

# Beräkning och uppföljning av energianvändning i lokalbyggnader

- Förenklad indata till en avancerad beräkningsmodell

*Christopher Irminger Street*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2008  
Rapport TVIT-08/5014



# Lunds Universitet

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

## Avdelningen för installationsteknik

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

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

# Beräkning och uppföljning av energianvändning i lokalbyggnader

- Förenklad indata till en avancerad beräkningsmodell

*Christopher Irminger Street*

© Christopher Irminger Street, 2008

ISRN LUTVDG/TVIT--08/5014--SE(110)

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

## Sammanfattning

**Titel:** Beräkning och uppföljning av energianvändning i lokalbyggnader  
– Förenklad indata till en avancerad beräkningsmodell

**Författare:** Christopher Irminger Street

**Handledare:** Catarina Warfvinge, avdelningen för Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola.

**Problemställning:** Inom fastighetsförvaltning används flera olika nyckeltal för olika poster inom drift och underhåll för att övervaka byggnaden samt som underlag för prognoser och framtida beslut. Traditionellt jämförs den aktuella byggnaden mot statistiska värden för liknande vilket ger ett referensvärde. Vid statistiska jämförelser missas att varje byggnad är mer eller mindre unik och måste betraktas utifrån sina egna fysikaliska egenskaper och dess verksamhet. För att bedöma om en byggnad är energieffektiv kan en energikalkyl med hjälp av simuleringsprogram göras, där resultatet jämförs med den verkliga byggnadens energianvändning. På så vis fås en indikation på hur mycket energi byggnaden borde dra. Utifrån detta kan sedan beslut om eventuella energibesparande åtgärder fattas.

I regel är det tidskrävande att bygga upp en modell av en byggnad i ett energiberäkningsprogram. Detta kan snabbas upp genom att använda beräkningsprogram som har indata som schabloner utifrån vilken typ av verksamhet som bedrivs och byggår. Ett sådant beräkningsprogram är VIPWEB som använder sig av VIP+s beräkningskärna. För att detta skall vara en effektiv metod krävs att simuleringsprogrammet som används är tillförlitligt. Går det att använda det förenklade programmet VIPWEB för att uppnå tillfredställande resultat vid beräkning av lokalers energianvändning?

**Syfte:** Syftet med studien är att undersöka om det går att använda förenklade indatametoder för beräkning av energianvändning för just lokalbyggnader. Syftet är även att undersöka de antagande om indata som görs i VIPWEB genom att beräkningsresultatet för lokalbyggnaders energibehov jämförs med uppmätta värden.

**Metod:** I samråd med Bromölla Kommun väljs ett antal lämpliga lokalbyggnader inom verksamheterna utbildning, kontor och äldreboende. Urvalet baseras på att det skall finnas god tillgång till teknisk information och energistatistik. För att få en uppfattning om byggnadernas egenskaper görs enklare besiktning av de valda objekten. Samtal med personal i de utvalda byggnaderna görs för att få en indikation av brukarbeteende och hur de upplever inomhusklimatet.

Informationen som samlats in ligger till grund för simuleringar av energiflöden i VIPWEB samt fortsatt analys i VIP+.

**Slutsatser:** I samtliga fall var den med VIPWEB beräknade energianvändningen lägre än den uppmätta. Störst skillnad var det i fallet för utbildning. Äldreboende var den kategori det där det var minst skillnad mellan beräknad och uppmätt energianvändning. För kategorin utbildning överskattas troligen värmetillskottet från personer som antas vistas i byggnaden, vilket innebär att uppvärmningsbehovet underskattas.

Resultatet visar att fläkttrycket i en VIPWEB beräkning styrs av byggnadsår snarare än valt ventilationssystem. Drifttiden är samma oavsett vilken aktivitet som väljs vilket påverkar energianvändningen. Någon kompensation för köldbryggor görs ej i VIPWEB.

Sammantaget innebär det för många osäkerheter förknippade med schabloniserade inmatningen för att resultatet skall kunna användas utan vidare analys. VIPWEB kan användas för att påskynda inmatningen av indata till VIP+ där den sedan måste kontrolleras och jämföras med den verkliga byggnaden, dess användning och energitekniska status på byggnadsdelar och installationssystem.

**Nyckelord:** Energiberäkning, lokalbyggnader, energianvändning, VIPWEB, VIP+.

## Abstract

**Project title:** Calculation and follow up energy use in public buildings  
- A study of using simplified input in advanced energy calculation software

**Author:** Christopher Irminger Street, Civil Engineering, Lund University

**Supervisor:** Catarina Warfvinge, Division of Building Services, Lund University

**Presentation:** In property management certain key values are used to determine energy performance, to monitor maintenance, and to provide ground for decision making future investment. Traditionally the reference value for a building is determined by comparing the current building against the statistical values of a similar building. The limitation this method is that all buildings are more or less unique and have to be considered from their own characteristics.

In order to judge the energy effectiveness of a building one can make use of energy calculation software to create a reference value based on a well functioning building. Comparing the generated reference value against the known energy consumption will highlight any shortfalls in the buildings energy effectiveness; provide background for possible improvements to the fabric of the building and or HVAC systems within.

The process of building a model in a simulation programme can be very time consuming. By using software that have input data based on activities in the building and its age, this process can be greatly accelerated. VIPWEB is software that uses such technology. For the described method to be effective the energy calculation software must be reliable.

**Aim:** Is it possible to achieve reliable results by using VIPWEB to calculate a public building's energy needs?

**Method:** The types of buildings investigated are educational buildings, offices and nursing homes for the elderly. The buildings are chosen relative to the assets of technical information and energy statistics. A total of eight properties are investigated.

On-site inspections were conducted to obtain an indication of the status of each building. Some staff was interviewed to get an indication of how the buildings are used.

The calculated values are compared to the measured energy used in the buildings investigated.

**Conclusion:**

In all cases the simulated energy use, as calculated by VIPWEB, is lower than the measured. The greatest difference between calculated and measured energy use occurred for educational buildings and the smallest for nursing homes for elderly. It is likely that the amount of heat generated by people in educational buildings is overestimated. Resulting in the amount of heat required from the heating system being underestimated.

Results show that the fan pressure in a VIPWEB simulation is controlled by the age of the building rather than the installation system. The running time is the same for all categories of buildings, which affect the use of energy. There is no compensation for the effects of thermal bridges in VIPWEB.

There are too many uncertainties related to this simplified method to be able to use it without further analysis. VIPWEB can be used to speed up the process of making a model that is analysed in VIP+.

**Key words:**

Energy simulation program, public buildings, energy use, VIPWEB, VIP+.



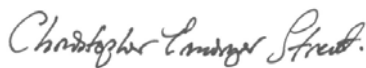
## Förord

Detta examensarbete har utförts på avdelningen för Installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har genomförts under hösten 2007 i samarbete med Bengt Dahlgren Malmö AB och Bromölla Kommun.

Jag vill rikta ett stort tack till alla på Bengt Dahlgren som svart på frågor, gett goda råd och kommit med nya infallsvinklar under arbetets gång. Speciellt vill jag tacka Björn Eldvall för många goda råd och intressanta diskussioner angående energiberäkningar och Catarina Warfvinge som varit min handledare under arbetet. Jag vill även tacka min examinator Jesper Arfvidsson på Avdelningen för Byggnadsfysik.

Sist men inte minst ett stort tack till Roger Jensen på Bromölla Kommun för all hjälp med att ta fram underlag till studien och Mats Ola Rasmusson, som har varit till stor hjälp beträffande VIPWEB och VIP+.

Lund, februari 2008



Christopher Irminger Street



## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Förord</b> .....	<b>7</b>
Innehållsförteckning.....	9
Begreppsdefinitioner .....	13
<b>1 Inledning</b> .....	<b>15</b>
1.1 Bakgrund .....	15
1.2 Problemställning.....	16
1.3 Syfte.....	17
1.4 Avgränsningar .....	17
<b>2 Metod</b> .....	<b>18</b>
<b>3 Teorier och tidigare studier</b> .....	<b>20</b>
3.1 Byggteknik under olika tidsepoker.....	20
3.1.1 Historisk återblick på U-värden .....	21
3.1.2 De nu gällande reglerna BBR 12.....	24
3.1.3 Nyproducerade lokaler .....	25
3.2 Fönster .....	27
3.3 Energiförsörjningen i Sverige.....	30
3.4 Hur stor är normalanvändningen? .....	32
3.4.1 REPAB.....	32
3.4.2 Stegvis STIL.....	33
3.5 Begrepp från energideklarationen.....	36
3.6 Energibalansen.....	37
3.6.1 Transmissionsförluster .....	38
3.6.2 Köldbryggor .....	39
3.6.3 Ventilationsförluster.....	40
3.6.4 Täthet – läckage .....	41
3.6.5 Tappvarmvatten.....	42
3.6.6 Solenergi .....	43
3.6.7 Personvärme.....	44

## Innehållsförteckning

---

3.7	Normalårskorrigerering .....	45
<b>4</b>	<b>Objektsbeskrivning.....</b>	<b>46</b>
4.1	Inledande orientering.....	47
4.1.1	Källkritik .....	47
4.2	Kv. Törnsångaren .....	48
4.2.1	Allmänt.....	48
4.2.2	Byggnaderna .....	49
4.2.3	Installationssystem .....	50
4.2.4	Samtal med personal på Törnsångaren.....	50
4.3	Kv. Gulsippan 5.....	51
4.3.1	Allmänt.....	51
4.3.2	Byggnad .....	52
4.3.3	Installationssystem .....	52
4.3.4	Samtal med personal på Gulsippan .....	53
4.4	Dalaskolan allmän beskrivning .....	54
4.4.1	Allmänt.....	54
4.4.2	Byggnader .....	55
4.4.3	Installationssystem .....	57
4.5	Edenryd.....	58
4.5.1	Allmänt.....	58
4.5.2	Byggnaderna .....	59
4.5.3	Installationssystem .....	61
4.6	Brommälla Kommunhus .....	62
4.6.1	Allmänt.....	62
4.6.2	Byggnaden.....	63
4.6.3	Installationssystem .....	64
4.7	Laboratoriet .....	65
4.7.1	Allmänt.....	65
4.7.2	Byggnaderna .....	66
4.7.3	Installationssystem .....	67
4.8	Brogården .....	68
4.8.1	Allmänt.....	68
4.8.2	Byggnaderna .....	69

## Innehållsförteckning

---

4.8.3	Installationssystem .....	70
4.9	Korsvångsgården .....	70
4.9.1	Allmänbeskrivning .....	71
4.9.2	Byggnad .....	71
4.9.3	Installationssystem .....	71
<b>5</b>	<b>Metod för beräkning av energianvändning .....</b>	<b>73</b>
5.1	Beräkningsverktyg .....	73
5.1.1	Erforderlig indata .....	73
5.1.2	Grunddata .....	74
5.1.3	Byggnad .....	75
5.1.4	Installationer .....	76
5.1.5	Beräkningsresultat från VIPWEB .....	77
5.2	Förutsättningar och antaganden .....	78
5.3	Metod vid beräkningarna .....	79
<b>6</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>80</b>
6.1	Uppmätt och simulerad energianvändning kategori utbildning .....	80
6.1.1	Kv. Törnsångaren .....	82
6.1.2	Gulsippan .....	82
6.1.3	Dalaskolan .....	82
6.1.4	Edenryd .....	84
6.2	Uppmätt och simulerad energianvändning kategori kontor .....	85
6.2.1	Kommunhuset .....	86
6.2.2	Laboratoriet .....	87
6.3	Uppmätt och simulerad energianvändning kategori äldreboende .....	88
6.3.1	Brogården äldreboende .....	89
6.3.2	Korsvångsgården .....	90
6.4	Driftfall och simuleringsresultat .....	91
<b>7</b>	<b>Analys .....</b>	<b>92</b>
7.1	Känslighetsanalyser .....	92
7.1.1	Känslighetsanalys för utbildningsfallet .....	93
7.1.2	Känslighetsanalys för kontorsfallet .....	97
7.2	Sammanställning av analys .....	101
7.2.1	Drifttider .....	101

## Innehållsförteckning

---

7.2.2	Byggnad och klimatort .....	101
7.2.3	Installationssystem och ventilationsflöden .....	102
7.2.4	Processenergin och elenergi .....	103
7.2.5	Personenergi .....	104
7.2.6	Tappvarmvatten .....	104
<b>8</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>105</b>
8.1	Diskussion .....	106
	<b>Litteraturlista .....</b>	<b>107</b>
8.2	Tryckta källor .....	107
8.3	Internet .....	109

### Begreppsdefinitioner

**A<sub>temp</sub>**: Golvarea i temperaturreglerade områden avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida (m<sup>2</sup>).

**BOA**: Bostadsyta, hyresgrundande (m<sup>2</sup>).

**BRA**: Bruksarea, BOA+ LOA + gemensamma utrymmen så som tvättstugor, korridorer och trappor (m<sup>2</sup>).

**Driftel**: Den el som går till drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar, allmänbelysning, hissar etc.)

**Hushållsel**: Den el (eller annan energi) som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändning för spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner samt för belysning, datorer, TV och annan hemelektronik och dylikt.

**Klimatskärm**: Det som begränsar byggnaden utåt: ytterväggar, yttertak och golv mot mark. Klimatskärmen kan också gränsa mot icke uppvärmda utrymmen, till exempel ett uppvärmt garage eller källare. Beroende av vilka material och dess tekniska egenskaper i klimatskärmen påverkas den mängd energi som krävs för att upprätthålla det önskade inomhusklimatet.

**Levererad energi**: Den energi som levereras till byggnaden, normalt i en leveranspunkt vid dess husliv. Det är alltså levererad olja, el, fjärrvärme etcetera. Levererad energi för uppvärmning används för att täcka dels nettovärmebehovet, dels sådan distributions- och omvandlingsförluster som uppstår i anläggningar inom byggnaden, så som i en oljepanna. Redovisas i energistatistiken som ”**energianvändning**” eller ”köpt energi”.

**LOA**: Lokalarea, hyresgrundande (m<sup>2</sup>).

**Nettovärme**: Den energi som avges från radiatorer eller motsvarande för byggnadens uppvärmning, dvs. *efter* panna, värmepump etcetera, samt energi för värmning av tappvarmvatten. Omvandlingsförluster som uppstår i anläggningar inom byggnaden, så som i en oljepanna eller värmefaktor för värmepump ingår *inte*.

**Normalår**: Avser klimatdata för ett normalår baserad på en 30-årsperiod, vanligtvis 1961-1991 eller 1971-2001.

**Passiv kyla**: Värmeöverskott som vädras bort.

**Personenergi**: Till personenergi hör all energi som tillförs byggnaden via värmealstring från människor, oberoende av om uppvärmnings- eller kylbehov föreligger. I

VIP-beräkningar tillförs all personenergi konvektivt till rumsluften.

**Specifik energianvändning:** byggnadens energianvändning under ett normalår (kWh/år) delat på t ex golvarea  $A_{temp}$  ( $m^2$ ).

**Verksamhetsel/pocessenergi:** Den el (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt.



# 1 Inledning

Denna rapport skrivs som en avslutning på Väg- och Vattenbyggnads programmet vid Lunds Tekniska Högskola. Den vänder sig till personer inom konsult och fastighetsbranschen, med minst grundläggande byggnads- och installationsteknisk kunskap.

## 1.1 Bakgrund

Alla som äger, förvaltar och nyttjar lokalbyggnader påverkas av hur mycket energi som åtgår för att upprätthålla de funktioner och krav som brukaren ställer på komfort och användning. Prisökningen på energi har under de senaste åren varit högre än på de flesta andra varor och tjänster, denna utveckling kommer förmodligen att fortsätta. Hur energieffektiv en byggnad är har alltså en stor påverkan på hur kostandseffektiv den är men även vilken miljöpåverkan den bidrar med. Det är därför viktigt att byggnaden och de installationer som finns i den fungerar korrekt för att energianvändningen under de givna förutsättningarna inte skall bli onödigt stor. När driftkostnaderna ökar i snabbare takt än den normala inflationen måste således detta kompenseras på något vis. I slutändan kommer det att vara de som nyttjar byggnaden som betalar det ekonomiska priset för överförbrukningen, antingen genom att de direkt betalar för uppvärmning och el eller om det ingår i hyran kommer att påverkas. En överförbrukning påverkar även miljö och därmed alla andra.

Under de senaste årtionden har den globala energianvändningen ökat kraftigt och beräknas eskalera till en ohållbar nivå inom det närmaste seklet om trenden inte bryts. Den begränsade tillgången på energi samt de koldioxidutsläpp som användningen av fossila bränslen medför, har inneburit att energifrågor har aktualiserats allt mer. För att minska behovet av energi inom EU kom 1993 ett EEG-direktiv om begränsning av koldioxidutsläpp genom förbättring av energieffektiviteten (SAVE) som innehåller krav på medlemsstaterna att utveckla, genomföra och rapportera om program inom området energieffektivitet i byggnadssektorn. Detta resulterade i ett EG-direktiv om byggnaders energiprestanda som togs i januari 2003, vilket nu efter en rad utredningar och lagförslag lett till att riksdagen beslutade om en förordning om energideklarationer för byggnader.<sup>1</sup>

Huvudsyftet med energideklarationen är att effektivisera energianvändningen utan att göra avkall på inomhusmiljön. För att klara av att energideklarera det stora beståndet av befintliga byggnader krävs en enkel metod och modell för analys av byggnaders energiprestanda.

---

<sup>1</sup> VVS-tidningen Energi & Miljö Nr 2 februari, 2007 Årgång 78.

### 1.2 Problemställning

Inom fastighetsförvaltning används flera olika nyckeltal för olika poster inom drift och underhåll för att övervaka byggnaden samt som underlag för prognoser och framtida beslut. Traditionellt jämförs den aktuella byggnaden mot statistiska värden för liknande vilket ger ett referensvärde. Det kräver dock ganska omfattande statistik för att vara ett bra verktyg eftersom det kan skilja förhållandevis mycket mellan två till synes lika byggnader. Vid statistiska jämförelser missas att varje byggnad är mer eller mindre unik och bör därför betraktas utifrån sina egna fysikaliska egenskaper och dess verksamhet.

För att bedöma om en byggnad är energieffektiv kan en energikalkyl göras med hjälp av energisimuleringsprogram där resultatet jämförs med den verkliga byggnadens energianvändning. På så vis fås en indikation på hur mycket energi byggnaden borde behöva under de givna omständigheterna. Utifrån detta kan sedan beslut om fortsatt utredning och eventuella energibesparande åtgärder fattas.

I regel är det tidskrävande att bygga upp en modell av en byggnad i ett energiberäkningsprogram detta kan dock snabbas upp genom att använda beräkningsprogram som har indata som schabloner utifrån vilken typ av verksamhet som bedrivs och byggår. För att detta skall vara en effektiv metod krävs att simuleringsprogrammet som används är tillförlitligt. För befintliga lokalbyggnader är det normalt besvärligt och tidskrävande att få tag i den nödvändiga informationen om såväl byggnadens U-värden som installationernas energiegenskaper. En annan och ofta avgörande faktor är den tid vilket förfogas över för att samla in information som sedan skall läggas in i programmet för att genomföra beräkningarna, då personen som skall göra detta måste ta betalt för sin tid. En alltför långsam process blir därmed även alltför kostsam och ineffektiv.

VIP+ är ett energisimuleringsprogram med vilket det går att uppnå väldigt hög träffsäkerhet i beräkningarna. Detta har bland annat S Olof Hägerstedt vid Lunds Tekniska Högskola visat i sitt examensarbete där simulerat energibehov för två nyproducerade bostadshus jämförs med uppmätta värden. För att göra detta krävs dock tillgång till ganska omfattande indata om byggnaden, installationer, brukarvanor och annat som påverkar energianvändningen samt korrekta klimatdata.

VIPWEB är ett webbasterat energisimuleringsprogram som använder sig av VIP+s beräkningskärna, mängden indata som krävs är betydligt mindre vilket innebär att arbetet kan göras på bråkdelen av den tid det skulle ta att bygga upp modellen i VIP+. Jonas Carlsson vid Lunds Tekniska Högskola har i sitt examensarbete undersökt hur energideklarationer av flerbostadshus kan genomföras med VIPWEB. Rapporten visar att VIPWEB är tillräckligt noggrant för att simulera energibehovet i bostäder.

Går det att använda det förenklade programmet VIPWEB för att uppnå tillfredställande resultat vid beräkning av lokalbyggnaders energianvändning?

### **1.3 Syfte**

Syftet med studien är att undersöka om det går att använda förenklade indatametoder för beräkning av energianvändning för just lokalbyggnader. Syftet är även att undersöka de antagande om indata som görs i VIPWEB genom att beräkningsresultatet för lokalbyggnaders energibehov jämförs med uppmätta värden.

### **1.4 Avgränsningar**

Undersökningen innefattar beräkning och uppföljning av energiavvändningen för lokalbyggnader inom endast några få verksamhetsområden och endast i Bromölla Kommun. För energiberäkningarna används programmet VIPWEB med kompletterande analys i VIP+. De verksamheter som ingår är utbildning, kontor, och äldreboende. Totalt ingår 8 fastigheter med tillhörande byggnader i undersökningen.

Arbetet avgränsas till teoretiska studier. Undersökningar såsom tryckprovningar, termofotograferingar eller liknande ingår ej. Tiden för arbetet för undersökningen är begränsad till tjugo arbetsveckor.

## 2 Metod

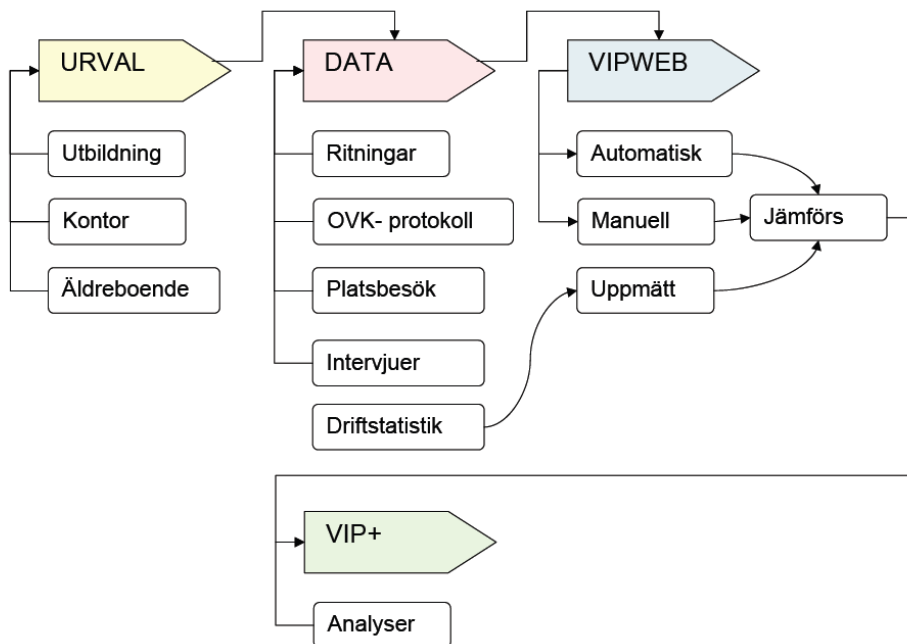
Examensarbetet genomförs i samarbete med Bengt Dahlgren Malmö AB och Bromölla Kommun.

I samråd med Bromölla Kommun väljs ett antal lämpliga lokalbyggnader för studien. För att få spridning men ändå begränsa undersökningen väljs lokalbyggnader med olika verksamhet, byggår och storlek.

Verksamheterna som ingår i studien är:

1. utbildning (förskola och grundskola)
2. kontor
3. äldreboende

Totalt ingår 8 fastigheter med tillhörande byggnader i undersökningen. Till vissa fastigheter tillhör ett flertal byggnader. Urvalet är baserat på att det skall finnas god tillgång till teknisk information och energistatistik, för att kunna bedöma resultatet av beräkningarna.



**Figur 2-1** Illustration av metod för insamlande av data, beräkning av energianvändning och bedömning av byggnader.

För de lokalbyggnaderna som valts ut samlas nödvändig information in och sammanställs. Teknisk information hämtas in från ritningar, tekniska beskrivningar från bygglövsansökan samt OVK-protokoll. För att få en uppfattning om byggnadernas egenskaper görs enklare besiktning av de valda objekten, där huvudsyftet är att få en bättre bild av byggnadens skick och utsatthet för vind.

För att få en uppfattning om brukarbeteende och hur de upplever inneklimatet genomförs samtal med personal på förskolorna. Detta ger inga statistiska säkerställda svar, men det ger en indikation på hur det upplevs på individnivå.

Med den information som samlats in genomförs simuleringar av energiflöden i VIP-WEB samt fortsatt analys i VIP+. Först görs en bedömning med automatisk generering av byggnadsdelar i klimatskalet, sedan med manuell mängdning. Resultaten från simuleringarna jämförs mot varandra samt mot uppmätta driftvärden på den aktuella byggnaden. Då det är vanligt att förvaltare använder sig av schablonvärden, från exempelvis REPAB, som ett jämförelse tal, ingår även detta i jämförelsen.

I de vidare undersökningarna används VIP+, i dessa analyser utgås från simulering med manuell mängdning. För att ytterligare förbättra indata i beräkningarna har klimatdata genererats för Bromölla med hjälp av programmet Meteonorm<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> [http://vip.strusoft.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=43&Itemid=2&lang=sv](http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=2&lang=sv)

### 3 Teorier och tidigare studier

En stor del av dygnet tillbringas inomhus; i bostaden, skolan, på arbetsplatsen och mötesplatser. Byggnaders utformning och egenskaper föredras över tiden i takt med nya produktionsmetoder, samhällskrav och teknikutveckling. De material och installationer som används i nyproducerade byggnader skiljer från äldre. Gemensamt för nya och äldre byggnader är dock att de finns till för dess verksamhet i sig och för de personer som är verksamma i den. Verksamheten är det som skall styra vilket inomhusklimat som skall råda.

Att få en rättvisande bild av hur mycket energi en byggnad borde behöva för att uppfylla de krav som ställs på den är ett komplicerat samspel mellan byggnadens fysiska prestanda och den drift som finns i den, samt det omgivande klimatet. För att simulera förloppet krävs en dynamisk beräkningsmodell där energiflöden beräknas med hänsyn till påverkan av klimatfaktorer, så som t.ex. utetemperatur, sol och vind. Varierande krav på rumstemperatur och luftväxling styr beräkningen.<sup>3</sup> Detta innebär att två till synes statistiskt likvärdiga byggnader kan ha stora variationen i energibehov.<sup>4</sup>

#### 3.1 Byggteknik under olika tidsepoker

Byggandet i Sverige har genom tiderna följt vissa traditioner, som skiljer sig mellan syd och norr och utvecklats med tiden. Den valda byggtekniken är ett resultat av vilket klimat som råder, tillgång på byggnadsmaterial och uppvärmningsmöjligheter. Befintliga hus och byggnader följer i stort sett de byggregler som gällde under den tid då de byggdes. Därför kan byggnadens energitekniska egenskaper beskrivas med schabloner utifrån ålder och geografisk placering.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Boverket (2005) Energibesiktningsmetoder – ett samlingsdokument.

<sup>4</sup> Kommentar från Sunda Hus och Strusoft. 2007-09-05 Internet.

<sup>5</sup> VIPWEB Konstruktionsklasser av Sunda Hus Rådgivning AB.

### 3.1.1 Historisk återblick på U-värden

Hösten 1973 drabbades den oljeberoende västvärlden hårt av oljekrisen. Det blev nu uppenbart att något måste göras för att minska energianvändningen, framförallt minska beroendet av olja som energiform. I Sverige blev en direkt följd av detta att bygglagstiftningen skärptes samt att fjärrvärmen och kärnkraften byggdes ut. De nya kraven på energihushållning för byggnader utkom 1975 i SBN75, vilket innebar en tydlig förbättring av energihushållning. I den tidigare byggnormen BABS 1960 hade kraven på klimatskalet mer handlat om komfortkrav än om energihushållning. Det finns inga krav för U-värde på betongplattor på mark dock fanns ett krav på tvåglasfönster för att minska kallras från fönster.<sup>6</sup>

**Tabell 1** Krav på U-värden för södra Sverige. Källa SBN 75

Byggnadsdel	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)
Vägg som gränsar mot uteluft	0,30
Tak	0,20
Platta mot mark	0,30
Fönster (karm+båge)	2,0

Nästa stora förändring kom i och med Boverkets Nybyggnadsregler BFS 1988:18, där det ställdes krav på att byggnadens värmeenergibehov inte fick vara större än ett visst värde som bestämdes av byggnadens utformning. För att visa att kravet var uppfyllt fanns två alternativa metoder.

**Alternativ 1:** Följande tre delkrav skulle vara uppfyllda samtidigt

1.  $U_{m,krav}$  högsta tillåtna genomsnittliga värmegenomgångskoefficient (W/m<sup>2</sup>K)
2. Viss lufttäthet < 8,0 l/s, m<sup>2</sup> för bostäder och 1,6 l/s, m<sup>2</sup> för lokaler vid tryckskillnaden 50 Pa
3. Effektiv värmeanvändning, vilket innebär att om byggnaden i huvudsak värms (> 50 %) med icke förnyelsebar energi (olja, torv, el) så skall det finnas värmeåtervinning av frånluften

Delkrav 3 innebar i praktiken att byggnader som var anslutna till fjärrvärme var undantagna från kravet på värmeåtervinning.

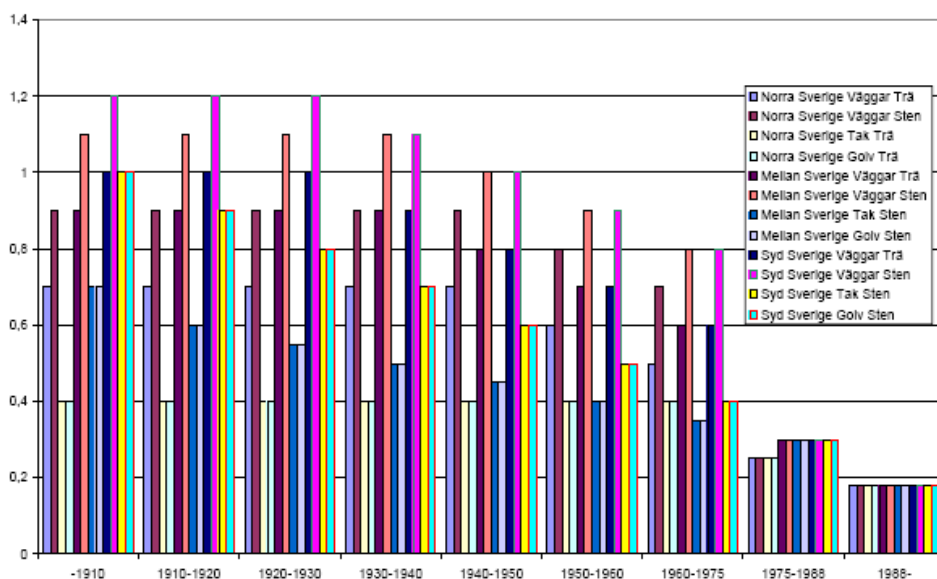
**Alternativ 2:** Om inte alla tre krav var uppfyllda samtidigt så var det möjligt att skapa en referensbyggnad och genom energibalans visa att man genom omfördelningsberäkningar klarade att uppfylla  $U_{m,krav}$ . Omfördelningen kunde exempelvis vara att kvitta minskad värmeisolering mot bättre lufttäthet etcetera.

<sup>6</sup> Smeds, Johan (2004). Energy Aspects in Swedish Building Legislation of the 20th Century.

Denna kravformulering i BFS 1988:18 innebär att det är svårt att ange U-värdet på byggnader uppförda efter 1988.



I figur 3-1 nedan illustreras spridningen av U-värdet för olika tidsepoker och regioner. Effekterna av införandet av SBN1975 syns tydlig i diagrammet.



**Figur 3-1** Figuren visar spridning på U-värden för väggar, golv och tak för olika regioner och tidsepoker. Källa: Manual VIPWEB

VIPWEB använder sig av dessa i beräkningarna för att ta fram ett sannolikt U-värde baserat på Byggnadsår, byggnadstyp och klimatort. U-värdena i diagrammet avser väggar, tak och golv.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Manual (2007-06-05) VIPWEB, Energiprestanda Lokal/Flerfamiljsfastighet.

### 3.1.2 De nu gällande reglerna BBR 12

De senaste reglerna för bedömning av lokalers energiprestanda finns i, Boverkets Författningssamling BFS 2006:12, BBR 12 som trädde i kraft 1 juli, 2006. Enligt dessa bedöms nya lokalbyggnader genom krav på den genomsnittliga värmeegenomgångskoefficienten  $U_m$  ( $W/m^2K$ ). Kravet är oberoende av klimatzon och omfattar alla byggnadsdelar som bestämmer byggnadens transmissionsförluster. I  $U_m$  ingår alltså förutom väggar, golv, tak, dörrar och fönster även punktformiga och linjära köldbryggor.

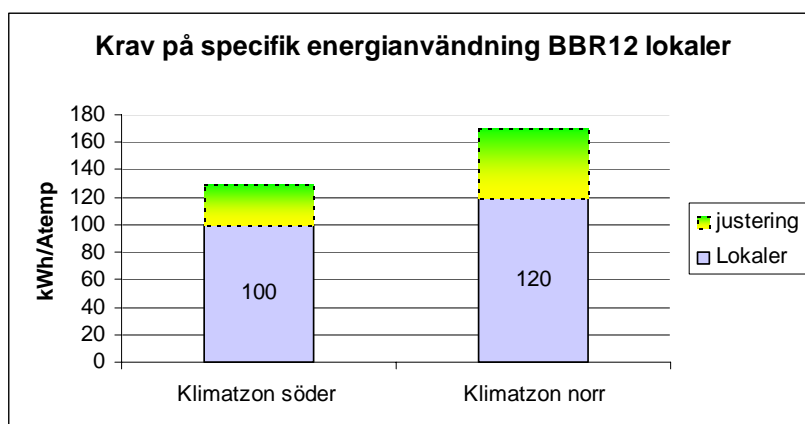
Det ställs även krav på att den specifika energianvändningen inte får överstiga vissa givna värden beroende på klimatzon samt om det gäller bostäder eller lokaler. Landet är uppdelat i klimatzon norr och klimatzon söder enligt figur 3-2 nedan.



**Figur 3-2** Figuren visar hur landet är uppdelat i klimatzoner norr och söder. Källa Swedisol, varför isolera.

### 3.1.3 Nyproducerade lokaler

För lokaler gäller att den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten  $U_m \leq 0,7$   $W/m^2K$  samt att den specifika energianvändningen inte får överstiga, 100 kWh/ $A_{temp}$  i söder och 120 kWh/ $A_{temp}$  i norr, plus en justering för den del av ventilationsflödet som av hygieniska skäl överstiger 0,35 l/s  $m^2$ .



**Figur 3-3** Figuren illustrerar Boverkets nya regler för specifik energianvändning för lokaler.

Den maximala energianvändningen i lokaler:

- $100 + 70 \cdot (q - 0,35)$  kWh/ $A_{temp}$  i söder
- $120 + 90 \cdot (q - 0,35)$  kWh/ $A_{temp}$  i norr

Där  $q$  är det genomsnittliga uteluftsflödet under hela uppvärmningssäsongen (l/s,  $m^2$ ).

För lokaler inkluderas följande köpta energi i den specifika energianvändningen.

- Uppvärmning
- Komfortkyla
- Varmvattenberedning
- Driftel (dock ej verksamhetsel)

För att visa att byggnaden uppfyller det krav som ställs på energianvändningen krävs att mätutrustning installeras. Mätningar bör vara under en sammanhängande 12-månadersperiod, avslutad senast 24 månader efter att byggnaden har tagits i bruk. I begreppet specifik energianvändning ingår att det är den normalårskorrigerade energianvändningen som avses. Detta innebär att desto större skillnad det är mellan den dimensionerande utomhustemperaturen och den önskade inomhus temperatur ju mer energieffektiv måste byggnadens göras.<sup>8</sup>

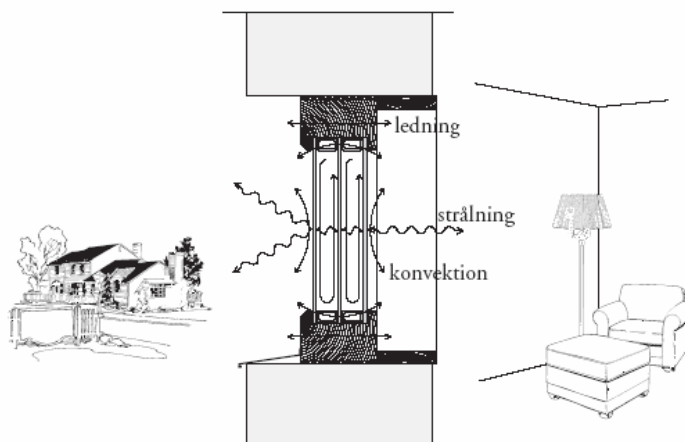
---

<sup>8</sup> Boverkets byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändring till och med 2006:12

## 3.2 Fönster

Fönstren spelar en viktig roll för byggnadens funktion, både för att få in dagsljus och hur vi upplever kontakten mellan ute och inne. Fönstren är den svagaste delen av klimatskalet, ur energisynpunkt, vilket påverkar inomhusklimat. De kan ge upphov till stora värmeförluster men kan även innebära överskottsvärme genom solinstrålning som måste kylas bort.

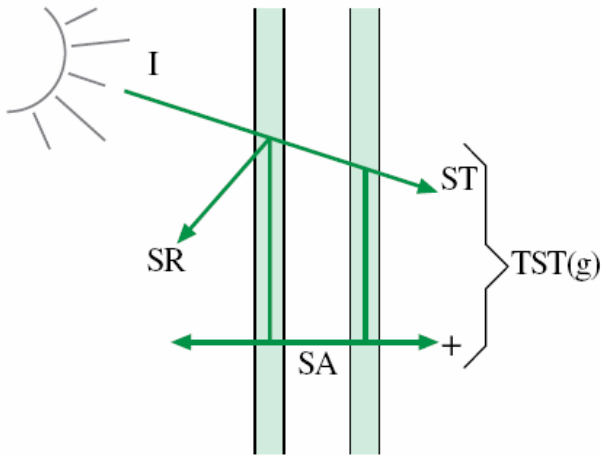
Värmetransporten genom fönster är komplicerad process. U-värdet för fönster avser hela fönsterkonstruktionen alltså för glas, båge och karm. För ett tvåglasfönster av klarglas gäller för glasandelen att cirka två tredjedelar av värmeöverföringen sker genom strålning och resterande genom ledning och konvektion. Genom att ersätta luften mellan glasrutorna med en trögare gas, exempelvis argon, minskas den naturliga konvektionen. Ledningen kan reduceras genom att ersätta luften med vakuum.<sup>9</sup>



**Figur 3-4** Principer för värmetransport (i mörker) genom ett treglasfönster. Källa: Bülow-Hübe, Helena. Fönsterfysik och energitransport genom fönster.

<sup>9</sup> KTH Byggetenskap och byggnadsteknik, (2007-11-10)  
<http://www.byv.kth.se/utb/111401/Glasforelasningtext.pdf>

När solstrålningen träffar fönsterytan reflekteras en del av strålningen (SR), en del absorberas (SA) av fönsterglasen och resterande passerar eller som det också heter transmitteras (ST) till rummet. G-värdet uttrycker andelen solvärme som släpps igenom glaset i förhållande till den del som träffar yttre glaset (% av total soltransmission). Direkt ST anger tillförd värme i form av direkt strålning, cirka 80 % av g-värdet.



$$I = SR + SA + ST = 100\%$$

**Figur 3-5** Förenklad schematisk beskrivning av ingående komponenter i värmebalansen för en solbelyst glasruta. Källa Pilkington glas fakta 2007.

Genom att förse glaset med lågemitterande beläggningar, le-skikt, kan energieffektiviteten öka hos fönster. Vanligt glas absorberar huvuddelen av värmestrålningen från rumsytorna och sedan utstrålar denna både inåt och utåt. Le-skiktets egenskaper med hög reflektans i det långvågiga strålningsområdet och därmed låg emittans i samma område minskar andelen strålning utåt. Detta resulterar i att den långvågiga värme-strålningen reflekteras tillbaka mot rummet vilket där med ger en förbättrad värmeisoler-  
 10

För att ge en uppfattning om olika U-värden för olika fönstertyper med normal storlek visas några olika i tabellen nedan. Tvåglasfönster var vanligt under 1970-talet, efter oljekrisen ökande andelen treglasfönster.

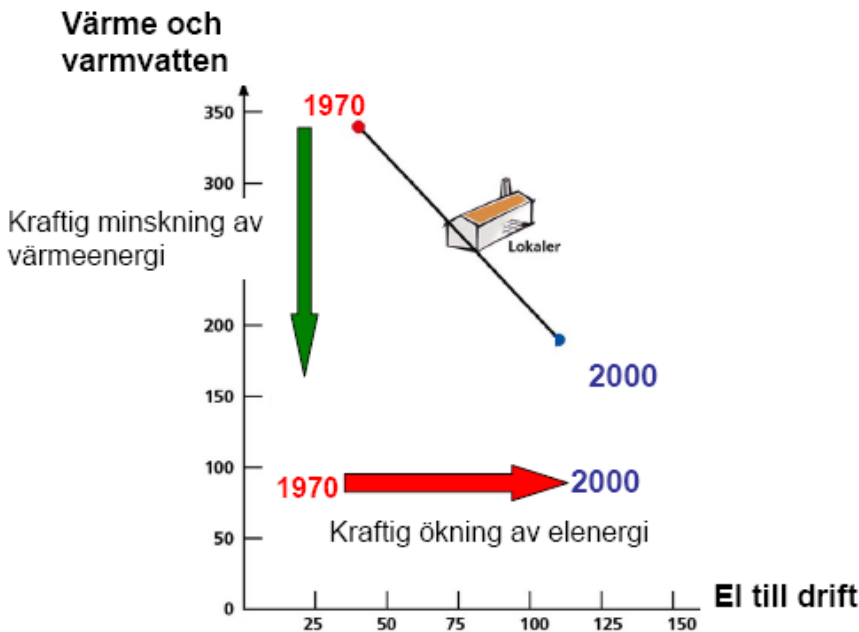
**Tabell 2** Visar U-värden för olika fönsterkonstruktioner. Källa Isolerguiden Bygg 06.

U-värde	U i m <sup>2</sup> C/W
<i>Tvåglasfönster</i>	
Kopplade bågar, alla glasavstånd	2,7
Förseglade rutor, luft, 12 mm spalt	2,9
Förseglade rutor, argon, 12 mm spalt	2,7
Förseglade rutor, luft, lågemmissionsskikt	2,1
Förseglade rutor, argon, lågemmissionsskikt	1,9
<i>Treglasfönster</i>	
Kopplade rutor, alla glasavstånd	1,9
Förseglade rutor, luft, 12 mm spalt	2,2
Förseglade rutor, argon, 12 mm spalt	2,1
Förseglade rutor, luft, 1 lågemmissionsskikt	1,8
Förseglade rutor, argon, 1 lågemmissionsskikt	1,6
Förseglade rutor, luft, 2 lågemmissionsskikt	1,5
Förseglade rutor, argon, 2 lågemmissionsskikt	1,4

<sup>10</sup> Bülow-Hübe, Helena, Fönsterfysik och energitransport genom fönster.

### 3.3 Energiförsörjningen i Sverige

Sektorn bostäder och service står i dag för mer än en tredjedel av Sveriges totala slutliga energianvändning, i storleksordningen cirka 150 TWh/år. Så har det varit sedan 1970-talet, trots att nyare byggnader generellt är mer energieffektiva än äldre. Utvecklingen har visat att en minskad specifik energianvändning i princip har balanserats upp av en ökad uppvärmd area för en ökad befolkningens mängd som använder mer elektrisk utrustning. Även om energianvändningen idag är den samma som sedan 1970-talet har fördelningen mellan de olika energibärarna förändrats. Oljekriser, ökade energipriser, ändringar i energibesättning och investeringsprogram har påverkat övergången från olja till andra energibärare. År 2006 uppgick den totala användningen av oljeprodukter inom sektorn bostäder och service till en sjundedel av den 1970, elanvändningen har under samma period ökat kraftigt.<sup>11</sup>



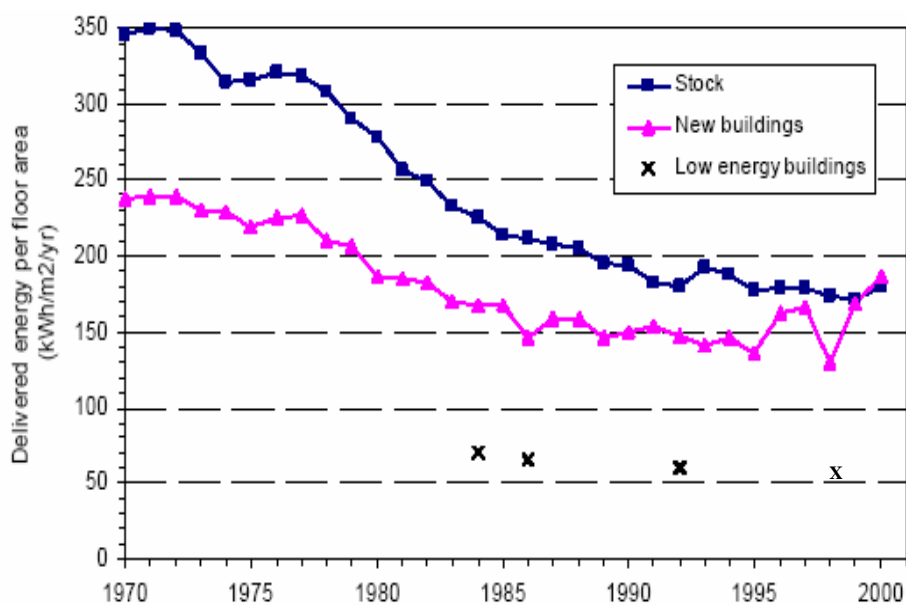
**Figur 3-6** Utvecklingen av energianvändningen i lokalbyggnader 1970-2000. Källa Utbildningsmaterial VIP-kurs, Catarina Warfvinge

Som visas i figuren har behovet av värmeenergi minskat och elanvändningen har ökat under samma period. En förklaring till detta är att mängden elektrisk utrustning i lokaler har ökat vilket leder till mer processvärme och därmed minskar behovet av värmeenergi.

<sup>11</sup> Energimyndigheten, energiläget 2007 (2008-01-09).



Hur energianvändningen i flerbostadshus förändrats under samma period (1970-2000) visas i figur 3-7. I den nedre kurvan kan man se hur skärpningen av byggreglerna kring energihushållning har påverkat utvecklingen. Den kraftigaste minskningen skedde i samband med införandet av SBN75.



**Figur 3-7** *Energianvändningen i flerbostadshus 1970-2000. Källa "Energy Efficiency- a forgotten goal in the Swedish building sector?", Nässen och Holmberg.*

### 3.4 Hur stor är normalanvändningen?

Driftstatistik för olika verksamheter och byggnadstyper sammanställs årligen av olika aktörer, bland annat fastighetsägare, företag och myndigheter.

#### 3.4.1 REPAB

REPAB sammanställer bland annat driftstatistik för olika verksamhetstyper inom fastighetsförvaltning. Riktvärdena är fördelade på olika kostnadsposter inom förvaltningen så som värmeförbrukning för fjärrvärme, elvärme och olja. Riktvärden beskriver energiförbrukning, baserad på flera års energistatistik av den aktuella fastighetstypen, för välskötta fastigheter.<sup>12</sup>

Riktvärden delas upp på olika typfastigheter utifrån byggnadsår, konstruktion, installationssystem, och drifttider. De kategorier som förekommer är, låg, mellan och hög.

För kontor (gemensam) avses elförbrukningen för fastighetens gemensamma utrymmen samt elförbrukningen för fastighetsinstallationer så som pumpar, fläktar, hissar och så vidare.

**Tabell 3** Sammanställning av riktvärden från REPAB. Källa REPAB 2006

kWh/m <sup>2</sup> BRA	Fjärrvärme			EI			Vatten		
	Låg	Normal	Hög	Låg	Normal	Hög	Låg	Normal	Hög
<b>Verksamhet</b>									
<b>Barnstugor (21°C)</b>	<b>70</b>	<b>115</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>55</b>	<b>95</b>	<b>0,58</b>	<b>0,82</b>	<b>1,1</b>
<b>Skolor (22°C)</b>	<b>73</b>	<b>127</b>	<b>181</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>80</b>	<b>0,2</b>	<b>0,35</b>	<b>0,6</b>
<i>Kontor (gemensam)</i>				10	18	30			
<i>Kontor (20°C)</i>	80	130	210	35	50	80	0,2	0,5	1
<b>Kontor totalt</b>	<b>80</b>	<b>130</b>	<b>210</b>	<b>45</b>	<b>68</b>	<b>110</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

Dessa värden skall korrigeras för,

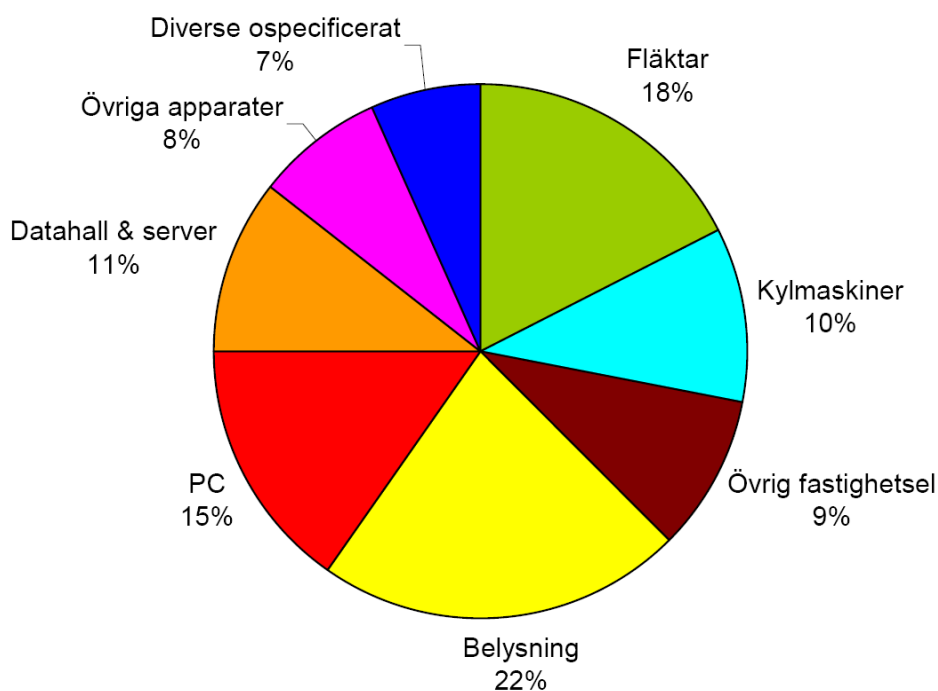
- rumstemperatur: varje grads ökning av rumstemperaturen motsvarar cirka 5 % ökning av energiförbrukningen, utgångstemperaturen är angiven i tabellen för respektive verksamhet.
- för aktuell klimatzon

<sup>12</sup> <http://www2.repab.se/se/ProductsandServices/Faktabocker/Pages/default.aspx> (2008-02-16)

### 3.4.2 Stegvis STIL

För att öka mängden tillförlitlig statistik om energianvändning i lokaler genomförs ett samarbetsprojekt mellan Energimyndigheten och Boverket. Arbetet är uppdelat i etapper där det varje år kommer att kartläggas tre lokalkategorier. I nuläget är två rapporter publicerade, STIL för kontors- och förvaltningsbyggnader samt utbildningslokaler från förskolor till universitetsbyggnader.

Kartläggningen av kontors- och förvaltningsbyggnader har haft som huvudsyfte att kartlägga och analysera elanvändningen i lokaler. I studien ingår 123 kontors- och förvaltningsbyggnader. Den totala användningen av elenergi är i genomsnitt 108 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>. Av denna utgörs 52.7 % av verksamhetsel, 41.1 % fastighetsel och 6.2 % diverse. Elanvändningen har fördelats på kontorsbyggnadernas area, fastighetselen har fördelats på hela byggnaden medan verksamhetselen har fördelats på den del av byggnaden som utgör kontor och förvaltning.<sup>13</sup>

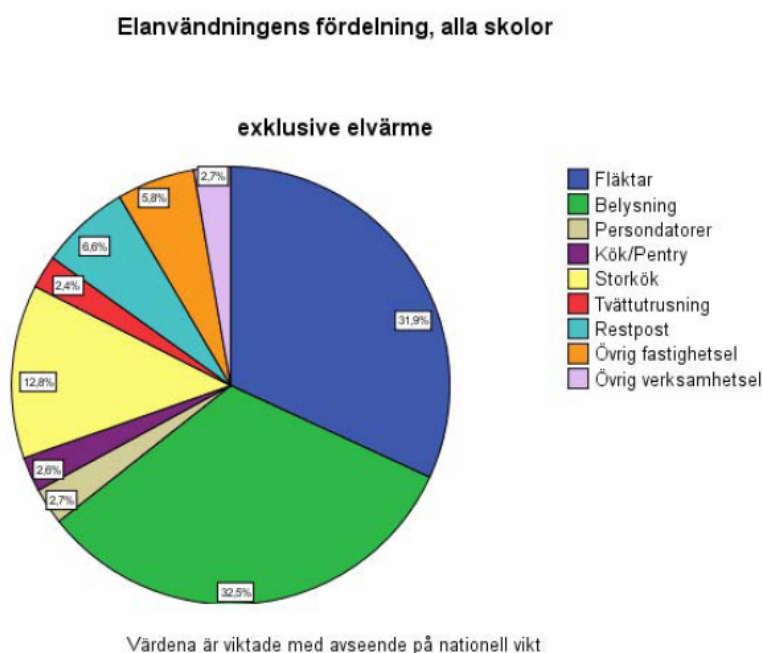


**Figur 3-8** Den specifika elanvändningen fördelad på olika användningsområden, exklusive elvärme. Källa, förbättrad energistatistik för Lokaler ”Stegvis STIL” Rapport för år 1.

<sup>13</sup> Förbättrad energistatistik för lokaler ”Stegvis STIL” Rapport för år 1.

I rapporten *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor STIL2* kartläggs energianvändningen och inomhusmiljön i undervisningslokaler, från förskolor upp till högskolor. Rapporten visar att den totala energianvändningen i genomsnitt uppgår till 213 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> och år. Av den specifika energianvändningen utgör el, exklusive elvärme 61 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> och år. De största enskilda posterna för elanvändning i förskolor och skolor är ventilation och belysning som tillsammans står för cirka två tredjedelar av elanvändningen med cirka 20 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> och år vardera.<sup>14</sup>

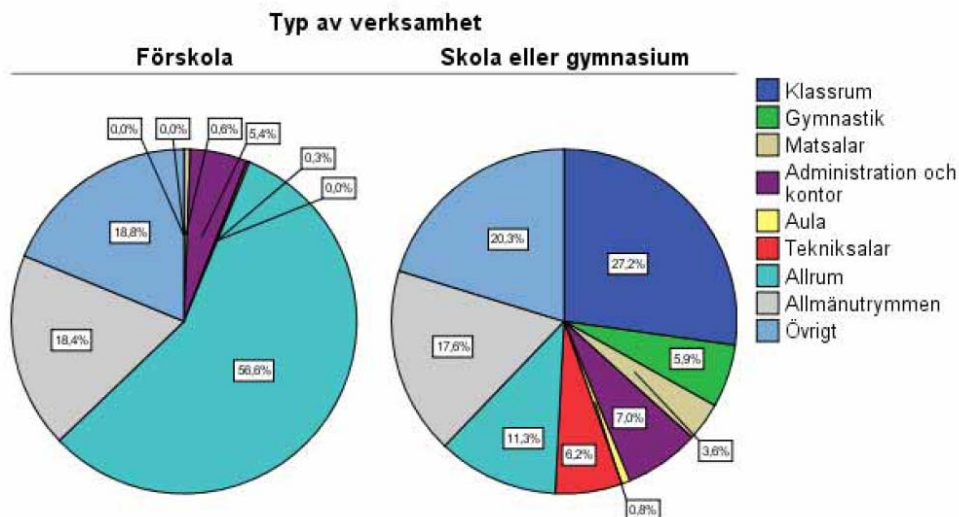
Intressant för energianvändningen och inomhusmiljön är även antalet barn eller elever i skolorna och hur stor area de i genomsnitt har. Arealen uttryckt som antal kvadratmeter per barn respektive elev är enligt undersökningen 14,5 m<sup>2</sup> i förskolorna, 12,6 i skolorna och i gymnasiet 14,9 m<sup>2</sup>.<sup>15</sup>



**Figur 3-9** Elanvändningens fördelning på olika ändamål exklusive elvärme för skolor och förskolor. Källa, *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor STIL2*.

<sup>14</sup> *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor STIL2*

<sup>15</sup> *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor STIL2*



**Figur 3-10** Fördelning av arean på olika rumstyper i skolor. Källa, *Energianvändning & inommiljö i skolor och förskolor STIL 2*.

Fördelning av arean på olika rumstyper förhåller sig för de undersökta objekten enligt cirkeldiagrammen ovan. För skolor är det cirka en fjärdedel av arean som är klassrum.

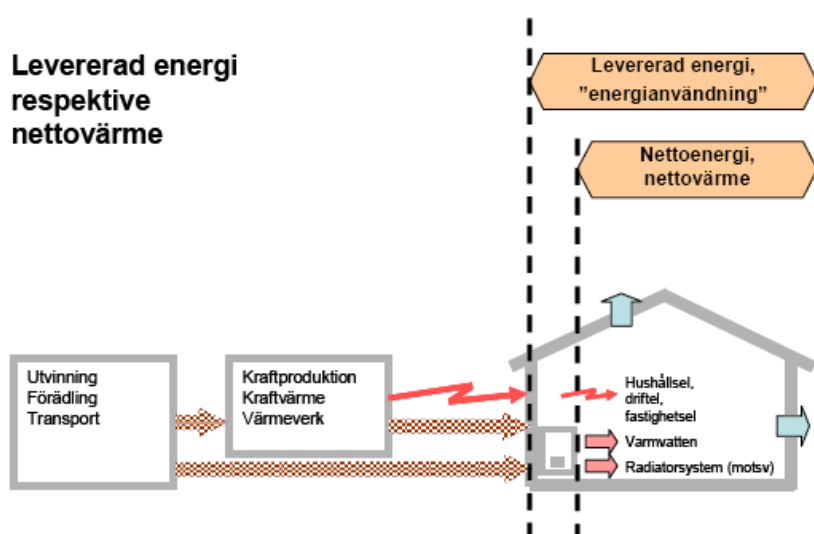
Drifttiden har stor betydelse för hur mycket el som går till fläktar och belysning. Den genomsnittliga drifttiden per skola för belysning är 1650 timmar och 3500 timmar för fläktar.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> *Energianvändning & inommiljö i skolor och förskolor STIL2*.

### 3.5 Begrepp från energideklarationen

Den mängd energi som levereras till byggnaden omnämns i energistatistiken olika som köpt energi eller levererad energi. Om energieffektiviseringsåtgärder genomförs eller om uppvärmningssystemet byts ändras denna mängd energi.

Nettovärmebehovet är den värme som tillförs via husets eller byggnadens värme- och ventilationssystem samt i tappvarmvattnet. Om energieffektiviserande åtgärder vidtas i byggnaden ändras nettovärmebehovet. Byte av värmeförsörjningssystem påverkar inte nettovärmebehovet.



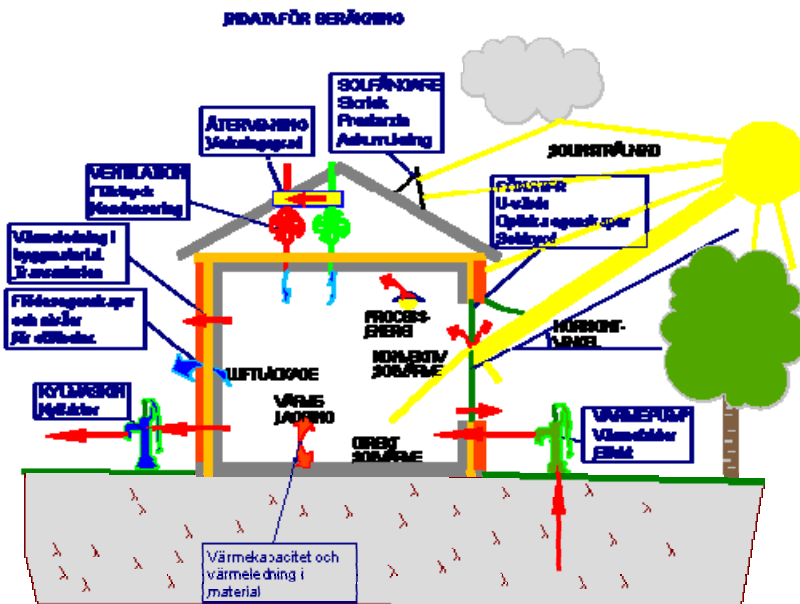
**Figur 3-11** Definitionen av levererad energi respektive nettoenergi. Källa Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen.

### 3.6 Energifbalansen

Energifbalansen i byggnad uppstår genom in- och utflöden av energi och kan liknas vid en balansvåg med inflödet i den ena vågskålen och utflödet i den andra. För att jämvikt skall råda, det vill säga att inomhustemperaturen hålls konstant, måste således in- och utflödena vara lika. Normalt tolereras en viss variation av rumstemperaturen, genom att ange ett min- och ett maxvärde för rumstemperaturen som ej får under- eller överskridas. Hur stort detta intervall är beror på vilken typ av verksamhet som bedrivs. De fall där det inte finns någon komfortkyla installerad undviks övertemperaturer under den varmare delen av året genom vädring (passiv kyla).

Tillskottet kommer förutom från värmesystemet även från personer, solinstrålning och processer. Förlusterna består framförallt av ventilations och transmissionsförluster.

Om man vill energieffektivisera en byggnad är det alltså en god idé att studera energibalansen för att kunna göra de mest kostnadseffektiva åtgärderna och på så vis minska andelen köpt energi.



**Figur 3-12** Illustrerar energiflödena som behandlas i beräkning av energibalansen, notera att personvärme saknas i figuren, denna ingår dock i beräkningarna. Källa Manual VIP+

### 3.6.1 Transmissionsförluster

Med transmissionsförluster avses den mängd energi som går förlorad genom klimatskärmen, inklusive fönster, dörrar och köldbryggor på grund av värmeledning, konvektion och strålning. Transmissionsförlusterna beror på temperaturskillnad mellan den varma sidan av klimatskalet och utomhus.

För en given konstruktion är förlusterna proportionella mot temperaturdifferensen mellan den uppvärmda sidan och utomhustemperaturen. För att kunna göra en korrekt beräkning av transmissionsförlusterna krävs kunskap, om byggnadens tekniska egenskaper samt information om klimatet på orten och inomhustemperatur under beräkningsperioden.

Byggnadens specifika värmebehov för transmission  $Q_t$  beräknas som summan av faktorerna för punktformiga och linjära köldbryggor samt transmission genom konstruktionsdelar.

#### Formel 1

$$Q_t = \sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \Psi_k + \sum_{j=1}^p x_j \quad (\text{W}/^\circ\text{C})$$

Där:

- $U_i$       Värmegenomgångskoefficienten för byggnadsdel  $i$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $A_i$       Arean för byggnadsdelens yta mot uppvärmd innerluft ( $\text{m}^2$ )
- $\Psi_k$       Värmegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan  $k$  ( $\text{W}/\text{mK}$ )
- $l_k$       längden mot uppvärmd innerluft av den linjära köldbryggan  $k$  (m)
- $X_j$       Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggand  $j$  ( $\text{W}/\text{K}$ )



### 3.6.2 Köldbryggor

Med köldbrygga avses en försvagning i klimatskalet där värmeflödet är större än i övriga delar av klimatskalet. Det förekommer två typer av köldbryggor, konstruktiva och geometriska. Konstruktiva förekommer vid regler, kramlor och liknande. De geometriska förekommer vid hörn, anslutningar, fönstersmygar etcetera. Beroende på hur byggnaden är konstruerad kan köldbryggorna utgöra en relativt stor del av de totala transmissionsförlusterna. Detta är viktigt att beakta vid projektering och beräkning av effektbehov och energianvändning.

Linjära köldbryggor som bjälklagskanter, anslutning mellan vägg och tak, vägghörn, fönsternischer och kantbalken vid en platta på mark kommer inte med i beräkningen av U-värdena för klimatskärmens byggnadsdelar och måste därför beräknas separat. Värmeförlusten orsakade av dessa köldbryggor kan stå för mellan 20-30 % av de sammanlagda värmeförlusterna genom klimatskalet.<sup>17</sup>

Tidigare examensarbete, där köldbryggors inverkan på energianvändningen undersöktes, visar på att köldbryggorna står för en betydande del av transmissionsförlusterna. I den aktuella undersökningen ökade energianvändningen med upp till 29 kWh/m<sup>2</sup> år (25 %) när köldbryggornas storlek medräknades. Beräkningarna innefattar energianvändning för uppvärmning av byggnaden och tappvarmvatten, processenergi och personvärme.<sup>18</sup>

Förutom att köldbryggor medför ökad värmeförlust medför de även ett flertal oönskade effekter så som risk för obehag på grund av låga ytemperaturer, vilket även kan leda till fuktrelaterade skador på grund av kondensation på dessa.

---

<sup>17</sup> Swedisol, IsolerBoken, <http://www.isover.se/sw21337.asp> 2007-11-25

<sup>18</sup> Svensson J, Westberg A (2006), Köldbryggors inverkan på energianvändningen – en studie av två bostadshus med betongstomme.

### 3.6.3 Ventilationsförluster

Med ventilationsförluster menas den mängd värme som går förlorad genom att byggnaden ventileras, inklusive ofrivillig ventilation genom otätheter i klimatskalet.

Byggnadens specifika värmebehov  $Q_v$  för ventilation och luftläckage beräknas som.<sup>19</sup>

#### Formel 2

$$Q_v = \rho c q_{vent} (1 - v) d + \rho c q_{läckage} \quad (\text{W/}^\circ\text{C})$$

Där

$\rho$	luftens densitet, normalt 1,2 (kg/m <sup>3</sup> )
$c$	luftens specifika värmekapacitet, normalt 1000 (J/kg, °C)
$q_{vent}$	uteluftsflöde, (m <sup>3</sup> /s)
$q_{läckage}$	läckageflöde, (m <sup>3</sup> /s)
$v$	verkningsgrad för ventilationens återvinning, (-)
$d$	relativ drifttid för ventilationsaggregat vid ständig drift $d = 1$ , (-)

Faktorn (1-v) anger hur stor del av värmen i ventilationsluften som inte återvinns. Hur stor denna blir beror på vilken typ av värmeväxlare som är installerad och hur effektiv den är. Den relativa drifttiden  $d$  har förenklats till antas vara jämt fördelad över året och dygnet.

---

<sup>19</sup> Värmebehovsberäkning kursmaterial installationsteknik FK, Jensen L, Warfvinge C.

### 3.6.4 Täthet – läckage

I tidigare utgåvor av BBR har det funnits krav på lufttäthet vid projektering av nybyggnation. Något krav på uppföljning har dock inte funnits, vilket i praktiken har inneburit att det inte finns dokumenterat hur lufttäta byggnaderna har blivit. Under byggnation av flerskiktsväggar med ångspärr uppstår det otätheter vid bland annat skarvar och håltagning för eldosor. Det enda sättet att säkerställa hur tätt slutkonstruktionen blivit är genom tryckprovning, mätmetoden finns i SS-EN13 829. I och med den nya BBR12 finns det inget sådant krav, utan det är det övergripande funktionskraven samt att byggnadens specifika energianvändning som skall uppfyllas.

I en rapport från Sveriges tekniska forskningsinstitut utreds hur byggnader och energianvändningen i dessa påverkas av hur lufttäta de är. Vilken inverkan på energianvändningen klimatskalets täthet har beror mycket på vilken typ av ventilation byggnaden har och hur utsatt för vind den är. Störst påverkan blir det i byggnader med FTX-system då möjligheterna att utnyttja värmen i den uppvärmda frånluften minskar om byggnaden är otät. Oberoende av ventilationssystem ger ökade luft rörelser i isoleringen upphov till minskat värmemotstånd i dito och där med ett ökat värme flöde genom byggnadsdelen. Andra faktorer som påverkas av byggnadens lufttäthet visas i tabellen nedan.<sup>20</sup>

**Tabell 4** Några av konsekvenserna av lufttöta byggnader. Källa SP Rapport 2007:23

	Konsekvens
<b>Energi</b>	Ökad energianvändning, transmissionsförluster
	Ökad energianvändning, ventilationsförluster
<b>Komfort</b>	Drag
	Kalla golv
<b>Fukt</b>	Skador av fuktkonvektion
	Skador av inläckande regnvatten
<b>Luftkvalitet</b>	Funktion hos ventilationssystem
	Spridning av lukter, partiklar, gaser inkl radon
<b>Annat</b>	Frysrisk hos installationer
	Försämrade ljudisolering

<sup>20</sup> SP Rapport 2007:23, Lufttäthetsfrågor i byggprocessen.

### 3.6.5 Tappvarmvatten

Normalt utgör inte energibehovet för beredning av tappvarmvattnet en så stor del av det totala energibehovet för lokaler. Hur mycket tappvarmvatten som används kan dock variera kraftigt beroende på vilken typ av verksamhet och vilken tappvarmvattenarmatur som är installerad. Som schablonvärde brukar antas att en tredjedel av tappvattnet blir till varmvatten.

För beräkning av effektbehovet för tappvarmvatten kan nedanstående ekvation användas.

#### Formel 3

$$P_{vv} = \rho_{vatten} * C_p * q_{vatten} * \Delta T_{vatten} \quad (\text{W})$$

Där:

$P_{vatten}$  vattnets densitet, normalt 1000 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  vattnets specifika värmekapacitet, normalt 4,18 (kJ/kg, °C)

$q_{vatten}$  vattenflöde (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta T$  temperaturhöjning av vattnet (°C)

I driftsammanhang kan det vara mer lämpligt att veta vilket energibehov som går till värmning av tappvarmvatten. Genom att skriva om ovanstående formel fås energianvändningen.

#### Formel 4

$$E_{vv} = 1,16 * V * \Delta T_{vatten} \quad (\text{kWh})$$

Där:

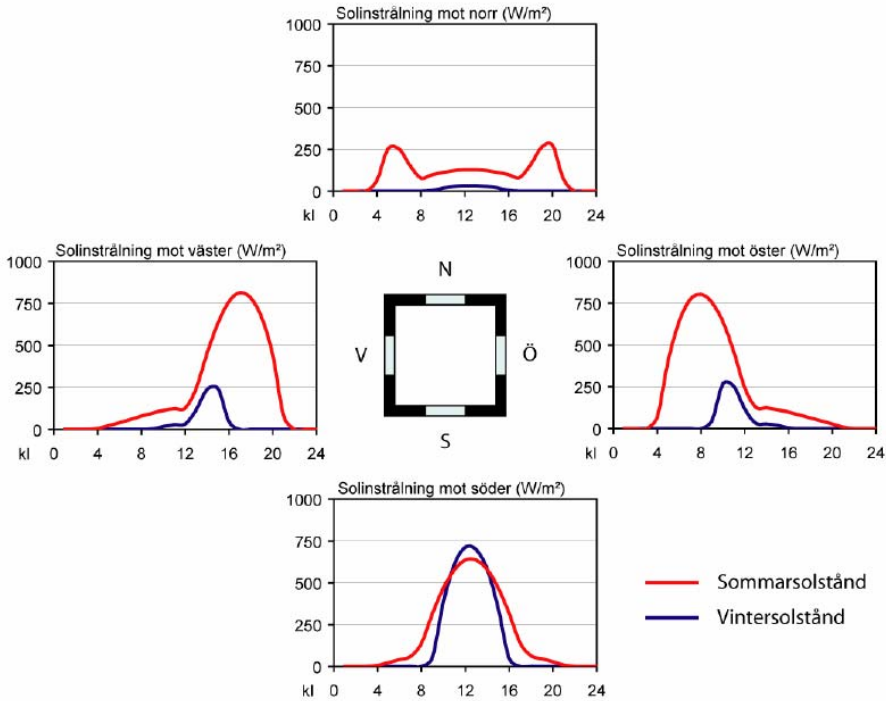
$E_{vv}$  Energibehovet (kWh)

$V_{vatten}$  vattenvolymen (m<sup>3</sup>)

$\Delta T$  temperaturhöjning av vattnet (°C)

### 3.6.6 Solenergi

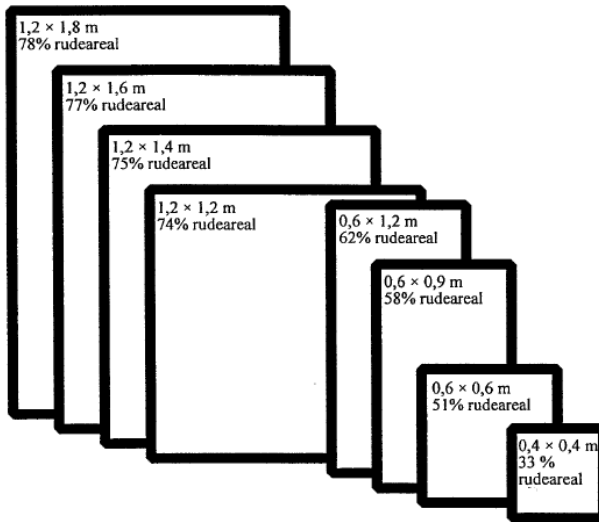
Solstrålningen som träffar en fasad- eller takyta får ofta stor inverkan på hela konstruktionens energibalans. Det är därför intressant att veta vilka energimängder som lyser in mot fasader i olika vädersträck.



**Figur 3-13** Instrålning mot en vertikal yta i olika väderstreck för en ideellt klar dag i juni respektive i december för en ort i södra Sverige. Källa Bülow-Hübe, Helena Solbanor och solinstrålning i Sverige.

Som illustreras i figur 3-14 ovan varierar solinstrålningen mellan olika väderstreck och mellan vinter och sommar, vilket i sin tur påverkar hur stort värmetillskott solinstrålningen bidrar med. Det är därför viktigt att känna till byggnadens orientering vid beräkning av energibalansen.

Viktigt att notera i samband med energiberäkningar är hur stor glasandelen är i förhållande till fönstret. Detta för att värmestillskottet genom solinstrålning naturligtvis kommer in genom glasandelen och transmissionsförlusterna sker genom hela fönsterkonstruktionen. Som visas i figuren nedan ökar glasandelen med storleken på fönstret.



**Figur 3-14** Visar förhållandet mellan glasandel och total fönsterstorlek. Källa Håndbog om vinduer og Energi, Institut for Bygninger og Energi, DTU

### 3.6.7 Personvärme

Värmeproduktionen pågår kontinuerligt i kroppen, som en flöjd av förbränning av näringsämnen eller metabolism som det även heter. Den mängd energi som en person avger varierar mellan individer och beror på ett flertal faktorer så som, fysisk aktivitet, kroppsytta, ålder och kön.

**Tabell 5** Met-värden vid olika aktiviteter samt motsvarande effekt  $W/m^2$  respektive  $W$ . (kroppsytta  $1,8 m^2$ ) Källa ISO 7730

Aktivitet	Metabolism		
	$W/m^2$	Met	W
Vila	46	0,8	85
Sitta, avslappnad	58	1,0	105
Kontorsarbete, sittande	70	1,2	125
Stående, lättare aktivitet	93	1,6	170
Stående aktivitet av typ hushållsarbete	116	2,0	210

### 3.7 Normalårskorrigerig

För att kunna jämföra energiberäkningsresultat med uppmätta mätdata krävs någon form av normalårskorrigerig. Det finns två metoder att normalårskorrigerig, effekt-signaturmetoden och gradtimmesmetoden. Båda metoderna bygger på att den uppmätta energianvändningen, för en viss period, korrigeras med en korrektionsfaktor utifrån skillnaden mellan klimatet på orten under ett normalår och det verkliga klimatet under samma period.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Schulz, Linda. Normalårskorrigerig av energianvändning i byggnader – en jämförelse av två metoder.

## 4 Objektsbeskrivning

I studien har ett antal byggnader i Bromölla Kommun inom verksamheterna utbildning, kontor och äldreboende valts ut. Syftet med urvalet är att skapa bredd i undersökningen genom att olika verksamheter undersöks med en enkel metod för att få fram ett teoretiskt värde på energianvändningen. Viktigt vid valet av byggnader var att det skulle finnas underlag på historisk uppmätt energianvändning, för att stämma av den beräknade energianvändningen mot den verkliga, samt tillgång till tekniskinformation om byggnaderna och systemen i dem.

För de byggnader där OVK-protokoll och tekniska beskrivningar från bygglovhandlingarna har funnits lättillgängliga har informationen från dessa sammanställts i beskrivningen för respektive byggnad för att ge en bättre bild av byggnaden och dennes tekniska egenskaper.

Bromölla Kommun har tidigare genomfört uppmätningar av de invändiga bruksareorna (BRA). I beräkningarna med VIPWEB behövs den uppvärmda arean, eller  $A_{temp}$  som den även benämns, vilket är nästan densamma som BRA. Det behövs även information om byggnaden, hur den används samt det omgivande klimatet och installationssystem.

Areorna som används i beräkningarna har erhållits från ritningar på de aktuella objekten, dessa har jämförts med de som Bromölla Kommun har mätt upp. Om den från ritning uppmätta area understiger den area som mätts upp av Bromölla Kommun tyder de på att någon av dem är fel. I dessa fall har BRA använts.

I de fall där det funnits luftflöden lättillgängligt i OVK-protokoll har dessa sammanställts för den aktuella byggnaden.



### 4.1 Inledande orientering

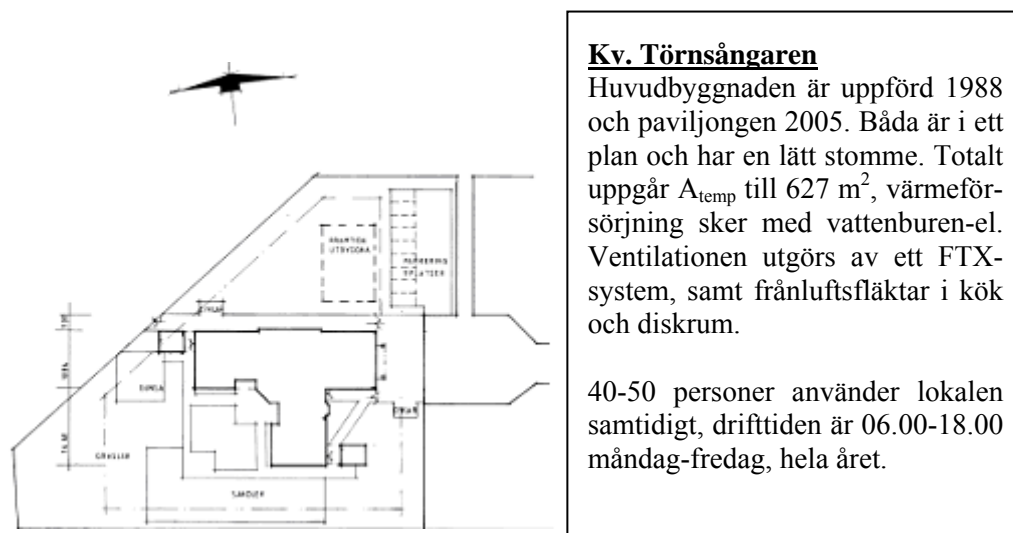
Utifrån ovanstående kriterier har följande 8 byggnader valts ut för analys:

1. Törnsångaren (förskola)
2. Gulsippan (förskola)
3. Dalaskolan (skola)
4. Edenryd (skola)
5. Kommunhuset (kontor)
6. Gamla Laboratoriet (kontor)
7. Brögården (äldreboende)
8. Korsvångsgården (äldreboende)

#### 4.1.1 Källkritik

Då många ritningar är gamla och inscane från pappersritningar finns en viss osäkerhet i skalan. Det finns även risk att ritningarna inte stämmer med verkligheten. Det kan exempelvis ha skett ombyggnader och/eller tillbyggnader som inte förts in på ritning. Genom att jämföra de av Bromölla uppmätta areorna med de uppmätta från ritningar fås indikation på sådana eventuella avvikelser.

## 4.2 Kv. Törnsångaren



### **Kv. Törnsångaren**

Huvudbyggnaden är uppförd 1988 och paviljongen 2005. Båda är i ett plan och har en lätt stomme. Totalt uppgår  $A_{temp}$  till  $627 \text{ m}^2$ , värmeförserjning sker med vattenburen-el. Ventilationen utgörs av ett FTX-system, samt frånluftsfläktar i kök och diskrum.

40-50 personer använder lokalen samtidigt, drifttiden är 06.00-18.00 måndag-fredag, hela året.

**Figur 4-1** Orienteringsplan för förskolan Törnsångaren.

### 4.2.1 Allmänt

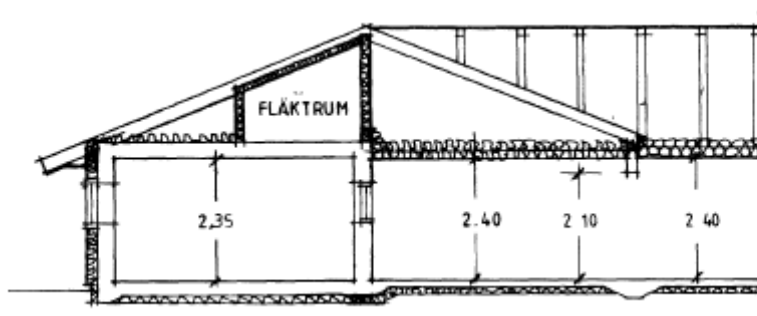
Verksamheten som bedriv är förskola, antalet inskrivna barn är cirka 55 stycken, av dessa är mellan 30-40 som samtidigt är på plats. Personalen består av 11 förskollärare samt en kokerska. Det totala antalet personer som brukar lokalerna samtidig är alltså mellan 40-50 stycken.

Terrängen kring byggnaden är förhållandevis öppen vilket gör att byggnaden ligger förhållandevis oskyddat för vind.

### 4.2.2 Byggnaderna

Huvudbyggnaden är uppförd 1988 och har träregelstomme med skalmur samt träpanel på vissa delar. Byggnaden är i ett plan, grundläggningen är platta på mark med underliggande isolering. Fläktrummet är placerat på vinden som för övrigt är oinredd.

Totalt uppgår  $A_{temp}$  till  $493 \text{ m}^2$  och volymen till  $1183 \text{ m}^3$ .



**Figur 4-2** Sektion genom byggnad vid fläktrum, visar isoleringens läge.

För att möta efterfrågan på förskoleplatser utökade förskolan 2005 med en paviljong på  $134 \text{ m}^2$  med plats för 12 personer i anslutning till huvudbyggnaden.



**Figur 4-3** Foto på paviljongen, ligger orienterad i nordsydlig riktning.

### 4.2.3 Installationssystem

Huvudbyggnaden värms med vattenburen-el och tappvarmvattnet värms även det med el. Byggnadens ventilationssystem utgörs av FTX (LA1), värmeåtervinning med plattvärmeväxlare samt frånluft i kök (FF1) och diskrum (FF2). Under uppvärmnings-säsongen hålls inblåsningstemperaturen på tilluften konstant till cirka 18 grader, sommartid står den i relation till utetemperatur. Drifttiden för ventilationen är måndag – fredag 06.00-18.00, övrig tid avstängd. I köksavdelningen finns det två kylda förvaringsrum samt ett kylt soprum, dessa kyls med externt kylaggregat.

Paviljongen värms med direktverkande-el, en varmvattenberedare med el-patron står för uppvärmning av tappvarmvatten. Ventilationssystemet utgörs av FTX-system, under uppvärmningssäsongen hålls inblåsningstemperaturen på tilluften konstant till cirka 18 grader, sommartid står den i relation till utetemperatur. Värmeåtervinning sker med hjälp av roterandevärmeväxlare. Några uppmätta flöden på ventilationen har inte kunnat erhållas, det är dock dimensionerat för 12 personer. Mätningen för el ligger på samma som för huvudbyggnaden.

**Tabell 6** Sammanställning av ventilationsflöden för Törnsångaren, huvudbyggnad. Källa OVK-protokoll 2002-11-11.

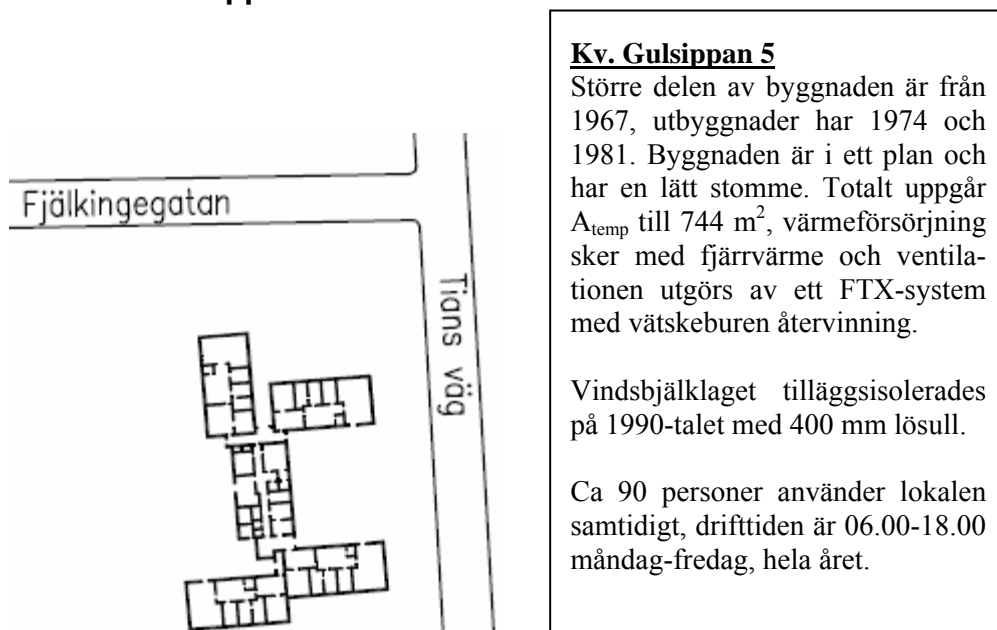
System Törnsångaren	Flöde börvärde [l/s]	Ärvärde [l/s] +/- 8 %
<b>LA1 (platt-vvx)</b>		
Tilluft	1000	796
Frånluft	720	751
<b>FF1 (Kök)</b>	380	423
<b>FF2 (disk)</b>	120	131
<b>Summa FF1+FF2</b>	<b>500</b>	<b>554</b>

### 4.2.4 Samtal med personal på Törnsångaren<sup>22</sup>

All matlagning, diskning samt tvättning ser på plats. Det som tvättas är handdukar, lakan, filtar med mera som används i den dagliga verksamheten. Enligt personalen tvättas det 5-6 maskiner i veckan, det kan dock vara fler under vissa perioder. Köks- och tvättutrustning har några år på nacken och är således inte de mest energieffektiva på marknaden. Under kallare perioder upplever (har mätt säger de till 16 grader) personalen att det blir kallt i köket och i de stora utrymmena.

<sup>22</sup> Samtal med personal på Törnsångaren 2007-09-24.

### 4.3 Kv. Gulsippan 5



#### **Kv. Gulsippan 5**

Större delen av byggnaden är från 1967, utbyggnader har 1974 och 1981. Byggnaden är i ett plan och har en lätt stomme. Totalt uppgår  $A_{temp}$  till 744 m<sup>2</sup>, värmeförsörjning sker med fjärrvärme och ventilationen utgörs av ett FTX-system med vätskeburen återvinning.

Vindsbjälklaget tilläggsisolerades på 1990-talet med 400 mm lösull.

Ca 90 personer använder lokalen samtidigt, drifttiden är 06.00-18.00 måndag-fredag, hela året.

**Figur 4-4** Orienteringsplan för förskolan Gulsippan.

#### 4.3.1 Allmänt

Verksamheten som bedrivs är förskola, antalet inskrivna barn är cirka 80 stycken och personalen är cirka 10 stycken. Det totala antalet personer som brukar lokalerna samtidigt är alltså ungefär 90 stycken. Byggnaden ligger förhållandevis skyddad för vind.

### 4.3.2 Byggnad

De äldsta delarna av byggnaden är uppförda 1967. Tillbyggnader har skett i olika etapper, 1974 byggdes del-E och 1981 utökades del-A ytterligare med en mindre tillbyggnad. Byggnaden är i ett plan och har en lätt stomme, vindsbjälklaget har tilläggsisolerats med 400 mm lösull.

Den totala uppvärmda arean uppgår till 744 m<sup>2</sup>, rumshöjden är 2,5 m vilket ger en volym på 1860 m<sup>3</sup>. Som kan ses på orienteringsplanen för gulsippan innebär byggnadens form gör att andelen fasadyta blir ganska stor i förhållande till A<sub>temp</sub>.



**Figur 4-5** Bild på Gulsippan tagen från gårdssidan.

### 4.3.3 Installationssystem

Uppvärmning av byggnaden sker med fjärrvärme. Under uppvärmningssäsongen hålls inblåsningstemperaturen på tilluften konstant till cirka 19 grader, sommartid står den i relation till utetemperaturen, värmeväxlingen är vätskeburen.

Byggnaden ventileras med ett FTX- aggregat som står utomhus på A-byggnadens tak. De projekterade ventilationsflödena är 1675 l/s i tilluft och 1675 l/s i frånluft. Några uppmätta flöden har ej erhållits. Drifttiderna är 06.00-18.00 måndag – fredag, hela året.

#### **4.3.4 Samtal med personal på Gulsippan<sup>23</sup>**

Det är 80 barn som är inskrivna på förskolan och 12 personal men det är ofta några barn som är borta så totalt är det cirka 90 personer som vistas i lokalen samtidigt. Frukost och mellanmål lagas på plats, lunchen kommer färdig. Det tvättas mellan 2-3 60°C maskintvättar om dagen.

Övriga synpunkter från personalen var att de under uppvärmningssäsongen upplevde att luften var torr och att det drog kallt från ventilationen (deplacerande don vid golv). Även obehag med att det upplevs som att det drar kallt från otätheter kring fönstren och att golven upplevs som kalla.

---

<sup>23</sup> Samtal med personal på gulsippan 2007-09-24.





### 4.4.2 Byggnader

Totalt uppgår den uppvärmda arean för de tre byggnaderna till 7852 m<sup>2</sup>.

Den norra skolbyggnaden uppfördes 1976, 1994 gjordes en mindre utbyggnad av denna. I samband med utbyggnaden byttes även fönster och dörrar i övriga delar byggnaden mot mer energieffektiva.  $A_{temp}$  uppgår till 2752 m<sup>2</sup>.

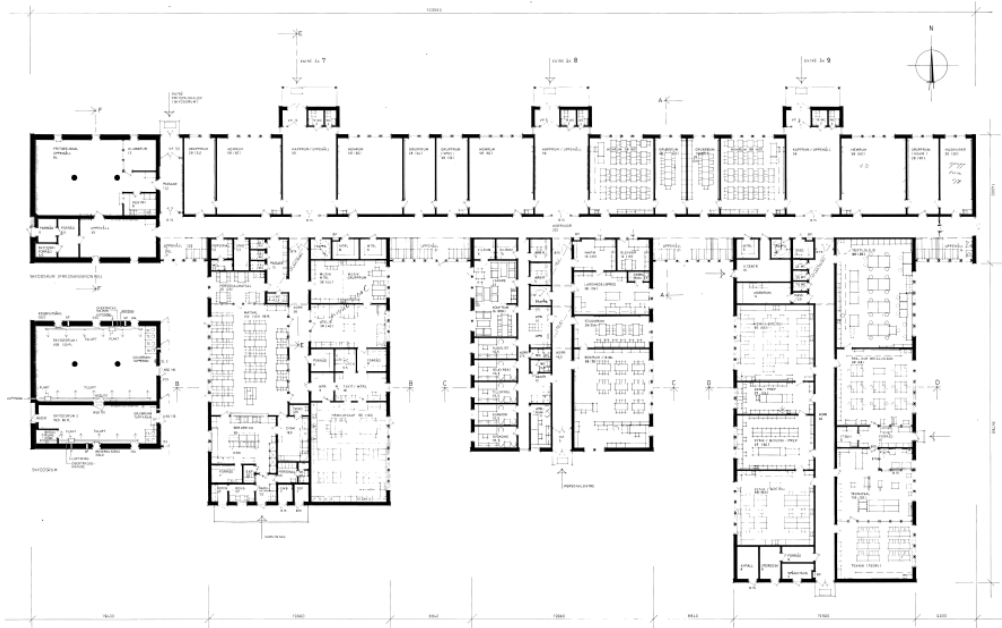


**Figur 4-7** Bild på Dalaskolan Norra.

Grundläggningen är platta på mark med underliggande isolering. Ytterväggarna är en regelstomme med en skalmur av tegel. Yttertaket är uppbyggt av fackverksbalkar av stål, mineralull och takpapp. Invändigt finns väggar av tegel vilket gör att byggnaden kan anses ha en tung stomme.

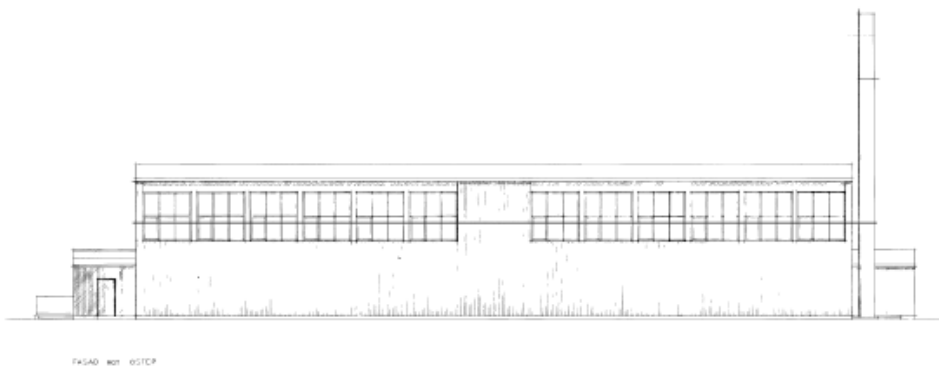
## Objektsbeskrivning

Den södra delen byggdes 1981, byggnaden är i ett plan, grundläggningen är platta på mark med underliggande isolering. Ytterväggarna består av bärande pelare och balkar av stål med en skalmur av tegel. Yttertaket är uppbyggt av fackverksbalkar av stål, mineralull och takpapp. Totalt uppgår  $A_{temp}$  till 3265 m<sup>2</sup>.



**Figur 4-8** Plan Dalaskolan södra delen.

Branthallen byggdes 1974 och används som idrottshall. Den består av en högdal med gymnastiksal samt en lågdal med omklädningsrum och redskapsförvaring. Den uppvärmda arean är 1835 m<sup>2</sup>.



**Figur 4-9** Fasadritning, Branthallen.

#### 4.4.3 Installationssystem

Värmeförsörjning till byggnaderna Norra och Södra sker via kulvert från Branthallens värmecentral. Kulverten är totalt ca 200m lång varav 145 m är förlagd i mark resten är invändigt (uppvärmt utrymme).

Den norra skolbyggnaden ventileras med hjälp av två ventilationsaggregat, TFA1 som betjänar klassrum mm i den del som byggdes 1976 och TA/FA1 som betjänar tillbyggnaden. Värmeåtervinning för båda sker med roterandevärmeväxlare. Börvärdena på tilluften ligger mellan 16 och 19 grader, regleras genom att frånluftens temperatur och anpassa tilluftstemperaturen efter denna. Börvärdet för rummen är 21 grader, mäts via en referensgivare mitt i byggnaden. Drifttiderna är mellan 07.00-18.00 måndag till fredag.

**Tabell 7** Sammanställning av ventilationsflöden för Dalaskolan Norra, Källa OVK-protokoll 2003-03-06.

<b>System Dalaskolan Norra</b>	<b>Flöde börvärde [l/s]</b>	<b>Ärvärde [l/s] +/- 6 %</b>
<b>Byggnad (1976)</b>		
<b>TFA1</b>		
Tilluft	4347	5015
Frånluft	4347	4660
<b>Tillbyggnad (1994)</b>		
<b>TA/FA1</b>		
Tilluft	1220	1152
Frånluft	953	1012

Branthallen och den södra skolbyggnaden ventileras båda med FTX-system med roterandevärmeväxlare. Några uppmätningar på luftflöden har ej erhållits.

## 4.5 Edenryd



**Figur 4-10** Orienteringsplan för Edenryds skolområde.

### Edenryd

Byggnaderna som ingår i undersökningen är A, B och gymnastikhallen. Uppvärmning sker med oljepanna i byggnad B, från denna går det kulvertar till övriga, totalt ca 70 m. Samtliga byggnader ventileras med till- och frånluft med roterande värmeväxlare.

Byggnad A är i ett plan, har tung stomme, uppförd 1982,  $A_{temp}$  620 m<sup>2</sup>.

Byggnad B har två plan samt en mindre källare, har tung stomme, uppförd 1936 och  $A_{temp}$  905 m<sup>2</sup>. Vindsbjälklaget har tilläggsisolerats.

Gymnastikhallen har en högdal med idrotts hall och en lågdal med omklädningsrum, uppförd 1978 totalt  $A_{temp}$  420 m<sup>2</sup>. Stommen är lätt och ventilationen är behovsstyrd med fukt och närvarogivare.

Ca 110 elever och lärare använder lokalerna. Drifttiden är 07.00-18.00 måndag-fredag.

### 4.5.1 Allmänt

Skolområdet består av fyra byggnader, tre av dessa ingår i undersökningen. Det är byggnad A, B och gymnastikhallen, de visas på översiktsplanen nedan. Totalt används lokalerna av cirka 110 personer.

Läget är förhållandevis vindutsatt och närheten till åkermark gör att filtrera i ventilationsaggregaten måste bytas oftare än i liknande anläggningar.

### 4.5.2 Byggnaderna

Byggnad A är i ett plan och har tung stomme och treglasfönster. Den är uppförd 1982, den totala uppvärmda arean uppgår till 620 m<sup>2</sup>. Bottenbjälklaget är platta på mark med underliggande isolering. Rumshöjden är 2,7 m vilket ger en volym på 1674 m<sup>3</sup>.



**Figur 4-11** Bild på byggnad A.

Byggnad B är uppförd 1936 och används som låg- och mellanstadieskola. I delen där byggnadskropparna möts (se bild nedan) finns en mindre källare med förrådsutrymmen och pannrum. Den totala uppvärmda arean uppgår till totalt 905 m<sup>2</sup>. Ytan är fördelad mellan, källarplan 121 m<sup>2</sup>, bottenplan 548 m<sup>2</sup> och övre våning 236 m<sup>2</sup>. Den totala volymen är 2762 m<sup>3</sup>. Rumshöjden varierar mellan planen, ungefärliga höjder för de olika planen, källare 2,8 m, bottenplan 3 m och övre våning 3,2 m.

Byggnaden har en tung stomme och grunden består av platta på mark, källare, samt krypgrund. Bjälklaget över krypgrunden är av trä, detta tilläggsisolerades i samband med byggnationen av byggnad A. Även vindbjälklaget tilläggsisolerades med mineralull i samband med byggnation av byggnad A, det nya  $U_{\text{värde}}=0,22$ .



**Figur 4-12** Bild på byggnad B, tagen från gårdssidan

Gymnastikhallen är uppförd 1978 och används som idrottshall för skolan. Byggnaden består av en högdel med gymnastiksal samt en lågdell med omklädningsrum, redskapsförvaring samt undercentral. I högdelen är yta  $223 \text{ m}^2$  samt volymen  $1266 \text{ m}^3$ , lågdellens yta är  $197 \text{ m}^2$  och volymen  $531 \text{ m}^3$ .



**Figur 4-13** Bild på gymnastikbyggnaden.

Grundläggningen består av platta på mark med underliggande isolering. Byggnaden har stålstomme isolerad med mineralull och fasad och yttertak av profilerad plåt. Det är således en lätt konstruktion.

### 4.5.3 Installationssystem

Uppvärmning av byggnaderna sker med oljepanna som ligger i Bs källare. Från denna går det kulvert till byggnad A och gymnastikhallen. Den totala kulvertlängden är cirka 70 m.

Ventilationsaggregatet i byggnad A står på vinden över undercentralen, benämningen för aggregatet är TA2/FF2, värmeåtervinning sker med roterandevärmeväxlare. I värmerum 104 finns en frånluftsfläkt, FF5 utan återvinning.

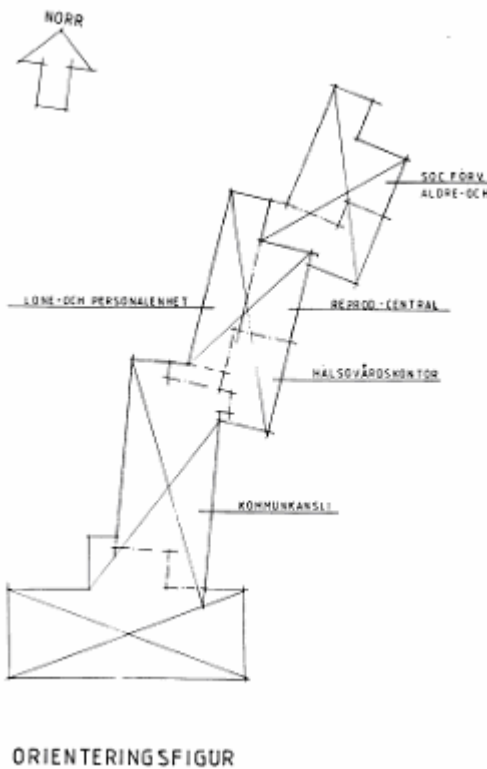
Byggnad B ventileras med hjälp av TA1 och TA3 i fläktrum 211, projekterat flöde 3370 m<sup>3</sup>/h och 2220m<sup>3</sup>/h, återvinning med roterandeväxlare. I köket finns FF3 från disk, 1780 m<sup>3</sup>/h, placerad på taket samt FF4 från spiskåpa, 700 m<sup>3</sup>/h, även den placerad på taket.

Gymnastikhallen ventileras med TA1/FA1, som har roterande värmeväxlare och är placerad i fläktrummet i omklädnadsdelen. Det projekterade flöde är 3750/4050 (m<sup>3</sup>/h), installationsår 1978. Nyligen har ventilationen anpassats till behovsstyrning som regleras av fuktgivare i frånluftskanalen från dusch- och omklädningsdel samt med närvarogivare i idrottshallen. Eftergångstiden vid uppmätt börvärde fukt eller sista detektion av närvaro är en timme. Övrig tid körs systemet med grundflöde.

## 4.6 Bromölla Kommunhus

### 4.6.1 Allmänt

Större delen av byggnaden används som kontorslokaler för kommunförvaltningen i Bromölla Kommun. I den södra delen finns även affärsverksamhet, restaurang och frisör. I dessa lokaler ingår uppvärmning, varmvatten och fastighetsel i hyran, verksamhetselen betalar hyresgästerna själva. Byggnaden är relativt skyddad för vind.



#### **Bromölla Kommunhus**

Större delen är från 1962. Byggnaden är i två plan och har en tung stomme. Totalt uppgår  $A_{temp}$  till  $3205 \text{ m}^2$ , värmeförsörjning sker med fjärrvärme och ventilationen utgörs av mekanisk till och frånluft med återvinning. Fasaden har en stor andel glas.

Verksamheten som ryms i byggnaden är kontor ( $A_{temp} 2609 \text{ m}^2$ ) samt butik och restaurang ( $A_{temp} 596 \text{ m}^2$ ).

I den del som används av Bromölla Kommun arbetar ca 50 personer. Drifttiderna är 07.00- 18.00 måndag – fredag.

**Figur 4-14** Orienteringsplan för Bromölla Kommunhus.



### 4.6.2 Byggnaden

Kommunhuset är i två våningar samt källare, totalt uppgår  $A_{\text{temp}}$  till 3205 m<sup>2</sup>. Byggnaden är uppförd 1962 och tillbyggt 1972 med den delen som är lägst norrut, se orienteringsfigur. Den har genomgått mindre ombyggnader, bland annat byggdes entrén till på slutet av 1990-talet. Byggnaden har en tung stomme och relativt stora fönster. Källaren används som arkiv och förvaringsutrymme samt för teknikutrymmen, undercentral för värme och vatten.



**Figur 4-15** Bild på Bromölla Kommunhus, visar den västra fasaden.

På bottenplan i den södra delen finns förutom kontor även en frisör och restaurang. I samband med besöket noterades att ytterdörrarna till restaurangen och Kristianstadsbladet stod öppna. Om detta är vanligt eller ej att dörrarna är öppna finns ingen uppgift på.



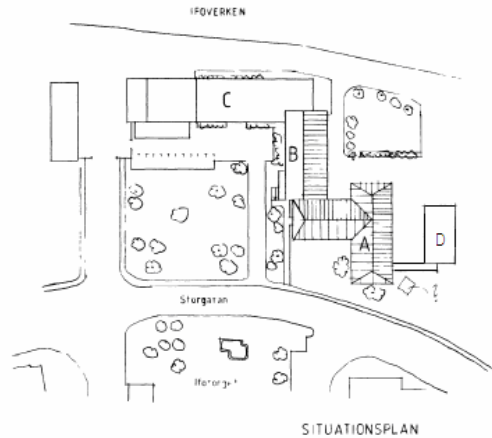
**Figur 4-16** Bild på Kommunhusets södra gavel, visar öppna ytterdörrar till restaurang och kontorslokal.

Fotografiet är taget den 18 september 2007. Någon exakt utomhustemperatur uppmättes inte men, den låg dock på cirka 10°C.

### 4.6.3 Installationssystem

Uppvärmning av byggnaden sker med fjärrvärme. Byggnaden ventileras med ett FTX-system kombinerat med prognosstyrning. Drifttiden är mellan 06.00-19.00 måndag – fredag.

## 4.7 Laboratoriet



Figur 4-17 Orienteringsplan för Laboratoriet.

### 4.7.1 Allmänt

Fyra byggnader ingår i mätningen. Tidigare användes byggnaderna av IFÖVERKEN, numera används de som kontor för bland annat Bromölla Energi AB samt kommunens Barn- och Ungdomsförvaltningen. Byggnaderna ligger förhållandevis skyddade för vind.

#### **Laboratoriet**

Byggnad A, har tung stomme och tre våningar, kontor  $A_{temp}$  2129 m<sup>2</sup>.

Byggnad B är i ett plan har tung stomme och används som kontor  $A_{temp}$  uppgår till 461 m<sup>2</sup>.

Byggnad C är i ett plan har tung stomme och används som kontor och utbildningslokal. Ytorna är fördelade på  $A_{temp}$  563 m<sup>2</sup> kontor och  $A_{temp}$  318 m<sup>2</sup> utbildning.

Byggnad D är ursprungligen en lagerbyggnad med används idag som kontor,  $A_{temp}$  uppgår till 268 m<sup>2</sup>. Byggnaden är ca 5 m hög och i ett plan och har en lätt stomme. Den är förbunden till byggnad A via en passage.

### 4.7.2 Byggnaderna

Byggnaderna A, B, C är från 1945 och tillbyggnaden från 1991 (D) som är till höger om byggnad A i situationsplanen. Av den totala  $A_{temp}$  på 3739 m<sup>2</sup> så ingår el för 2328,7 m<sup>2</sup> och värme för 3483,6 m<sup>2</sup>.

I samband med tillbyggnaden av byggnad D tilläggsisolerades vindsbjälklagen och nya fönster sattes in i de övriga byggnaderna.

Byggnad A är uppförd 1945 och används i dag som kontorsbyggnad. Byggnaden är i tre våningar, där bottenvåningen är i suterräng. Byggnaden har tung stomme och förhållandevis mycket glasytor. Den uppvärmda ytan  $A_{temp}$  2129 m<sup>2</sup>.



**Figur 4-18** Bild på byggnad A, bilden är tagen från baksidan.

Byggnad B är i ett plan har tung stomme och används som kontor,  $A_{temp}$  uppgår till 461 m<sup>2</sup>.

Byggnad C är i ett plan har tung stomme och används som kontor och utbildningslokal. Ytorna är fördelade på  $A_{temp}$  563 m<sup>2</sup> kontor och  $A_{temp}$  318 m<sup>2</sup> utbildning.

Byggnad D är ursprungligen en lagerbyggnad med används idag som kontor,  $A_{temp}$  uppgår till 268 m<sup>2</sup>. Byggnaden är ca 5 m hög och i ett plan och har en lätt stomme. Den är förbunden till byggnad A via en passage.

### **4.7.3 Installationssystem**

Uppvärmning sker med fjärrvärme och ventilationen med FTX-system med roterandeväxlare.

Totalt finns tre luftbehandlingsaggregat som installerades 1993, flödena är hämtade OVK-protokoll 2002-11-18.

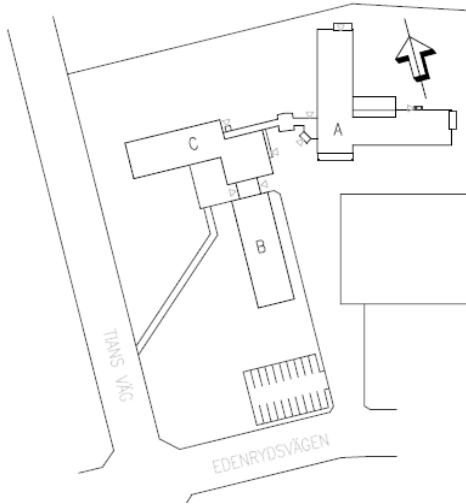
TA1 FA1 betjänar Komvux, kontor och lektionssalar, flöde börvärde 1010/985 l/s.

TA2 FA2 betjänar arbetsförmedling och kontor, flöde börvärde 965/945 l/s.

TA3 FA3 betjänar social- och skolkontor, flöde börvärde 2035/1945 l/s.

Det totala projekterade ventilationsflödet för byggnaderna är alltså 4010/3875 l/s

## 4.8 Brogården



Figur 4-19 Orienteringsplan Brogården

### **Brogården**

I byggnaderna A och B finns servicelägenheter för äldre och i C-byggnaden finns gemensamma utrymmen som kök, matsal och personalutrymmen.

Byggnad A har fyra våningar och tyng stomme,  $A_{temp}$  2502 m<sup>2</sup>.

Byggnad B är i en våning och sammanbunden med byggnad C,  $A_{temp}$  336 m<sup>2</sup>. Byggnaden har en tung stomme.

Byggnad C har mark och källarvåning,  $A_{temp}$  1066 m<sup>2</sup>.

### 4.8.1 Allmänt

I byggnaderna A och B finns servicelägenheter för äldre, i C finns kök, matsal och personalutrymmen samt teknikutrymmen för fastigheten. Totalt arbetar ett 40-tal personer i byggnaderna. Antalet äldre som bor är 24 stycken i byggnad A och 5 stycken i byggnad B. Totalt är det cirka 65 personer i lokalerna samtidigt. I köket lagas även mat till hemtjänsten som utgår från byggnaden. Byggnaderna ligger förhållandevis skyddade för vind.

### 4.8.2 Byggnaderna

Byggnad A är uppförd 1969 och ombyggd 2005, har fyra våningar och är sammanbunden med C-byggnaden via en inglasad passage. I samband med ombyggnaden tilläggsisolerades vindsbjälklaget. I byggnaden finns 24 servicelägenheter för äldre.



**Figur 4-20** Bild på byggnad A.

Byggnad B är uppförd 1984 är en våning med platta på mark och är sammanbunden med C-byggnaden. I byggnaden finns fem servicelägenheter för äldre.

Byggnad C är uppförd 1958 har ett källarplan (495 m<sup>2</sup>) och ett markplan (571 m<sup>2</sup>), totalt A<sub>temp</sub> 1066 m<sup>2</sup>. I byggnaden finns kök och matsal som är gemensam för byggnaderna A och B. Här finns även personalutrymmen och teknikutrymmen för fastigheten.

### 4.8.3 Installationssystem

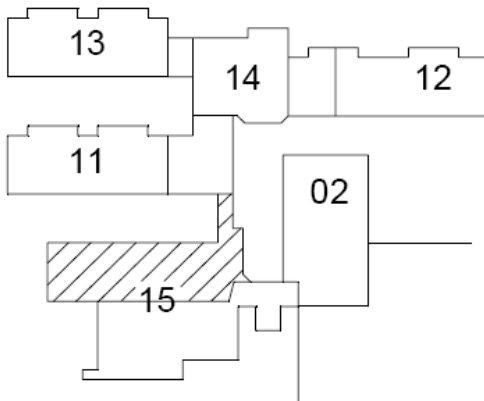
Byggnaderna är anslutna till fjärrvärme och ventileras med FTX-system med korsvärmväxlare med by-pass. Totalt finns tre luftbehandlingsaggregat, flödena är hämtade OVK-protokoll 2002-12-31. Det finns även ett antal frånluftsfläktar, från bland annat kök, några flöden för dessa har ej erhållit.

VA1 betjänar kök mm, flöde börvärde 1139/1209 l/s.

VA2 betjänar matsal och källare, flöde börvärde 889/1056 l/s.

VA3 betjänar lägenheter, flöde börvärde 132/153 l/s.

### 4.9 Korsvångsgården



#### Korsvångsgården

I byggnaderna 11-13 servicelägenheter samt gemensamma utrymmen för de boende.

Byggnad 14 används bland annat till kontor och andra administrativa delar av verksamheten, i källaren finns teknik- och omklädningsrum.

I byggnad 15 finns en kontorsdel på cirka 400 m<sup>2</sup> samt vård utrymmen och servicelägenheter.

Byggnad 02 ingår inte i undersökningen.

**Figur 4-21** Orienteringsplan för Korsvångsgården, byggnad 02 ingår ej i undersökningen



### 4.9.1 Allmänbeskrivning

Verksamheten som bedrivs är serviceboende för äldre med cirka 30 vårdplatser. Byggnaden ligger relativt skyddad för vind.

### 4.9.2 Byggnad

Byggnaderna är från 1985, är till största del i ett plan och har lätt stomme, byggnad 14 har dock källarvåning. Den totala  $A_{temp}$  på 3096m<sup>2</sup> och BRA uppgår enligt Bromölla Kommuns uppmätningar till 2703 m<sup>2</sup>. Det är förhållandevis mycket fasadytor i förhållande till den uppvärmda arean.



**Figur 4-22** Bild på Korsvångsgårdens äldreboende.

### 4.9.3 Installationssystem

Byggnaderna är anslutna till fjärrvärme och ventileras med FTX-system med roterande värmewäxlare. Några säkra luftflöden för ventilationen har ej erhållits.

Vid platsbesöket noterades att en del fönster stod på glänt. Om detta är vanligt eller inte finns inga uppgifter på.



**Figur 4-23** Vid platsbesöket noterades att en del fönster stod på glänt.

Fotografiet är taget den 18 september 2007. Någon exakt utomhustemperatur uppmättes inte men, den låg dock på cirka 10°C.

## 5 Metod för beräkning av energianvändning

### 5.1 Beräkningsverktyg

Beräkningsprogrammen som används för simuleringarna är VIPWEB och VIP+. VIPWEB är ett Internetbaserat system knutet till VIP+ beräkningskärna. Beräkningarna i VIPWEB resulterar i utdata som kan användas direkt eller analyseras vidare i VIP+.

Syftet med VIPWEB är att minimera mängden indata för att modellen snabbt skall kunna byggas upp. Genom enkelheten i programmet är meningen att det ska kunna användas av såväl expert som lekman för att snabbt kunna uppnå ett beräkningsresultat som är så pass tillförlitligt att slutsatser kan dras om beräkningsresultatet.<sup>24</sup>

#### 5.1.1 Erforderlig indata

När en ny beräkning skapas i VIPWEB får användaren ta ställning till ett antal val för att för att kunna genomföra en simulering. Valen är uppdelade på tre områden, grunddata, byggnad och installationer.

---

<sup>24</sup> [http://vip.strusoft.com/vipdemo/Vipweb\\_beskrivning.pdf](http://vip.strusoft.com/vipdemo/Vipweb_beskrivning.pdf) (2008-01-03)

## 5.1.2 Grunddata

Grunddata.	Byggnad	Installationer
Ägare	Tomsangaren	
Fastighet	Tomsangaren 1-Manue	
Beskrivning	Manuell mängdning	
Adress	Stengatan 4	
Postnummer	217 65	
Ort	bromölla	
Lägenheter	1 st	
Klimat	Kalmar	
Vindpåverkan	<input checked="" type="radio"/> Medelskyddat för vind <input type="radio"/> Skyddat för vind <input type="radio"/> Oskyddat för vind	
Beräkningen avser	<input checked="" type="radio"/> Norm <input type="radio"/> 2003 <input type="radio"/> 2004	

**Figur 5-1** Dialogruta från VIPWEB, visar de val som finns under fliken Grunddata.

**Antal lägenheter** skall anges även om verksamheten är annan än bostad, ange som standard antalet 1 även om inte beräkningen gäller bostäder. Programmet använder antalet lägenheter endast om beräkningen avser bostäder och då för att schablonisera indata för varmvatten och processenergi.

**Ort**, antalet valbara klimatorter är begränsat så man får välja den som ligger närmast det aktuella objektet. I studien har Kalmar valts som klimatort.

**Vindpåverkan**, ange om byggnaden är utsatt för vind, välj bland de olika alternativen enligt dialogrutan ovan.

**Beräkningen avser**, ange vilket år som beräkningen avser, i studien har objekten beräknats med norm, som avser ett normalår.

### 5.1.3 Byggnad

The screenshot shows the 'Byggnad' dialog box with the following settings:

- Byggnadsår: 1988
- Hustyp: Trähus
- Hustyp: Rektangulärt hus
- Fasadtyp: Normal fönster area
- Uppvärmad yta: 493 m<sup>2</sup>
- Antal våningar: 1 st exkl vind
- Rumshöjd: 2.4 m
- Options:  Nya Fönster,  Tilläggsisolerat vägg,  Tilläggsisolerat tak,  Källare,  Platta på mark,  Inredd Vind,  Ej inredd vind,  Automatisk mängdning,  Manuell mängdning
- Orientering: Söder, Typ: Dörr, Area m<sup>2</sup>: (empty)

Buttons: Generera mängdning, Lägg Till, Infoga, Ändra, Radera.

Orientering	Typ	Area m <sup>2</sup>
Väster	Dörr	6.9
Öster	Dörr	11.6
Norr	Fönster 3 glas	14.3
Väster	Fönster 3 glas	10.9
Söder	Fönster 3 glas	19.4

Figur 5-2 Dialogruta från VIPWEB, visar de val som finns under fliken Byggnad.

**Byggnadsår**, ange de år som byggnaden är uppförd.

**Hustyp**, välj hustyp (sten eller trä) antal våningar, om det finns vind, källare eller platta på mark och välj fasad typ beroende på fönsterarea. Byggnadens värmetröghet påverkas av de material som finns innanför isoleringen. Ett hus med skalmur klassificeras således som ett trähus även om fasadmaterialet är av tegel då denna ligger utanför isoleringen. Under denna punkt anges även vilken geometrisk form huset har samt om det ligger fristående eller om det är sammankopplat till an annan byggnad.

**Uppvärmad area**, mata in den uppvärmda arean, total golvarea från insida yttervägg inklusive innerväggar, schakt mm i uppvärmda utrymmen. Denna kallas även  $A_{temp}$ .

**Rumshöjd**, syftar på avståndet mellan bjälklag, rumshöjden i beräkningsprogrammet påverkas inte av om det finns undertak.

**Förändringar sedan byggnation**, ange om det har utförts några energibesparande åtgärder så som tilläggsisolering eller ny fönster.

**Mängdning**, här kan man välja om programmet skall mängda automatiskt utifrån de förutsättningar som angivits eller mängdas manuellt. I fallet för manuell mängdning väljs typ av material, area och orientering.

### 5.1.4 Installationer

**Figur 5-3** Dialogruta från VIPWEB, visar de val som finns under fliken Installationer.

**Ventilation**, välj viken typ av ventilation som finns i fastigheten och eventuell typ av återvinning. Ange inom vilket intervall rumstemperaturen tillåts variera.

**Drift och aktivitet**, de verksamhetstyper som finns att välja bland är:

- Bostäder
- Kontor
- Utbildning
- Produktion
- Butik
- Parkering
- Villa

Om det förekommer flera olika typer av verksamhet i byggnaden finns möjlighet att ange upp till tre olika aktiviteter. Här ange hur stor andel varje aktivitet utgör, summan av dessa skall vara den samma som den uppvärmda ytan som angetts för byggnaden.

### 5.1.5 Beräkningsresultat från VIPWEB

Resultatet från en beräkning sparas som en rad olika filer som kan laddas hem. Resultatet kan fås sammanfattat eller som en fullständig redovisning. Beräkningsresultatet från VIPWEB med tillhörande indata sparas även som en fil som kan läsas in i VIP+ där en detaljerad analys av byggnaden kan göras.



**Figur 5-4** Resultatfiler från simuleringen kan laddas ner för vidare analys.

## 5.2 Förutsättningar och antaganden

Generellt gäller de förutsättningarna som beskrivs i kapitel 4 för respektive byggnad, en kort sammanställning av relevanta fakta och antaganden görs dock. Driftstatistik, både uppmätt och normalårskorrigerad med hjälp av graddagsmetoden för de undersökta byggnaderna kommer från Roger Jensen på Bromölla Kommun.

De gränser för vilka inomhustemperaturerna har satts till beskrivs som min/max°C. Detta innebär att om det undre värdet ligger på 22°C kommer värme att tillföras om inomhustemperaturen understiger detta värde. Tillskott från personer, processer och solinstrålning bidrar till att höja temperaturen även om inget värmebehov föreligger. Då ingen komfortkyla finns i någon av byggnaderna antas att om temperaturen överstiger 27°C kommer överskottsvärme att vädras bort, detta kallas för passiv kyla.



### 5.3 Metod vid beräkningarna

Den information som har samlats in används nu för att i VIPWEB göra simuleringar av energibehovet. Indata för varje byggnad som skall beräknas matas in i VIPWEB enligt metoden beskriven i kapitel 5.1 Varje byggnad beräknas och bedöms i flera steg.

I det första steget beräknas byggnadens energiprestanda med automatisk generering av byggnadsdelar.

I steg två görs en ny beräkning där byggnadsdelarna mängdats manuellt utifrån ritningar på den aktuella byggnaden. Som kontroll jämförs den från ritning uppmätta ytan  $A_{temp}$  mot den som mätts upp av Bromölla kommun (BRA). Normalt så är den uppvärmda ytan något större än BRA men kan i vissa fall vara lika, dock aldrig mindre. I de fall då det visas sig vara så att  $A_{temp} < BRA$  har mätningen gjorts om, då samma resultat uppnås antas att de av Bromölla kommun uppmätta ytan (BRA) vara gällande, då det kan förekomma brister i ritningsunderlaget. Detta innebär dock en felkälla.

Resultatfilen från steg två importeras till VIP+ där modellen korrigeras och anpassas till den information som samlats in om de olika objekten. Detta blir då en VIP+ beräkning med så korrekta indata som det finns tillgång i för de aktuella byggnaderna.

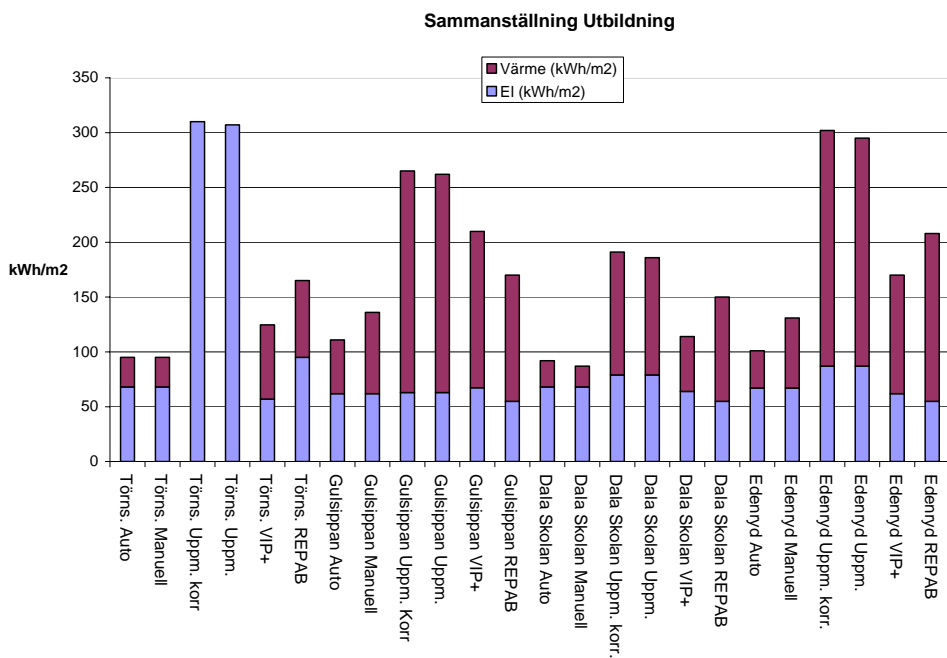
Resultaten från beräkningarna jämförs mot de uppmätta värdena för den aktuella byggnaden. Även en jämförelse mot de referensvärden som hämtade från REPAB görs. För att få det mer överskådligt, sammanställs resultaten av beräkningarna i de tre kategorierna; utbildning, kontor och äldreboende var för sig.

Analys av driftfallen utbildning och kontor görs för att undersöka vilka defaultvärden som ligger till grund för simuleringarna. När dessa fastställts görs känslighetsanalys där dessa varieras för att undersöka hur resultatet påverkas.

## 6 Resultat

### 6.1 Uppmätt och simulerad energianvändning kategori utbildning

Resultatet av simuleringarna visas i figur 6-1 och i tabell 8, som kan läsas i tabellen är det kraftiga avvikelser mellan beräknade och uppmätta normalårskorrigerade värden på energianvändningen.



**Figur 6-1** Sammanställning av simuleringar i VIPWEB och VIP+ för kategorin utbildning.

## Resultat

**Tabell 8** Sammanställning av simulerade värden för energianvändning, kategorin utbildning jämfört med den uppmätta energianvändningen för samma byggnader.

För att jämföra värdena med varandra utgås från VIP+ beräkningen med de så korrekta indata som det finns tillgång i för de aktuella byggnaderna.

Sammanställning Utbildning	EI (kWh/m <sup>2</sup> )	Värme (kWh/m <sup>2</sup> )	Totalt (kWh/m <sup>2</sup> )	% skillnad
Törnsångaren Auto	68	27	95	-24 %
Törnsångaren Manuell	68	27	95	-24 %
Törnsångaren Uppmätt korr.	310		310	149 %
Törnsångaren Uppmätt	307		307	146 %
Törnsångaren VIP+	57	68	125	Ref
Törnsångaren REPAB	95	70	165	32 %
Gulsippan Auto	62	49	111	-47 %
Gulsippan Manuell	62	74	136	-35 %
Gulsippan Uppmätt korr.	63	202	265	26 %
Gulsippan Uppmätt	63	199	262	25 %
Gulsippan VIP+	67	143	210	Ref
Gulsippan REPAB	55	115	170	-19 %
Dalaskolan Auto	68	24	92	-23 %
Dalaskolan Manuell	68	19	87	-27 %
Dalaskolan Uppmätt korr.	79	109	188	58 %
Dalaskolan Uppmätt	79	107	186	56 %
Dalaskolan VIP+	64	55	119	Ref
Dalaskolan REPAB	55	95	150	26 %
Edenrydskolan Auto	67	34	101	-40 %
Edenrydskolan Manuell	67	64	131	-23 %
Edenrydskolan Uppmätt korr.	87	215	302	78 %
Edenrydskolan Uppmätt	87	208	295	74 %
Edenrydskolan VIP+	62	108	170	Ref
Edenrydskolan REPAB	55	153	208	23 %

För samtliga objekt ligger det med VIPWEB simulerade värdet på den totala energianvändningen långt under det normalårskorrigerade för samma byggnad. Det är även stora avvikelser mellan det simulerade och referensvärdet från REPAB. Minst skillnad är det mellan den simulerade elanvändningen och den uppmätta elanvändningen.

### 6.1.1 Kv. Törnsångaren

Huvudbyggnaden är från 1988, har lätt stomme och har därför beräknats som om det vore ett trähus, drift och aktivitet har valts till utbildning. Den uppvärmda arean är 493 m<sup>2</sup> för huvudbyggnaden och 134 m<sup>2</sup> för paviljongen. Beräkningarna på huvudbyggnaden och paviljongen är gjorda var för sig, resultaten har sedan viktats samman för att kunna jämföras mot den uppmätta användningen. Inomhustemperaturen har antagit till 22/27°C och byggnaden har antagits vara medelskyddad för vind.

Mätningen för huvudbyggnaden och paviljongen sker vid samma punkt vilket innebär att det inte går att utläsa hur mycket de använt var för sig utan bara den totala energi-användningen för de båda byggnaderna.

### 6.1.2 Gulsippan

De äldsta delarna av byggnaden är uppförda 1967. Tillbyggnader har skett i olika etapper, 1974 byggdes del-E och 1981 utökades del-A ytterligare med en mindre tillbyggnad. Den totala arean uppgår till 744 m<sup>2</sup> och volymen till 1735 m<sup>3</sup>. Byggnaden har beräknats som om det vore ett trähus på grund av den lätta stommen. Vindsbjälklaget har tilläggsisolerats. Inomhustemperaturen har antagit till 22/27°C och byggnaden har antagits vara medelskyddad för vind.

### 6.1.3 Dalaskolan

Skolområdet består av tre huvudbyggnader, Dalaskolan Norra, Dalaskolan Södra och Branthallen. Den äldsta delen är Branthallen som byggdes 1974 och används som idrottshall. Dalaskolan Norra byggdes 1976 och Dalaskolan Södra 1981. Värmeförsörjningen till Dalanorra och Dalasödra sker via kulvert från Branthallen där även mät-punkten ligger. Detta innebär att det inte går att utläsa hur mycket värme som har använts i de olika byggnaderna utan bara den totala värmeförsörjningen inklusive kulvertförluster. Beräkningarna för de olika byggnaderna är gjorda var för sig, resultaten har sedan viktats samman för att kunna jämföras mot den uppmätta energianvändningen. Inomhustemperaturen har antagit till 21/27°C i skolbyggnaderna och 20/27°C i idrottshallen. Samtliga byggnader har antagits ligga oskyddade för vind.

#### **Hantering av kulvertförluster**

Från den gemensamma panncentralen distribueras värme till de anslutna byggnaderna via kulvertar. Den totala kulvertlängden är ca 200 m av vilka cirka 145 m är ligger i mark. Värmeförlusterna i kulvertsystemet mellan byggnaderna har uppskattats med schabloniserad modell för värmeavgivning per meter kulvert<sup>25</sup>, då tillräckliga beräkningsunderlag saknas.

---

<sup>25</sup> Forsling, Per. Energideklarering av bostadsbyggnader – delområde: Värmesystem

**Tabell 9.** Värmeförlust från dubbelrörskulvert 80/60 drift hela året, kWh/m och år.<sup>26</sup>

Dimension	Nya (efter 1975)	Gamla (före 1975)
2 x 20	110	350
2 x 50	160	600
2x 100	225	900

Dimensionen på kulverten är 70x2, genom interpolation av värdena i tabellen ovan avtas förlusterna till 180 kWh/m och år för denna dimension. Kulvertförlusterna uppskattas utifrån detta till cirka 26 100 kWh/år.

I jämförelsen mellan beräknad och uppmätt värmeanvändning reduceras den uppmätta användningen med den beräknade kulvertförlusten. Den uppmätta värmeanvändningen bygger på den mängd eldningsolja som förbrukats under året, den levererade energimängden. Omvandlingsförlusterna i oljepannan ingår vilket innebär att nettovärmebehovet är lägre än de det köpta.

I Dalanorra är den från ritning uppmätta  $A_{temp}$  är mindre än den av Bromölla Kommun uppmätta bruksarean. I beräkningarna utgås från att det ytor som mätts upp på plats ligger närmare sanningen är ritningarna. Detta innebär att fasadytorna som mätts från ritningar förmodligen inte stämmer med verkligheten. Från ritningarna har ytan  $A_{temp}$  2484 m<sup>2</sup> uppmätts, enligt bromöllas uppmätning skall det vara BRA 2752 m<sup>2</sup>, alltså cirka 10 % mer.

---

<sup>26</sup> Forsling, Per. Energideklarering av bostadsbyggnader – delområde: Värmesystem

### 6.1.4 Edenryd

Skolområdet består av fyra byggnader där tre av dessa ingår i undersökningen. Den äldsta delen är byggnad B, uppförd 1936. Från dennas panncentral går det värmekulvertar till övriga de två övriga byggnaderna som är uppförda 1978 och 1982.

I beräkningarna har det antagits att hela byggnaden B har platta på mark som sedan kompenseras med källarens ytterväggar.

Ytter- och innerväggar är av murverk vilket gör att byggnaden räknas som en stenbyggnad. Inomhustemperaturen har antagits till 21/27°C i skolbyggnaderna och 20/27°C i idrottshallen. Samtliga byggnader har antagits ligga oskyddade för vind.

Kulvertförlusterna beräknas på samma vis som för Dalaskolan. Kulvertlängden är ca 70 m och dimensionen på kulverten är 2x50 vilket ger en förlust på cirka 160 kWh/m och år. Kulvertförlusterna uppskattas utifrån detta till 11 200 kWh/år.

I jämförelsen mellan beräknad och uppmätt värmeanvändning reduceras den uppmätta användningen med den beräknade kulvertförlusten. Den uppmätta värmeanvänd-

ningen bygger på den mängd eldningsolja som förbrukats under året, den levererade energimängden. Omvandlingsförlusterna i oljepannan ingår vilket innebär att nettovärmebehovet är lägre än de det köpta.

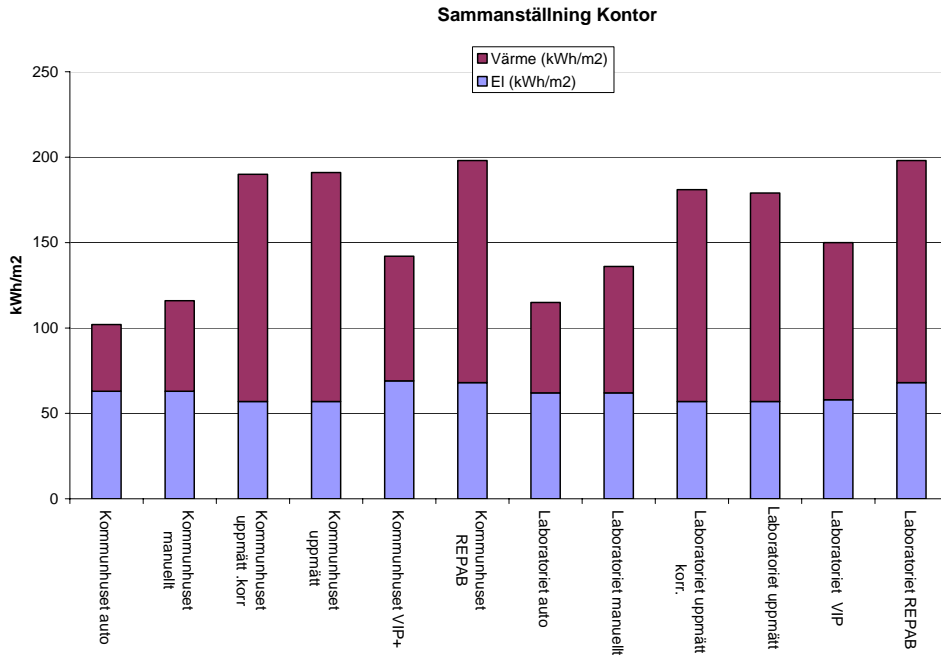
Svårigheten med denna fastighet är att det skiljer så mycket mellan de olika byggnadernas termiska egenskaper kombinerat med det bara finns en mätpunkt på värmen.

#### **Felkälla**

Ritningsunderlaget är bristfälligt, det är svårt att få ut några bra mått. På de cad-ritningar som finns skiljer längder med 15 % mellan våningsplan ett och två. Detta gör att de uppmätta areorna kan vara felaktiga.

## 6.2 Uppmätt och simulerad energianvändning kategori kontor

Resultat av simuleringarna för kategori kontor redovisas i diagrammet nedan.



**Figur 6-2** Sammanställning av simuleringar i VIPWEB och VIP+ för kategorin kontor.

**Tabell 10** Sammanställning av simuleringar i VIPWEB och VIP+ för kategorin kontor i jämförelse mot de normalårskorrigerade uppmätta värdena.

För att jämföra värdena med varandra utgås från VIP+ beräkningen med de så korrekta indata som det finns tillgång i för de aktuella byggnaderna.

Sammanställning Kontor	EI (kWh/m <sup>2</sup> )	Värme (kWh/m <sup>2</sup> )	Totalt (kWh/m <sup>2</sup> )	% skillnad
Kommunhuset Auto	63	39	102	-28 %
Kommunhuset Manuellt	63	53	116	-18 %
Kommunhuset Uppmätt korr.	57	133	190	34 %
Kommunhuset Uppmätt	57	134	191	35 %
Kommunhuset Uppmätt VIP+	69	73	142	Ref
Kommunhuset REPAB	68	130	198	39 %
Laboratoriet Auto	62	53	115	-23 %
Laboratoriet Manuellt	62	74	136	- 9 %
Laboratoriet Uppmätt korr.	57	124	181	21 %
Laboratoriet Uppmätt	57	122	179	19 %
Laboratoriet Uppmätt VIP+	58	92	150	Ref
Laboratoriet REPAB	68	130	198	32 %

Som ses i tabellen är värdena för den manuella mängdningen något högre än den automatiska, vilket är fullt naturligt. Skillnaden ligger i värmeanvändningen som blir högre när byggnaden mängdats manuellt. Den beräknade elanvändningen och den uppmätta stämmer förhållandevis väl.

### 6.2.1 Kommunhuset

Byggnaden är i två plan och har en tung stomme, större delen är från 1962. Totalt uppgår  $A_{temp}$  till 3205 m<sup>2</sup>, värmeförsörjning sker med fjärrvärme och ventilationen med ett FTX-system med roterandevärmeväxlare. Fasaden har en förhållandevis stor andel glas. Verksamheten som ryms i byggnaden är kontor ( $A_{temp}$  2609 m<sup>2</sup>) samt butik och restaurang ( $A_{temp}$  596 m<sup>2</sup>). Byggnaden har antagits vara medelskyddad för vind och temperaturerna tillåts variera mellan 22/27°C.

Den elektricitet som redovisas i tabellen avser driftel för hela byggnaden samt verksamhetsel för den del som används av Bromölla Kommun. Värmen är för hela byggnaden, alltså även affärs och restaurang i den södra delen.

I jämförelsen i REPAB utgås det från att byggnaden är normal i sin förbrukning av värme och el.



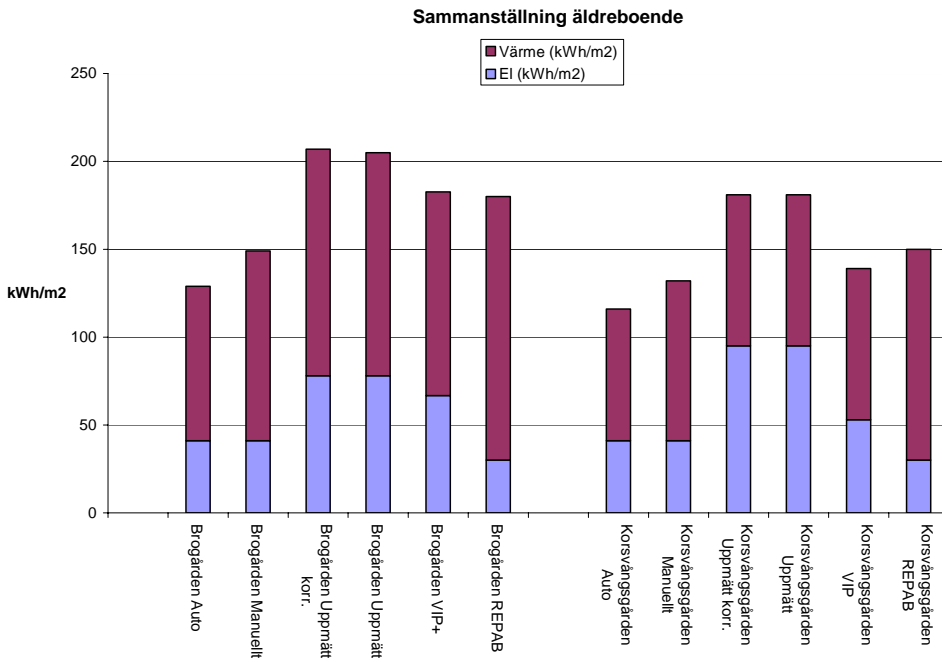
### 6.2.2 Laboratoriet

Fyra byggnader ingår i mätningen. Det är byggnaderna A, B, C som är från 1945 och den tillbyggnaden D från 1991, totalt uppgår  $A_{\text{temp}}$  till 3739 m<sup>2</sup>. I samband med tillbyggnaden av byggnad D tilläggsisolerades vindsbjälklagen och nya fönster sattes in i de övriga byggnaderna. Uppvärmning sker med fjärrvärme och ventilationen med ett FTX-system med roterande värmeväxlare. Verksamheten i byggnaderna är till största del kontorsverksamhet, det förekommer även viss undervisning i lokalerna. Byggnaderna har antagits vara medelskyddad för vind och temperaturerna tillåts variera mellan 22/27°C.

Av den totala  $A_{\text{temp}}$  på 3739 m<sup>2</sup> så ingår driftel för hela byggnaden samt verksamhetsel för 2328,7 m<sup>2</sup> samt värme för 3483,6 m<sup>2</sup>. Beräkningarna för de olika byggnaderna är gjorda var för sig, resultaten har sedan slagits samman för att kunna jämföras mot den uppmätta förbrukningen.

### 6.3 Uppmätt och simulerad energianvändning kategori äldreboende

Resultat av simuleringarna för kategori äldreboende redovisas i diagrammet nedan



**Figur 6-3** Sammanställning av simuleringar i VIPWEB och VIP+ för kategorin äldreboende.

**Tabell 11** Sammanställning av simuleringar i VIPWEB för kategori äldreboende.

För att jämföra värdena med varandra utgås från VIP+ beräkningen med de så korrekta indata som det finns tillgång i för de aktuella byggnaderna.

Sammanställning Äldreboende	El (kWh/m <sup>2</sup> )	Värme (kWh/m <sup>2</sup> )	Totalt (kWh/m <sup>2</sup> )	% skillnad
Brogården Auto	41	88	129	-29 %
Brogården Manuellt	41	108	149	-18 %
Brogården Uppmätt korr.	78	129	207	13 %
Brogården Uppmätt	78	127	205	12 %
Brogården VIP+	67	116	183	Ref
Brogården REPAB	30	150	180	- 1 %
Korsvångsgården Auto	41	75	116	-17 %
Korsvångsgården Manuellt	41	91	132	- 5 %
Korsvångsgården Uppmätt korr.	95	86	181	30 %
Korsvångsgården Uppmätt	95	86	181	30 %
Korsvångsgården VIP	53	86	139	Ref
Korsvångsgården REPAB	30	120	150	8 %

Av alla kategorier är äldreboende den som har legat närmast i jämförelsen mellan simulerat och uppmät energianvändning. I båda fallen ligger dock elanvändningen högt i förhållande till den beräknade.

### 6.3.1 Brogården äldreboende

Tre byggnader ingår i mätningen, A, B och C totalt uppgår  $A_{temp}$  3904 m<sup>2</sup>. Byggnaderna har beräknats var för sig, resultatet har sedan slagits samman för att kunna jämföras mot den uppmätta förbrukningen. I beräkningarna har verksamheten valts till bostad och temperaturen tillåts variera mellan 23/27°C, byggnaderna har antagits vara medelskyddade för vind. Värmeförsörjningen sker med fjärrvärme och byggnaden ventileras med ett FTX-system med korsvärmväxlare.

Tyvärr fanns det brister i (Cad) ritningsunderlaget, det fanns måttsatta ritningar som inte stämde inbördes mellan ritningar på samma sak.

Det finns bara en mätpunkt för värme respektive el vilket gör det svårt att veta vad som gått till vad.

### 6.3.2 Korsvångsgården

Byggnaden är till största del i ett plan, byggnad 14 har dock källare, total  $A_{temp}$  på  $3096\text{m}^2$ . Verksamheterna som valts i beräkningarna är kontor och bostad. Temperaturen tillåts variera mellan  $23/27^\circ\text{C}$ , byggnaderna har antagits vara medelskyddade för vind. Värmeförsörjningen sker med fjärrvärme och byggnaden ventileras med ett FTX-system med roterandevärmeväxlare.

I jämförelsen för REPAB har det antagits var bostad. Värdet har även korrigerats för att anpassas till BOA-ytan från  $A_{temp}$ . Det har antagits att elanvändningen är hög  $30\text{ kWh/m}^2\text{ BOA}$ .

## 6.4 Driftfall och simuleringsresultat

Hur mycket energi en verksamhet kräver påverkas i stor utsträckning av hur många personer, vilken typ av aktivitet och vilka drifttider som förekommer i det aktuella fallet. Genom att veta vilken typ av verksamhet som bedrivs kan vissa generella antagande göras beträffande ventilationsflöden, personlast, elförsörjning och drifttider. Inom samma typ av verksamhet förekommer naturligtvis variationer.

För att kunna göra en korrekt analys av den aktuella byggnaden krävs därför bland annat information om vilka drifttider, elförsörjning och personlast som gäller.

Genom att importera VIPWEB-filerna till VIP+ kan utförligare analys göras av vilken indata VIPWEB använder som default vid de olika driftfallen. Detta har gjorts och sammanställts i tabellen nedan. Notera att drifttiden är den samma oavsett vilket verksamhet som väljs.

**Tabell 12** Sammanställning av de värden som ligger som default för olika verksamheter i VIPWEB.

Verksamhet	Drifttider		Processenergi		Personenergi		Tappvarmvatten	
	Dag (h)	Natt (h)	Dag (W/m <sup>2</sup> )	Natt (W/m <sup>2</sup> )	Dag (W/m <sup>2</sup> )	Natt (W/m <sup>2</sup> )	Dag (W/m <sup>2</sup> )	Natt (W/m <sup>2</sup> )
Bostad	3650	5110	2,50	2,50	1,0	1,0	2,40	0,0
Kontor	3650	5110	15,0	1,0	1,0	0,0	1,2	0,0
Utbildning	3650	5110	15,0	1,0	25,0	0,0	2,4	0,0
Produktion	3650	5110	15,0	1,0	15,0	0,0	2,4	0,0
Butik	3650	5110	15,0	1,0	3,0	0,0	1,2	0,0
Parkering	3650	5110	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Villa	3650	5110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## 7 Analys

I detta kapitel analyseras resultaten från de tidigare beräkningarna. I analysen ingår känslighetsanalyser som gjorts för att undersöka hur VIPWEBs schabloniserade indata påverkar beräkningarna och vad som sker när indatan ändras

### 7.1 Känslighetsanalyser

För att undersöka hur förändring av indata påverkar den simulerade energianvändningen görs känslighetsanalys, det vill säga ett antal beräkningar där indatan till beräkningen varierar.

Känslighetsanalysen för verksamheten utbildning är genomförd för att undersöka hur resultaten påverkas av att indataparametrarna för klimatdata, drifttider, personlast och U-värde varierar.

Känslighetsanalysen för verksamheten kontor är genomförd för undersökningar i ändringar i klimatdata, drifttider, processenergi och U-värde.

Intressant är att undersöka hur den totala energianvändningen påverkas av dessa förändringar. Det är även intressant att studera de ingående delarna mer noggrant, hur den temperaturberoende delen förändras mellan de olika fallen samt hur stor del av elenergin som är verksamhetsberoende och hur stor del som går till elförsörjning av fläktar och pumpar.

I VIPWEB-beräkningarna har Kalmar använts som klimatort, då denna är den som ligger närmast av dem som finns att välja bland. För att efterlikna de förutsättningar som de uppmätta värdena bygger på har en klimatfil för Bromölla genererats med programmet METEONORM.

Inverkan av köldbryggor undersöks genom att lägga till en byggnadsdel som motsvarar 25 % av de ursprungliga transmissionsförlusterna. Anledningen att 25 % valts är de tidigare examensarbeten som undersökt köldbryggors inverkan på energianvändning kommit fram till att det ligger i den storleksordningen. Även Isover anger att köldbryggorna normalt står för mellan 20-30 % av de totala transmissionsförlusterna.

### 7.1.1 Känslighetsanalys för utbildningsfallet

För utbildningsfallet, det vill säga förskolor och skolor, har Gulsippan valts som objekt att utföra känslighetsanalys på.

Samtliga beräkningar utgår från Bromölla som klimatort och manuell mängdning av klimatskalet. De värden som genereras i en VIPWEB-beräkning benämns som default. Justerade värden benämns som låg respektive hög beroende på förändring från default.

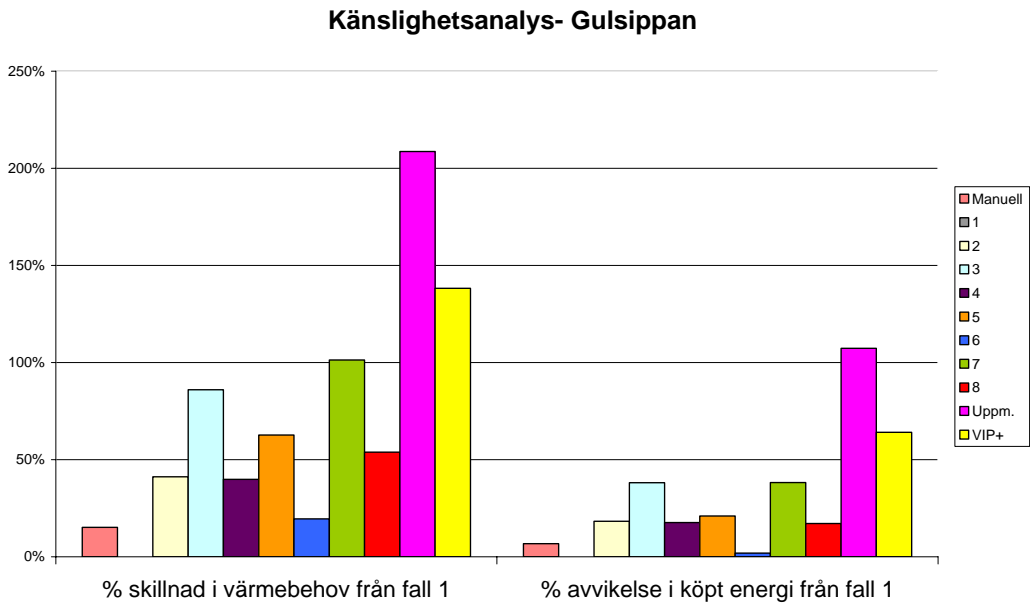
Antalet personer som vistas i lokalen utgör den så kallade personlasten. Enligt samtal med personal på Gulsippan varierar personlasten mellan 10-15 W/m<sup>2</sup>, om det antas att varje person alstrar 125 W. I simuleringen har personlasten antagits till 12 W/m<sup>2</sup>.

- För drifttiden är default, dag 07.00-17.00, övrig tid natt
- Låg drift är den aktuella drifttiden 06.00-18.00 måndag-fredag, övrig tid natt
- Default personlast 25 W/m<sup>2</sup>
- Låg personlast 12 W/m<sup>2</sup>
- Default  $U_m$ , det som programmet genererat vid manuell mängdning
- Ökat  $U_m$  genom att lägga till en köldbrygga som motsvarar 25 % av  $U_m * A_{omslutande}$

**Tabell 13** Sammanställning av olika simuleringsfall för känslighetsanalysen för utbildning.

Fall	drifttider		personlast		U-värde	
	Hdrift	Ldrift	Hpers	Lpers	Hu	Lu
1	Default		Default			Default
2	Default		Default		Hög	
3	Default			Låg	Hög	
4	Default			Låg		Default
5		Låg	Default		Hög	
6		Låg	Default			Default
7		Låg		Låg	Hög	
8		Låg		Låg		Default

Resultatet av känslighetsanalysen för Gulsippan redovisas i figur 7-1 nedan.



**Figur 7-1** Sammanställning av känslighetsanalys för utbildningsfallet.



## Analys

**Tabell 14** sammanställning av resultat från de olika fallen i känslighetsanalysen för utbildning.

<b>Känslighetsanalys Gulsippan</b>											
Fall	Manuell	1	2	3	4	5	6	7	8	Uppm.	VIP+
<b>Tillförd energi (kWh/m<sup>2</sup>)</b>											
Personvärme	91	91	91	44	44	78	78	38	38		38
Processenergi (köpt)	60	60	60	60	60	53	53	53	53		53
Elförsörjning fläktar & pumpar (köpt)	3	3	3	3	3	2	2	2	2		15
Tappvarmv.	9	9	9	9	9	8	8	8	8		8
Vent.	22	19	20	21	20	19	19	20	20		31
värme	44	38	60	85	59	73	49	94	67		104
<b>Värme +vent</b>	<b>65</b>	<b>57</b>	<b>80</b>	<b>105</b>	<b>79</b>	<b>92</b>	<b>68</b>	<b>114</b>	<b>87</b>		<b>135</b>
Total el	62	62	62	62	62	55	55	55	55	63	67
Värmeförsörjning (köpt)	74	65	89	114	88	100	75	122	95	202	143
<b>Skillnad i värmebehov</b>	<b>9</b>	<b>ref.</b>	<b>23</b>	<b>49</b>	<b>23</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>57</b>	<b>31</b>	<b>137</b>	<b>77</b>
<b>% skillnad i värmebehov från fall 1</b>	<b>15%</b>	<b>ref.</b>	<b>41%</b>	<b>86%</b>	<b>40%</b>	<b>63%</b>	<b>19%</b>	<b>101%</b>	<b>54%</b>	<b>209%</b>	<b>138%</b>
<b>summa köpt energi</b>	<b>136</b>	<b>128</b>	<b>151</b>	<b>177</b>	<b>150</b>	<b>155</b>	<b>130</b>	<b>177</b>	<b>150</b>	<b>265</b>	<b>210</b>
<b>skillnad i köpt energi från fall 1</b>	<b>9</b>	<b>ref.</b>	<b>23</b>	<b>49</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>49</b>	<b>22</b>	<b>137</b>	<b>210</b>
<b>% avvikelse i köpt energi från fall 1</b>	<b>7%</b>	<b>ref.</b>	<b>18%</b>	<b>38%</b>	<b>18%</b>	<b>21%</b>	<b>2%</b>	<b>38%</b>	<b>17%</b>	<b>107%</b>	<b>64%</b>

Värmebehovet avser den temperaturberoende delen av värmen, det vill säga uppvärmning + ventilation.

Det går förhållandevis mycket värmeenergi till ventilationen. Detta beror på värmeväxlarens låga verkningsgrad, då den är vätskekopplad. Genom att byta denna till en mer effektiv skulle således cirka 15 000 kWh/år värme kunna sparas.

### **Fall 1 – Förändring av klimatdatafil från Kalmar till Bromölla**

När simuleringarna görs med klimatdata från Kalmar blir värmebehovet 15% högre än motsvarande simulering med klimatdata från Bromölla. Detta tyder på att klimatet i Bromölla är något mildare än i Kalmar, vilket får en viss betydelse för värmebehovet.

### **Fall 2 – Effekten av simulerade köldbryggor**

När Um höjs innebär det att den temperaturberoende värmeanvändningen ökar med cirka 23 kWh/m<sup>2</sup> vilket motsvarar en ökning på cirka 40%. Det tyder på att en försämring av klimatskalet innebär en betydande ökning i värmebehovet.

### **Fall 3 – Effekten av att minska personlasten kombinerat med köldbryggor**

I detta fall har personlasten antagits till 12 W/m<sup>2</sup>, detta kombinerat med en simulerad försämring av Um på grund av köldbryggor får stor påverkan på värmebehovet. Det innebär en ökning med nästan 50 kWh/m<sup>2</sup>, vilket motsvara en ökning på 86% i uppvärmningsbehov.

### **Fall 4 – Minskning av personlast**

Att enbart minska personlasten innebär att värmebehovet ökar med cirka 23 kWh/m<sup>2</sup> vilket motsvarar en ökning på cirka 40 %.

### **Fall 5 – Lägre drifttider kombinerat med köldbryggor**

Att minska drifttiden och samtidigt höja Um påverkar både värmebehovet och elanvändningen. Värmebehovet ökar med 35 kWh/m<sup>2</sup> (63%) och elanvändningen minskar med 7,4 kWh/m<sup>2</sup> (12 %).

### **Fall 6 – Lägre drifttider**

När endast drifttiderna minskas innebär det samma minskning av elanvändningen som i fall 5, det vill säga en minskning med 7,4 kWh/m<sup>2</sup> (12 %) samt att värmebehovet ökar med 11,1 kWh/m<sup>2</sup> (19 %).

Att värmebehovet ökar beror på att det blir mindre tillskott från gratisvärmerna från personer då detta styrs av drifttiderna.

### **Fall 7 – Lägre drifttider, minskad personlast samt köldbryggor**

Att både minska drifttiderna, personlasten samtidigt som Um höjs innebär en dramatisk skillnad i värmebehovet, en ökning med 57 kWh/m<sup>2</sup> (101 %). Med tanke på de rådande omständigheterna är detta det mest troliga fallet, alltså det som ligger närmast den aktuella driften och statusen på byggnaden.

### **Fall 8 – Lägre drifttider och minskade personlast**

Att minska drifttiderna och samtidigt minska personlasten innebär att värmebehovet ökar med cirka 30 kWh/m<sup>2</sup> (54 %).

### 7.1.2 Känslighetsanalys för kontorsfallet

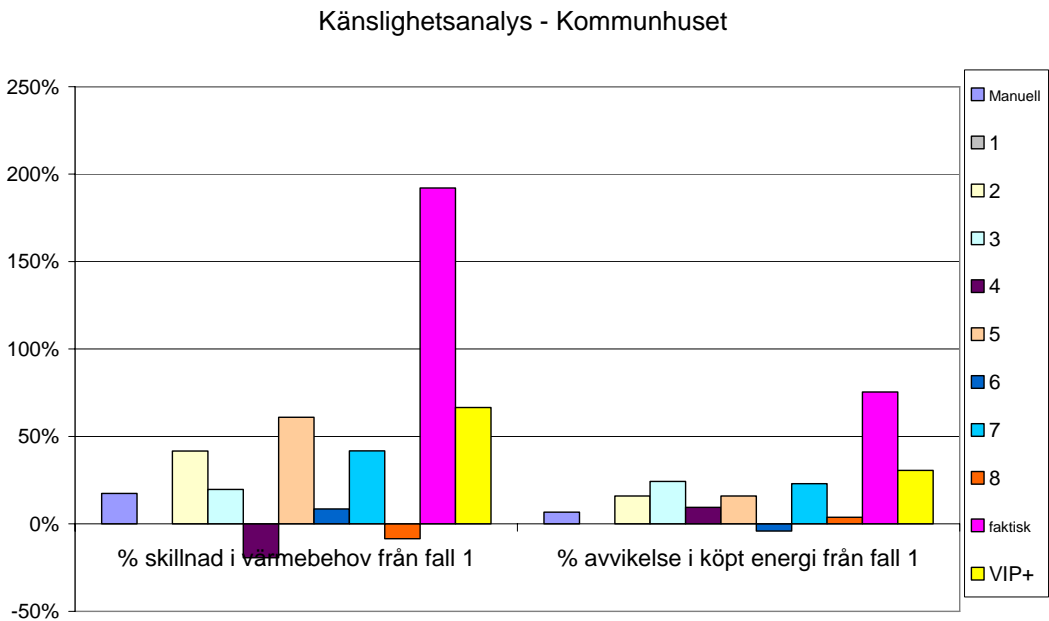
Här det fortfarande aktuellt att höja Um-värdet och ändra drifttiderna, frågan är om det är aktuellt att sänka personlasten som i programmet schablonmässigt räknas som 1 W/m<sup>2</sup>. Den aktuella lasten ligger på cirka 2,4 W/m<sup>2</sup> om man räknar med att varje person alstrar 125 W. Här undersöks istället påverkan av processenergin.

- För drifttiden är default, dag 07.00-17.00, övrig tid natt
- Låg drift är den aktuella drifttiden 06.00-18.00 måndag-fredag övrig tid natt
- Default processenergi 15 W/m<sup>2</sup>
- Hög processenergi 20 W/m<sup>2</sup>

Tabell 15 Sammanställning av olika simuleringsfall i känslighetsanalysen för kontor.

Fall	drifttider		processenergi		U-värde	
	Hdrift	Ldrift	Lproc.	Hproc.	Hu	Lu
1	Default		Default			Default
2	Default		Default		Hög	
3	Default			Hög	Hög	
4	Default			Hög		Default
5		Låg	Default		Hög	
6		Låg	Default			Default
7		Låg		Hög	Hög	
8		Låg		Hög		Default

Resultatet av känslighetsanalysen för Kommunhuset redovisas i figur 7-2 nedan.



Figur 7-2 Sammanställning av känslighetsanalys för kontorsfallet.

## Analys

**Tabell 16** Sammanställning av resultat från de olika fallen i känslighetsanalysen för kontor.

<b>Känslighetsanalys Kommunhuset</b>										
Fall	Manuell	1	2	3	4	5	6	7	8	Faktisk
<b>Tillförd energi (kWh/m<sup>2</sup>)</b>										
Personvärme	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11	4,4	4,4	4,4	4,4	
Processenergi (köpt)	59,9	59,9	59,9	78,1	78,1	52,6	52,6	68,3	68,3	
Elförsörjning till fläktar & pumpar (köpt)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	2,8	2,8	2,8	
Tappvarmv.	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,8	3,8	3,8	3,8	
Vent.	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
värme	47,7	41,1	58,4	49,3	33,1	66,4	44,6	58,4	37,6	
<b>Värme +vent</b>	<b>48,7</b>	<b>41,5</b>	<b>58,8</b>	<b>49,7</b>	<b>33,5</b>	<b>66,8</b>	<b>45,0</b>	<b>58,8</b>	<b>38,0</b>	<b>134</b>
Total el	62,8	62,8	62,8	81,1	81,1	55,4	55,4	71,1	71,1	56,7
Värmeförsörjning (köpt)	53,1	45,9	63,2	54,0	37,8	70,6	48,8	62,6	41,7	134,0
<b>Förändring energi (kWh/m<sup>2</sup>) resp. %</b>										
Skillnad i värmebehov från fall 1	7,2	0,0	17,3	8,2	-8,1	25,3	3,5	17,3	-3,5	88,1
<b>% skillnad i värmebehov från fall 1</b>	<b>17%</b>	<b>ref.</b>	<b>42%</b>	<b>20%</b>	<b>-19%</b>	<b>61%</b>	<b>9%</b>	<b>42%</b>	<b>-9%</b>	<b>192%</b>
Summa köpt energi	115,9	109	126	135	119	126	104	134	113	191
skillnad i köpt energi från fall 1	7,2	0	17	26	10	17	-4	25	4	82
% avvikelse i köpt energi från fall 1	7%	0%	16%	24%	9%	16%	-4%	23%	4%	75%

### **Fall 1 – Förändring av klimatdatafil från Kalmar till Bromölla**

När simuleringarna görs med klimatdata från Kalmar blir värmebehovet 17 % högre än motsvarande simulering med klimatdata från Bromölla. Detta tyder på att klimatet i Bromölla är något mildare än i Kalmar, vilket får en viss betydelse för värmebehovet.

### **Fall 2 – Effekten av simulerade köldbryggor**

Höjning av  $U_m$  innebär det att den temperaturberoende värmeanvändningen ökar med cirka 17 kWh/m<sup>2</sup> vilket motsvarar en ökning på cirka 40 %. Det tyder på att en försämring av klimatskalet innebär en betydande ökning i värmebehovet.

### **Fall 3 – Effekten av att höja processenergin kombinerat med köldbryggor**

När processenergin ökar minskar värmebehovet, då processenergin bidrar till uppvärmningen. Försämringen av klimatskalet som köldbryggorna innebär dock att värmebehovet ökar, resultatet blir att det totala värmebehovet ökar med 8,2 kWh/m<sup>2</sup> (20%).

### **Fall 4 – Effekten av att höja processenergin.**

När processenergin ökar minskar värmebehovet med 8,1 kWh/m<sup>2</sup> (19 %).

### **Fall 5 – Lägre drifttider kombinerat med köldbryggor**

Minskade drifttider i kombination med ett förhöjt  $U_m$ -värde är förmodligen det mest sannolika fallet av de 8 kombinationerna som undersökts. Elanvändningen minskar med 7,4 kWh/m<sup>2</sup>, motsvarande 12%, värmebehovet ökar däremot med 25,3 kWh/m<sup>2</sup>, vilket motsvara en ökning med 61%.

### **Fall 6 – Lägre drifttider**

Att endas minska drifttiden ger den största besparingen genom att processenergin minskar, samt el till fläktar minskar vilket sammantaget ger en minskning av elenergi med 7,4 kWh/m<sup>2</sup> (12 %). Detta medför dock att värmebehovet ökar något 3,5 kWh/m<sup>2</sup> (9 %).

### **Fall 7 – Lägre drifttider, höjd processenergi samt köldbryggor**

Att minska drifttiderna och samtidigt höja processenergin och  $U$ -värdet innebär en ökning av värmebehovet med 17,3 kWh/m<sup>2</sup> (42%) samtidigt ökar elenergibehovet med 8,3 kWh/m<sup>2</sup> (13%).

### **Fall 8 – Lägre drifttider och minskade personlast**

Att minska drifttiderna och höja processenergin innebär att värmebehovet minskar med 3,5 kWh/m<sup>2</sup> (9%), ökningen av elenergi blir den samma som i fall 7.

## 7.2 Sammanställning av analys

### 7.2.1 Drifftider

I VIPWEB styr drifftiderna hur lång tid tillskotten av internlasterna skall verka men även ventilationsflödet. Detta påverkar i sin tur elanvändningen för fläktar och belysning samt uppvärmningsbehovet. Att drifftiden är samma för alla aktiviteter innebär att även kontor och utbildningslokaler antages vara bemannade och i drift under helgen. Det kan naturligtvis förekomma att de används utanför normala arbetstider, detta borde dock vara mer undantag än regel vilket gör det tveksamt om man skall utgå från att alla verksamheter har samma drifftider.

### 7.2.2 Byggnad och klimatort

Skillnaden i VIPWEB-beräkningarna mellan automatisk och faktiska areor varierar i de undersökta fallen. Störst blir skillnaden för de byggnader som har en geometrisk form som avviker från en rektangulär byggnad, som exempelvis är fallet för Gulsippan, där byggnaden består av flera sammansatta rektanglar. Detta ger då en större omslutande yta med mer transmissionsförluster. För Gulsippan innebär det att värmebehovet ökar från 49 kWh/m<sup>2</sup> vid den automatiska mängdningen till 74 kWh/m<sup>2</sup> vid den manuella, alltså en ökning med mer än 50 %. För Dalaskolan innebär den manuella mängdningen att värmebehovet minskade, detta beror förmodligen på att ritningsunderlaget inte stämmer med verkligheten, vilket ger ett felaktigt resultat. Även byggnadens orientering påverkas av manuell mängdning. I fallet för automatisk antar byggnaden den gynnsammaste orienteringen ur energisynpunkt.

Vilken betydelse klimatorten har för beräkningarna beror naturligtvis på hur stor skillnad det är mellan den aktuella orten och den som väljs. I denna undersökning har klimatdata för Kalmar använts för att göra beräkningar på byggnader i Bromölla. Känslighetsanalysen visar att den temperaturberoende delen av energibehovet blir mellan 15-17 % högre när Kalmar jämfört med Bromölla. I detta fall har det alltså en viss betydelse. Genom att öka antalet valbara orter ökar sannolikheten att klimatdata som används är korrekt. Detta innebär i sin tur en förbättring av beräkningsresultatet.

I en automatisk generering av byggnadsdelar tas ingen hänsyn till effekten av köldbryggor. Beroende på vilken typ av byggnad det rör sig om och vilka internlasterna som förekommer varierar effekten av köldbryggor.

Känslighetsanalysen har visat att köldbryggorna kan innebära en betydande ökning av det temperaturberoende värmebehovet beroende på vilka antaganden som görs om internlast och drifttider. I de senaste kraven från BBR anges att även punktformiga och linjära köldbryggor skall medräknas. Detta tyder på att effekten av dessa inte är försumbara. För att det beräknade värden inte skall överskridas borde någon form av påslag för köldbryggor göras i beräkningen. I den manuella mängdningen kan användaren själv göra detta påslag, detta kräver dock kännedom om storleken på dessa, något som inte kan förväntas av lekmän.

### 7.2.3 Installationssystem och ventilationsflöden

I samband med känslighetsanalysen noterades att elförsörjningen till fläktar och pumpar var låg 2,6 kWh/m<sup>2</sup> för Gulsippan och 3,0 kWh/m<sup>2</sup> jämfört med vad mätningar i rapporten STIL2 kom fram till (ca 20 kWh/m<sup>2</sup>). För att få en förklaring till detta analyserades VIP+ filerna från olika beräkningar med avseende på ventilationssystemet och byggnadsår. I beräkningarna angavs att byggnaden var ett stenhus med ventilationssystem, till- och frånluft med roterandevärmeväxlare och att driftfallet var utbildning. Beräkningarna upprepades med samma antagande om ventilationssystem fast med olika byggnadsår. Resultatet av detta redovisas i tabellen nedan.

**Tabell 17** Sammanställning av defaultvärden på fläktrycket för ett till- och frånluftssystem i en byggnad med olika byggnadsår beräknat med VIPWEB.

Byggnadsår	Fläktryck Tilluftsfläkt (Pa)	Fläktryck Frånluftsfläkt (Pa)
1930-1939	50	50
1940-1949	50	50
1950-1959	50	50
1960-1974	150	150
1975-1987	500	500
1987-	500	500

Fläktrycket styrs alltså av byggnadens ålder snarare än vilket ventilationssystem som väljs. Det är fullt tänkbart och även vanligt förekommande att ventilationssystemet är nyare än själva byggnaden. Det var först på 1970-talet som man började med värmeåtervinning av frånluften. Om det i en byggnad som uppfördes under 1940-talet som hade självdrag eller frånluft från början installeras ett FTX-system, innebär det att kanalsystemet måste anpassas till det nya systemet. Installationssystemet blir på så vis fristående från byggnadens ålder. Att det skulle räcka med ett fläktryck på 50 Pa för att driva ett FTX-system är inte sannolikt. Detta innebär att elförsörjningen till fläktarna troligtvis underskattas vid beräkning av en äldre byggnad med ett nyare ventilationssystem.



Elförsörjningen till fläktarna påverkas även av ventilationsflödet, ett ökat flöde innebär att mer energi krävs då det är en större luftmängd som skall transporteras. Normalt finns det en koppling mellan ventilationsflödet och personlasten i en byggnad, någon lägsta gräns för att säkerställa de hygieniska kraven. Ökar personlasten måste även ventilationen normalt öka. I fallet för utbildning antas en relativt hög personbelastning vilket borde påverka ventilationen.

För Gulsippan är defaultvärdet på ventilationen en omsättning/timme under dagen och 0,5 oms/natt. Byggnadens volym är ca 1860 m<sup>3</sup>, och arena är 744 m<sup>2</sup>. Detta ger då ett flöde på  $1860/3,6 = 517$  l/s, vilket kan jämföras med det projekterade värdet på 1675 l/s. Det är alltså stor skillnad mellan projekterat värde och de av VIPWEB antagna värde.

I normala beräkningar för ventilationen kan man förenklat utgå från ett grundflöde samt ett påslag för personer. Detta kan skrivas som  $0,35$  l/s +  $7$  l/s\*person. Genom att dela ventilationsflödet med den ventilerade arean fås ett ventilationsflöde uttrycks som [l/s\*m<sup>2</sup>].

Med de flöde som VIPWEB anger skulle det innebära ett flöde på  $0,7$  l/s\*m<sup>2</sup>. Om detta minskas för grundflödet på  $0,35$  l/s\*m<sup>2</sup>, innebär detta att det återstår  $0,35$  l/s\*m<sup>2</sup> för den personberoende delen på  $7$  l/s och person. Detta ger då  $7/0,35 = 20$  m<sup>2</sup> per person. Med den aktuella lasten ligger det på mellan 3-5 m<sup>2</sup> per person, alltså är inte ventilationen anpassad till den höga personlasten som programmet antar.

### 7.2.4 Processenergin och elenergi

För kategorierna utbildning samt kontor stämde den beräknade elanvändningen relativt väl med den uppmätta. I denna ingår både den verksamhetsberoende delen som kallas för processenergi samt driftel till byggnaden. De undersökta byggnaderna finns bara mätning av den totala elanvändningen, så det går inte att utläsa hur stor del som använts av verksamheten och hur stor del som är driftel.

Den beräknade driftelen till fläktar och pumpar ligger lågt i de undersökta byggnaderna. Detta beror på att fläktrycket sannolikt antas vara för lågt samt att i vissa fall även att ventilationsflödena är för låga. Det kan därför förmodas att den verksamhetsberoende delen ligger högre än det beräknade värdet.

### 7.2.5 Personenergi

Personenergin skall motsvara den värmealstring som de personer som vistas i lokalen bidrar med. På de aktuella skolorna och förskolorna är antalet barn/elever betydligt mindre än de om man räknar om defaultvärde som programmet anger. Det är rimligt att antaga att inte alla utrymmen i en skola kommer att användas samtidigt. Under lektionstid kommer förmodligen merparten av eleverna vara i klassrummen vilket innebär att matsal och allmänna utrymmen kommer vara mer folktomma, under raster blir det omvänt. Personbelastningen blir på så vis mer eller mindre koncentrerad i de olika rumstyperna under dagen.

Under exempelvis lektion, när det är stor samlingslast kan det mycket väl tänkas att värmelasten från personer är så stor att den klarar att täcka transmissionsförlusterna. Det är fullt möjligt att det uppstår övertemperatur vilket innebär att det behöver vädras bort. Detta kommer dock ej den övriga byggnaden tillgodo.

Att räkna med att personbelastningen för hela byggnaden är den samma som genomsnittet för ett klassrum innebär där med att denna överskatts. En mera korrekt bedömning torde vara att se till hur stor area en elev i genomsnitt har och utgå från detta. Antalet personer per kvadratmeter i undersökning av förskolorna och skolorna i Bromölla ligger mellan 8,3 - 14,8 m<sup>2</sup>, i genomsnitt ligger det på 14,8 m<sup>2</sup> per person. I undersökningen som gjorts av Energimyndigheten och Boverket är arean uttryckt som antal kvadratmeter per barn respektive elev är 14,5 m<sup>2</sup> i förskolorna, 12,6 m<sup>2</sup> i skolorna och i gymnasiet 14,9 m<sup>2</sup>. I de båda undersökningarna ligger genomsnittet närmare 15 m<sup>2</sup> per person. Om varje person antas alstra 125 W skulle detta innebära ett tillskott från personvärme på cirka 8 W/m<sup>2</sup> vilket är cirka 33 % av de schablonvärde (25 W/m<sup>2</sup>) som antas i en VIPWEB-beräkning.

I de beräkningar där aktiviteten har valts till utbildning har det beräknade behovet av värmeenergi varit betydligt lägre än den mängd som verkligen har köpts. I beräkningarna för känslighetsanalysen sattes personlasten till 12 W/m<sup>2</sup> vilket därmed ligger närmare sanningen än schablonvärdet på 25 W/m<sup>2</sup>.

### 7.2.6 Tappvarmvatten

När det gäller lokaler så utgör normalt inte energibehovet för beredning av tappvarmvattnet så stor del av det totala energibehovet. Det kan dock vara lämpligt att observera om det är en skola med exempelvis idrottshall där det förekommer mycket duschande vilket kan leda till att det ökar markant. Detta är dock inget standarfall och måste korrigeras från fall till fall. För att göra en korrekt bedömning på detta krävs mätning av hur mycket varmvatten som används.

## 8 Slutsatser

I samtliga fall var den med VIPWEB beräknade energianvändningen lägre än de uppmätta för samma period. Äldreboenden var den kategori där det var minst skillnad mellan den totala energianvändningen och den uppmätta. För utbildnings- samt kontorslokaler stämde den beräknade elanvändningen relativt väl med den uppmätta, när det gäller uppvärmning låg dock det beräknade värdet långt under det uppmätta.

Resultatet visar att fläktrycket i en VIPWEB beräkning styrs av byggnadsår snarare än typ av ventilationssystem som borde vara den styrande faktorn. Detta får till följd att den beräknad driftelen till fläktar, i de fall med äldre byggnader fast med nyare ventilationssystem, blir betydligt lägre än vad som är troligt. Detta innebär att byggnaden får en felaktig bedömning beträffande installationssystemet och hur mycket energi som går till detta.

I utbildningslokaler överskattas troligen storleken på personvärme, dessutom är inte ventilationsflödena anpassade till den höga personlast som antagits. Detta innebär att uppvärmningsbehovet underskattas. Att räkna med så höga personlast kräver förmodligen att zonberäkningar utförs för att ta hänsyn till de delar där de inte är lika hög belastning.

Det visar sig att drifttiderna är de samma oavsett vilken aktivitet som väljs. Det kan naturligtvis förekomma att vissa kontor och utbildningslokaler används utanför normala arbetstider, detta borde dock vara mer undantag än regel vilket gör det tveksamt om man skall utgå från att alla verksamheter har samma drifttider.

Någon kompensation för köldbryggor görs ej av VIPWEB, trots att de kan ha en betydande effekt på energianvändningen. Byggnadens geometriska form får stor påverkan vid jämförelsen mellan den automatiska och manuell mängdning av byggnadsdelar.

Att räkna med låga tryckfall, hög personbelastning, långa drifttider samt förhållandevis lågt ventilationsflöde innebär de beräknande värdena blir långt från det uppmätta. Om det antas att transmissionsförlusterna är större än var programmet har räknat med på grund av köldbryggor så blir det än större skillnad mellan de uppmätta och de beräknade värdena.

### 8.1 Diskussion

Den generella slutsatsen blir därför att det är för många osäkerheter förknippade med den schabloniserade inmatningen för att man ska använda resultatet utan vidare analys. VIPWEB kan användas för att snabba upp inmatning av indata till VIP+ där den sedan måste kontrolleras och jämföras med den verkliga byggnaden, dess användning och energitekniska statusen på byggnadsdelar och installationsystem.

Genom att öka valbarheten något och göra vissa justeringar av indata till beräkningarna skulle troligtvis träffsäkerheten för energiberäkningar av lokalbyggnader kunna förbättras.

**Klimatdata** – öka antalet valbara klimatorter. Detta skulle innebära större möjlighet att använda rätt klimatdata i beräkningarna och därmed ett mer bättre utgångsläge för korrekta beräkningar.

**Klimatskalet** – hänsyn till köldbryggor. Följ den gängse metoden för påslag för köldbryggor.

**Ventilationssystem** – anpassa indata efter system istället för byggår.

**Drifttider- och personbelastning** – i nuläget väljs hur utsatt byggnaden är för vind genom att välja på en skala med tre steg. Samma metod skulle kunna tillämpas på personlasten och drifttiderna för att på så bättre kunna spegla de rådande omständigheterna i den byggnad som skall beräknas.

## Litteraturlista

### 8.2 Tryckta källor

Boverket (2005). *Energibesiktningmetoder – ett samlingsdokument*. ISBN: 91 7147 990-2

Boverket. *Boverkets författningssamling BFS 1988:18 nr (1989) upplaga 1:1 1989*, ISBN: 91-38-09758-3

Boverket (2006). *Boverkets författningssamling BFS 1993:57 med ändring till och med 2006:12*, ISBN: 91-7147-960-0

Adalberth K, Wahlström Å (2007). *Energibesiktning av byggnader - flerbo-stadshus och lokaler*. ISBN 91-7162-687-5

Energi & Miljö, Nr 2, Februari 2007, *VVS Tekniska Föreningens tidning för information, nätverk och kunskapsutveckling*.

Forsling, Per, *Energideklarering av bostadsbyggnader – delområde: Värmesystem*

ISO 7730, *Omräkning av termiska inneklimatefaktorer till olika tillämpningsfall*.

Svensson J, Westberg A (2006), *Köldbryggors inverkan på energianvändningen – en studie av två bostadshus med betongstomme*. ISBN 91-85147-17-6

Warfvinge, Catarina, *Installationsteknik AK för V* (2001). KFS i Lund AB, ISBN LUTADL/TABK--7016--SE

Nevander, Lars Erik. Elmarsson, Bengt (2001). *Fukt - handbok, teori och praktik*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm 2001 ISBN 91-73332-716-6

Hamrin, Gösta (1996). *BYGGTEKNIK, DEL A: HUSBYGGNAD*. AMG Hamrin Göteborg. ISBN 91-86852-17-5

Hamrin, Gösta (1996). *BYGGTEKNIK, DEL B: BYGGNADSFYSIK*. AMG Hamrin Göteborg. ISBN 91-86852-18-3

## Litteraturlista

---

REPAB. *Skolor 2006 - Nyckeltal för kostnader och förbrukning*. REPAB AB 2005. ISSN 1404-6377

REPAB. *Vårdbyggnader 2006 - Nyckeltal för kostnader och förbrukning*. REPAB AB 2005. ISSN 1404-6377

REPAB. *Kontor 2006 - Nyckeltal för kostnader och förbrukning*. REPAB AB 2005. ISSN 1404-6377

REPAB. *Bostäder 2006 - Nyckeltal för kostnader och förbrukning*. REPAB AB 2005. ISSN 1404-6377

REPAB. *Barnstugor 2006 - Nyckeltal för kostnader och förbrukning*. REPAB AB 2005. ISSN 1404-6377

Sandin, Kenneth. *Värme och fukt, kompendium i byggnadsfysik*.

LUND 1996 reviderat 1997.

Sandin, Kenneth. *Effekt- och energibehov, Luftströmning, kompendium i byggnadsfysik*.

LUND 1988 reviderat 1990.

### 8.3 Internet

Energibalans (2007-11-01)

[www.ahus.lth.se/?document=EBD/Utbil/TNA265/TNA265-F8\\_fonster.pdf](http://www.ahus.lth.se/?document=EBD/Utbil/TNA265/TNA265-F8_fonster.pdf)

Smeds, Johan (2004). *Energy Aspects in Swedish Building Legislation of the 20th Century Concerning Dwellings*.

<http://www.byfy.lth.se/Publikationer/seminarieuppsatser2004.htm> (2007-11-01)

Boverket (2005). *Energibesiktningsmetoder – ett samlingsdokument*. ISBN: 91 7147 990-2

<http://www.boverket.se/shopping/ShowItem.aspx?id=2704&epslanguage=SV>

Swedisol, *Isolerguiden Bygg 06* (2007-11-09)

[http://www.isover.se/graphics/Isover\\_SE/Om\\_Isover/Kontakta\\_oss/Broschyre\\_r\\_Bygg/Swedisol%20-%20Isolerguiden%20Bygg%2006.pdf](http://www.isover.se/graphics/Isover_SE/Om_Isover/Kontakta_oss/Broschyre_r_Bygg/Swedisol%20-%20Isolerguiden%20Bygg%2006.pdf)

IsoverBoken, *Guide för arkitekter, konstruktörer och entreprenörer*. (2007-11-09)

[http://www.isover.se/graphics/Isover\\_SE/Om\\_Isover/Kontakta\\_oss/Broschyre\\_r\\_Bygg/IsoverBoken%20200709/BBR.pdf](http://www.isover.se/graphics/Isover_SE/Om_Isover/Kontakta_oss/Broschyre_r_Bygg/IsoverBoken%20200709/BBR.pdf)

KTH Byggvetenskap och byggnadsteknik, *Glas i arkitekturen, fönster och glasbyggnadsteknik*, Kjartan Gudmundsson. (2007-11-10)

<http://www.byv.kth.se/utb/111401/Glasforelasningtext.pdf>

Bülow-Hübe, Helena, *Solbanor och solinstrålning I Sverige*. (2007-11-21)

[http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi\\_byggnadsdesign/images/Utbildning/TNA265/F\\_5\\_Solens\\_position\\_och\\_roerelse\\_oever\\_himlen.pdf](http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Utbildning/TNA265/F_5_Solens_position_och_roerelse_oever_himlen.pdf)

Bülow-Hübe, Helena, *Fönsterfysik och energitransport genom fönster*. Kursmaterial Solenergi- Grundkurs i solvärmeteknik (2007-10-01)

[www.ahus.lth.se/?document=EBD/Utbil/TNA265/fonsterfysik.pdf](http://www.ahus.lth.se/?document=EBD/Utbil/TNA265/fonsterfysik.pdf)

Pilkington glasfakta 2007 (2007-11-10)  
<http://www.pilkington.com/resources/sv2332.pdf>

*Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2005, jämförande uppgifter för åren 2001-2005*. ISSN 1404-5869  
<http://www.scb.se/Templates/PlanerPublicerat/Default.aspx?produkt=EN0112&type=PUB>

Värmebehovsberäkning, *Kursmaterial Installationsteknik FK*, Jensen L, Warfvinge C (2007-10-07-10)  
<http://www.hvac.lth.se/pdf/varmebeh.pdf>

SP Rapport 2007:23, *Lufttätetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B*. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler (2007-10-15)  
<http://www.sp.se/sv/index/projects/airtightness/Sidor/default.aspx>

Energimyndigheten, *Energiläget 2007* (2007-12-28). ISSN 1403-1892  
[http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2007\\_49.pdf/\\$FILE/ET2007\\_49.pdf?OpenElement](http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2007_49.pdf/$FILE/ET2007_49.pdf?OpenElement)

Förbättrad energistatistik för lokaler – ”*Stegvis STIL*” Rapport för år 1, *inventering av kontor och förvaltningsbyggnader* (2007-12-28), ISSN 1403-1892  
<http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/frameset.main?ReadForm&Doc=1954>

Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor, - *Förbättrad statistik i lokaler, STIL2* (2007-12-28), ISSN 1403-1892  
<http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/frameset.main?ReadForm&Doc=1950>

VIP Energi StruSoft (2007-12-20)  
[http://vip.strusoft.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=43&Itemid=2&lang=sv](http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=2&lang=sv)