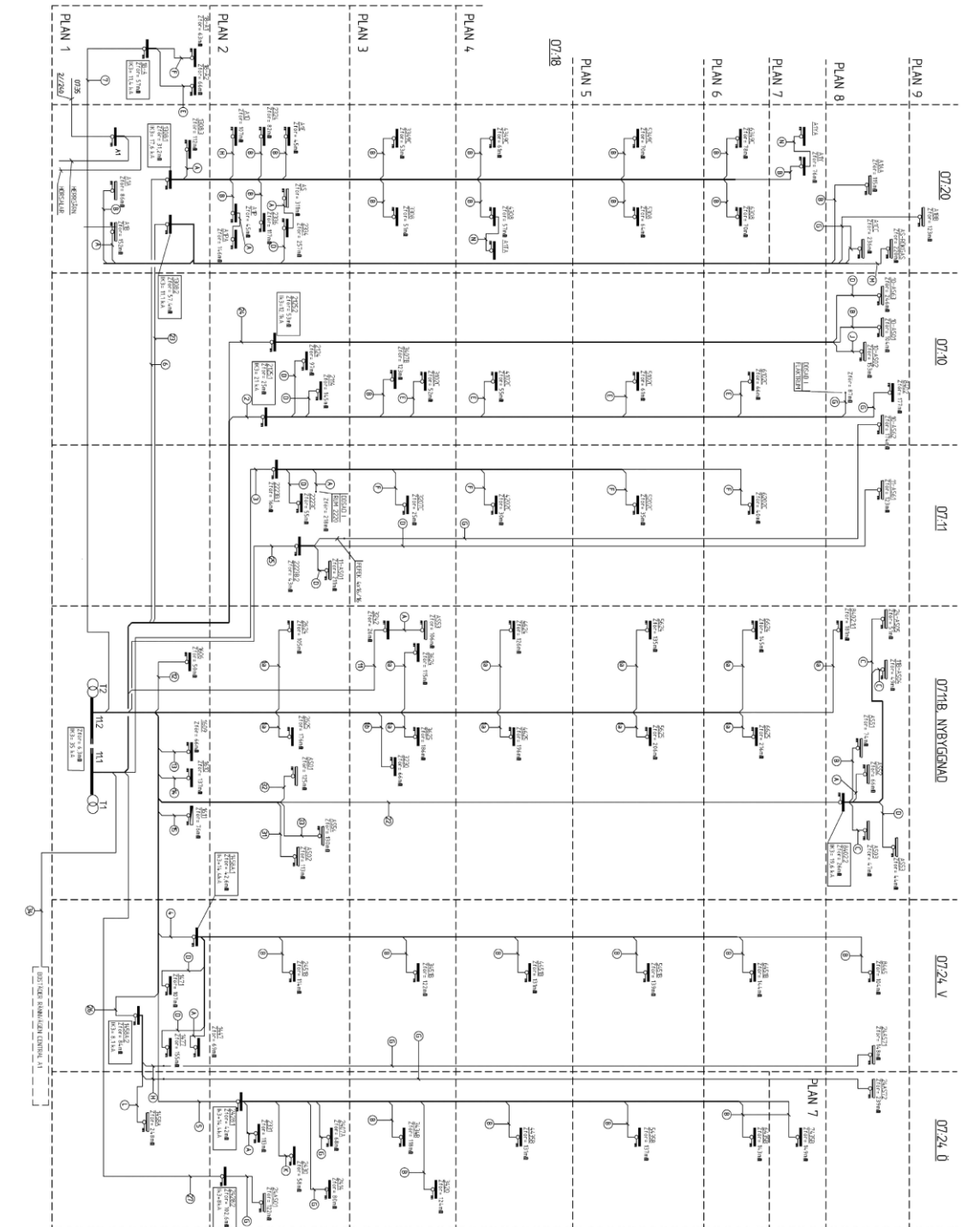
Akademiska Hus uppmätta månadsvärden för värme, kyla och el som jämförts med beräknade modeller från BV<sup>2</sup>.

Energianvändning per månad i kWh				
Månad	Fjärrvärme	Kyla	El	Summa
2015 - 12	322 233	19 548	122 936	464 718
2015 - 11	247 970	20 429	130 546	398 945
2015 - 10	150 776	17 871	131 593	300 241
2015 - 09	51 279	19 287	130 549	201 115
2015 - 08	449	30 638	118 876	149 964
2015 - 07	523	25 774	101 793	128 090
2015 - 06	15 646	11 973	88 580	116 198
2015 - 05	73 831	12 241	108 873	194 945
2015 - 04	158 320	8 399	95 959	262 678
2015 - 03	252 649	5 932	113 057	371 638
2015 - 02	304 123	5 036	112 753	421 911
2015 - 01	360 230	5 576	117 404	483 211
2014 - 12	295 379	7 524	121 765	424 667
2014 - 11	230 831	9 741	105 039	345 611
2014 - 10	164 961	8 977	107 202	281 141
2014 - 09	63 109	19 669	119 022	201 800
2014 - 08	2 078	34 372	122 164	158 614
2014 - 07	1 034	43 168	79 720	123 921
2014 - 06	4 689	27 356	85 820	117 865
2014 - 05	81 969	21 649	128 103	231 720
2014 - 04	145 449	15 595	100 665	261 708
2014 - 03	234 855	18 384	113 960	367 199
2014 - 02	306 636	16 512	106 533	429 681
2014 - 01	338 283	17 688	112 358	468 329
2013 - 12	303 653	31 608	112 867	448 128
2013 - 11	214 980	31 419	116 071	362 470
2013 - 10	126 763	29 423	118 885	275 071
2013 - 09	33 227	30 878	122 917	187 022
2013 - 08	1 044	42 054	113 331	156 429
2013 - 07	1 000	50 631	80 699	132 330
2013 - 06	1 408	26 842	100 401	128 651
2013 - 05	42 629	46 237	118 028	206 894
2013 - 04	122 207	34 134	102 443	258 784
2013 - 03	247 615	28 356	118 830	394 800
2013 - 02	276 157	30 494	114 940	421 591
2013 - 01	313 091	20 722	129 825	463 638
2012 - 12	299 563	19 467	133 433	452 463
2012 - 11	206 245	28 670	131 288	366 203
2012 - 10	136 003	24 948	126 757	287 708
2012 - 09	54 273	25 870	119 088	199 232
2012 - 08	12	41 698	131 567	173 277
2012 - 07	1 892	42 239	106 224	150 355
2012 - 06	15 325	30 578	109 738	155 641
2012 - 05	60 097	50 157	124 894	235 147
2012 - 04	144 792	34 982	118 452	298 226

2012 - 03	236 923	40 670	134 255	411 848
2012 - 02	282 177	37 092	130 703	449 972
2012 - 01	315 591	33 138	132 023	480 752
2011 - 12	286 860	30 651	128 957	446 468
2011 - 11	228 684	42 721	154 531	425 936
2011 - 10	150 557	28 654	149 181	328 392
2011 - 09	65 083	32 759	132 669	230 511
2011 - 08	340	45 644	119 466	165 451
2011 - 07	2 772	66 011	119 273	188 056
2011 - 06	16 016	45 470	119 481	180 966
2011 - 05	38 296	41 770	143 658	223 723
2011 - 04	161 540	33 882	139 602	335 025
2011 - 03	252 582	28 863	152 462	433 908
2011 - 02	294 993	29 350	142 764	467 106
2011 - 01	324 306	28 926	147 297	500 529
2010 - 12	294 927	32 541	139 312	466 780
2010 - 11	231 572	41 298	157 108	429 978
2010 - 10	136 974	39 002	147 668	323 644
2010 - 09	57 961	33 846	141 852	233 659
2010 - 08	1 254	58 495	129 362	189 111
2010 - 07	2 788	72 665	119 448	194 901
2010 - 06	0	40 658	127 860	168 517
2010 - 05	57 139	44 134	146 351	247 623
2010 - 04	153 876	33 171	141 923	328 970
2010 - 03	247 814	30 073	155 899	433 787
2010 - 02	278 760	28 453	147 611	454 825
2010 - 01	305 971	38 502	136 131	480 603

# Bilaga 4

## Huvudledningschema över elnätet i EDIT-huset.



**FÖRKÄRLNINGAR**  
TEKNIKKEN INOM ELEKTRIK OCH KONTROLL  
INOM ELEKTRIK OCH KONTROLL

TEK. ILLUSTRATION	ÄNDRINGS NUMMER	ÄNDRINGS DATUM
1	Z/1/001 L/06/29	2006
5	Z/1/001 L/07/29	2006
7	A/001 L/05/01/1	2004
8	F/001 L/05/78	2004
9	F/001 L/06/78	2004
9	F/001 L/07/78	2004
22	Z/1/001 L/09/11	2004
24	A/001 L/05/29	2004
25	F/001 L/06/78	2004
26	F/001 L/07/78	2004
27	F/001 L/08/78	2004

TEK. ILLUSTRATION	ÄNDRINGS NUMMER	ÄNDRINGS DATUM
1a	F/001 L/02/78	2004
2a	F/001 L/02/78	2004

**TEK. ILLUSTRATION 07.11.11**

TEK. ILLUSTRATION	ÄNDRINGS NUMMER	ÄNDRINGS DATUM
1	Z/1/001 L/06/29	2006
3	Z/1/001 L/09/01/1	2004
4	Z/1/001 L/09/01/1	2004
7	A/001 L/05/01/1	2004
8	F/001 L/05/78	2004
9	F/001 L/06/78	2004
9	F/001 L/07/78	2004
22	Z/1/001 L/09/11	2004
24	A/001 L/05/29	2004
25	F/001 L/06/78	2004
26	F/001 L/07/78	2004
27	F/001 L/08/78	2004

ÖVERSIKTSKORT  
 A BOK L/06/78  
 C F/01 L/06/78  
 D F/01 L/07/78  
 E F/01 L/08/78  
 F F/01 L/09/78  
 G F/02 L/06/78  
 H F/01 L/07/78  
 I F/01 L/07/78  
 J F/01 L/07/78  
 K F/01 L/07/78  
 L F/01 L/07/78  
 M F/01 L/07/78  
 N F/01 L/07/78  
 O F/01 L/07/78  
 P F/01 L/07/78  
 Q F/01 L/07/78  
 R F/01 L/07/78  
 S F/01 L/07/78  
 T F/01 L/07/78  
 U F/01 L/07/78  
 V F/01 L/07/78  
 W F/01 L/07/78  
 X F/01 L/07/78  
 Y F/01 L/07/78  
 Z F/01 L/07/78

**RELATIONSHANDLING**  
INOM ELEKTRIK OCH KONTROLL

TEK. ILLUSTRATION	ÄNDRINGS NUMMER	ÄNDRINGS DATUM
1	Z/1/001 L/06/29	2006
3	Z/1/001 L/09/01/1	2004
4	Z/1/001 L/09/01/1	2004
7	A/001 L/05/01/1	2004
8	F/001 L/05/78	2004
9	F/001 L/06/78	2004
9	F/001 L/07/78	2004
22	Z/1/001 L/09/11	2004
24	A/001 L/05/29	2004
25	F/001 L/06/78	2004
26	F/001 L/07/78	2004
27	F/001 L/08/78	2004

**AKADEMISKA HUS**  
AKADEMISKA HUS AB  
TEKNIKKEN INOM ELEKTRIK OCH KONTROLL

**CHALMERS EDIT**  
Johannessonsgatan 319  
SE-413 45 GÖTEBORG  
08007824  
08007824  
08007824  
08007824  
 Arne Rogell  
 Replicas Ingenjör AB  
 Replicas Ingenjör AB  
 7919-09-16 2008-01-17

**HUVUDLEDNINGSSCHEMA**  
E600.011

## Bilaga 5

Månadsvärden för del 1 - 6 från modellerna i BV<sup>2</sup>.

### Del 1 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet														
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt														
Energi [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec				
V Ä R M E	Radiator	292135	49908	46348	39325	24691	16286	5797	959	1154	8091	24712	30257	44609				
	Värmebatt	210	104	83	1	0	0	0	0	0	0	0	1	20				
	Tappvarmv	6952	1115	858	1115	772	534	204	119	242	409	660	772	950				
	Totalt	299297	36751	33937	29107	18347	12126	4330	802	1064	6168	18249	22310	32723				
	Återvinning	51933	9549	8746	7588	4682	2805	816	92	110	1303	4454	5842	9312				
E L	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Belysning	49322	4642	4178	4631	4534	4659	2260	2382	3539	4574	4656	4517	4751				
	Maskiner	45315	4257	3829	4245	4167	4276	2075	2197	3258	4211	4273	4148	4379				
	Fläktar	17177	1422	1271	1412	1413	1437	1400	1533	1493	1448	1434	1398	1517				
	Extra	6596	358	324	358	347	358	173	179	269	347	358	347	358				
	Totalt	102596	9457	8502	9427	9267	9504	5312	5661	7626	9373	9495	9221	9752				
K Y L A	Vattenkrets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Kylbatt	12920	0	0	0	319	892	1251	4679	4662	1116	2	0	0				
	Totalt	12920	0	0	0	268	749	1052	3932	3917	938	1	0	0				
	Återvinning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
F R I	Person	15678	1473	1325	1469	1442	1480	718	760	1127	1457	1478	1435	1515				
	Solinstrålning	104812	4493	3919	5571	7864	10052	11947	14909	14893	11413	8036	6696	5018				

### Del 2 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet														
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt														
Energi [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec				
V Ä R M E	Radiator	306301	48717	43597	45660	29977	13064	4163	2140	2045	7734	23033	38063	48109				
	Värmebatt	9687	1848	1655	1650	782	146	12	0	40	527	1163	1865					
	Tappvarmv	10181	1632	1256	1632	1131	782	299	174	355	598	966	1131	1391				
	Totalt	326169	35728	31769	33500	21731	9552	3056	1585	1703	5740	16715	27469	35103				
	Återvinning	101316	15544	13930	14768	10470	5633	2318	1242	1319	3764	8622	12591	15511				
E L	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Belysning	94100	8965	8086	8958	8642	8929	4296	4413	6646	8636	8942	8637	8951				
	Maskiner	66358	6333	5709	6326	6095	6297	3022	3097	4671	6089	6311	6089	6319				
	Fläktar	35704	3050	2743	3042	2914	3034	2915	3043	3061	2932	3025	2908	3035				
	Extra	6596	358	324	358	347	358	173	179	269	347	358	347	358				
	Totalt	174173	16250	14647	16231	15631	16174	9231	9526	12828	15639	16188	15616	16212				
K Y L A	Vattenkrets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Kylbatt	10540	0	0	0	40	760	1479	3778	3253	1202	28	0	0				
	Totalt	10540	0	0	0	37	714	1390	3552	3058	1130	26	0	0				
	Återvinning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
F R I	Person	22965	2192	1976	2189	2109	2179	1046	1072	1617	2107	2184	2107	2187				
	Solinstrålning	150076	7029	6480	7533	10189	15435	18049	20383	20183	16600	12550	8376	7268				

## Del 3 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet													
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt													
Energier [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec			
V Ä R M E	Radiator	463598	73680	66616	68765	45429	19911	6293	2939	3039	12010	35342	57497	72076			
	Värmebatt	24921	4640	4259	4124	2114	472	54	4	2	160	1459	3050	4585			
	Tappvarmv	11591	1858	1430	1858	1288	891	341	198	404	681	1100	1288	1584			
	Totalt	500110	55731	50191	51965	33881	14797	4657	2197	2468	8966	26302	42852	54321			
	Återvinning	273254	29307	26578	27865	21244	13907	8755	5902	6434	11110	19142	24372	29147			
E L	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Belysning	107132	10168	9163	10155	9841	10181	4914	5077	7613	9844	10179	9823	10174			
	Maskiner	75548	7172	6456	7158	6942	7185	3464	3579	5366	6944	7182	6923	7178			
	Fläktar	95175	6970	6279	6959	7102	8502	9276	9885	9874	8723	7898	6732	6974			
	Extra	6596	358	324	358	347	358	173	179	269	347	358	347	358			
Totalt	233642	20513	18478	20482	20142	21770	14674	15403	19108	21453	21279	19812	20527				
K Y L A	Valtenkrets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Kylbatt	14167	0	0	0	73	1021	1953	5157	4405	1543	15	0	0			
	Totalt	14167	0	0	0	57	803	1536	4057	3465	1214	12	0	0			
	Återvinning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
F R I	Person	26157	2483	2235	2478	2403	2488	1199	1239	1858	2404	2487	2397	2485			
	Solinstrålning	242892	11204	10256	12076	16399	25071	29423	33291	32907	26956	20208	13431	11673			

## Del 4 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet													
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt													
Energier [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec			
V Ä R M E	Radiator	357995	56360	50449	53033	35364	15847	5063	2393	2431	9448	27423	44564	55620			
	Värmebatt	17671	3285	2957	2955	1495	337	40	4	2	114	1023	2159	3299			
	Tappvarmv	7503	1203	926	1203	833	577	220	128	262	441	712	833	1025			
	Totalt	383168	42203	37638	39679	26128	11657	3709	1766	1924	6981	20222	32918	41529			
	Återvinning	192083	19032	17134	18182	13592	8730	5463	3695	4014	6745	12009	15785	19016			
E L	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Kylmaskiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Belysning	58263	5553	5008	5548	5351	5528	2658	2729	4111	5347	5538	5347	5544			
	Maskiner	48901	4667	4207	4662	4491	4640	2227	2282	3442	4487	4650	4487	4657			
	Fläktar	67890	5058	4562	5054	5055	5991	6562	7012	7033	6075	5555	4871	5050			
	Extra	6596	358	324	358	347	358	173	179	269	347	358	347	358			
Totalt	144623	12768	11515	12757	12431	13398	9099	9538	11820	13161	13100	12291	12745				
K Y L A	Valtenkrets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Kylbatt	10824	0	0	0	41	762	1490	3880	3370	1253	29	0	0			
	Totalt	10824	0	0	0	28	512	1001	2607	2264	841	19	0	0			
	Återvinning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
F R I	Person	16958	1618	1459	1617	1558	1609	772	791	1194	1556	1613	1556	1615			
	Solinstrålning	176964	7638	7071	8256	11656	18431	21990	25113	24821	20037	14656	9342	7953			

## Del 5 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet													
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt													
Energier [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec			
V Ä R M E	Radiator	?	218027	39682	35724	35124	19611	5441	1144	280	178	2332	13658	26594	38260		
	Värmebatt	?	8493	1620	1475	1443	722	133	11	0	0	38	477	1005	1569		
	Tappvarmv	?	7217	1157	891	1157	802	555	212	123	252	424	685	802	986		
	Totalt	?	233737	29845	26734	26559	14896	4394	1001	314	373	2049	10473	19942	28653		
	Återvinning	?	84934	10840	9835	10327	8268	6016	4102	2334	2556	5153	8162	8844	10680		
E L	Kylmaskiner	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Kylmaskiner	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Belysning	?	134550	12785	11545	12822	12385	12790	6173	6293	9441	12357	12820	12376	12763		
	Maskiner	?	47041	4478	4042	4507	4343	4482	2157	2162	3245	4322	4505	4336	4461		
	Fläktar	?	47257	1073	967	1090	2156	5201	7767	8294	8393	6340	3795	1118	1063		
	Extra	?	6596	358	324	358	347	358	173	179	269	347	358	347	358		
	Totalt	?	190152	14808	13369	14877	15417	18762	14076	14679	18152	19377	17460	14410	14767		
K Y L A	Vattenkrets	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Kylbatt	?	31850	0	0	0	144	2210	4498	10982	10077	3851	88	0	0		
	Totalt	?	31850	0	0	0	135	2071	4216	10292	9443	3609	82	0	0		
	Återvinning	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
F R I	Person	?	13379	1274	1150	1282	1235	1275	613	615	923	1229	1281	1233	1269		
	Solinstrålning	?	434309	8829	8581	10415	22689	48389	64687	78007	77735	56442	33566	14872	10095		

## Del 6 månadsvärden

Månadsdata

Tabell typ		Del av dygn		Storhet													
<input checked="" type="radio"/> Månadsdata <input type="radio"/> Årsdata		<input checked="" type="radio"/> Totalt <input type="radio"/> Dag <input type="radio"/> Natt		<input checked="" type="radio"/> Energi <input type="radio"/> Effekt													
Energier [kWh/år]		Total	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec			
V Ä R M E	Radiator	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Värmebatt	?	134	27	37	17	0	0	0	0	0	0	5	48			
	Tappvarmv	?	2825	392	315	392	297	231	95	67	123	190	268	297	348		
	Totalt	?	2958	422	355	410	298	231	95	67	123	190	268	303	401		
	Återvinning	?	30661	4772	4290	4481	3154	1631	664	354	382	1093	2601	3830	4756		
E L	Kylmaskiner	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Kylmaskiner	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Belysning	?	30746	2919	2627	2913	2825	2924	1410	1456	2184	2826	2923	2817	2921		
	Maskiner	?	413082	39199	35362	39172	37937	39225	18955	19585	29373	37942	39220	37900	39211		
	Fläktar	?	9794	833	747	830	807	837	803	829	829	807	836	802	835		
	Extra	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Totalt	?	332211	31430	28343	31402	30418	31456	15597	16115	23752	30423	31451	30380	31442		
K Y L A	Vattenkrets	?	301200	26292	23717	26488	25844	25598	23198	23653	23690	24160	26248	25973	26339		
	Kylbatt	?	2825	0	0	0	15	209	396	1026	869	307	3	0	0		
	Totalt	?	304026	21866	19725	22030	21508	21485	19664	20632	20515	20381	21833	21602	21906		
	Återvinning	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
F R I	Person	?	6923	657	592	656	636	658	317	328	492	636	658	634	658		
	Solinstrålning	?	42102	2159	1964	2293	2937	4251	4874	5469	5411	4511	3523	2486	2224		



## Bilaga 6

### Energideklaration för EDIT-huset



## Energideklaration

Version 1.4

### Byggnadens ägare - Kontaktuppgifter

Ägarens namn Akademiska Hus Väst AB	Personnummer/Organisationsnummer 556467-8760	Utländsk adress <input type="checkbox"/>
Adress Box 476	Postnummer 40127	Postort Göteborg
Land	Telefonnummer	Mobiltelefonnummer
E-postadress		

### Byggnadens ägare - Övriga

Ägarens namn	Personnummer/Organisationsnummer
--------------	----------------------------------

### Byggnaden - Identifikation

Län Västra Götaland	Kommun Göteborg	Fastighetsbeteckning Johanneberg 31:9	
Egen beteckning O0007020,O0007024,O0007010, O0007011	Egna hem <input type="checkbox"/>		
Husnummer 10	Prefix byggnadsid 1	Byggnadsid 1781973	Byggnadsid finns ej (experten har kontrollerat) <input type="checkbox"/>
Adress Rännvägen 8	Postnummer 41258	Postort Göteborg	Huvudadress <input checked="" type="checkbox"/>

### Byggnaden - Egenskaper

Typkod		Byggnadskategori	
825 - Specialenhet, skolbyggnad		Lokal- och specialbyggnader	
Byggnadens komplexitet		Byggnadstyp	Nybyggnadsår
<input type="radio"/> Enkel <input checked="" type="radio"/> Komplex		Gavel	1963
Atemp (exkl. Avarmgarage) <input type="radio"/> Mätt värde 22 917 m <sup>2</sup> <input type="radio"/> Omvandlat från BOA/LOA <input type="radio"/> Omvandling för kontorsbyggnad (>=75%) <input type="radio"/> Omvandlat från BRA <input checked="" type="radio"/> Omvandlat från BTA		Verksamhet Fördela enligt nedan:	
BOA m <sup>2</sup>		LOA 19 592 m <sup>2</sup>	
BRA 22 886 m <sup>2</sup>		BTA 25 463 m <sup>2</sup>	
Antal källarplan uppvärmda till >10°C (exkl. garageplan) 0		Procent av Atemp (exkl. Avarmgarage)	
Avarmgarage 0 m <sup>2</sup>		Bostäder (inkl. biarea, t.ex. trapphus och uppvärmd källare) _____ Hotell, pensionat och elevhem _____ Restaurang _____ Kontor och förvaltning 100 Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel _____ Butiks- och lagerlokaler för övrig handel _____ Köpcentrum _____ Vård, dygnet runt _____ Vård, dagtid (samt serviceboende, frisersalong o. dyl) _____ Skolor (förskola-universitet) _____ Bad-, sport-, idrottsanläggningar (ej utomhusarenor) _____ Teater-, konsert-, biograflokaler och övriga samlingslokaler _____ Övrig verksamhet - ange vad _____	
Antal våningsplan ovan mark 10			
Antal trapphus 6			
Antal bostadslägenheter _____			
Projekterat genomsnittligt ventilationsflöde i lokaler och specialbyggnader 0,76 l/s,m <sup>2</sup>		Summa 100	

## Energianvändning

Vilken 12-månadsperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)			
0701 - 0712			
Hur mycket energi har använts för värme och kyla angivet år (ange mätt värde om möjligt)? Angivna värden skall inte vara normalårskorrigerade		Omvandlingsfaktorer för bränslen i tabellen nedan gäller om inte annat uppmätts:	
		Eldningsolja	10 000 kWh/m <sup>3</sup>
		Naturgas	11 000 kWh/1 000 m <sup>3</sup> (effektivt värmevärde)
		Stadsgas	4 600 kWh/1 000 m <sup>3</sup>
		Pellets	4 500-5 000 kWh/ton, beroende av träslag och fukthalt
		Källa: Energimyndigheten För övriga biobränsle varierar värmevärdet beroende av sammansättning och fukthalt. Det är expertens ansvar att omräkna bränslets vikt eller volym till energi på ett korrekt sätt.	
		Övrig el (ange mätt värde om möjligt)	
		Angivna värden skall inte vara normalårskorrigerade	
		Mätt värde	Fördelat värde
Fjärrvärme (1)	1 775 000 kWh	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eldningsolja (2)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Naturgas, stadsgas (3)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ved (4)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flis/pellets/briketter (5)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Övrigt biobränsle (6)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El (vattenburen) (7)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El (direktverkande) (8)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El (luftburen) (9)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Markvärmepump (el) (10)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värmepump-frånluft (el) (11)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värmepump-luft/luft (el) (12)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värmepump-luft/vatten (el) (13)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Summa 1-13 <sup>1</sup> (#1)	1 775 000 kWh		
Varav energi till varmvattenberedning	88 750 kWh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Fjärrkyla (14)	498 800 kWh	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fastighetsel (15)	470 500 kWh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hushållsel (16)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verksamhetsel (17)	1 644 500 kWh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Komfortkyla (18)	kWh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Summa 7-13,15-18 <sup>2</sup> (#2)	2 115 000 kWh		
Summa 1-15,18 <sup>3</sup> (#3)	2 744 300 kWh		
Summa 7-13,15,18 <sup>4</sup> (#4)	470 500 kWh		
Finns solvärme? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej			
Om ja, ange total solfångararea	m <sup>2</sup>		
Ort (graddagar)	Normalårskorrigerat värde (graddagar)	Ort (Energi-Index)	Normalårskorrigerat värde (Energi-Index) <sup>5</sup>
Göteborg A	3 082 217 kWh	Göteborg	3 003 381 kWh
Energiprestanda	...varav el	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	Referensvärde 2 (statistiskt intervall)
131 kWh/m <sup>2</sup> ,år	21 kWh/m <sup>2</sup> ,år	129 kWh/m <sup>2</sup> ,år	107 - 161 kWh/m <sup>2</sup> ,år

<sup>1</sup> Energi för uppvärmning och varmvatten

<sup>2</sup> El totalt

<sup>3</sup> Värme, kyla och fastighetsel

<sup>4</sup> El exklusive hushållsel och verksamhetsel

<sup>5</sup> Underlag för energiprestanda

### Uppgifter om ventilationskontroll

Finns det krav på ventilationskontroll i byggnaden? <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej	
Typ av ventilationsystem <input checked="" type="checkbox"/> FTX <input type="checkbox"/> FT <input type="checkbox"/> F med återvinning <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Självdrag	
Är ventilationskontrollen godkänd vid tidpunkten för energideklarationen? <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej <input type="radio"/> Delvis <sup>9</sup> 100 % godkänd	

<sup>9</sup> Avser när byggnaden har fler ventilationsaggregat

### Uppgifter om luftkonditioneringsystem

Finns luftkonditioneringsystem med nominell kyl effekt större än 12kW? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej		
Nominell kyl effekt enligt standard SS-EN 14 511-2:2007	Byggnadens nuvarande kyl effektbehov	Area som är luftkonditionerad
_____ kW	_____ kW	_____ m <sup>2</sup>

### Uppgifter om radon

Är radonhalten mätt? <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej		
Radonhalt	Typ av mätning	Datum för radonmätning
200 Bq/m <sup>3</sup>	Annan mätmetod	2007-04-13

### Utförda energieffektiviseringsåtgärder

#### Rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder

Åtgärdsförslag	Minskad energianvändning	Kostnad per sparad kWh	Minskat utsläpp av CO <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> Styr- och reglerteknik <input type="checkbox"/> Byggnadsteknik <input type="checkbox"/> Installationsteknik	38 000 kWh/år	0 kr/kWh	3,04 ton/år
Beskrivning av åtgärden Åtgärd 1: Se över tidkanaler för ventilationsaggregaten. Då det sitter övertidsknappar i korridorer på 3h kan man med gott samvete sänka drifttiden om verksamhet skulle förekomma efter utsatt tid. En uppskattning på nerdragning av tid på ca 3h/dygn/aggreat besparar enligt nedan i energianvändning. Det sammanvägda resultatet för värme och el blir följande: Total kostnad: 1500 kr Besparing: 38000 kWh/år Kostnad per sparad kWh: 0,00 kr Minskade utsläpp av CO2: 3,04 ton/år			

Åtgärdsförslag	Minskad energianvändning	Kostnad per sparad kWh	Minskat utsläpp av CO <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> Styr- och reglerteknik <input type="checkbox"/> Byggnadsteknik <input type="checkbox"/> Installationsteknik	26 000 kWh/år	0,01 kr/kWh	2,08 ton/år
Beskrivning av åtgärden Åtgärd 2: Sänka BV från 21 till 19 °C på tillufts temperaturen på LA06 och LA07 då differansen mellan börvärdena bl.a är för liten... I dag är det 100% forcering på betjäningssområden där efterbehandling tillkommer med ett AV på över 22 °C .Konf/samlingsrum. Temp och närvarogivare bör också kollas över för att se att samspelen i sekvens fungerar . Det sammanvägda resultatet för värme och el blir följande: Total kostnad: 1500 kr Besparing: 22000 kWh/år Kostnad per sparad kWh: 0,01 kr Minskade utsläpp av CO2: 1,76 ton/år			

Åtgärdsförslag	Minskad energianvändning	Kostnad per sparad kWh	Minskat utsläpp av CO <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> Styr- och reglerteknik <input type="checkbox"/> Byggnadsteknik <input checked="" type="checkbox"/> Installationsteknik	42 000 kWh/år	2,36 kr/kWh	1,68 ton/år
Beskrivning av åtgärden Åtgärd 5: Komplettering med nya lysrörsamaturer med HF-don i kontor och salar där det sitter äldre idag. 25% pålägg för vissa kostnader. Antal ca 440 st Det sammanvägda resultatet för värme och el blir följande: Total kostnad: 220000kr Besparing: 42000 kWh/år Kostnad per sparad kWh: 2,36 kr Minskade utsläpp av CO2: 1,68 ton/år			

Åtgärdsförslag	Minskad energianvändning	Kostnad per sparad kWh	Minskat utsläpp av CO <sub>2</sub>
<input checked="" type="checkbox"/> Styr- och reglerteknik <input type="checkbox"/> Byggnadsteknik <input checked="" type="checkbox"/> Installationsteknik	21 000 kWh/år	1,74 kr/kWh	0,84 ton/år
Beskrivning av åtgärden Åtgärd 4: Komplettering med nya lysrörsamaturer med HF-don (luxstyrning) i korridorer där det sitter äldre idag. Antal ca 180 st Det sammanvägda resultatet för värme och el blir följande: Total kostnad: 787500 kr			

Besparing: 21000 kWh/år Kostnad per sparad kWh: 1,74 kr Minskade utsläpp av CO2: 0,84 ton/år

Åtgärdsförslag	Minskad energianvändning	Kostnad per sparad kWh	Minskat utsläpp av CO <sub>2</sub>
<input type="checkbox"/> Styr- och reglerteknik <input checked="" type="checkbox"/> Byggnadsteknik <input checked="" type="checkbox"/> Installationsteknik	77 000 kWh/år	0,93 kr/kWh	6,16 ton/år
Beskrivning av åtgärden Åtgärd 3: Komplettera med en extra isolemata invändigt på de äldre kopplade 2-glasfönsterna för att få ner energianvändningen. Ca 390 st 25% pålägg för vissa kostnader på totalpris. Det sammanvägda resultatet för värme och el blir följande: Total kostnad: 1608750 kr Besparing: 77000 kWh/år Kostnad per sparad kWh: 0,93 kr Minskade utsläpp av CO2: 6,16 ton/år			