HÖGSKOLAN
I GÄVLE

AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik

Energikartläggning för Kv Sälen

Arielle Ericson och Lizette Flood

2015

Examensarbete, Grundnivå (högskoleexamen), 15 hp
Energisystem
Energisystmeingenjör

Handledare: Hans Wigö
Biträdande handledare: Roland Forsberg
Examinator: Nawsad Mardan

Sammanfattning

Människor i den så kallade västvärlden har idag vant sig vid en viss livsstil och levnadsstandarden har ökat dramatiskt. Den numera välutvecklade globala kontakten genom bland annat media och resor har resulterat i att resten av världen strävar efter samma standard. Även om ”utveckling” är ett positivt laddat ord har detta även negativa följder, framför allt för vår natur. Idag förbrukas 150 % av Jordens resurser, vilket betyder att en tredjedel av det som används inte hinner återskapas av naturen utan tas istället från de resurser som byggts upp under miljontals år. Energianvändningen i världen har under de två senaste decennierna ökat med 49 % och koldioxidutsläppen med 43 %. Dessa fortsätter att stiga med ca 2 % per år utifrån den takt det utvecklas idag.

Det är viktigt att hela världen hjälps åt att minska denna energianvändning. Därför har regeringen bland annat beslutat att Sveriges energianvändning ska vara 20 % effektivare år 2020 jämfört med 1990, samt att den ska bestå av 50 % förnybar energi. För att svenska byggnader ska hålla en god byggnadsstandard har Boverket fastställt ett antal regler om bland annat ventilationsflöden och isolering. Då åsikten om vad som menas med god standard har varierat genom tiderna, medför detta att många äldre byggnader från mitten av 1900-talet som ansågs moderna då inte fyller dagens krav. För att uppfylla dessa mål och krav är det viktigt att utreda och effektivisera energianvändningen för bostads- och servicesektorn, som idag står för 40 % av den totala energianvändningen i Sverige. Ofta talas det om tre olika grupperingar vad gäller åtgärder för att spara energi i bostäder: byggnadstekniska, installationstekniska och beteendemässiga åtgärder.

För att få en uppskattning om vilka åtgärder som kan vara aktuella för att minska en viss byggnads energianvändning, är det bra att göra en energikartläggning. I denna rapport genomförs en sådan kartläggning för kvarteret Sälen i Gävle, vilket består av både lokaler och lägenheter som byggdes 1959 och renoverades år 1994. Byggnadens energibehov beräknas utifrån ritningar och mätningar. Resultaten analyseras och jämförs med energianvändningen för kvarteret under tidigare år, samt med de regler Boverket har fastställt som gäller från år 2012 för nybyggnationer. Eventuella rekommenderade åtgärder för att sänka värmebehovet diskuteras sedan utifrån dessa jämförelser. Det genomfördes även en noggrannare undersökning av en lägenhet på 50 m^2. Eftersom folks beteende och tänkande runt energi är en betydande del av energianvändningen, sammanställdes en enkät till hyresgästerna med relevanta frågor.

Byggnadens energianvändning uppgick till 390 MWh år 2013. Fjärrvärmeanvändningen var då 292 MWh medan det beräknade fjärrvärmebehovet endast uppgick till 230 MWh. Det framräknade värmebehovet skiljer sig mycket från det verkliga eftersom inga köldbryggor och luftläckage har varit involverade i beräkningarna. Det har inte heller tagits hänsyn till skuggning från omgivande byggnader eller persienner vid beräkningar av tillförd energi från solinstrålningen. Lägenheten som undersöktes har värmeförluster på sammanlagt 8,5 MWh/år, men 4,7 MWh/år tillförs via gratis energi. Eftersom byggnadens alla lokaler ventileras genom ett gemensamt ventilationssystem av typen FTX, blir inte förlusterna via ventilationen så stora. Detsamma gäller för lägenheterna, vilka alla har separata FTX-system. De största förlusterna sker istället via transmission genom byggnadens skal.

Det finns inga större fel på byggnaden, dock är det oklart om ventilationen uppfyller Boverkets regler. Vad gäller U-värden på omslutande byggnadsdelar och den specifika energianvändningen uppfyller byggnaden kraven, då dessa uppgår till 97 kWh/m^2 och år. Den åtgärd som bör vara kostnadseffektiv är byte av 1-glasfönstren i aktivitetshuset på markplan, vilket skulle minska värmeförlusterna genom dessa med 45 % eller 65 % för byte till 2-glas respektive 3-glas.

Hyresgästerna visade sig vara hyfsat energimedvetna, där vissa var mer engagerade än andra. Om de blev mer informerade angående lägenheternas ventileringssystem, är det möjligt att deras beteende skulle bli ännu bättre. Generellt sett var de nöjda med både värmen och ventilationen i lägenheterna, och inga problem relaterade till byggnadens konstruktion kunde identifieras.

Stort Tack till vår handledare Hans Wigö och den evigt hjälpsamme Roland Forsberg för stort engagemang. Vi vill även tacka vaktmästare Thomas Härdin för all tid han har gett oss.

Abstract

Humans in the so called western world have by now gotten used to a certain way of life and our life standard has increased dramatically. The global contact that today are so well developed due to media and easy travelling, have resulted in all the world striving towards that same standard. Although "progress" is a positively charged word, it also has negative imprints, not least for the nature around us. About 150 % of the World's resources are today being exploited, meaning that a third of our consumption can not be replenished by nature but instead derives from the natural storage that has been built for millions of years. The energy-usage in the World has increased by 49 % during the last two decades, while the emissions of carbon dioxide have increased with 43 %. With that rate, they will both continue to grow with about 2 % every year.

It is important that the whole World strive to restrain this energy-consumption. To that end, the Swedish government has decided that Sweden's energy-usage shall be 20 % more efficient by the year 2020 compared to 1990, and that it will derive from 50 % renewable sources. To ensure that Swedish buildings maintain a good standard, the Building and Planning-department (Boverket in Swedish) has stated a number of rules and regulations concerning ventilation-flow, insulation and more. As the meaning of the term "good standard" has changed over the years, many houses built during the mid-1900's may have complied with the regulations then but are not compatible with what they are now. To fulfil these goals and meet those demands, it is important to evaluate the energy-usage in buildings and make it more efficient, as it today represents 40 % of Sweden's total energy-consumption. Often, the measures for energy-efficiency are divided into three different groupings: building specifics, installation specifics and behaviourally.

To get an estimate of what measures might be suitable to decrease a certain building's energy-demand, it is a good idea to make an energy-survey. In this report one such survey is made for the building Kvarteret Sälen, built in 1959 and renovated in 1994, constituting of both premises and apartments. The calculations are based on measurements and technical drawings of the building. The results are analysed and compared with the building's earlier annual energy-usage, as well as with the Swedish Building and Planning-department's rules according to new-builds in 2012. Based on these comparisons, recommended emendations are then discussed. In addition, a more exact survey was conducted of one of the building's apartments. Since people's behaviour and thoughts about energy is an important part of the total energy-usage, an inquiry of relevant questions was put to the tenants.

The building's energy-consumption in 2013 was 390 MWh, of which the district heating-usage answered to 292 MWh. In comparison, the calculated heat demand only reached 230 MWh. The big difference between the calculated and the real value should be due to the facts that leakages in the building's exterior were not considered, nor was the screening effect of nearby buildings or blinds in the building's windows concerning the addition of warmth from the sun. The survey of the apartment showed a heating-demand of 8.5 MWh per year, of which 4.7 MWh was gained from electric appliances, people and the sun's rays. Since the premises are all ventilated via a joint heat-recovery system, the heat losses caused by ventilation are not that great. The same holds true for

the apartments, which all have separate heat-recovery ventilation systems. The biggest loss is instead due to heat transmission through the building's exterior.

There are no real problems with the building, although it is uncertain whether the ventilation meets the requirements of the Building and Planning-department. Concerning the heat-efficiency of its exterior and its specific annual energy-usage of 97 kWh/m^2, the building does comply with the requirements. A probable cost-effective emendation would be to change the single-paned windows of the activity centre on the 1'st floor of the main building. That would decrees the heat-losses through those windows with 45 % to 65 %, depending on whether the change was made to two-paned or three-paned windows.

The tenants proved to be rather conscious about the energy they were using, while the level of commit varied. If they would be better informed about their apartment's ventilation system, it is possible that their behaviour would even improve. Generally, they were happy both with the indoor temperature and the ventilation, and no problems related to the construction of the building could be identified.

Innehållsförteckning

1. Inledning 1
1.1 Objektbeskrivning 3
1.2 Syfte och målsättning 4
1.3 Frågeställning 5
1.4 Begränsningar 5

2. Teori 7
2.1 Byggnadstekniskt 7
2.1.1 Värmetransport 7
2.1.2 Fönster 8
2.1.3 Gratisenergi 9
2.2 Installationstekniskt 10
2.2.1 Ventilation 10
2.2.2 Värmeväxlare 12
2.2.3 Fjärrvärme 13
2.2.4 Tappvarmvatten 13
2.3 Beteendemässigt 14
2.4 Ekvationer 14

3. Metod 17
3.1 Utförande 17
3.2 Case study 18
3.3 Datainsamling 19

4. Resultat 21
4.1 Byggnaden 21
4.1.1 Transmission 21
4.1.2 Tappvarmvatten 22
4.1.3 Ventilation 23
4.1.4 Gratisenergi 25
4.1.5 Energibalans 28
4.2 Case study 29
4.3 Beteende 32
4.4 Åtgärder 33

5. Diskussion 35

6. Slutsats 39

7. Vidare förslag 41

8. Referenser 43

1. Inledning

Planeten vi lever på bildades för 4,5 miljarder år sedan [1]. Under dessa år har kontinenter ändrats, glaciärer brett ut sig eller dragit sig tillbaka och hela ekosystem byggts upp för att sedan försvinna. För 8 miljoner år sedan separerades vår genetik från det som skulle bli dagens gorillor, och för 5,5 miljoner år sedan från det som skulle bli dagens schimpanser [2]. För 60 000 år sedan - alltså under de senaste 0,0013 % av Jordens ålder - började vårt släkte av Homo sapiens sprida sig utanför Afrika.

Vi som bor i den så kallade västvärlden har vant oss vid en viss livsstil. Alltsedan industrialismens intågande under 1800-talet har vår levnadsstandard ökat dramatiskt, med sanitära boenden, tillgång till rent dricksvatten, penicillin, fortskaffningsmedel, telefoner, elektricitet, affärer och mat i överflöd. Tack vare, eller på grund av, den numera välutvecklade globala kontakten genom media, resor och samarbeten mellan företag från olika länder, strävar nu resten av världen efter samma standard. Såpoperor och realityserier om liv i lyx präglar vår livssyn, där våra egna nöjen och tidsfördriv oftast sätts i fokus. Undersökningar visar att denna Västeuropeiska livsstil kan levas av 2 miljarder människor och ändå upprätthålla ett fungerande samarbete med resten av Jordens ekosystem [3], det vill säga att de resurser dessa 2 miljarder människor använder hinner återskapas av naturen i samma takt som de förbrukas. För en genomsnittlig amerikansk livsstil krymper siffran till 1,5 miljarder. 2 miljarder människor kan tyckas mycket; trots allt uppskattas antalet katter - det vill säga tamkatter, hemlösa och förvildade katter - världen över till ca 600 miljoner individer [4] och antalet pandor är knappa 2000 i det vilda [5]. Problemet är att det idag lever mer än 7 miljarder människor på denna jord, och trots att bara en liten del av dessa lever enligt västvärldens standard, förbrukas idag 150 % av Jordens resurser [3]. Med detta menas att en tredjedel av det vi använder hinner inte återskapas av naturen utan tas istället från de resurser som byggts upp under miljontals år. Det har på senare år börjat talas om *Earth overshoot day*, vilket syftar på den dag på året då vi passerar den hållbara konsumtionen, det vill säga 100 %. År 2014 inföll denna dag den 19 augusti [6]. Denna överkonsumtion och nonchalanta livsstil tydliggörs inte minst i att antalet vilda djur världen över har minskat med totalt 52 % sedan 1970 enligt WWF [7]. Den effekt som är mest vidkommande för denna rapport är dock utsläppet av koldioxid och andra växthusgaser, så kallade eftersom de bidrar till att värmen som "normalt" skulle stråla från Jorden ut i rymden nu i allt större grad tas upp i atmosfären och återstrålar till jordens yta. Detta leder till en ökad medeltemperatur världen över, vilket leder till att glaciärerna smälter och släpper ut den koldioxid de burit på i tusentals år, vilken tas upp i atmosfären och bidrar än mer till växthuseffekten.

Det finns många orsaker till att detta mönster måste brytas: den ökade medel-temperaturen leder till att vatten förångas i snabbare takt, vilket påverkar vindarna och vädret över hela världen, med fler och kraftigare orkaner, monsuner och skyfall som resultat. Samtidigt ökar torkan i de områden där detta redan är ett problem. Isar och glaciärer smälter, vilket förutom det tillskott av koldioxid som nämnts ovan också leder till en ökad vattennivå av världens hav. I Sverige är vi lyckligtvis förskonade från det mesta av dessa effekter, men kort sagt kan vi inte veta precis vad växthuseffekten kommer att resultera i.

Energianvändningen i världen har under de två senaste decennierna ökat med ca 49 % medan koldioxidutsläppen har ökat med 43 %. Dessa fortsätter att stiga med ca 2 % per

år utifrån den takt det utvecklas idag [8]. Med detta som bakgrund, har regeringen bland annat beslutat att Sveriges energianvändning ska vara 20 % effektivare år 2020 jämfört med år 1990, samt att den till 50 % skall bestå av förnybar energi. För att uppfylla dessa mål är det viktigt att utreda och effektivisera energianvändningen för bostads- och servicesektorn, vilka idag står för 40 % av den totala energianvändningen i Sverige. Att sänka energibehovet i redan befintliga byggnader såväl som i nybyggnationer kommer vara nödvändigt om ovan nämnda mål ska nås. Mellan 1995 och 2012 har den totala energianvändningen i byggnader per uppvärmd areaenhet minskat med 13 % och Sveriges mål är att minska denna energianvändning med 20 % genom energieffektivisering till år 2020 [9].

Möjliga åtgärder för att spara energi kan delas in i tre grupper: byggnadstekniska, installationstekniska och beteendemässiga.

Med **byggnadstekniska** åtgärder menas till exempel tilläggsisolering eller tätning av tak, fönster och dörrar, vilket minskar värmeförlusterna genom byggnadens skal och därmed även uppvärmningsbehovet [10]. Även uppgradering av fönster, det vill säga till fönster med ett lägre U-värde, platsar inom denna kategori.

Installationstekniska åtgärder innefattar bland annat effektivisering av själva värmeproduktionen och tidsstyrning av luftflöden. För värmeproduktionen kan det handla om effektivare radiatorer, byte av hela systemet från exempelvis eldrivet till vattenburet, eller att ventilationen stängs av då lokalen är folktom.

Med **beteendemässiga** åtgärder avses till exempel sänkning av inomhustemperaturen eller varmvattenbesparing [10]. Här spelar personligt beteende stor roll, med andra ord hur noggrann de boende/anställda är med att släcka lysen, stänga av eldrivna apparater och hålla fönstren stängda.

Abdelaziz et al [11] menar att hushållning av apparater också är en viktig del av energisparandet. Goda möjligheter till rengöring och underhåll kan potentiellt spara energi, liksom hög kvalitet på alla involverade komponenter. Detta gäller främst industrier men det kan även tas i åtanke vid andra utrymmen och förhållanden. Exempelvis kommer ett smutsigt ventilationsfilter minska luftflödet till ett rum, trots att fläkten arbetar lika hårt, och en komponent av låg kvalitet kan nötas ut och med tiden ge sämre resultat.

Boverket har fastställt ett antal regler för att svenska byggnader ska hålla en god standard. Då åsikten om vad som menas med god standard har varierat genom tiderna, medför detta att många äldre byggnader från mitten av 1900-talet som ansågs moderna då inte fyller de krav vi har idag, inte minst med avseende på kraven på energieffektivitet. Av denna anledning ges många äldre byggnader tilläggsisolering i väggar och tak, tätare dörrar och uppgraderade fönster. Då de flesta äldre byggnaders ventilationssystem byggde på självdrag eller fläktdrivet frånluftssystem, kan uppgraderingar av byggnadens skal leda till att byggnaden blir för tät, med andra ord att för lite luft släpps in i byggnaden. Denna dåliga ventilation kan leda till problem i form av fukt och mögel, vilket är dåligt både för vår hälsa och för själva byggnaden. När en byggnad tätas måste hänsyn därför tas till att ventilationen anpassas efter det önskade luftombytet, exempelvis genom att installera nya ventiler vid fönstren eller ett helt nytt tilluftssystem. Vid det senare valet är det bra att samtidigt fundera på möjligheterna att ta till vara värmen som byggnaden förlorar genom frånluften, genom att även installera en värmeväxlare, vilket ger ett så kallat FTX-system. Tillsammans med ett värmebatteri, ger detta en kontrollerad uppvärmning av luften som kommer in i byggnaden och hjälper till att upprätthålla en jämn temperatur, vilket är viktigt i samhällets allt högre krav på komfort.

För att få en uppskattning om vilka åtgärder som kan vara aktuella för att minska en viss byggnads energianvändning, är det bra att göra en energianalys. Denna visar hur mycket energi i form av värme som går förlorad genom byggnadens exteriör - även kallat energiskal - och ventilation, samt mängden el som används till belysning och diverse apparater. I denna rapport genomförs en energianalys av kvarteret Sälen i Gävle, framför allt inriktat på byggnadens värmebehov. Resultaten analyseras och jämförs med energianvändningen för kvarteret år 2011, 2012, 2013 och halva 2014, resultatet jämförs även med de regler Boverket har fastställt som gäller från år 2012 för nybyggnationer. Eventuella rekommenderade åtgärder för att sänka värmebehovet diskuteras sedan utifrån dessa jämförelser.

1.1 Objektbeskrivning

Svedinger Fastigheter AB vill effektivisera sin energianvändning vad gäller deras byggnad i kvarteret Sälen, Gävle. Den aktuella fastigheten består av en huvudbyggnad och en annexbyggnad byggda under 1950-talet men renoverade år 1992-1994. Vid renoveringen skedde ett fasadbyte till natursten mot gatan och serporockputs mot innergården. Alla fönster, balkonger och burspråk byttes, väggarna och taket tilläggsisolerades och annexbyggnaden utökades dessutom med två våningsplan. Nedan visas en bild på huvudbyggnadens fasad i hörnet mellan Nygatan och Norra Köpmangatan i Gävle centrum.

Figur 1: Bild på huvudbyggnadens fasad.

Kvarteret inhyser för närvarande en databutik, tandläkarmottagning, aktivitetshus samt 16 lägenheter. Det finns även en vind med förråd i huvudbyggnaden och en källarvåning under hela kvarteret som innehar en undercentral, tvättstuga, förråd m.m. Vissa lägenheter har balkong och alla har fönster av typen 3-glas. Databutiken och aktivitetshuset i huvudbyggnadens entréplan har stora fönster av typerna 1-glas och 2-glas. Byggnaden är kopplat till fjärrvärmenätet, vilket används till uppvärmning av lägenheterna samt till varmvattensberedning.

Fastigheten har sedan renoveringen omblandande ventilation med värmeväxling. Det finns ett stort FTX-system på plan 3 som försörjer lokalerna i byggnaden. Där finns även ett värmebatteri. Sedan finns det ett fläktsystem på taket till innergården. I garaget finns en tilluftsfläkt och flera frånluftsdon varav två stycken är anpassade för kolmonoxid på så vis att de suger upp luften nära golvet. Samtliga startas när garageporten öppnas. Alla lägenheter i byggnaden har egna ventilationssystem, med varsin värmeväxlare installerad i fläktkåpan ovanför spisen.

Generellt sett har byggnaden inga större problem; de boende klagar inte över värmen i lägenheterna eller att ventilationen är dålig. Enligt vaktmästare Thomas Härdin har ett par hyresgäster klagat på drag från tilluftsdonen då de smutsiga filtren vid värmeväxlaren har bytts ut, vilket har åtgärdats med hjälp av ett extra filter i det aktuella donet. Aktivitetshuset på entréplan har dock problem med värmen på vintern, vilket har åtgärdats genom extra fristående eldrivna radiatorer. Databutiken bredvid - vilken slogs ihop av två tidigare lokalbyggnader år 2005 och därför har fönster av både 1- och 2-glastyp - har istället installerat extra luftkonditionering.

I byggnadens tvättstuga i källaren finns ett torkrum med en värmefläkt av äldre modell, medan tvättmaskin och torktumlare är av nyare slag. När det gäller belysningen har fastighetsägaren installerat rörelsesensorer i trapphusen och i garaget tänds lamporna när garageporten öppnas, förutom två lysrörsarmaturer som styrs manuellt.

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med detta arbete är att kartlägga energianvändning för kvarteret Sälen som ligger i Gävle. En energibalans kommer att uppföras genom att räkna ut hur mycket energi som fastigheten förväntas använda genom transmissionsförluster, ventilationsförluster och tappvarmvatten, detta kommer att jämföras med en energiuppföljning från Gävle Energi där det finns dokumenterat hur mycket energi byggnaden har nyttjat 2011, 2012, 2013 och halva 2014. Detta kommer även att jämföras med Boverkets byggnadsregler. Om resultatet är högre än väntat bör energianvändningen utöver de framräknade förlusterna kartläggas. Målet med detta är att efter kartläggningen kunna ta fram och diskutera besparingsförslag. Detta görs för att kunna minska den nuvarande energianvändningen och därmed värna om miljön och minska på de totala kostnaderna. Liksom många andra byggnader i Sverige uppfördes kvarteret Sälen under 1950-talet, efter det då rådande reglementet. Flera av dessa har redan, liksom denna, tilläggsisolerats och några har fått nya ventilationssystem av FTX-typ. För dessa byggnader kan det vara av intresse att se vilka åtgärder som eventuellt ändå kan vara aktuella för ytterligare energieffektivisering. För de byggnader som ännu inte anpassats efter moderna normer, kan denna typ av kartläggning vara till nytta för jämförelse och förslag på egna förändringar.

1.3 Frågeställning

1) Hur mycket energi går förlorad genom byggnadens energiskal?
   a) Hur stor är byggnadens totala värmeförlust?
   b) Stämmer det beräknade värmebehovet bra med det verkliga? Om inte - varför?
   c) Hur stora är förlusterna genom fönstren? Är det möjligt att minska dessa genom byte till fönster med lägre U-värde?
   d) Hur stora är förlusterna genom väggar, golv och tak?
2) Hur mycket energi går åt till fastighetens ventilationssystem?
   a) Hur mycket energi används av fläktarna? Är det möjligt att byta till mindre effektkrävande fläktar?
3) Hur energimedvetna är hyresgästerna? Tänker de på att släcka lampor och stänga av apparater när de inte används?

1.4 Begränsningar

- Byggnadens utseende och struktur kan inte ändras.
- Besöken för mätningar och andra undersökningar görs i mån av tid för vaktmästaren.
- Undersökningarna i lägenheten (case study) måste dessutom göras under den period då den står tom, d.v.s. inom utredningens fem första veckor.
- Ritningar, tekniska data och OVK-protokoll erhålles från Gävle kommuns kontor. Uppgifter om vattenförbrukning erhålles från Gästrike Vatten AB, och uppgifter om byggnadernas energianvändning erhålles från Gävle Energi. Utöver detta görs antaganden.
- Utredningen pågår i 10 veckor, inklusive inlämning av rapport, redovisning samt opponering.

2. Teori

Boverkets byggregler
BBR, Boverkets Byggregler, innehåller föreskrifter och allmänna råd om svenska byggnader. De innehåller till exempel regler om utformning, ventilation, hygien, hälsa och miljö. Enligt BBR ska luftflödet vara 0,35 l/s per m^2 golvarea till rum där personer vistas mer än tillfälligt. Högsta tillåtna genomsnittliga U-värde för omslutande byggnadsdelar för bostäder i Gävleborg med annat uppvärmningssätt än elvärme är 0,4 W/m^2K och för lokaler 0,6 W/m^2K. Den specifika energianvändningen för flerbostadshus får max uppgå till 100 kWh/m^2 och år, för lokaler får max 90 kWh/m^2 och år användas, dock finns det inget krav på lokaler med en uppvärmningsarea som är mindre än $50m^2$ [12].

2.1 Byggnadstekniskt

2.1.1 Värmetransport

När det finns en temperaturskillnad sker automatiskt en energitransport från varmt till kallt enligt termodynamikens II lag. Då temperaturen är lägre på ena sidan om en vägg än på den andra sidan, varierar temperaturen mellan de olika lagren i byggnadskonstruktionen till följd av att en värmetransport sker genom byggnaden. Detta kan inträffa på tre olika sätt: Strålning, Konvektion och Ledning.

Med Strålning menas elektromagnetisk strålning som kan överföras på långa avstånd. Alla kroppar avger termisk strålning och energistrålar från kroppar med en temperatur över den absoluta nollpunkten (-273 ˚C) tas upp som värme av andra kroppar inom strålningens räckvidd. Som exempel kan nämnas att en byggnad tar emot värmestrålning från in- eller utsidan och lagrar en viss mängd av denna. Ju ”trögare” byggnaden är, desto längre tid tar det för den både att lagra denna värme och att sedan avge den när omgivningen är svalare. Trögheten beror på materialet, exempelvis är en stenbyggnad väldigt trög. Eftersom glas har en väldigt dålig förmåga att lagra värme, förlorar byggnaden mycket värmestrålning genom fönster.

Konvektion är värmetransport till följd av rörelse, exempelvis en kall vind som blåser över vår hud. Det finns två typer av konvektion: naturlig och påtvingad. Med naturlig konvektion menas rörelse till följd av att luft stiger då den blir varm och sjunker då den blir kall. Påtvingad konvektion innebär att en vätska eller gas strömmar förbi en yta och antingen bortför eller tillför värme från/till denna, beroende på om fluiden eller ytan är varmast.

Ledning innebär överföring av energi från en molekyl till en annan genom direkt kontakt. Olika material har olika förmåga att leda värme: ett material som har god förmåga att leda värme har med andra ord dålig isoleringsförmåga och vise versa. Värmekonduktivitet, λ, är ett mått på hur bra ett material leder värme. Värmeledningsförmågan påverkas av materialets densitet, porositet, temperatur och fuktighet. Stillastående luft leder värme väldigt dåligt och är därför ett bra inslag i en byggnads isolering, exempel på isoleringsmaterial som bygger på detta är cellplast, stenull och mineralull. Även cellulosafiber är ett bra isoleringsmaterial. Det har Dodoo et al [13] kommit fram till då de har gjort en studie om vilka effekter olika isoleringsmaterial har på primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen för materialproduktion av ett bostadshus. Isoleringsmaterialen de undersökte var stenull,

glasull, cellulosafiber och expanderad polystyren (EPS). Stenull som tillverkas av basalt, dolomit och kalksten kräver mer energi för att utvinnas och transporteras än cellulosafiber, som tillverkas av återvunnet tidningspapper eller returpapper. De undersökte även vilket isoleringsmaterial som bidrog med lägst primärenergianvändning och koldioxidutsläpp för att uppnå standarder för BBR 2012 och passivhus 2012, detta gjordes för varje byggnadsdel. I båda fallen resulterade cellulosafiberisolering i lägst och glasull i högst primärenergianvändning för tak, väggar och golv.

För att ta reda på hur god isolering en hel byggnadsdel har (U-värde) måste först materialets värmemotstånd, R, vara känt. Värmemotståndet är förhållandet mellan materialets tjocklek och dess värmekonduktivitet. För att få så exakta U-värden som möjligt bör hänsyn tas till inre och yttre övergångsmotstånden (R_{si} och R_{se}). Då värme överförs från luften till väggen eller tvärtom måste ett motstånd övervinnas, detta motstånd tar hänsyn till luftens isolerande verkan utmed konstruktionsytan samt ytans långvågiga strålningsegenskaper. Det yttre motståndet är 0,04 m^2K/W och det inre för väggar är 0,13 m^2K/W, för tak 0,10 m^2K/W och för kalla golv 0,17 m^2K/W [14].

2.1.2 Fönster

Fönster kan vara stora energitjuvar och det är oftast de som har högst U-värde på en byggnad. Om en byggnad består av äldre fönster med dålig isoleringsförmåga kan 35 % av husets värme läcka ut genom dem [15]. Ofta innebär byte av fönster en stor investering och därför är det viktigt att jämföra olika fönster för att se vilka som är mest kostnadseffektiva, vilket inte nödvändigtvis är de som sparar mest energi.
Genom att byta till fönster med ett U-värde på 1,4 W/m^2K på ett trevåningshus bestående av fönster med det högre U-värdet 2,9 W/m^2K, kan 18,14 kWh/m^2/år sparas av totalt 97,51 kWh/m^2 per år. Detta ger en besparing på 18,6 % Om istället fönster med ett U-värde på 0,6 W/m^2K installeras kan 26,44 kWh/m^2/år sparas. Detta skulle då ge en besparing på 27 %. Dessa installationer skulle kosta ca 1 000 000 kr respektive 2 500 000 kr [16].

3-glas: I Sverige ses 3-glasfönster numer som standard i bostadshus. Vanligen har 3-glasfönster som installerats under 80- och 90-talet ett U-värde mellan 2-2,5 W/m^2K [17] men även 1,9 W/m^2K är vanligt. Värdet går att förbättra med speciellt lågemissivt glas, lågemissiv ytbeläggning eller tillförsel av argongas mellan glasen.

2-glas: Fönster av denna typ ses idag i Sverige och andra nordiska länder generellt som ett sämre alternativ än 3-glasfönster, medan det är standard exempelvis i Storbritannien. De ligger närmare 3-glasfönstren än de med endast ett glas vad gäller isolerande förmåga, med ett U-värde omkring 2,9 W/m^2K. Därför är ett byte från 1-glasfönster till 2-glasfönster ofta mer kostnadseffektivt än en investering i 3-glasfönster, eftersom skillnaden i U-värde är så stor mellan 1- och 2-glas att energibesparingen ger en förhållandevis kort återbetalningstid. Det är möjligt att få ett 2-glasfönster med ett lägre U-värde än ett 3-glas. I en undersökning konstaterar Karlson et al. [18] att den bästa varianten av fönster är ett 3-glasfönster med två lågemissivitiva ytbeläggningar av tenoxid samt gas mellan rutorna, medan det mest kostnadseffektiva alternativet nog var 2-glasfönster med gas och en ytbeläggning. 2-glasfönster med sådan ytbehandling gav bättre resultat än 3-glas utan behandling. 2-glasfönster är billigare att både tillverka och transportera än 3-glasfönster, samtidigt som de totalt sett orsakar färre miljöskadliga utsläpp [17].

1-glas: Denna typ av fönster har, generellt, ett U-värde på omkring 5,4 W/m^2K. Till skillnad från ovanstående varianter, har dessa fönster ingen isoleringshjälp av luftspalter mellan glasen, vilket betyder att värmeöverföringen bara hindras av fönsterglaset i sig. Eftersom värme leds åt båda håll genom alla fönster, leder denna sämre isolering till ordentliga värmeförluster på vintern och extra mycket gratisvärme från solinstrålning på sommaren. Till följd av detta blir kostnaderna onödigt höga både för uppvärmning och kylning/luftkonditionering. Samtidigt kan det vara möjligt att utnyttja denna solinstrålning till en positiv minskning både av byggnadens värmebehov och också belysningsbehov [19]. Både Nielsen et al. [20] och Karlsson et al. [18] påpekar att detta beror på hur fönstren är placerade i förhållande till väderstrecken samt vilken vinkel de har mot solen. I en undersökning av Nielsen et al. [20], vilken byggde på solförhållanden och uppvärmningsperioder i Danmark, var solinstrålningen ca 85 % högre i sydlig riktning än västlig/östlig, och drygt fyra gånger högre än i nordlig riktning. Detta gällde för vertikalt placerade fönster, men förhållandena ändrades något om vinkeln ändrades. Det möjliga energitillskottet beror på fönstrets U-värde och dess solenergitransmittansfaktor. De påpekar även att det finns behov av en enkel metod för att beräkna hur energieffektiva olika typer av fönster är och hur mycket solinstrålningen kan påverka byggnadens totala energianvändning.

Argongas: Argon är en osynlig och giftfri ädelgas. Dess lämplighet för isolering i fönster beror på att den är tung, samt att den liksom alla gaser är effektiv på att hindra värmeledning. Jämfört med vanlig luft leder argongas ca 34 % mindre värme, samtidigt som det kostar omkring 5 % mer vid installation av fönster [21]. Argongas har störst effekt på fönstrets totala U-värde då det kombineras med lågemessiva ytbehandlingar och då avståndet mellan glasen är 12 mm eller lägre [22]. Det har även större effekt i ett 2-glasfönster än i ett 3-glasfönster, troligen eftersom det sistnämnda redan i sig har ett lägre U-värde.

Ytbeläggningar: Med emessivitet menas ett materials förmåga att stråla ut värme till dess omgivning. Den mäts i enheten W/m^2. För att kunna emittera värme måste materialet först absorbera värmestrålning från någon källa. Ett material med god reflekterande förmåga har därför låg emittans. Beläggningar med låg emissivitet kan tillföras på fönsterglasen för att minska dess värmetransporterande förmåga. Emittansen för ett standardglas är i genomsnitt 84 % [23], vilket betyder att det emitterar 84 % av den infallande värmestrålningen, antingen från solskenet eller inifrån rummet. Moderna ytbehandlingar gör det möjligt att sänka emittansen till mindre än 5 % [23]. Problemet med denna typ av ytskikt är att de ofta försämrar sikten genom fönstret. Det ställs därför extra höga krav på vilka av ljusets våglängder som skall släppas igenom och vilka som skall reflekteras, eftersom tanken är att det synliga ljuset skall passera men inte värmestrålningen [24]. I sin artikel trycker Roos et al. [23] på att fönster behandlade med lågemissiva ytskikt har stor inverkan på värmetransporten i framför allt bostadshus belägna i kalla klimat (Stockholm), men att emissiviteten i sig inte kan tala om hur pass energieffektivt ett fönster är. Denna typ av ytbeläggningar i kombination med exempelvis argongas, tar hand om alla tre faktorerna för värmeförlust: ledning, strålning och konvektion.

2.1.3 Gratisenergi

Utöver energi från värmeanläggningen kan värmetillskott erhållas från solinstrålning och interna värmekällor. Interna värmekällor är värme från personer, belysning och elapparater. En person avger en viss mängd energi beroende på vilken aktivitetsnivå den har. I och med detta beror gratisenergin både på antal personer inom den givna ytan och

dessa personers aktivitet. Nedan visas en tabell på överslagsvärden från interna värmekällor. Skillnaderna mellan de olika lokaltyperna beror alltså på att det är fler personer på ett dagis än i en lägenhet, samt att de är mer fysiskt aktiva än de som arbetar på kontor.

Tabell 1: Överslagsvärden för internt värmetillskott [25].

Verksamhet	Personvärme [W/m^2]	Belysning [W/m^2]	Elapparater [W/m^2]
Bostäder	1,5	4	3
Kontor	4	8	10
Dagis	6	8	2

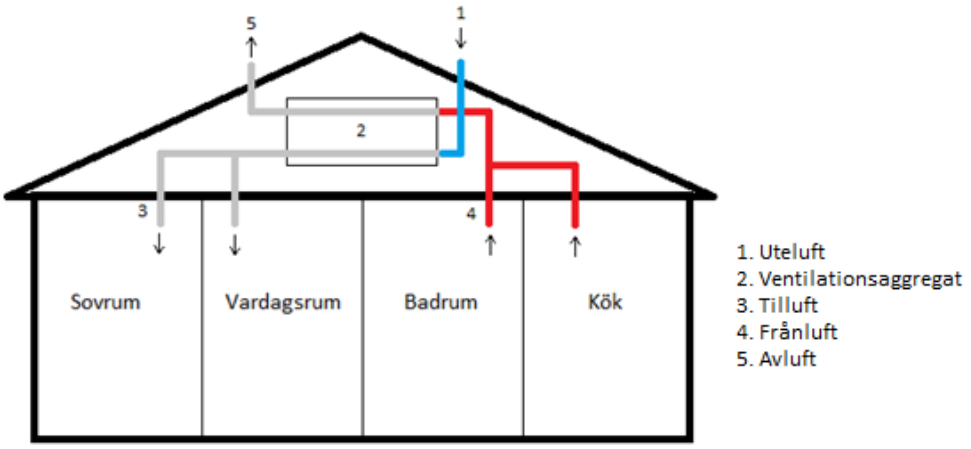
Enligt Sveby kan 70 % av den totala elanvändningen tillgodoräknas som tillförd värme genom elapparater och belysning [26]. Viss gratis energi erhålls via solinstrålning som transporteras genom byggnadens fönster. Beroende på vilken typ av fönster byggnaden har och åt vilket väderstreck dessa är placerade kommer en viss mängd energi in som kan tillhandahållas inomhusklimatet. Andra faktorer som spelar in är byggnadens geografiska läge, årstid, molnigheten, fönsterarea, vinkeln på fönstren, emissivitet, skuggningen från omgivningen och olika typer av solavskärmning som markiser och persienner.

2.2 Installationstekniskt

2.2.1 Ventilation

FTX-system

FTX är en förkortning på från- och tilluftsventilation med återvinning. Värmen i frånluften återvinns och värmer upp den kalla uteluften i en värmeväxlare. Den uppvärmda uteluften (tilluften) fördelas sedan i huset medan frånluften passerar ut (avluften), se Figur 2. En fördel med FTX-systemet är att uteluften kan filtreras vilket ger upphov till ett bra inomhusklimat. Vidare kan en energibesparing på 50-80 % uppnås jämfört med om värmen inte återvinns. [27]. Dock kommer de båda fläktarna dra en hel del energi, vilket gör att den totala besparingen beror på vilket system som byggnaden hade tidigare, exempelvis självdrag eller frånluftssystem. I en undersökning av Dodoo et al. [32] kunde energianvändningen minskas med 10 % i ett konventionellt hus, trots det ökade elbehovet till fläktarna. Besparingen beror också på hur tät byggnaden är, eftersom ju otätare byggnad desto mer värme överförs direkt till uteluften utan att passera värmeväxlaren.



Figur 2: Beskrivning av hur ett FTX-system är uppbyggt. Ventilationsaggregatet består av fläktar, värmeväxlare och värmebatteri.

Omblandande ventilation

Vid omblandande ventilation tillförs luften med hög hastighet för att luftrörelsen som bildas skapar små temperaturvariationer. En annan fördel med omblandande ventilation är att det blir en jämn och låg koncentrationsfördelning av föroreningar, detta är dock en nackdel om det finns en kraftig förorenare i rummet då föroreningarna sprids i hela rummet. Tilluften ska ha en temperatur på runt +18 ˚C för att vara komfortabel [25], ju kallare den är desto större risk är det för dragproblem i vistelsezonen. För att motverka drag vid komfortventilation placeras tilluftsdonen utanför vistelsezonen. Kastlängden på tilluften måste anpassas så att omblandningen blir optimal för rummet, dessutom måste tilluftsdonet och frånluftsdonet vara placerade långt ifrån varandra så att det inte uppstår en kortslutning av luftströmningen.

Deplacerande ventilation

Vid deplacerande ventilation sitter tilluftsdonet nära golvet, så att den rena luften sprids över golvytan. I takt med att tilluften värms upp av omgivningen minskar dess densitet och den stiger uppåt, vilket trycker upp äldre luft mot taket där frånluftsdonet sitter. Till skillnad från omblandande ventilation är utbytet av smutspartiklar och dåliga lukter mellan den nya och den äldre luften låg, vilket är anledningen till att det lämpar sig extra bra för miljöer med hög standard på renlighet, exempelvis sjukhussalar. Eftersom tilluften måste kunna spridas över en så stor del av golvet som möjligt för att ge ett bra luftombyte, lämpar det sig inte i ett tätmöblerat rum. Av samma anledning är det viktigt att placera tilluftsdonet så att luftströmmen inte hindras. Det är även viktigt att tilluften inte värms upp av en radiator eller liknande innan den hunnit sprida sig, eftersom principen bygger på att tilluften är svalare än rumsluften [25]. Eftersom det inte är en omblandande effekt som önskas håller tilluften en låg hastighet. Tack vare stora tilluftsdon kan detta hållas samtidigt som rummet förses med ett tillräckligt stort luftflöde.

Obligatorisk ventilationskontroll

Obligatorisk ventilationskontroll, OVK, ska göras regelbundet för att se att ventilationssystemet fungerar som det ska [28]. I skolor, vårdlokaler och liknande utrymmen oavsett typ av ventilation, samt kontor, flerbostadshus eller liknande med från- och tilluftssystem och från- och tilluftssystem med återvinning ska en OVK

genomföras var tredje år. I flerbostadshus och kontorsbyggnader med frånluft, frånluft med återvinning och självdragsventilation är besiktningsintervallet 6 år [29].

2.2.2 Värmeväxlare

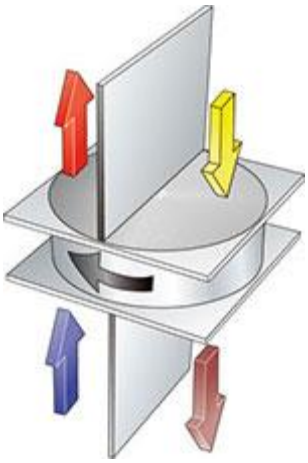
Plattvärmeväxlare

Det finns olika typer av värmeväxlare men den vanligaste är korsströmsvärmeväxlare och motströmsvärmeväxlare som vanligtvis kallas plattvärmeväxlare. Om ett flerfamiljshus har separata ventilationsanläggningar i respektive lägenhet är det oftast plattvärmeväxlare det handlar om. I en plattvärmeväxlare (se Figur 3) finns ett lamellpaket av veckade aluminiumplåtar där frånluften går igenom och värmer upp aluminiumplåtarna som sedan tilluften tar upp och transporterar ut i lägenheten. Verkningsgraden på en korsströmsvärmeväxlare är ca 50-60 % medan en motströmsvärmeväxlare i bästa fall kan uppgå i 90 % [30]. Damm på lamellerna kan ha en negativ inverkan på verkningsgraden, varför det är viktigt att hålla den ren och att filtren som den varma luften respektive den kalla luften passerar är hela och rena [25].

Figur 3: Bild av plattvärmeväxlaren som är installerad i lägenhetens kökskåpa.

Roterande värmeväxlare

En annan typ av värmeväxlare är roterande värmeväxlare som visas i Figur 4, den består av ett rotorhjul med veckade aluminiumprofiler. Då rotorn passerar den varma frånluften, lagras värmen i plåten för att sedan värma den kalla uteluften när rotorn vrids runt och passerar tilluftskanalen. Hjulet roteras med hjälp av en motor och en rem. Denna typ av värmeväxlare har en hög verkningsgrad som kan komma upp i 85 %. Temperaturverkningsgraden kan enkelt regleras ner genom att rotorns varvtal minskas från 20 - 0,5 varv per minut. Vid värmeåtervinning sker ett extra tryckfall som i sin tur leder till ett ökat fläktarbete. Men över en roterande värmeåtervinnare blir detta tryckfall relativt lågt och därmed blir inte fläktarbetet så högt [25], [30]. Det är möjligt att spara mer energi genom att införa en värmeväxlare med hög temperaturverkningsgrad än genom tilläggsisolering eller byte av fönster [31].



Figur 4: Bild av en roterande värmeväxlare[30].

2.2.3 Fjärrvärme

För byggnader lokaliserade i innerstäder är det ofta enkelt att ansluta sig till det lokala fjärrvärmenätet. Gustavsson et al [31], [32], [33] har genomfört olika undersökningar med syftet att få en klarare bild över sambandet mellan efterfrågan på fjärrvärme och minskade utsläpp av växthusgaser. Resultaten visade att det främst är topp- och mediumlasterna som minskas då kundernas hus blir energieffektivare. Ett värmeverks/kraftvärmeverks topplast försörjs ofta av olja. Eftersom den endast dras igång då baslasten inte klarar av att fylla efterfrågan, främst under mycket kalla vinterdagar eller vid plötsligt fallande utetemperatur, blir minskningen av koldioxidutsläppet ändå inte så mycket mindre. De påpekar även att energieffektiviseringar påverkar belastningen på fjärrvärmenätet, vilket förändrar dess varaktighetskurva. Om efterfrågan blir för låg kommer fjärrvärmeproducenten tvingas höja sina priser, vilket spelar in på hus pass lönsamt de energisparande åtgärderna faktiskt blir i slutänden. Det är värt att minnas att ett kraftvärmeverks elproduktion minskar med minskad efterfrågan på fjärrvärme, vilket exempelvis krockar med effekterna av införsel av FTX-system hos kundernas byggnader. Knappt 60 % av byggnaderna i Sverige nyttjar fjärrvärme [34], varav 50 % är flerbostadshus [35]. Fjärrvärmen från Gävle Energi har ett så kallat 60/45-system, det vill säga att framledningstemperaturen på vattnet är 60 ˚C och returvattnets temperatur är 45 ˚C.

2.2.4 Tappvarmvatten

Då varmvatten används ersätts det varma tappvattnet med kallt tappvatten. Varmvattenförluster är skillnaden i värmeinnehåll för de två vattenmassorna. Temperaturen på det inkommande kallvattnet varierar vanligen mellan 5-10 ˚C medan vattnets sluttemperatur brukar variera mellan 45-65 ˚C. Det är bra att vara medveten om att det går att bränna sig på vatten som är 45-50 ˚C. Vattnet får inte överstiga 65 ˚C på grund av skållningsrisk [10] samtidigt som det är bevisat att legionellabakterierna minskar då vatten har en temperatur på 50 ˚C och dör vid 70 ˚C [25]. Tappvarmvattnet värms med hjälp av det värmesystem som är installerat i byggnaden, vilket i detta fall är fjärrvärmen. Eftersom fjärrvärmens framledningstemperatur är 55 ˚C kan tappvarmvattnet antas värmas till denna temperatur. Reglering sker sedan genom att en viss mängd kallt vatten tillförs inom systemet för att ge önskad temperatur vid kranen.

Energiåtgång för uppvärmning av tappvatten i flerfamiljshus står för 800 kWh/person och år om varmvatten används sparsamt i hushållet. Vid hög användning står det för 2 200 kWh/person och år. Dessa siffror kan variera kraftigt beroende på familjens storlek, vanor, kranar och duschmunstycken [36].

2.3 Beteendemässigt

Att göra människor mer medvetna om vad som drar mycket energi och dessutom få folk att ändra sitt beteende kan ha stor betydelse för energisparandet. Genom att släcka lamporna och stänga av elapparater när man går ut ur rummet eller lämnar lägenheten är ett bra första steg. Som företagare men också som privatperson är energisnåla lampor en bra investering**.** Dubois et al. [37] har undersökt energibesparingspotentialen för elektrisk belysning i kontor, denna visar att installation av rörelsesensorer skulle kunna ge en besparing på 20-35 %. Studien visar även att byte till energieffektiva lampor (från T12 lysrör till T5 lysrör) skulle ge en besparingspotential på 40 %. Förutom belysningen kan det vara värt att tänka på sin varmvattenanvändning. Diska under rinnande vatten och långa duschtider är inte att föredra. Att diska för hand kräver ca 30 liter upptappat vatten eller mellan 50 och 100 liter rinnande vatten per disk, vilket enligt Göteborg Energi innebär 1,3 kWh respektive 2-4 kWh i uppvärmt vatten [38]. Detta kan jämföras med en diskmaskin som använder ca 19 liter, vilket motsvarar 1,1 kWh om det värmts upp med hjälp av fjärrvärme eller 1,5 kWh om uppvärmningen är eldriven. En dusch drar ungefär 12 liter vatten per minut, vilket motsvarar 0,44 kWh beroende på hur varm vattnet är. Genom att öppna fönstren släpps mycket energi och värme ut, vädras det för att det är för varmt inne kan med fördel inomhustemperaturen sänkas med hjälp av reglage; en minskning av inomhustemperaturen en grad ger en energibesparing på 5 % [39].

2.4 Ekvationer

Nedan redogörs för de tecken som används i de aktuella ekvationerna.

Tabell 2: Teckenförklaring.

Tecken	Betydelse	Enhet
A	Area	m^2
U	Värmegenomgångskoefficien	W/m^2K
R	Värmemotstånd	m^2K/W
P	Effekt	W/m^2K
Q	Värmebehov	Wh
T	Temperatur	°C
ρ	Densitet	kg/m^3
q	Flöde	m^3/s
C_p	Specifik värmekapacitet	J/kgK
G_t	Gradtimmar	°h
d	Tjocklek	m
V	Volym	m^3
λ	Värmekonduktivitet	W/mK
I	Solinstrålning	W/m^2, dygn
DUT	Dimensionerande utetemperatur	°C
η	Verkningsgrad	%
T_f	Tidsfaktor	-
α	Fönsterfaktor	-
β	Molnfaktor	-

Transmission

$$P = \Sigma(U * A) * (T_i - DUT)\ [W] \quad (1)$$

$$Q = \Sigma(U * A) * G_t[Wh] \quad (2)$$

Tappvarmvatten

$$Q = \frac{V_{varmvatten,medel} * \rho * c * (T_{varm} - T_{kall})}{3{,}6}\ [\text{Wh}] \quad (3)$$

Ventilation vid VVX

$$Q = \rho * c * q * °h * (1 - \eta) * T_f\ [\text{Wh}] \quad (4)$$

Ventilationsfläktar

$$Q = P * drifttid\ [Wh] \quad (5)$$

Gratisenergi

Baserat på dataprogrammet ENORM [10]

Belysning och elapparater

$$Q = 4{,}5 * antal\ lägenheter + 0{,}045 * uppvärmd\ area\ [kWh/dygn] \quad (6)$$

Personer

$$Q = 1{,}5 * antal\ lägenheter + 0{,}015 * uppvärmd\ area\ [kWh/dygn] \quad (7)$$

Solinstrålning

$$Q = \alpha * \beta * I * dagar_{månad} * A\ [Wh] \quad (8)$$

Energibalans

$$Q_{trans} + Q_{vent} + Q_{vatten} + Q_{otätheter} = Q_{värmesystem} + Q_{intern} + Q_{solinstr} \quad (9)$$

3. Metod

En energikartläggning genomfördes i kvantitativ form med hjälp av en litteraturstudie och datainsamlingar. Även en kvalitativ undersökning utfördes genom ett frågeformulär till hyresgästerna.

För beräkningarna av förlusterna genom transmission - d.v.s. genom byggnadens skal - behövs areor för ytterväggar, fönster, ytterdörrar, tak samt golvet i källaren. För vardera av dessa behövs ett U-värde, vilket visar på hur mycket värme som transmitteras genom respektive del. Vidare behövs en inomhustemperatur och en dimensionerande utetemperatur (DUT) för att bestämma byggnadens effektbehov, samt gradtimmarna som gäller för Gävle för att beräkna dess energibehov.

Gradtimmarna och inomhustemperaturen behövs även för beräkning av förlusterna genom ventilationen, men även luftflöde, luftens densitet, luftens specifika värmekapacitet samt tilluftens temperatur.

För att beräkna värmeväxlarnas effektivitet, behövs temperaturer för tilluft, frånluft och uteluft för temperaturverkningsgraden. Tilluften skall vara före ett eventuellt installerat värmebatteri, även kallat återluft. Detta är bäst att genomföra under vintern, då temperaturskillnaden mellan ute och inne är som störst. Då det alltid var plusgrader utomhus inom tidsperioden för denna analys, ansågs en sådan mätning inte kunna ge ett korrekt värde.

För att beräkna energiåtgången för varmvattenberedning behövs byggnadens totala vattenförbrukning, vattnets densitet och specifika värmekapacitet samt temperaturskillnaden mellan kallvattnet och det uppvärmda vattnet.
Vid beräkningar av det interna värmetillskottet behövs den totala elanvändningen på ett år samt ytorna på lokalerna och lägenheterna. För Solinstrålningen behövs fönsterytor, väderstreck, data för hur stor solinstrålningen är beroende på väderstreck och fönstervinkel och moln- och fönsterfaktor.

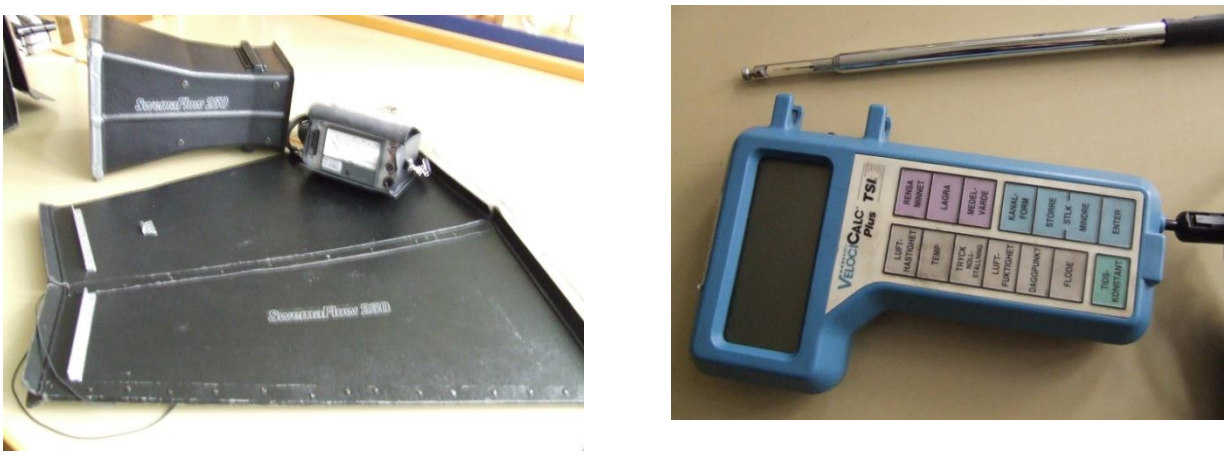
3.1 Utförande

Transmissionsförlusterna genom byggnadens energiskal bedömdes utifrån ritningar som erhölls av Gävle kommun, samt k-ritningar för annexbyggnaden (se bilaga 1 och 2). K-ritningarna visade hur väggar och tak var konstruerade och med hjälp av detta togs värmekonduktiviteten fram för de olika ingående materialen, vilket i sin tur användes för beräkning av väggarnas och takens U-värden. Dessa jämfördes med de antagna, generella U-värden som byggde på de fakta att byggnaden hade 3-glasfönster och att fasaden byttes 1992 med nybyggnadsreglerna BFS 1988:18 som riktlinje för värmeisoleringen (se Bilaga 3, 4, och 5). Då inga skalor stämde på ritningarna - eftersom dessa erhölls digitalt - gjordes ett fåtal egna mätningar av väggar och fönster för att ge en utgångspunkt. Dessa stämde inte perfekt med ritningarna men bedömningen var att de var tillräckligt nära varandra för att kunna användas. Genom detta kunde sedan areor beräknas. Golvareor för lägenheter och lokaler erhölls även från Svedinger Fastigheter AB.

Gradtimmar, normaltemperatur och DUT används från mätningar mellan år 1931 och 1960 (Bilaga 7, 8 och 9). För beräkningar av mängden gratisenergi som byggnaden erhåller genom värme från elapparater och belysning antogs att 70 % av den totala

elanvändningen tillgodoräknas som tillförd värme [26]. Detta jämfördes med resultatet från Ekvation 6. Värmetillskottet från personer beräknades genom Ekvation 7. Vid beräkningar av solinstrålning användes Ekvation 8 (se kap 2.5). I detta fall används endast solinstrålningen under perioden 15 september - 15 maj för beräkningarna, eftersom byggnadens värmesystem då är påslaget. Fönsterfaktorn bestämdes utifrån antagna värden beroende på fönstertyp, liksom molnfaktorn och strålningen (se Bilaga 6, 10 och 11).

Ventilationsflöden mättes med SwemaFlow 233, SwemaFlow 230, AccuBalance samt VelociCalc Plus (se Figur 5). För beräkningen av energianvändningen till varmvattenberedning i byggnaden, hämtades uppgifter om den totala vattenanvändningen från Gästrike Vatten AB. Antagandet var att en tredjedel av detta hettades upp till 55 ˚C. OVK-protokoll (obligatorisk ventilationskontroll) erhölls från Gävle kommuns samhällsbyggnadskontor, vilka visade att de åtta lägenheter där ventilationen mätts hade likadana ventilationssystem med lika kraftfulla fläktar. Vidare står att dessa fläktar drivs 25 % på helfart och 75 % på halvfart, vilket i denna undersökning antas betyda att de drivs på full effekt 25 % av året och halv effekt 75 % av året.



Figur 5: Instrumenten som användes för att mäta luftflöde och lufthastighet: SwemaFlow 230 och VelociCalc Plus.

För att kunna svara på fråga 3, delades ett frågeformulär (se Bilaga 12) ut till hyresgästerna och samlades in igen efter två veckor. Frågorna rörde lägenheternas ventilation, hyresgästernas vanor vid vädring och elanvändning samt deras uppfattning om tvättstugans torkrum. Svaren analyserades sedan för att finna eventuella problem i byggnaden och i så fall vart de uppstår.

3.2 Case study

För att få en bättre uppfattning om hur bra byggnaden fungerade, gjordes en noggrannare undersökning av en lägenhet. Denna bestod av 2 rum och kök och låg på 6:e våningen i annexet. Eftersom denna våning var belägen både i anknytning till två av byggnadens ytterhörn och dessutom direkt under yttertaket, ansågs denna vara väl lämpad för undersökning av eventuella köldbryggor och luftläckage med hjälp av IR-kamera.

Vidare bestod lägenhetens ventilation av två tilluftsdon placerade i vardagsrummet respektive sovrummet, samt två frånluftsdon placerade i badrummet respektive klädkammaren. Köksfläkten hade en inbyggd värmeväxlare med värmebatteri. Bilder på köldbryggor och luftläckage tas med IR-kamera.

Gratisenergin i lägenheten antogs vara 1200 kWh/person och år. Värmetillskott från el och belysning bestämdes enligt ekvation 6 och solinstrålningen beräknades med hjälp av ekvation 8 och bilaga 6, 10 och 11.

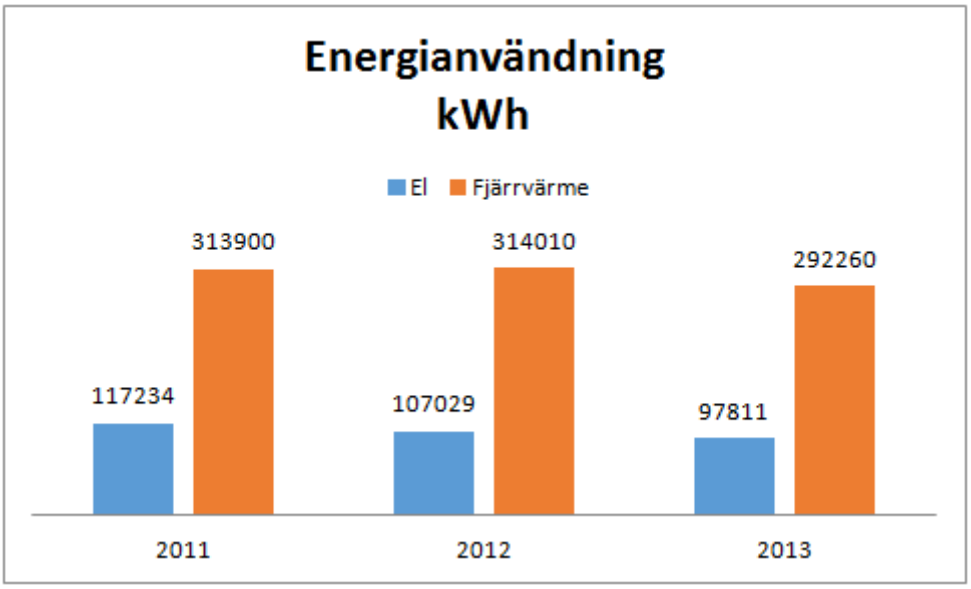
3.3 Datainsamling

Beräkningarna för detta projekt baserades på ett antal insamlade värden, både uppmätta och antagna. I Tabell 3 nedan visas data som gäller för alla förhållanden.

Tabell 3: Data för Gävle och byggnaden.

G_t	121300 °h
Normaltemperatur	5 °C
DUT	-18 °C
T_{inne}	21 °C

Figur 6 nedan visar den totala energianvändningen för byggnaden år 2011-2013 erhållna från Gävle Energi. Denna är uppdelad i el och fjärrvärmeanvändning



Figur 6: Visar energianvändningen i kWh för kv Sälen år 2011 - 2013 [Gävle Energi].

De antagna U-värdena för byggnadens olika delar anges i Tabell 4.

Tabell 4: Antagna U-värden för varje byggnadsdel.

Byggnadsdel	U-värden [W/m^{2}K]
Vindsbjälklag	0,17
Yttertak	0,17
Väggar	0,25
Källare	0,6
Ytterdörrar (utan fönster)	1
Garageport	1,5
3-glasfönster	1,9
2-glasfönster	3
1-glasfönster	5,4

Solinstrålning mot vertikala ytor beroende på väderstreck visas i Tabell 5, samt molnfacktorn för de olika månaderna och den dygnssolinstrålning som uppmätts den 15:e i varje månad (se Bilaga 11).

Tabell 5: Solinstrålning beroende på väderstreck och månad [Wh/m^2/dygn].

Väderstreck	Jan	Feb	Mars	Apr	Maj	Sep	Okt	Nov	Dec
Nordväst 150°	130	370	900	1990	3050	1230	530	200	80
Nordost - 120°	160	640	1720	3320	4460	2200	1010	270	90
Sydväst 60°	1440	2900	4520	5850	6150	4820	3570	1920	1060
Sydost -30°	2360	4280	5740	6370	5980	5760	4960	3640	1770
Molnfaktor (β)	0,45	0,49	0,58	0,58	0,63	0,58	0,51	0,42	0,43
Dygn	31	28	31	30	15	15	31	30	31

4. Resultat

4.1 Byggnaden

K-ritningarna som erhölls från Gävle kommun innehöll information om hur väggarna på annexbyggnaden var uppbyggda. Genom dessa räknades U-värdena fram med vissa antagna värmeledningsfaktorer på material som var svåra att hitta något bra värde på. I Tabell 6 framgår resultaten av beräkningarna av U-värdena på annexbyggnaden.

Tabell 6: Annexets beräknade U-värden utifrån erhållna k-ritningar från Gävle kommun.

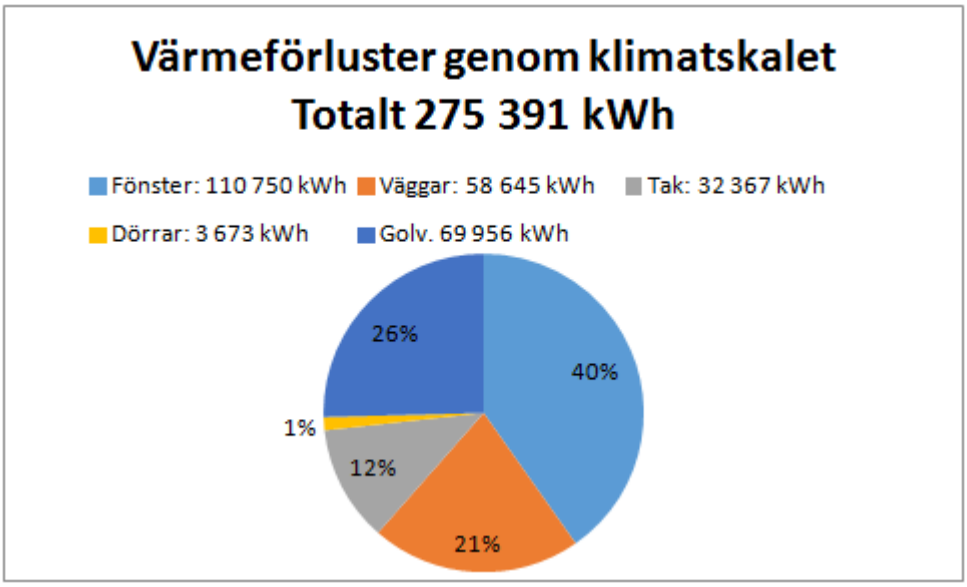
Byggnadsdel Annexbyggnaden	**Framräknade U-värden** [W/m^{2}K]
Tak	0,12
Vägg om köpmangatan (plan 5 och 6)	0,18
Vägg mot köpmangatan	0,37
Vägg mot innergård (plan 6)	0,18
Vägg mot innergård (plan 5)	0,23
Vägg mot innergård	0,46

U_{medel} väggar = 0,284 W/m^{2}K.
U_{medel} inklusive tak = 0,257 W/m^{2}K.

4.1.1 Transmission

Förlusterna genom byggnadens klimatskal beräknades. För att få fram areor användes ritningar (se Bilaga 1) erhållna från Gävle Kommun. Då de beräknade U-värdena enligt Tabell 6 endast gäller för annexbyggnaden användes de antagna U-värden enligt Tabell 4 för hela byggnaden. Antal gradtimmar på ett år bestämdes enligt Bilaga 7.

För övriga beräkningar användes Ekvation 1 och 2 (se Bilaga 13).
Transmissionsförlusterna för varje byggnadsdel samt de totala transmissionsförlusterna redovisas i Figur 7.



Figur 7: Byggnadens transmissionsförluster genom de olika byggnadsdelarna.

4.1.2 Tappvarmvatten

Den totala tappvarmvattenförbrukningen för hela byggnaden hämtades från Gästrike Vatten AB. Nedan i Tabell 7 ses byggnadens årliga vattenförbrukning för de senaste fyra åren. En tredjedel av vattenförbrukningen antas vara varmvatten.

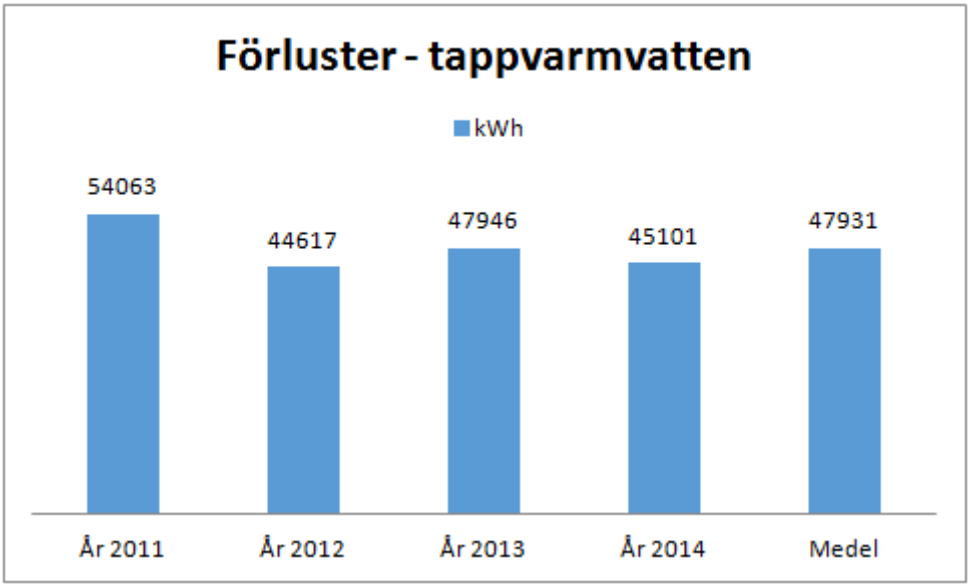
Tabell 7: Vattenförbrukning per år för Kvarteret Sälen.

År	Vattenförbrukning [m^3]	Varmvattenförbrukning [m^3]
2011	2793	931
2012	2305	768
2013	2477	826
2014	2330	777

Sedan beräknades energiåtgången för tappvarmvattnet med hjälp av Ekvation 3. Figur 8 visar denna energiåtgång från år 2011 till 2014, den visar även ett framräknat medelvärde för dessa fyra år. Temperaturskillnaden antas vara 50 ˚C.

Beräkningarna gick till enligt följande:

$$Q = \frac{\frac{931{,}0 + 768{,}33 + 825{,}67 + 776{,}67}{4} * 1000 * 4{,}181 * 50}{3{,}6 * 1000} = 47\,931\ kWh$$



Figur 8: Energibehov för uppvärmning av byggnadens tappvarmvatten från år 2011 - 2014.

4.1.3 Ventilation

Energin som går åt till ventilationen beräknades med Ekvation 4 och 5. Det totala flödet från fläkten som förser lokalerna med luft beräknades med hjälp av den uppmätta hastigheten i kanalen, denna hastighet mättes upp med en VelociCalc Plus. Drifttiden på fläkten togs från Gävle Energis framtagna drifttid på samma fläkt vid en undersökning om möjligheterna till installation av fjärrkyla. I den lägenhet som stod tom (se kap 3.2) mättes ventilationsflödena upp och dessa antogs vara likadan i alla 16 lägenheter, vilket stärktes av uppgifter från ovan nämnda undersökning.

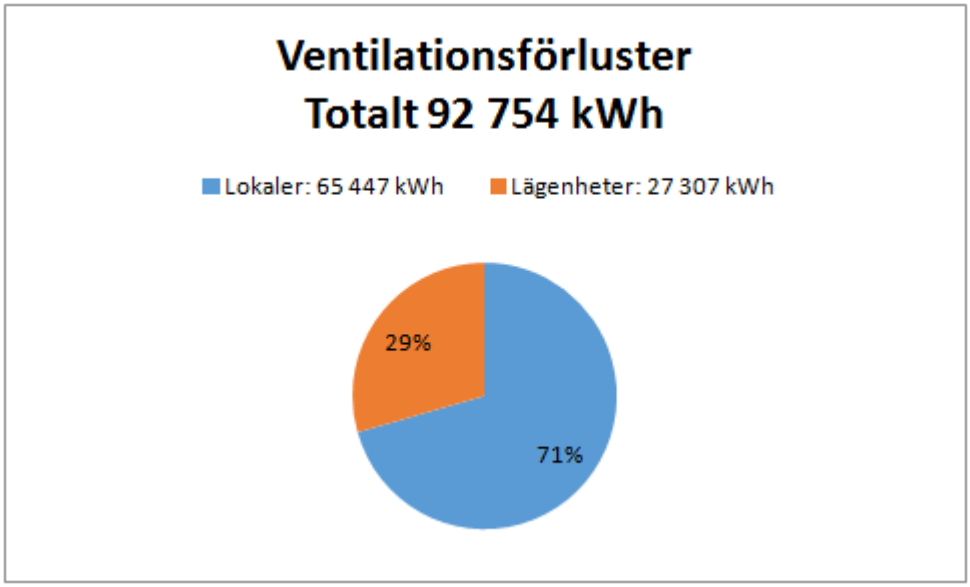
Ventilation till lokaler:	q = 2630 l/s
Area lokaler:	1783 m^2
Flöde:	1,475 l/s per m^2

Beräkningarna för ventilationsförlusterna gick till enligt nedanstående beräkningar. Antagen verkningsgrad för den roterande värmeväxlaren i lokalernas gemensamma ventilationssystem var 70 % och 50 % för lägenheternas plattvärmeväxlare.

$$Q = 1{,}2 * 1 * 2{,}63 * 121300 * (1 - 0{,}7) * \frac{4992}{8760} = 65447 \text{ kWh (Lokaler)}$$

$$Q = 1{,}2 * 1 * 0{,}02345 * 121300 * (1 - 0{,}5) * \frac{8760}{8760} * 16 = 27307 \text{ kWh (Lägenheter)}$$

I Figur 9 nedan redovisas ventilationsförlusterna för hela byggnaden samt den procentuella fördelningen mellan lokaler och lägenheter.



Figur 9: Ventilationsförluster i hela byggnaden.

4.1.3.1 Lokaler

Drifttider för fläkten som går till lokalen:

mån-fre:	kl.6:00–22:00
lör-sön:	kl.8:00–16:00
Totalt:	4 992 h/år (Enligt Gävle Energi)

Fläktarnas effekt:

Tilluft:	4 kW
Frånluft:	4 kW

Energiåtgång

Beräkningarna nedan visar elanvändningen för till- och frånluftsfläkten som driver lokalernas ventilationssystem, beräknade med Ekvation 5. De har en effekt på 4 kW vardera och drifttid enligt ovan.

Tilluft: Vardagar: $Q = 4 * (22 - 6) = 64\ kWh/dygn$

$Q = 64 * \left(365 * \frac{5}{7}\right) = 16\,685{,}713\ kWh/år$

Helger: $Q = 4 * (16 - 8) = 32\ kWh/dygn$

$Q = 32 * \left(365 * \frac{2}{7}\right) = 3\,337{,}1428\ kWh/år$

Frånluft: Samma som ovan.

Totalt: $40\,045{,}71\ kWh/år = 40\ MWh/år$

4.1.3.2 Lägenheter

Köksfläkt: Typ: Ventex 200 k

Motoreffekt: 2 x 120 W (fläktar)

Värmeeffekt: 500 W (värmebatteri)

Drifttid: 25 % full effekt och 75 % halv effekt

Energiåtgång

Beräkningarna nedan visar elanvändningen för till- och frånluftsfläktarna som driver de 16 lägenheternas ventilationssystem, beräknade med Ekvation 5. De har en effekt på 120 kW vardera och är i drift året runt enligt ovan. Totalen tar hänsyn till den varierande effekten på fläktarna under drifttiden.

Tilluft: $120 * (24 * 365) = 1\,051\,200\,Wh/år$

Frånluft: Samma som ovan.

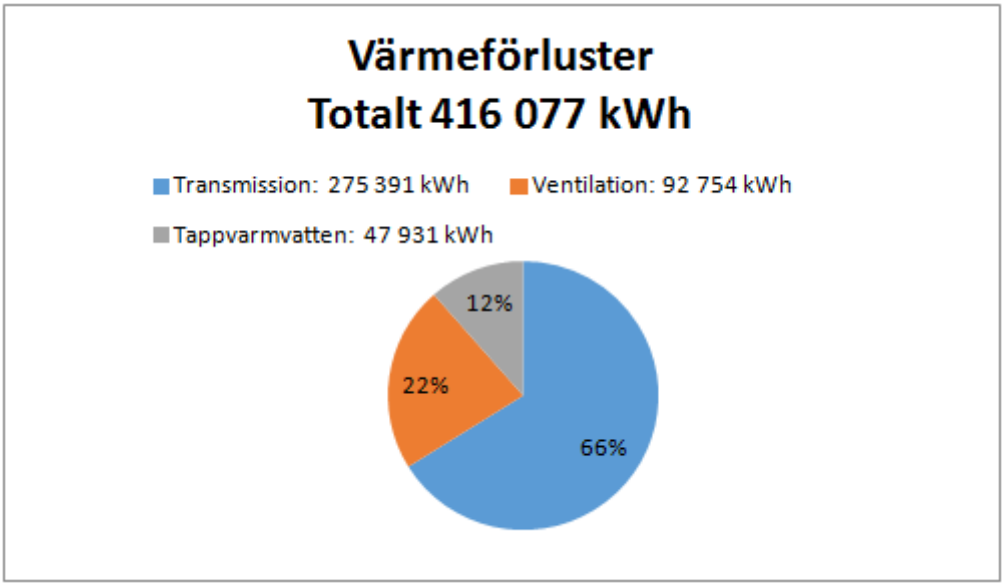
Alla lägenheter: $Q = 16 * 2 * 1\,051{,}2 = 33\,638{,}4\,kWh/år$

Totalt:

$$Q = 0{,}25 * 33\,638{,}4 + 0{,}75 * 2 * \frac{120}{2} * (24 * 365) * 10^{-3} = 9\,198\,kWh/år$$

Totala värmeförluster

Byggnadens totala värmeförluster enligt beräkningarna uppgick till ca 416 MWh per år. I Figur 10 visas hur detta är fördelat över transmissionen genom energiskalet, ventilationsförluster och uppvärmning av tappvarmvatten.



Figur 10: Totala förluster för hela byggnaden.

4.1.4 Gratisenergi

Från Svedinger fastigheter AB erhölls ett dokument där ytorna för varje lägenhet framgick. Den totala lägenhetsytan för huvud- och annexbyggnaden redovisas nedan.

Annexet: 8 lägenheter
Totalt: 530 m^2
Huvudbyggnaden: 8 lägenheter
Totalt: 615 m^2

Belysning och elapparater
I en byggnad tillkommer det också energi från belysning, elapparater och personer. För belysning och elapparater antas 70 % av den totala elanvändningen blir till värmetillskott till byggnaden. Tabell 8 visar byggnadens totala elanvändning och gratisenergin som motsvarar 70 % av denna.

Tabell 8: Byggnadens totala elanvändning och beräknad gratisenergi från denna från belysning och elapparater.

År	Elanvändning [kWh]	Gratisenergi [kWh]
2010	118488	82941,6
2011	117234	82063,8
2012	107029	74920,3
2013	97811	68467,7

Ett medelvärde av detta blir 77 098 kWh/år för lokalerna.

Ekvation 6 ger ett tillskott av gratisenergi från samtliga lägenheter på sammanlagt drygt 45 086 kWh/år, alltså drygt 58 % av medelvärdet från Tabell 8. Lägenheternas sammanlagda area utgör 39 % av byggnadens totala area.

Det totala energitillskottet från elapparater och belysningen blir:

77 098 + 45 086 = 122 184 kWh/år.

Personer
Byggnadens 16 lägenheter är fördelade på:
2 st 1:or
7 st 2:or
5 st 3:or
2 st 4:or

Den totala arean är 1145 m^2. Enligt Ekvation 7 blir den dagliga gratisenergin från de boende 41,17 kWh, vilket motsvarar 15 029 kWh/år.

Solinstrålning
En stor mängd gratis energi kommer från solinstrålningen. Denna har att göra med hur mycket fönster det är på byggnaden och åt vilket väderstreck dessa är riktade. För att ta fram värmetillskottet från solinstrålningen under byggnadens uppvärmningsperiod – det vill säga 15:e september till 15:e maj – används Ekvation 9. Tabell 9 nedan visar den solinstrålning i kWh som träffar byggnaden under uppvärmningsperiodens månader. Beräkningarna redogörs i Bilaga 15.

Tabell 9: Solinstrålningen (I) under uppvärmningsperioden fördelat på månader och väderstreck.

Månad	Nordväst [kWh]	Nordost [kWh]	Sydväst [kWh]	Sydost [kWh]	Solinstrålning/månad [kWh]
Jan	229	32	2028	1896	4186
Feb	641	126	4018	3382	8168
Mars	2043	445	8207	5945	16640
April	4372	832	10279	6384	21867
Maj	3639	607	5869	3255	13370
Sep	1351	276	4234	2886	8748
Okt	1058	230	5699	4517	12687
Nov	318	49	2443	2642	5452
Dec	135	17	1427	1359	2938

I Tabell 9 syns det tydligt att solstrålningen ger mest energi under april. Solinstrålningen i maj månad mäts bara fram till den 15:e, samtidigt som hela juni-augusti ligger utanför uppvärmningsperioden. Den totala solinstrålningen under uppvärmningsperioden för byggnaden redogörs i Tabell 10.

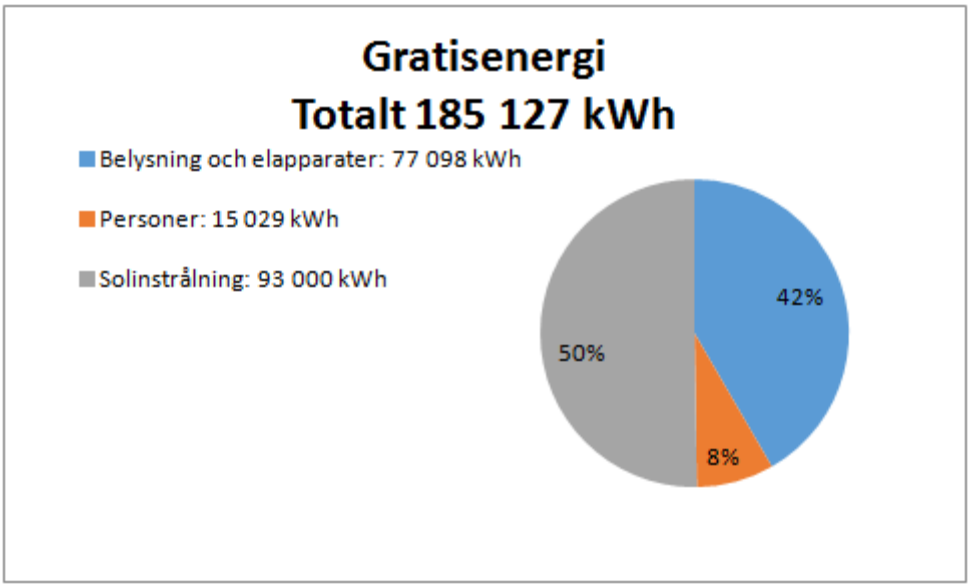
Tabell 10: Den totala solinstrålningen under perioden 15:e september-15:e maj genom byggnadens olika fönster och lägen.

Väderstreck	Area: 3-glas [m^2]	Area: 2-glas [m^2]	Area: 1-glas [m^2]	Solinstrålning per år [MWh]
Nordväst 150°	128	10	29	14
Nordost - 120°	20	0	0	3
Sydväst 60°	124	0	13	44
Sydost -30°	80	0	0	32
Totalt				**93**

Den totala solinstrålningen räknades fram till 93 MWh under uppvärmningsperioden. I beräkningen togs ingen hänsyn till skuggningen från andra byggnader. Denna bör inte ha någon större betydelse under sommarhalvåret då solen står högt på himlen, men under vinterhalvåret kan det ha stor inverkan, eftersom grannbyggnaderna är ungefär lika höga som denna. Även solavskärmning i form av persienner mellan fönsterrutorna minskar solinstrålningen, vilket inte har tagits med i resultatet.

Total gratisenergi

För att göra en energibalans måste hänsyn även tas till gratisenergin som tillförs byggnaden under ett år från elapparater, personer och solinstrålning. Figur 11 visar hur stort detta tillskott är i byggnaden enligt beräkningar och hur stor procent respektive tillskott står för.



Figur 11: Byggnadens totala gratisenergi under ett år via belysning, elapparater, personer och solinstrålning.

Solinstrålningen står för hälften av all tillförd energi medan tillskottet från personer står för minsta andelen gratis energi (8 %).

4.1.5 Energibalans

En energibalans jämför den inkommande energin med den använda energin. I detta fall jämförs värmeenergin från fjärrvärmenätet (medelvärde av år 2011-2013, se Figur 6) mot de beräknade värmeförlusterna. Resultatet blir något missvisande eftersom vissa värmebatterier i ventilationssystemen är eldrivna, varför energiförlusterna genom ventilation inte enbart representerar fjärrvärmebehovet.

Energibalansen för byggnaden blir följande:

$$Q_{trans} + Q_{vent} + Q_{vatten} + Q_{otätheter} = Q_{värmesystem} + Q_{intern} + Q_{solinstr}$$

$$275\,391 + 92\,754 + 47\,931 + \ Q_{otätheter} = 306\,723 + 185\,127\ [kWh]$$

Detta ger ett uppskattat värde av värmeförlust genom otätheter:

$$306\,723 + 185\,127 - 275\,391 - 92\,754 - 47\,931 = 75\,774\ [kWh]$$

vilket är 15,4 % av de totala värmeförlusterna.

Byggnadens energianvändning uppgår till 96,8 kWh/m^2 och år baserat på uppgifter från Gävle Energi.

En jämförelse mellan det framräknade värmebehovet och den verkliga fjärrvärmeanvändningen enligt Gävle Energi visas nedan i Tabell 11. Gratisenergin har subtraherats från de beräknade värmeförlusterna, vilka varierar eftersom varmvattenanvändningen varierar med åren (se Figur 8).

$$Q = Varmvattenförluster + ventilationsförluster + transmissionsförluster - gratisenergi\ [MWh]$$

Beräkningsexempel 2011: 54,063 + 92,754 + 275,391 – 185,127 = 237,1 MWh

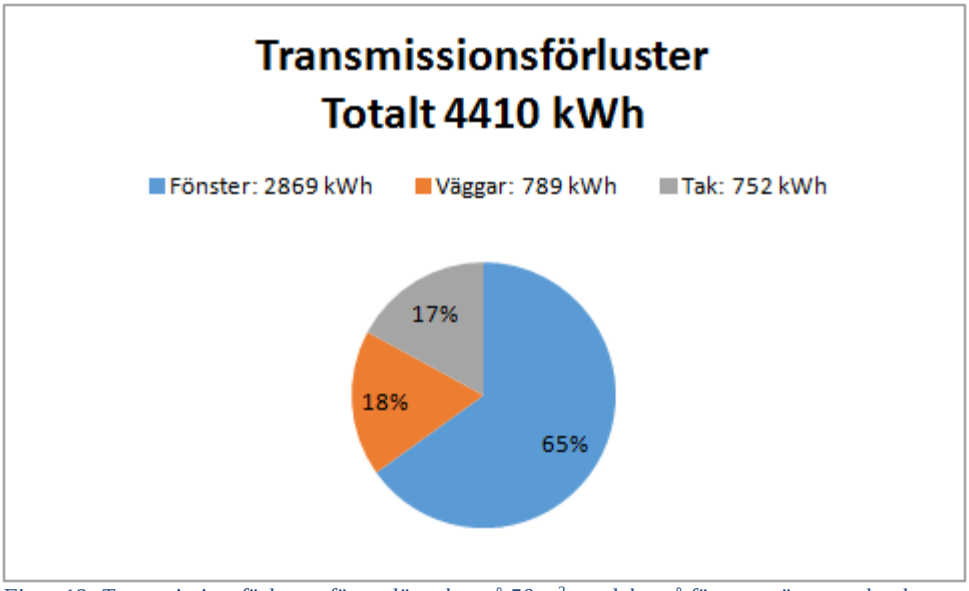
Tabell 11: Jämförelse av byggnadens beräknade totala värmebehov mot den faktiska fjärrvärmeanvändningen under tre år.

	Beräknat med solinstr. [MWh]	Beräknat utan solinstr. [MWh]	Verkligt [MWh]
2011	237,1	330,1	313,9
2012	227,6	320,6	314
2013	231	324	292,3

4.2 Case study

Transmission

Det gjordes en noggrannare undersökning av en hörnlägenhet i annexbyggnaden som befann sig på högsta våningen. Där gjordes liknande beräkningar som för hela byggnaden. Transmissionsförluster, ventilationsförluster, tappvarmvattenförluster och gratisenergi beräknades och analyserade. I nedanstående Figur 12 framgår de beräknade transmissionsförlusterna uppdelat på fönster, väggar och tak.



Figur 12: Transmissionsförluster för en lägenhet på 50 m^2 uppdelat på fönster, väggar och tak.

Ventilation

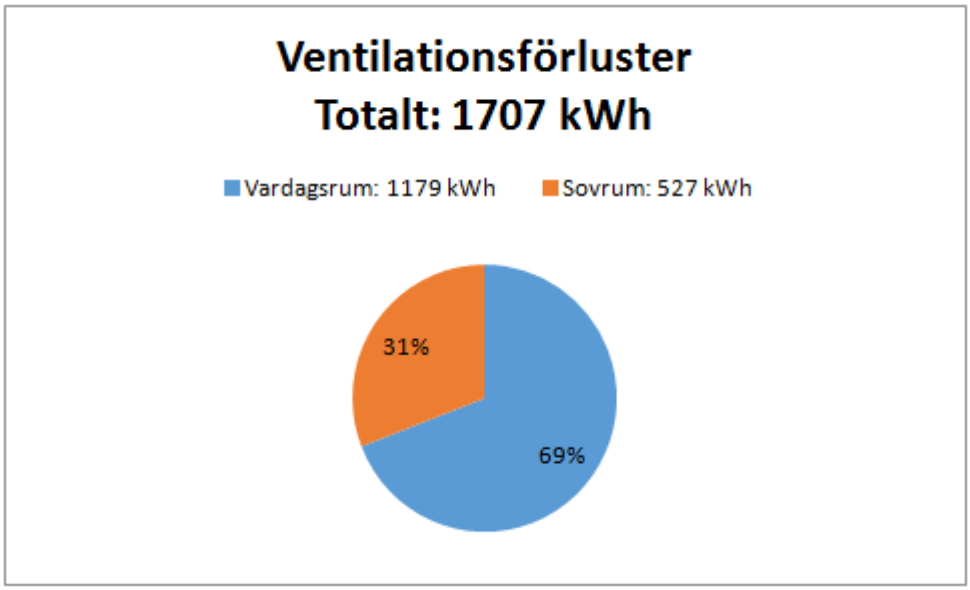
Lägenheten har omblandande ventilation (se kap 2.2.1). För att få fram ventilationsförlusterna behövs luftens densitet, luftens specifika värmekapacitet, luftflödet, inomhustemperaturen, tilluftstemperaturen och drifttiden på fläkten. Luftflödena mättes upp med SwemaFlow 230 och 233, medan lufthastigheten i köksfläkten mättes upp med VelociCalc Plus för att kunna beräkna flödet. Ventilationsförlusterna beräknades med hjälp av ekvation 4 och 5 med en drifttid på 8760 h, vilket betyder att fläkten går hela tiden. Tabell 12 nedan visar de uppmätta och framräknade flödena och Figur 13 visar ventilationsförlusterna.

Tabell 12: Uppmätta och framräknade flöden i lägenheten.

Rum		Flöde
Vardagsrum	(tilluft)	16,2 l/s
Sovrum	(tilluft)	7,25 l/s
Badrum	(frånluft)	16,5 l/s
Kök	(frånluft)	11,7 l/s

Area: Tilluftsdon: 31x12,5x7 cm
Frånluftsdon: 10 cm diameter
Köksfläkt: 23,5 cm diameter
Golvarea:

köksfläkt: v = 0,27 m/s → q = 11,7 l/s



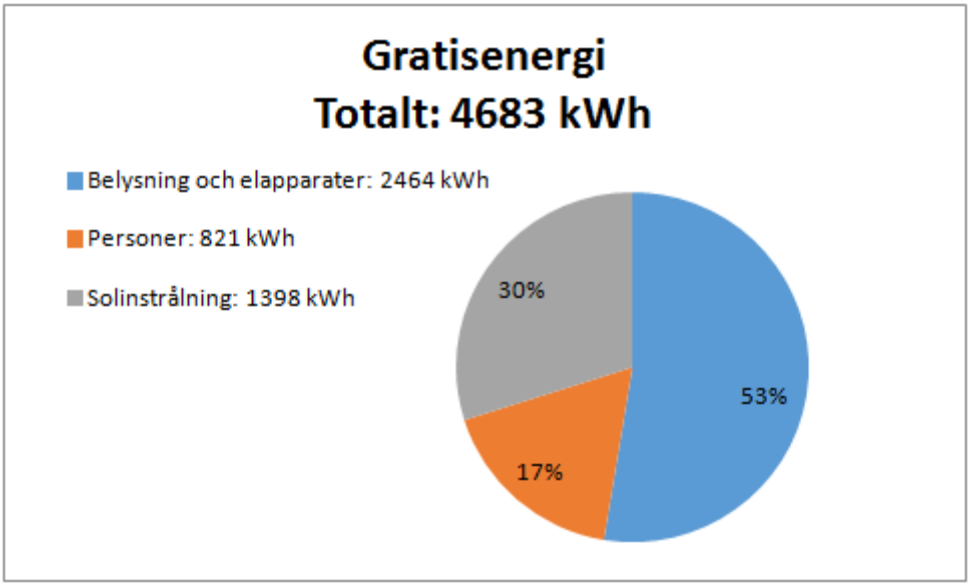
Figur 13: De totala ventilationsförlusterna i lägenheten fördelat på vardagsrum och sovrum.

Ventilation: q = 23,45 l/s
Lägenhetsarea: 50 m^2
Flöde: 0,47 l/s per m^2

Lägenhetsarea: 128 m^2
Flöde: 0,18 l/s per m^2

Tappvarmvatten
Tappvarmvattenförlusterna i lägenheten antogs vara 1200 kWh/år och person och eftersom lägenheten som undersöktes var av 2 rum och kök så antogs det att två personer visats i denna lägenhet. Detta gav en energiförlust på 2 400 kWh/år för tappvarmvattnet.

Gratisenergi
Den mängd energi som tillkommer gratis till lägenheten via personer, elapparater och belysningen beräknades genom Ekvation 6 och 7 och solinstrålningen beräknades på samma sätt som för hela byggnaden. Figur 14 visar gratisenergin uppdelat på belysning och elapparater, personer och solinstrålning.



Figur 14: Den totala energin som tillkommer gratis via belysning, elapparater, personer och solinstrålning.

Nedan i Tabell 13 visas resultatet från beräkningar av energi som tillkommer från solinstrålningen enligt Ekvation 8. Det totala energitillskottet beräknades till 1398 kWh/år. Beräkningar redovisas i Bilaga 15.

Tabell 13: Solinstrålningen under uppvärmningsperioden uppdelat i månader och väderstreck.

Månad	Nordväst [kWh]	Nordost [kWh]	Sydväst [kWh]	Solinstrålning per månad [kWh]
Jan	4	1	47	52
Feb	12	4	93	108
Mars	38	14	189	241
Apr	81	27	237	344
Maj	67	19	135	222
Sep	25	45	98	167
Okt	19	7	131	158
Nov	6	8	56	70
Dec	2	1	33	36
Totalt [kWh/år]				**1398**

Areor för fönstren till lägenheten:

$A_{Nordost} = 0{,}64\ m^2$

$A_{Nordväst} = 3{,}23 m^2$

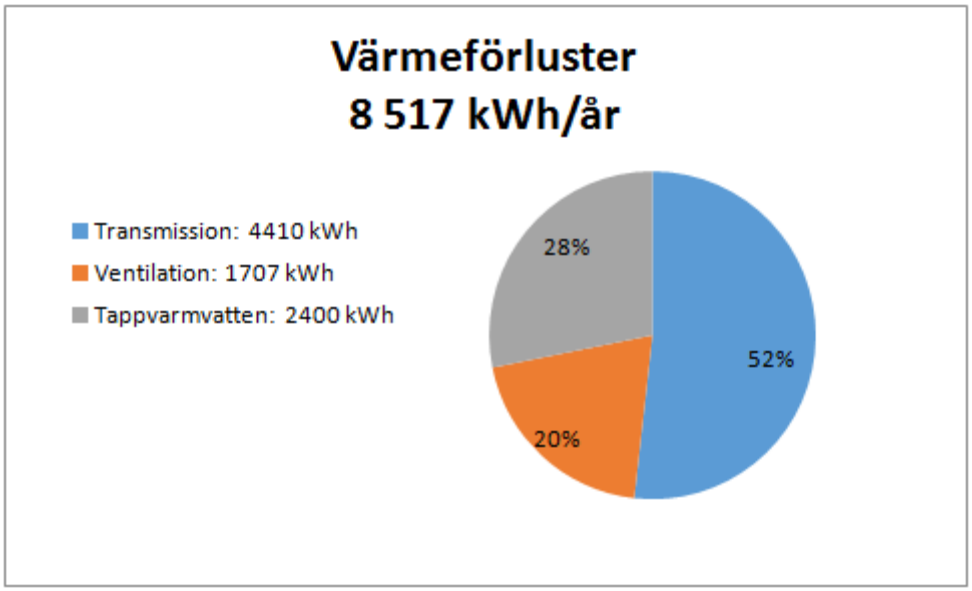
$A_{Sydväst} = 3{,}23\ m^2$

Läckage och köldbryggor

Bilder togs i kök, sovrum och vardagsrum (se Bilaga 14) den 14/4 -2015 klockan 10:00. Utomhustemperaturen var 4 ˚C och inomhustemperaturen 21 ˚C.

Totalt

För hela lägenheten lades alla förluster ihop och Figur 15 nedan visar hur stor del av förlusterna transmissionen, ventilationen respektive tappvarmvattnet står för procentuellt.



Figur 15: Värmeförluster för hela lägenheten.

De totala värmeförlusterna uppgår till 8 517 kWh/år, vilket motsvarar 2 % av byggnadens totala värmeförluster.

4.3 Beteende

Av de 15 blanketter som delades ut var det 10 hushåll som svarade, varav 6 stycken hade balkong och 2 var belägna i något av byggnadens hörn. Sju av dessa tyckte att det var lagom temperatur i lägenheten, medan de övriga hade blandade åsikter: en upplevde det för kallt, en annan för varmt och den tredje att det varierade med årstiden mellan Lagom och För varmt samt Svalt under övergångsperioderna. På frågan om hur ventilationen upplevs svarade alla utom en att det var lagom, medan den tionde ansåg att det var kvavt. Under vintern upplevde fyra hushåll – varav två hade balkong – att det blev extra kallt vid fönstren och/eller balkongen. Det fanns inget specifikt mönster för dessa svar, då de som bodde på samma våning svarade olika. De två med hörnlägenhet svarade att temperaturen var lagom/varierade med årstiden.

Bara ett hushåll uppger att de aldrig vädrar sin lägenhet; två säger att de vädrar ibland, mellan 1/2 och 1 timme. Sex av tio vädrar lika många timmar men Ofta, medan det sjunde uppger att de vädrar Ofta mellan 4 och 5 timmar. Många har lagt till att det beror på vädret. Ett av hushållen nämner att fönstret i sovrummet alltid står öppet. En anmärkte på att fläkten i köket dundrar så mycket att det upplevs som ett problem. Generellt är de boende nöjda med ventilationen och temperaturen i deras lägenheter.

På frågan om huruvida lägenheternas belysning bestod av några lågenergilampor svarade fyra att nästan alla lampor var av det slaget, fem svarade ett Fåtal och ett svarade Nej. Sex hushåll uppgav att de alltid är noggranna med att släcka lyset, två svarade Oftast och två Ibland, varav ett uppgav att de är noggranna när de reser bort men lite slarviga i övrigt. Ytterligare ett hushåll kommenterade att datorn kunde lämnas på, men att denna då går ner i viloläge. Ett hushåll uppgav att deras apparater är

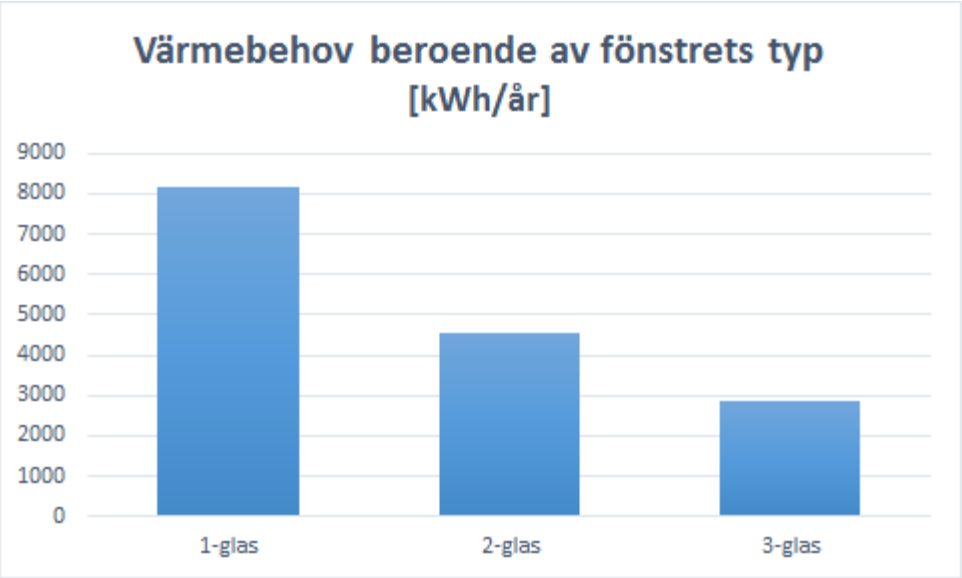
energisnåla, sju att de var av nyare modell och därför borde vara det, en svarade Nej och en Vet ej. Hur noggranna folk var med att slå av dessa apparater varierade, då tre svarade Alltid, en svarade alltid vid längre bortavaro men annars oftast, tre svarade Oftast, ett hushåll svarade Ibland, ett att de slog av Tv:n men att datorn alltid lämnades påslagen utom då de är bortresta och ett svarade Nej. Svaren kunde delas in i tre grupper:

> Grupp 1 bestod av tre hushåll som alltid var noggranna med att släcka både lampor och apparater, samt att de hade apparater av nyare modell och några eller nästan alla lampor var av typen lågenergi.
>
> Grupp 2 var lite blandat, då de alla tre hade ett fåtal lågenergilampor och energisnåla eller i alla fall moderna apparater, men de svarade att de endast Oftast släckte/slog av dessa, utom en som uppgav att de alltid slog av belysningen.
>
> Grupp 3 hade antingen sämre energiklass på sina lampor och apparater, eller var slarviga med att slå av dem. Dock var ingen av dessa fyra "dålig" i båda avseenden.

Vad gäller torkrummet i byggnadens tvättstuga var det sex hushåll som sade sig använda det ofta, tre svarade Ibland och ett svarade Nej. A de som svarat ja uppgav ett hushåll att de använder rummet 4-6 timmar per gång, fyra hushåll svarade 4 timmar, ett svarade 3 timmar och tre svarade 2 timmar. Sex hushåll ringade in alternativet Bra på frågan hur de anser att torkrummet fungerar, fyra ansåg att det duger men ett av dessa kommenterar att de inte tycker om det och säger sig föredra torkskåp då detta enligt tidigare erfarenheter har tagit kortare tid. En liknande kommentar kom från ett av de andra hushållen, som menade att rummet skulle dra nytta av en avfuktare. Ett av de hushåll som uppger att det fungerar bra var det som säger sig aldrig använda rummet. Utifrån svaren tycks de som anser att rummet Duger använda det längre (4-6 timmar) än de som anser att det fungerar Bra (2-4 timmar).

4.4 Åtgärder

Figur 16 nedan visar transmissionsförlusterna genom aktivitetshusets fönster som just nu består av 1-glasfönster med area på 12,48 m^2. Staplarna representerar värmeförlusterna beroende av fönstertyp.



Figur 16: Värmebehovet beroende av fönstertyp.

Genom att byta från 1-glasfönster till 2-glasfönster kan 44,4 % av förlusterna genom dessa fönster sparas, vid byte från 1-glasfönster till 3-glasfönster kan istället 64,8 % sparas.

Om fönstren i databutiken (24,56 m^2 1-glas och 15,3 m^2 2-glas) skulle bytas på motsvarande sätt skulle transmissionsförlusten genom dem minska från 21 655 kWh/år till 14 505 kWh/år respektive 9 187 kWh/år, vilket motsvarar en minskning på 33 % respektive 57 %.

5. Diskussion

Utifrån de beräkningar som gjorts i denna undersökning har byggnaden ett årligt värmebehov på 416 MWh. Detta varierar lite från år till år, bland annat beroende på skiftningar i utetemperatur och varmvattenanvändning. När hänsyn tas till gratisenergi från personer, elapparater och solinstrålning sjunker behovet med nästan 50 %. Att det beräknade värmebehovet är så pass mycket lägre än vad den faktiska fjärrvärmeanvändningen var under år 2011-13, kan bero på många olika saker. Möjliga felkällor är:

- Vid beräkningar av värmeförluster via transmission och ventilation användes gradtimmar för Gävle och Gävles normaltemperatur hämtade ur tabeller från 1931-1960. Dessa ändras med åren och med den stigande temperaturen vi har idag världen över är nu normaltemperaturen för Gävle lite högre än 5 °C, vilket bör leda till ett lägre antal gradtimmar och följaktligen ett lägre värmebehov.

- Eftersom det bara fanns k-ritningar för annexbyggnaden valde vi att använde våra antagna värden enligt Tabell 5, då dessa bedömdes stämma tillräckligt bra överens med de framräknade. Väggarnas medelvärde hamnade på 0,28 W/m^2K istället för det antagna 0,25W/m^2K. Dessa U-värden uppfyller Boverkets regler om att det genomsnittliga U-värdet för de omslutande byggnadsdelarna inte får överskrida 0,4 W/m^2K i bostäder och 0,6 W/m^2K i lokaler. De totala värmeförlusterna skulle bli något större om det beräknade U-värdet istället hade använts. Även U-värdet för huvudbyggnadens tak (inner plus ytter) byggde på antagna värden för innertaket respektive yttertaket.

- Gratisenergin från solinstrålningen är säkerligen klart mindre än det värde som använts här, eftersom skuggningen inte har tagits med i beräkningen. Då solen står lågt under större delen av uppvärmningsperioden, är det mycket troligt att mer än hälften av den värmen inte kan tillgodogöras byggnaden. Dessutom har de flesta fönstren egna solavskärmare i form av persienner mellan fönsterglasen, vilka blockerar mycket av värmestrålningen. Gratisenergin från personer beräknades bara utifrån Ekvation 8, vilken ger ett schablonvärde som endast tar hänsyn till förhållandena i lägenheterna. Värmetillskott från personerna i lokalerna har alltså inte räknats med här. Dessutom har gratisenergin från personer och apparater beräknats för hela året, vilket är lite missvisande eftersom uppvärmningsperioden bara är 8 månader. Totalt sett är gratisenergin alltså mindre än vad som här redovisats.

- Värmeförluster genom otätheter i byggnaden – så kallad ofrivillig ventilation – har inte tagits med i beräkningen. Säkerligen försvinner en del värme på detta sätt. De 15,4 % som räknats fram här tar inte hänsyn till att en del av värmeförlusten genom ventilation ersätts med el via värmebatterier istället för fjärrvärme. Om denna del räknas bort kommer värdet på den ofrivilliga ventilationen att öka. Med tanke på hur pass välisolerad byggnaden är och hur energieffektivt ventilationssystem den har, är det inte troligt att otätheter motsvarar uppåt 20 % av värmeförlusterna.

Ett simuleringsprogram som exempelvis IDA ICE hade kunnat vara till nytta här, inte minst för att ge ett korrektare värde av närliggande byggnaders skuggpåverkan. Eftersom annexets väggar hade väldigt varierande isolering användes istället ett

medelvärde, vilket inte ger ett lika noggrant resultat. K-ritningar eller övriga uppgifter om huvudbyggnadens isolering saknades helt, vilket gör transmissionsförlusterna där ännu mer uppskattade än för annexet. Det fanns heller inga färska OVK-protokoll att få tag på: protokollen för lägenheterna är från 2007 och för lokalerna från 2009. Då dessa kontroller ska genomföras vart 3:e år för flerbostadshus bör fastighetsägaren snart göra en ny. Med detta som bakgrund kan siffrorna inte förväntas stämma perfekt.

Enligt BBR får den specifika energianvändningen max vara 100 kWh/m^2 och år för flerbostadshus och 90 kWh/m^2 och år för lokaler. Denna fastighet som inhyser både lägenheter och lokaler kommer upp i 96,8 kWh/m^2 och år då även förråd, källarutrymmen och andra uppvärmda och elberoende utrymmen räknats in. Detta antas vara ett okej värde då en stor del av byggnaden består av lägenheter.

De bilder som togs i lägenheten (case study) den 14 april med IR-kameran visade de väntade kallare områdena runt fönstren. Då de togs var klockan 10:00 och det var 4 ˚C varmt ute. För att få ett bra resultat med IR-kameran krävs egentligen större temperaturskillnad mellan ute- och inneluften då det är lättare att se eventuella köldbryggor och luftläckage på bilderna. Eftersom vaktmästaren endast jobbade mellan 7:30 – 12:00 var det svårt att utföra dessa mätningar antingen tidigt på morgonen eller sent på kvällen. Att värmeförlusterna från denna lägenhet bara blev 2 % av hela byggnadens beräknade förluster, kan bero på att en stor del av lägenhetens ”ytterväggar” vetter mot trapphuset eller ligger direkt an mot en bredvidliggande byggnad.

Då de har installerat rörelsesensorer i trapphusen anses ingen åtgärd kunna göras för att förbättra denna belysning, mer än att tänka på att använda energieffektiva lampor. Likaså i garaget finns en smart lösning då både belysning och ventilation slås igång när garageporten öppnas och per automatik slås av efter en viss tid.

Även ventilationen som förser lokalerna har ett tidsinställt system som är igång kl. 6 - 22 måndag - fredag, med kortare drifttid på helgerna kl. 8-16. Sammanlagt ger detta en drifttid på 4 992 timmar om året. Eftersom fläktarna redan är tidsinställda borde tiderna vara optimala för lokalernas verksamhet och inga ändringar bör kunna göras. Frågan är snarare varför frånluften har så mycket lägre flöde än tilluften, vilket bör undersökas vidare om detta upplevs som ett problem.

BBR:s ventilationskrav till rum där personer vistas mer än tillfälligt är 0,35 l/s och m^2. Detta räcker för vår testlägenhet där sammanlagt 0,47 l/s och m^2 uppmättes. Om fläktsystemen i alla lägenheterna är lika stora kommer de inte klara denna gräns i de större lägenheterna. Den största lägenheten på 128 m^2 får då ett flöde på endast 0,18 l/s och m^2, vilket endast är hälften av BBR:s krav.

Om antagandena från OVK-protokollen stämmer att lägenheternas fläktar används på full effekt 25 % av tiden och halv effekt 75 % av tiden, går 9,2 MWh/år åt till att driva dem och 40 MWh/år till att driva det stora fläktsystemet till lokalerna. Tillsammans blir detta omkring 45 % av byggnadens totala energianvändning. Det skulle vara intressant att jämföra detta med hur mycket energi som sparas i uppvärmning varje år tack vare FTX-systemen, men för detta behövs en bra uppfattning av värmeväxlarnas temperaturverkningsgrad. Eftersom detta inte behandlas i denna undersökning, skulle det kunna vara en uppgift för framtida studier av byggnaden. Eftersom fläktarna i lägenheterna i stort sett fyller kraven från BBR eller presterar under dessa, tordes de inte

kunna bytas ut mot några med lägre effekt. Eftersom alla värmeväxlarna är från 1994, är det möjligt att de skulle kunna ersättas av nyare modeller med högre temperaturverkningsgrad, vilket av tidigare nämnda anledningar bör undersökas vid ett annat tillfälle.

Eftersom byggnaden är så pass bra finns det väldigt få åtgärder som skulle kunna minska energibehovet och samtidigt vara kostnadseffektiva. Vårt förslag är att skyltfönstren i aktivitetshusets lokaler i huvudbyggnadens markplan byts ut, eftersom de för närvarande består av 1-glasfönster. Eftersom daglig verksamhet tar in elradiatorer på vintern för att det är för kallt kan detta möjligen vara en kostnadseffektiv lösning. Genom att byta dessa till 2-glasfönster skulle energin genom dessa fönster kunna minskas med ca 45 %. Genom att istället byta till 3-glasfönster skulle 65 % av energin sparas. Båda dessa siffror är utifrån vanliga U-värden för fönster av denna typ, men det finns ett flertal varianter som kan förbättra dessa siffror ytterligare (se kap. 2.1.2). Ett byte skulle förhoppningsvis vara en tillräcklig åtgärd för att de inte ska behöva ta in eldrivna radiatorer under vinterhalvåret. Datorbutiken på samma plan består även den kunna sänka sina värmeförluster med 7 150 kWh/år respektive 12 470 kWh/år. Då det finns så många elapparater i denna butik är det tveksamt hur stor den totala energiminskningen där skulle bli vid ett fönsterbyte, eftersom de troligen skulle få problem med för höga temperaturer på grund av all gratisenergi, vilket ökar kylbehovet. Samtidigt skulle en ökad lufttemperatur vara till gagn för övriga lokaler, eftersom det gemensamma ventilationssystemet har värmeväxling: ju högre temperatur frånluften har, desto mindre energi behöver användas till att värma tilluften. Det finns redan fasta solskydd monterade ovanför alla skyltfönstren, vilka minskar värmeöverföringen från solen under sommaren.

Frågeformulär
Enligt undersökningen som gjordes då frågeformulär delades ut till hushållen tyckte de flesta att ventilationen var okej, dock var det ett som klagade på dundrande köksfläkt. Då detta enligt Roland Forsberg och vaktmästare Thomas Härdin oftast är ett tecken på att den börjar på sönder bör den ses till snarast. Även inomhustemperaturen tyckte de flesta var lagom. Ett hushåll påpekade att det är för kallt medan en annan sa att det är för varmt, båda lägenheterna befinner sig på högsta våningen men i olika byggnader. Detta kan ha stor betydelse på vad det är för person eller personer som bor där, exempelvis om de är unga eller gamla, män eller kvinnor.

Samma hushåll som tyckte inomhustemperaturen var för kall, tycker ventilationen är kvav och vädrar med öppet fönster 4-5 timmar om dagen. Vi drar då slutsatsen att denna vädrar på grund av ventilationen och detta resulterar i en ond cirkel. Kvav ventilation leder till vädring av lägenheten som i sin tur leder till en svalare inomhustemperatur. Många vill ha det svalt i sovrummet. Därför blir det ett problem om tilluften alltid är 19 ˚C då de boende ofta väljer att öppna fönstren och vädra någon eller några timmar per dag beroende på väderlek, vilket ger en stor värmeförlust från lägenheten.

Genom frågor angående belysningen kan man se att många hushåll har bytt till lågenergilampor och att många är medvetna om att dessa faktiskt kan spara en del energi. Många är även duktiga på att släcka lamporna efter sig men det verkar vara vanligt att låta vissa apparater stå på under tiden man är hemma eller bara ska bort under dagen.

En möjlig fråga skulle varit om de tycker att lågenergilampor är för dyra och därför låter bli att köpa dessa.

Nästan alla tycker att torkrummet fungerar bra men att det tar lite för lång tid att torka tvätten. Det kunde därför vara värt att se över möjligheterna till ett byte av den gamla värmefläkten till ett effektivare system: det borde inte kosta mycket och den skulle säkert dra mindre energi samtidigt som hyresgästerna blir lite nöjdare.

6. Slutsats

Det finns inga större fel på byggnaden. Hyresgästerna upplever övervägande temperaturen som lagom och ventilationen som bra, vilket inte riktigt stämmer med ovanstående diskussion att de större lägenheterna borde ha för låga luftflöden. Alla hyresgäster tycks vara hyfsat eller mycket energimedvetna, eventuellt bortsett ifrån att nästan alla vädrar några timmar varje vecka. Om detta inte görs på grund av att luften upplevs dålig, kan det bero på att det känns fräscht och att det är ett invant beteende från upplevelser av byggnader med sämre ventilation. Kanske skulle detta beteende ändras om de blev mer informerade om hur deras ventilationssystem fungerar och hur pass mycket renare denna filtrerade tilluft är jämfört med den som kommer direkt från gatan genom fönstret. Eftersom många vill ha svalare luft i sovrummet hade det varit bra att undersöka möjligheten att sänka temperaturen på tilluften till dessa rum.

1, Hur mycket energi går förlorad genom byggnadens energiskal?
Svar: 275 MWh/år.

a, Hur stor är byggnadens totala värmeförlust?
Svar: 416 MWh/år.

b, Stämmer det beräknade värmebehovet bra med det verkliga?
Svar: Nja, men med tanke på hur mycket som bygger på antaganden och alla förenklingar som gjorts kan det ändå anses vara ok.

c, Hur stora är förlusterna genom fönstren? Är det möjligt att minska dessa genom byte till fönster med lägre U-värde?
Svar: 111 MWh/år. Ja, på markplan i huvudbyggnaden.

d, Hur stora är förlusterna genom väggar, golv och tak?
Svar: 59 MWh/år, 70 MWh/år respektive 32 MWh/år.

2, Hur mycket energi går åt till fastighetens ventilationssystem?
Svar: 93 MWh/år.

a, Hur mycket energi används av fläktarna? Är det möjligt att byta till mindre effektkrävande fläktar?
Svar: 49 MWh/år. Kanske, men då måste grundligare undersökningar först göras på hur pass väl alla flödesbehov uppfylls.

4) Hur energimedvetna är hyresgästerna? Tänker de på att släcka lampor och stänga av apparater när de inte används?
Svar: Ja, hyfsat. I stort verkar hyresgäster miljömedvetna.

7. Vidare förslag

Mätningar av värmeväxlarens verkningsgrad ska helst genomföras under vintern, då temperaturskillnaderna inne och ute är som störst. Detta skulle ge ett mer korrekt värde. Mätningarna för denna rapport gjordes i mitten av april, då temperaturskillnaden endast var 13 ˚C, vilket sannolikt skulle få värmeväxlaren att framstå som effektivare än den verkligen är. Samma resonemang gäller för vindsutrymmet, där den milda utetemperaturen och höga solinstrålningen troligtvis får vinden att framstå som bättre isolerad.

Eventuellt kan ventilation i lägenheterna upplevas olika beroende på lägenhetens storlek. Undersökning av detta ingick inte i denna rapport.

Genom att ta reda på hur mycket energi som går åt till de extra elementen i aktivitetshuset på vintern kan en bättre ekonomisk analys av vinsten med att byta ut fönstren göras.

Det finns ett ventilationssystem på innergårdens tak som ingen vet var det går. En undersökning av detta skulle ge en mer korrekt kartläggning.

8. Referenser

[1] K. Sempler, "Striden om jordens ålder", *Ny Teknik*, 19 februari 2014 [Online]. Tillgänglig: http://www.nyteknik.se/popular_teknik/kaianders/article3806058.ece. [Hämtad: 30 april, 2015].

[2] T. Lindblad, "Människans dunkla historia", *Allt om vetenskap*, 2 september 2010 [Online]. Tillgänglig: http://www.alltomvetenskap.se/nyheter/manniskans-dunkla-historia. [Hämtad: 4 maj, 2015].

[3] "Current population is three times the sustainable level", *World Poplation Balance*, [Online]. Tillgänglig: http://www.worldpopulationbalance.org/3_times_sustainable. [Hämtad: 6 maj, 2015].

[4] E. McLamb, "Real Ecology, Born in the streets: the global impact of feral cats", *Ecology Global Network*, 27 augusti 2013 [Online]. Tillgänglig: http://www.ecology.com/2013/08/27/global-impact-feral-cats/. [Hämtad: 6 maj, 2015].

[5] "How many are left in the wild?", *World Wildlife Fund Global* [Online]. Tillgänglig: http://wwf.panda.org/what_we_do/endangered_species/giant_panda/panda/how_many_are_left_in_the_wild_population/. [Hämtad: 18 maj, 2015].

[6] "Earth Overshoot Day", *Global Footprint Network*, uppdaterad 9 april 2014 [Online]. Tillgänglig: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/. [Hämtad: 6 maj, 2015].

[7] "Living Planet Report 2014", *World Wildlife Fund*, [Online]. Tillgänglig: http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/. [Hämtad: 6 maj, 2015].

[8] L. Peréz-Lombard, J. Ortiz och C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy and buildings*, vol. 40, s. 394-398, 2008. Doi: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007

[9] C. Hellberg, D. Friberg och A. Israilava, *Energiindikatorer 2014: Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*, Energimyndigheten. Eskilstuna*:* Statens energimyndighet, 2014.

[10] S. A. Berg, *Energieffektivisering och förnyelsebar energi*: *Byt 1 med BBR*, Upplaga 3, Arboga: Lärna AB, 2014.

[11] E.A. Abdelaziz, R. Saidur och S. Mekhilef, "A review on energy saving strategies in industrial sector," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, s. 150-168, 2011. Doi: 10.1016/j.rser.2010.09.003

[12] C. Olsson, *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6): föreskrifter och allmänna råd*, Boverkets författningssamling 2014:3, juni 2014.

[13] U Y A. Tettey, A. Dodoo och L. Gustavsson, "Effects of different insulation materials on primary energy and CO^2-emission of a multi-storey residential building," *Energy and buildings* vol. 82, s. 369-377, 2014. Doi: 10.1016/j.enbuild.2014.07.009

[14] K. Sandin, *Praktisk byggnadsfysik*, upplaga 1:3, Lund: Studentlitteratur AB, 2010.

[15] "Energimärkta fönster," *Energifönster* [Online]. Tillgänglig: http://www.energifonster.nu/ [Hämtad: 5 maj, 2015].

[16] F. Bonakdar, A. Dodoo och L. Gustavsson, "Cost-optimum analysis of building fabric renovation in a Swedish multi-story residential building," *Energy and buildings*, vol. 84, s. 662-673, 2014. Doi: 10.1016/j.enbuild.2014.09.003

[17] B. Ekstrand, "U-värde på fönster! Vad är optimalt?", *Bosses Blogg*, *Ekstrands dörrar och fönster AB*, mars 2010 [Online]. Tillgänglig: http://dorrarochfonster.se/2010/03/u-varde-pa-fonster-vad-ar-optimalt/ [Hämtad: 23 april, 2015].

[18] J. Karlsson, B. Karlsson och A. Roos, "A simple model for assessing the energy performance of windows", *Energy and Buildings*, vol. 33, upplaga 7, s. 641-651, September 2001. Doi: 10.1016/S0378-7788(00)00131-6

[19] A. Grynning, A. Gustavsen, B. Time och B. P. Jelle, "Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers?", *Energy and Buildings*, vol. 61, s. 185–192, Juni 2013. Doi: 10.1016/j.enbuild.2013.02.029.

[20] T. R. Nielsen, K. Duer och S. Svendsen, "Energy performance of glazings and windows", *Solar Energy*, vol. 69, bilaga 6, s. 137-143, Juli-December 2001. Doi: 10.1016/S0038-092X(01)00062-7.

[21] "Choosing your windows: Energy rating of thermal insulation glass improved", *Double-glazing-info.com*, 2008 [Online]. Tillgänglig: http://www.double-glazing-info.com/Choosing-your-windows/Air-or-Argon-gap/Argon-and-other-inert-Gases [Hämtad: 25 maj, 2015].

[22] A. Müslüm, K. Mirac, "An investigation of flow and conjugate heat transfer in multiple pane windows with respect to gap width, emissivity and gas filling", *Renewable Energy*, vol. 75, s. 249–256, March 2015,. Doi: 10.1016/j.renene.2014.10.004.

[23] J. Karlsson och A. Roos, "Annual energy window performance vs. glazing thermal emittance - the relevance of very low emittance values", *Thin Solid Films*, vol. 392, upplaga 2, s. 345-348, 30 Juli 2001,. Doi: 10.1016/S0040-6090(01)01055-0.

[24] B. P. Jelle, S. E. Kalnæs och T. Gao, "Low-emissivity materials for building applications: A state-of-the-art review and future research perspectives", *Energy and Buildings*, vol. 96, s. 329-356, 2015. Doi: 10.1016/j.enbuild.2015.03.024

[25] C. Warfvinge och M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer*, vol. 1:8, Lund: Studentlitteratur AB, 2014.

[26] I. Andréasson et. al., “Brukarindata bostäder”, *Svebyrogrammet*. Stockholm: Sveby, 2012.

[27] "Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX-system)", *Energimyndigheten*, juni 2011.

[28] "OVK, obligatorisk ventilationskontroll", *Boverket*, Maj 2014 [Online]. Tillgänglig: http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/ovk/ess [Hämtad: 7 maj 2014].

[29] C. Olsson, “Boverkets föreskrifter och allmänna råd om funktionskontroll av ventilationssystem och certifiering av sakkunniga funktionskontrollanter”, *Boverkets författningssamling* 2011:16, april 2011.

[30] "Olika typer av värmeväxlare", *Svensk ventilation*, [Online]. Tillgänglig: http://www.svenskventilation.se/ventilation/varmevaxlare/ [Hämtad: 22 april, 2015].

[31] L. Gustavsson, A. Dodoo, N. L. Truong och I. Danielski, “Primary energy implications of end-use energy efficiency measures in district heated buildings”, *Energy and Buildings*, vol. 43, s. 38-48, 2011. Doi: 10.1016/j.enbuild.2010.07.029

[32] A. Dodoo, L. Gustavsson och R. Sathre, “Primary energy implications of ventilation heat recovery in residential buildings”, *Energy and Buildings*, vol. 43, s. 1566-1572, 2011. Doi: 10.1016/j.enbuild.2011.02.019

[33] N. L. Truong, A. Dodoo och L. Gustavsson, “Effects of heat and electricity saving measures in district-heated multistory residential buildings”, *Applied Energy*, vol. 118, s. 57-67, 2014. Doi: 10.1016/j.apenergy.2013.12.009

[34] S. Trad, “Statistik och pris”, *Svensk Fjärrvärme*. Tillgänglig: http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/ [Hämtad: 27 april, 2015].

[35] A. Sjöström, “Fjärrvärmens kundtyper”, *Svensk Fjärrvärme*. Tillgänglig: http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Kunder/ [Hämtad: 27 april, 2015].

[36] "Kallt och varmt vatten," *Energimyndigheten*, mars 2011 [Online]. Tillgänglig: https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Vatten-och-varmvattenberedare/. [Hämtad: 22 april, 2015].

[37] M-C. Dubois och Å. Blomsterberg. “Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North Eurpean, low energy office buildings: A literature review,” *Energy and buildings*, vol. 43, s.2572-2582, 2011. Doi: 10.1016/j.enbuild.2011.07.001

[38] “Varmvatten”, *Göteborg Energi*, Tillgänglig: http://www.goteborgenergi.se/Privat/Kundservice/Energispartips/Lagenheter/Varmvatten. [Hämtad: 25 maj, 2015].

[39] "Kom-igång-lista för villaägare," *Energimyndigheten*, april 2012 [Online]. Tillgänglig: https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Kom-igang-

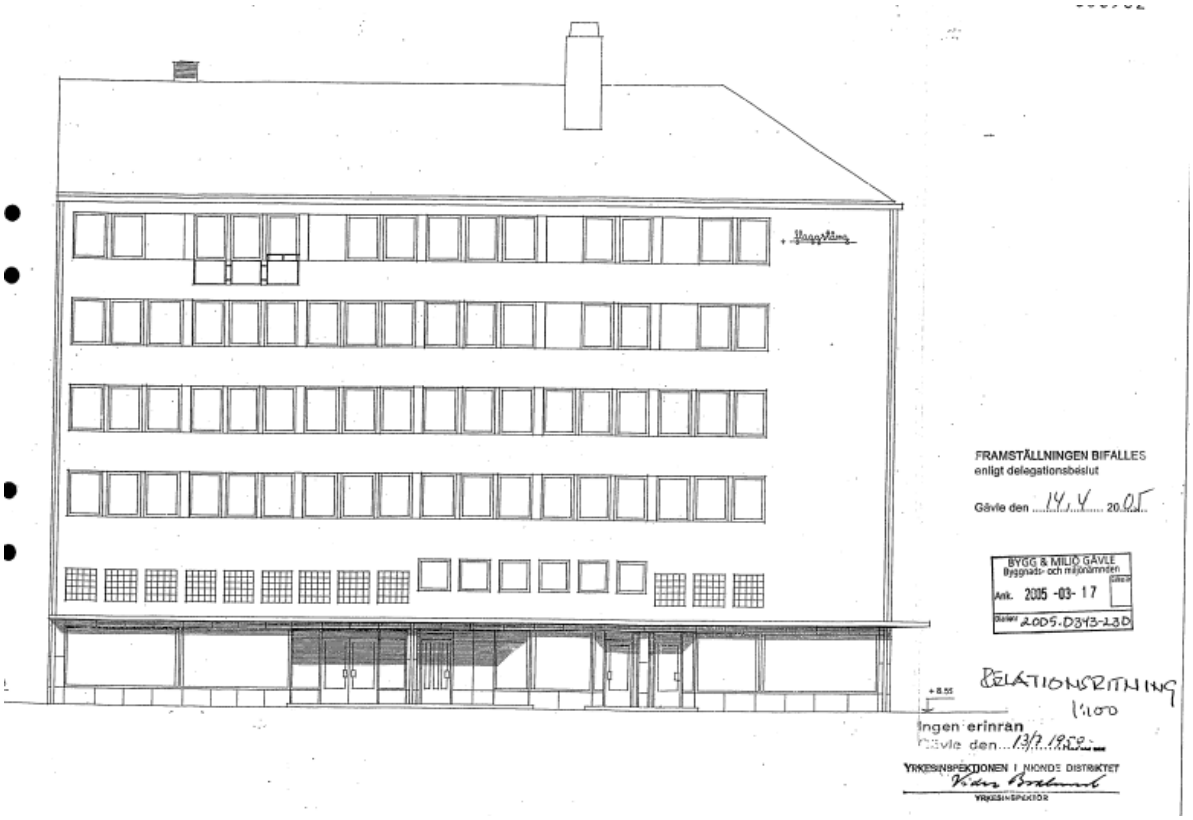
lista-for-villaagare/. [Hämtad: 14 maj, 2015].

[40] R. Taesler, ”Klimatdata för Sverige”, Stockholm: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut/Statens Institution för Byggnadsforskning, 1972, s.131.

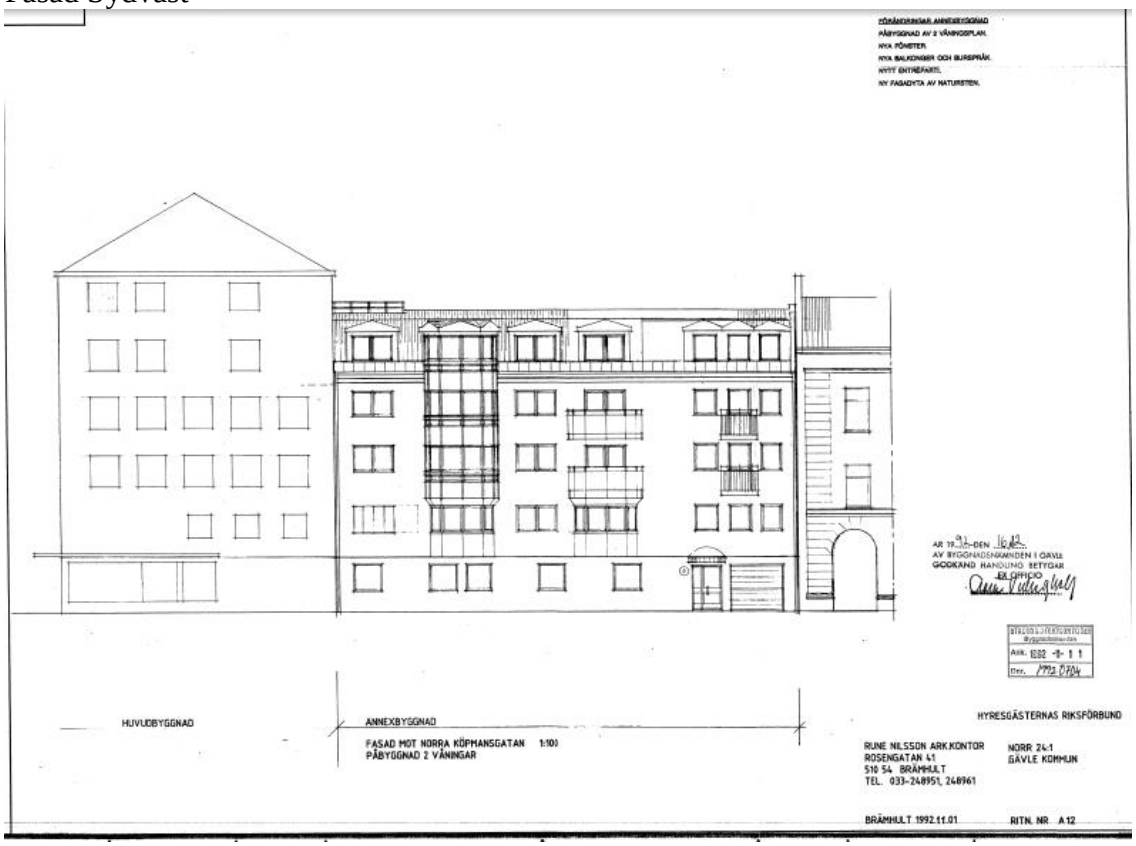
9. Bilagor

Bilaga 1 – Ritningar

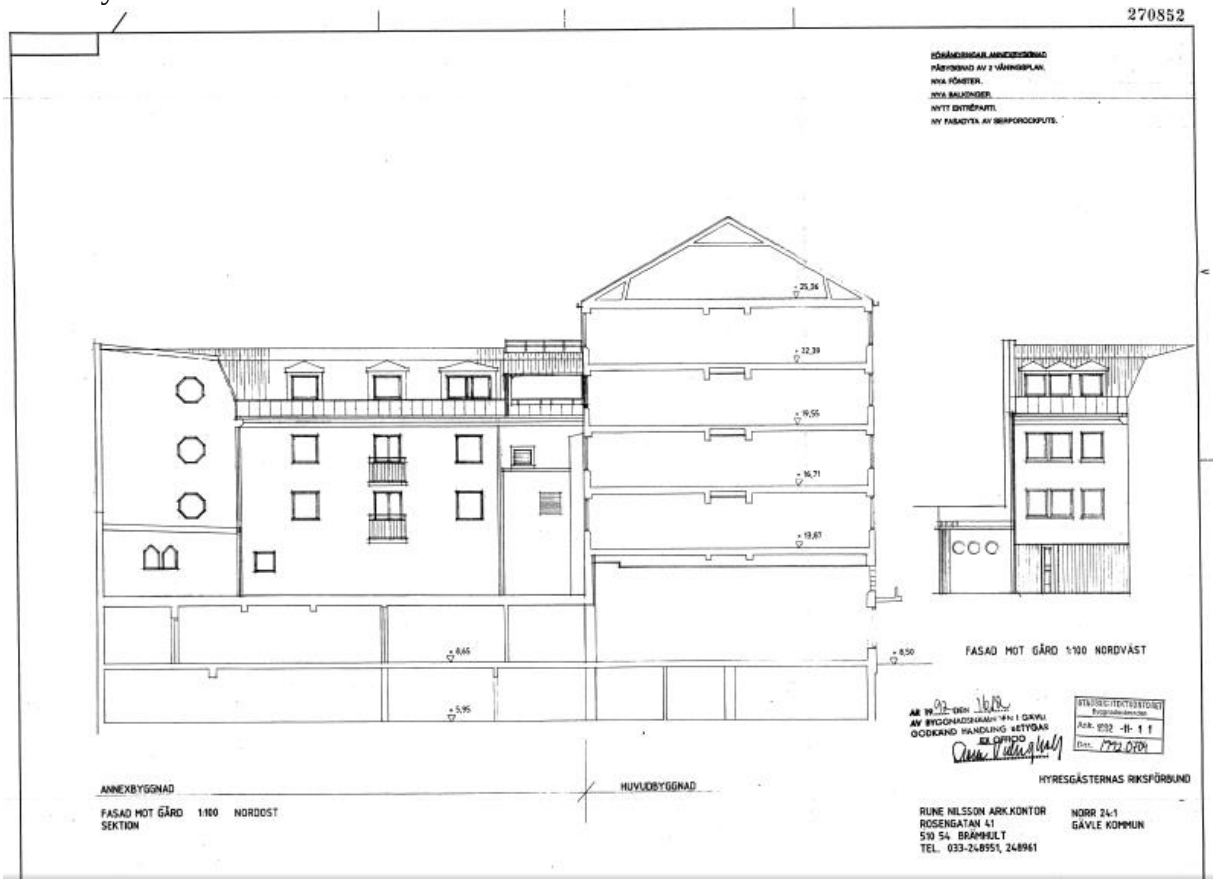
Fasad Nordväst



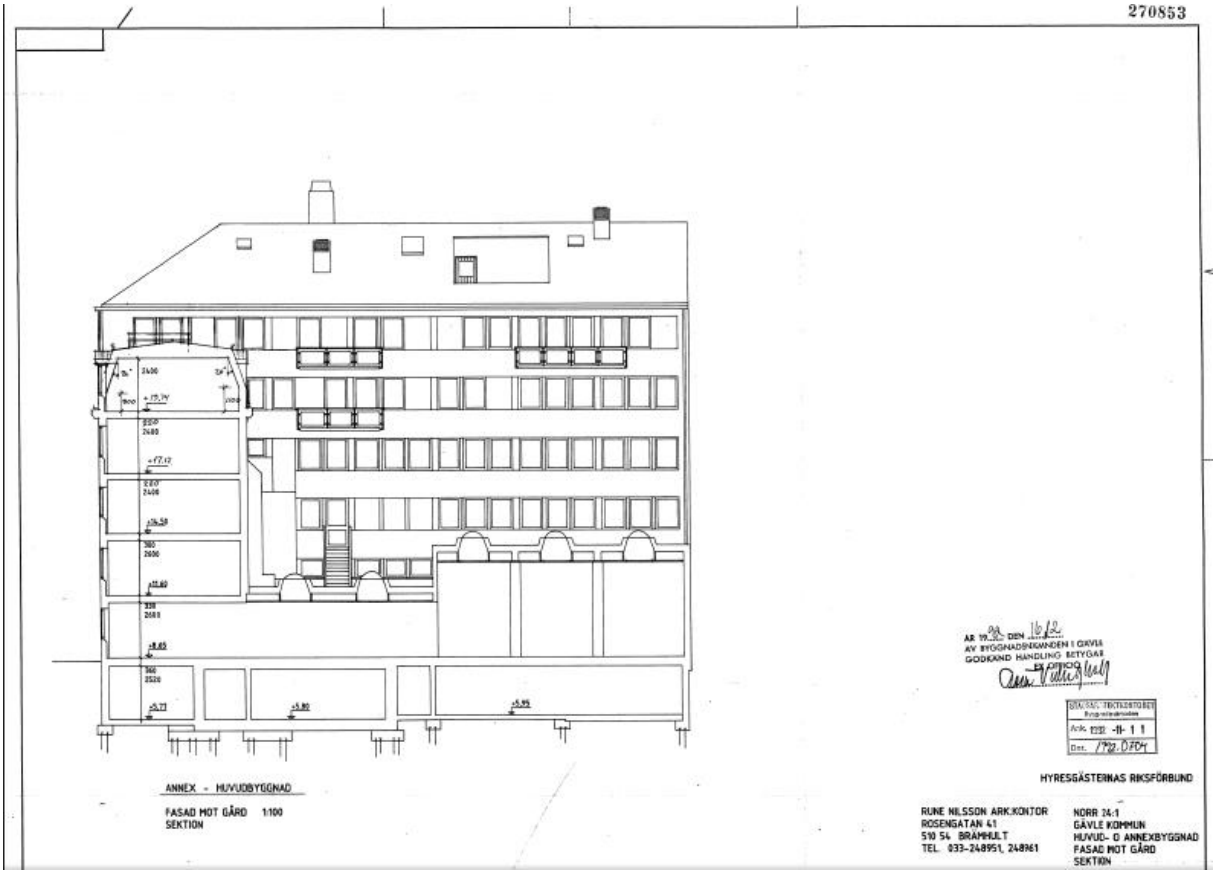
Fasad Sydväst



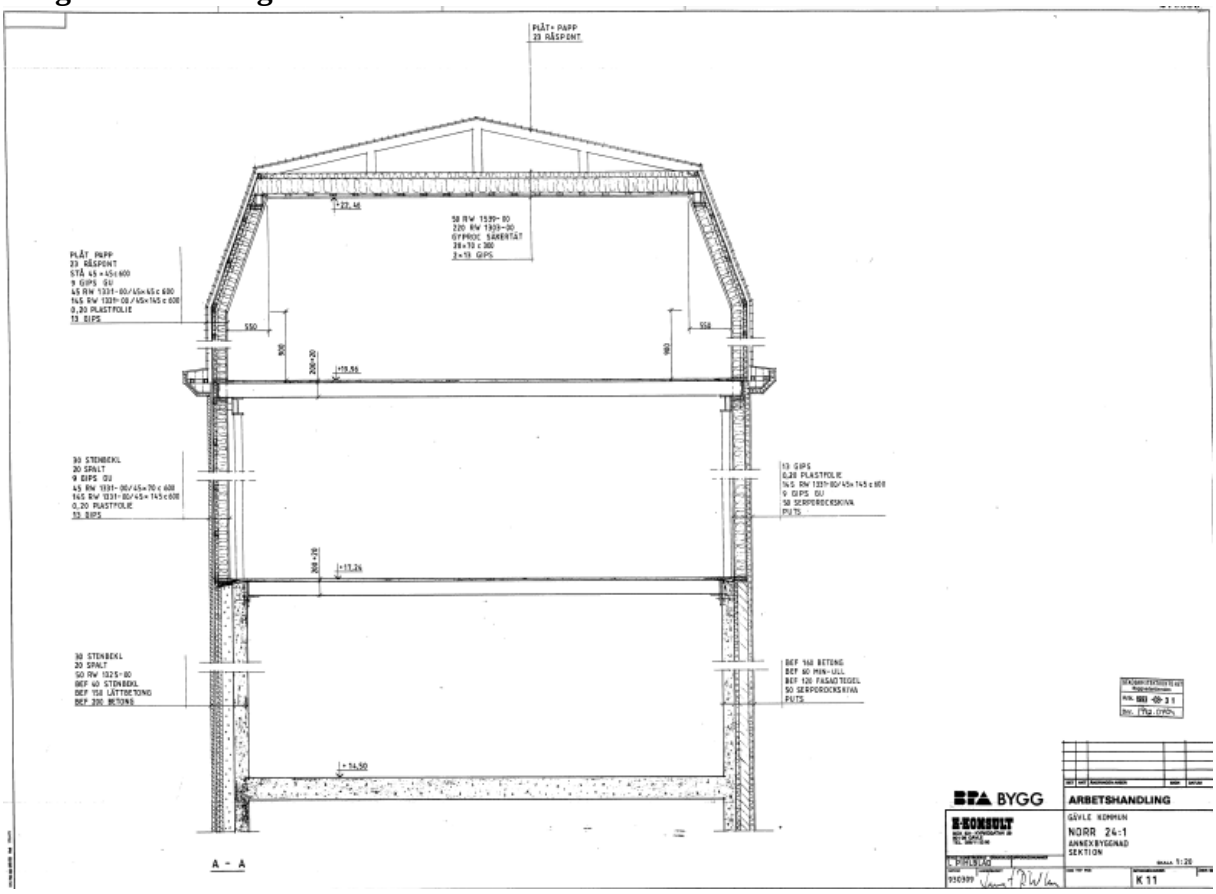
Fasad Sydost



Fasad Nordost



Bilaga 2 – K-ritningar



Bilaga 3 – U-värde för väggar och källare

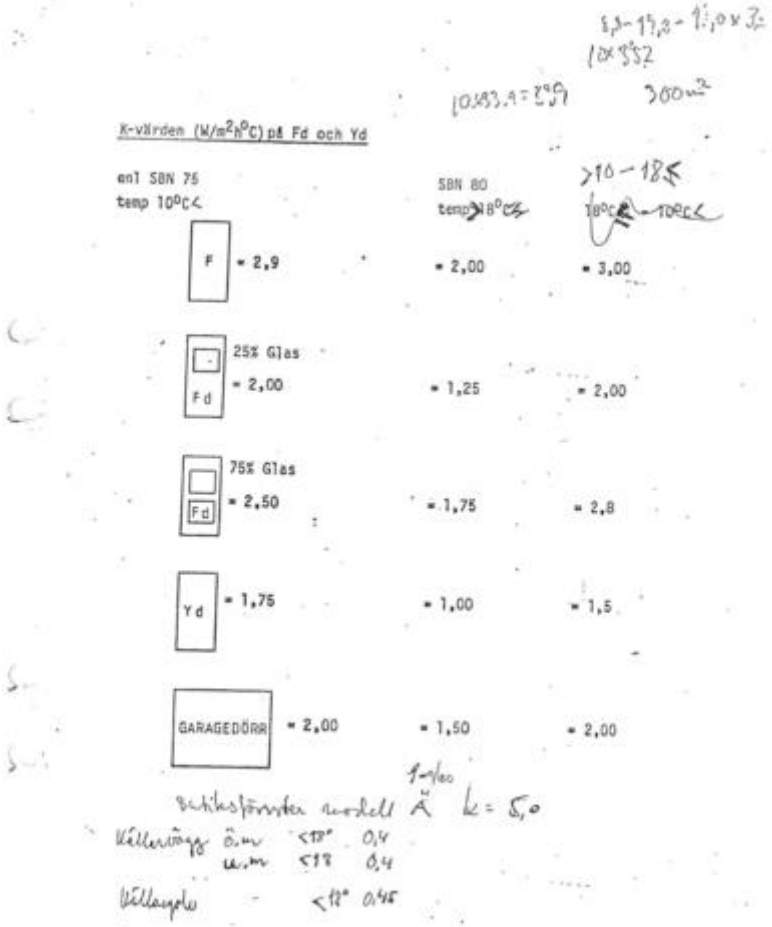
Ytterväggar av övervägande stenmaterial med vikt minst 100 kg/m²
(gasbetongblock, murtegel med isolering och betong med isolering

Tid	Sort	k-värden Zon I	Zon II	Zon III	Zon IV
BSA 1946	kcal/m²h°C	0,60	0,70	0,80	0,90
BABS 1950	"	0,65	0,75	0,85	0,95
BABS 1960	"	0,60	0,70	0,80	0,80
SBN 1967	"	0,60	0,70	0,80	0,80
SBN 1975	W/m² °C	0,25	0,25	0,30	0,30

Golvbjälklag av stenmaterial mot källare, innehållande friliggar värmerör

Tid	Sort	k-värden Zon I	Zon II	Zon III	Zon IV
BSA 1946	kcal/m²h°C	0,60	0,60	0,70	0,70
BABS 1950	"	0,60	0,60	0,70	0,70
BABS 1960	"	0,60	0,60	0,70	0,70
SBN 1967	"	0,60	0,60	0,70	0,70
SBN 1975	W/m² °C(0-10°)	0,50	0,50	0,50	0,50
	(10-18°)	1,0	1,0	1,0	1,0

Bilaga 4 – U-värde för dörrar och garageport



K-värden (W/m^2h^oC) på Fd och Yd

	enl SBN 75 temp 10°C<	SBN 80 temp >8°C	>10 – 18< 18°C & 10°C<
F	= 2,9	= 2,00	= 3,00
25% Glas Fd	= 2,00	= 1,25	= 2,00
75% Glas Fd	= 2,50	= 1,75	= 2,8
Yd	= 1,75	= 1,00	= 1,5
GARAGEDÖRR	= 2,00	= 1,50	= 2,00

Bilaga 5 – U-värde för vindsbjälklag och tak

Vindsbjälklag av trä samt väggar och tak av trä kring vindslägenheter

Tid	Sort	k-värden Zon I	Zon II	Zon III	Zon IV
BSA 1946	kcal/m^2h^oC	0,4	0,4	0,5	0,5
BABS 1950	"	0,35	0,35	0,45	0,45
BABS 1960	"	0,35	0,35	0,40	0,40
SBN 1967	"	0,35	0,35	0,40	0,40
SBN 1975	W/m^2 °C	0,17	0,17	0,20	0,20

Bilaga 6 - Fönsterfaktor och U-värde för fönster

CALCULATION FACTORS FOR WINDOWS ACCORDING TO SUN RADIATION

WINDOWS TYPE	U-VALUE	CALCULATION FACTOR
1-glass, normally	5.4	0.90
2-glass, normally	2.9 – 3.0	0.80
3-glass, normally	1.9 – 2.0	0.72
Special glass	1.0 – 1.5	0.69
2-glass, energy glass	1.0 – 1.5	0.70

Example:

If you have 3-glass, normally and you calculate Q (Wh) from the table so is the right value Q x 0.72.

Bilaga 7 - Gradtimmar

Summa gradtimmar per år vid uppvärmning till viss temperatur samt drifttid för värmeanläggning under tiden 1931—1960

uppvärmning till 11°C och högre temperatur, antas uppvärmningen sluta då utetemperaturen överstiger 11°C.

°C (inne)	Summa gradtimmar, som funktion av årets normaltemperatur i °C									
p	−2	−1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
5	80750	73500	66500	59700	53200	47000	41000	35200	29700	24500	19500
	87000	79500	72300	65300	58500	52000	45800	39700	33900	28400	23000
	93500	85800	78300	71100	64100	57400	50800	44500	38400	32600	26900
	100200	92200	84600	77200	69900	62900	56200	49600	43200	37100	31100
	107200	99000	91200	83500	76000	68800	61900	54900	48200	42000	35500
10	114500	106000	98000	90100	82400	74900	67700	60600	53600	47100	40300
	121900	113300	105100	97000	89000	81400	73900	66500	59300	52500	45400
	129500	120700	112300	104000	95800	88000	80200	72600	65100	58100	50700
	137000	128100	119500	111000	102500	94500	86500	78700	70900	63600	55900
	144600	135400	126700	118000	109300	101100	92900	84700	76700	69200	61200
15	152100	142800	133900	125000	116100	107600	99200	90800	82500	74800	66500
	159700	150200	141100	132100	122900	114200	105500	96900	88300	80400	71800
	167200	157600	148300	139100	129600	120700	111800	103000	94100	85900	77000
	174800	165000	155500	146100	136400	127300	118100	109100	99900	91500	82300
	182300	172300	162700	153100	143200	133800	124500	115200	105700	97100	87600
20	189900	179700	169900	160100	149900	140400	130800	121300	111500	102600	92800
	197400	187100	177100	167100	156700	146900	137100	127300	117300	108200	98100
	205000	194500	184300	174100	163500	153500	143400	133400	123100	113800	103400
	212500	201900	191500	181100	170200	160000	149700	139500	128900	119300	108600
	220100	209200	198700	188100	177000	166600	156100	145600	134700	124900	113900
25	227600	216600	205900	195100	183800	173100	162400	151700	140500	130500	119200
	Drifttid i h/år för värmeanläggning, som funktion av årets normaltemperatur, då uppvärmning sker till minst 11 °C.										
							6550	6320	6080	5800	5570	5270

Bilaga 8 – Normaltemperatur

Normaltemperatur i °C för månaderna och året, 1931–1960

Källa: Klimatdata för Sverige, Statens Institut för Byggnadsforskning

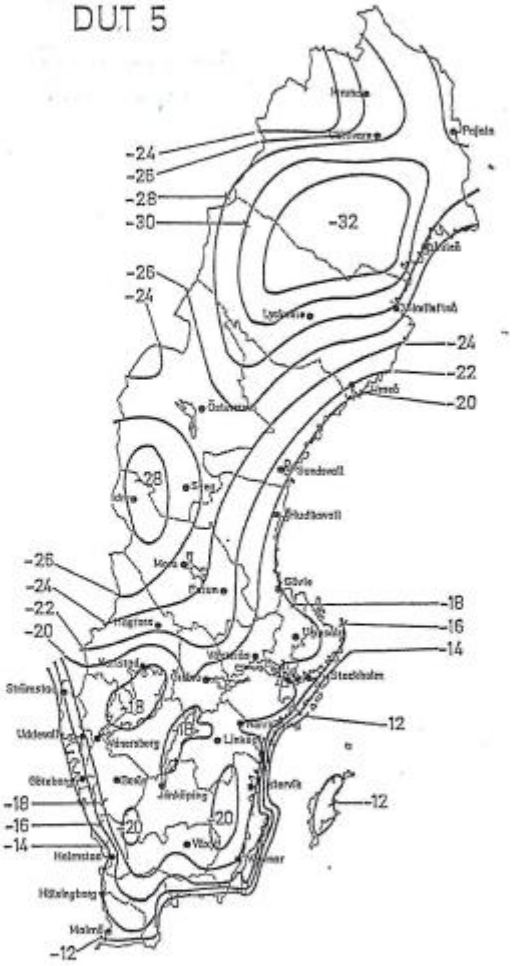
Station	Året	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Malmberget	0,2	−10,4	−10,5	−7,1	−1,9	4,0	10,2	13,9	11,5	6,0	−0,4	−5,2	− 8,0
Karesuando	−1,5	−13,8	−13,9	−9,9	−3,6	3,0	9,8	13,7	11,2	5,4	−1,6	−7,3	−11,2
Kiruna	−1,2	−12,2	−12,4	−8,9	−3,5	2,7	9,2	12,9	10,5	5,1	−1,5	−6,8	−10,1
Pajala	−0,1	−13,1	−12,6	−7,9	−1,4	5,2	11,4	15,0	12,3	6,6	−0,5	−6,0	− 9,8
Stensele	0,7	−12,2	−11,0	−6,8	−0,2	5,9	11,0	14,3	12,2	7,1	1,0	−4,2	− 8,3
Luleå flygplats	2,0	−10,0	−10,2	−6,5	−0,5	6,1	12,1	16,0	14,0	9,0	2,5	−2,6	− 6,5
Haparanda	1,6	−10,6	−10,9	−7,4	−0,9	5,8	12,3	16,3	14,0	8,4	2,1	−2,7	− 6,8
Nordmaling	3,0	− 8,2	− 7,7	−4,3	1,1	6,8	11,7	15,4	14,0	9,3	3,3	−1,0	− 4,4
Hällnäs	1,3	−11,8	−10,7	−6,3	0,1	6,7	12,0	15,4	13,3	7,8	1,0	−3,9	− 8,1
Umeå	3,4	− 7,8	− 7,7	−4,4	1,3	7,5	12,7	16,3	14,6	9,5	3,5	−0,9	− 4,3
Arvidsjaur	2,8	−10,2	− 8,7	−4,2	2,1	8,1	13,0	16,0	14,1	9,1	2,7	−2,3	− 6,4
Härnösand	4,4	− 6,2	− 5,8	−2,8	2,2	7,8	12,7	16,3	15,0	10,4	4,9	0,7	− 2,7
Sundsvalls flygplats	3,9	− 6,9	− 6,3	−3,0	2,1	7,5	12,7	15,8	14,5	9,9	4,3	0,0	− 3,4
Söderhamn F 15	4,7	− 5,4	− 5,2	−2,2	2,9	8,1	13,1	16,2	15,0	10,4	5,0	0,6	− 2,4
Eggegrund	5,5	− 2,9	− 3,6	−1,9	2,1	6,6	12,0	16,0	15,8	11,8	6,9	2,8	0,1
Gävle	5,0	− 5,1	− 4,9	−2,2	3,3	8,7	13,8	16,6	15,3	10,7	5,3	0,9	− 2,1
Frösön F 4	2,9	− 7,9	− 6,8	−3,5	1,5	7,0	11,4	14,5	13,0	8,4	3,0	−1,4	− 4,5
Björkedet	1,3	− 9,3	− 8,5	−5,5	−0,4	4,8	9,4	12,6	11,1	7,0	2,1	−2,1	− 5,6
Gisselås	1,2	−11,2	− 9,7	−6,0	0,4	6,5	11,2	14,2	12,0	7,1	1,1	−3,8	− 7,6
Östersund	2,7	− 8,5	− 7,5	−4,3	1,1	6,8	11,3	14,5	13,1	8,6	3,2	−1,1	− 4,7
Sveg	2,1	−10,3	− 8,6	−4,6	1,5	7,5	11,9	14,6	12,7	7,9	2,2	−2,9	− 6,9
Rommehed	4,6	− 6,2	− 5,7	−2,4	3,2	9,2	13,6	16,2	14,5	10,0	4,8	0,3	− 2,9
Edsbyn	3,9	− 7,2	− 6,4	−2,8	2,9	8,7	13,2	15,8	14,1	9,3	3,8	−0,7	− 4,2
Mora	3,5	− 8,5	− 7,7	−3,6	2,8	9,0	13,3	15,7	13,8	9,1	3,7	−1,1	− 4,9
Malung	2,9	− 8,9	− 7,8	−4,0	2,0	8,2	12,5	15,0	13,2	8,5	3,2	−1,7	− 5,4
Falun	4,6	− 7,0	− 6,3	−2,6	3,4	9,7	14,1	16,7	14,9	10,1	4,8	0,4	− 3,4
Västerås F 1	5,9	− 4,1	− 4,1	−1,4	4,1	10,1	14,6	17,2	15,8	11,3	6,3	1,9	− 1,0
Uppsala	5,7	− 4,4	− 4,5	−1,7	3,9	9,9	14,4	17,2	15,8	11,2	5,9	1,6	− 1,3
Norrtälje	5,9	− 3,5	− 3,8	−1,4	3,7	9,0	13,9	17,0	16,0	11,7	6,5	2,3	− 0,7
Bromma flygplats	6,3	− 3,5	− 3,8	−1,2	4,2	10,0	14,7	17,6	16,4	12,0	6,8	2,5	− 0,4
Stockholm	6,6	− 2,9	− 3,1	−0,7	4,4	10,1	14,9	17,8	16,6	12,2	7,1	2,8	0,1
Örebro	5,9	− 4,0	− 3,9	−1,0	4,5	10,4	14,6	17,1	15,6	11,1	6,0	1,7	− 1,0
Nyköping	6,2	− 3,3	− 3,5	−0,8	4,3	9,7	14,4	17,1	16,1	11,8	6,6	2,4	− 0,4
Norrköping	6,9	− 3,0	− 3,1	−0,3	5,2	10,9	15,6	18,3	17,0	12,4	7,2	2,8	0,0
Motala	6,4	− 2,8	− 3,2	−0,7	4,6	10,1	14,5	17,0	16,0	11,9	6,9	2,7	0,0
Linköping	6,8	− 2,9	− 3,0	−0,1	5,3	11,0	15,4	17,7	16,4	12,2	7,1	2,7	0,0
Karlstad flygplats	5,9	− 4,3	− 4,1	−1,1	4,2	10,1	14,4	17,1	15,9	11,5	6,4	2,2	− 0,9
Åmål	6,1	− 3,7	− 3,7	−0,7	4,5	10,2	14,5	16,9	15,6	11,3	6,3	2,2	− 0,6
Vänersborg	6,6	− 2,6	− 2,8	−0,5	4,5	10,1	14,3	16,7	16,0	12,1	7,4	3,2	0,5
Skara	5,8	− 3,3	− 3,6	−1,1	4,7	10,2	14,3	16,5	15,2	11,0	6,3	2,3	− 0,5
Strömstad	6,6	− 2,9	− 3,0	−0,1	4,8	10,5	14,4	16,9	16,0	12,1	7,3	2,9	0,0
Göteborg	7,9	− 0,9	− 1,2	1,3	6,0	11,5	15,2	17,5	16,8	13,1	8,6	4,5	1,8
Halmstad F 14	7,2	− 1,6	− 1,7	0,7	5,4	10,7	14,6	16,7	16,0	12,6	8,0	3,9	1,1
Kalmar F 12	7,0	− 1,7	− 1,9	0,0	5,1	9,8	14,5	17,2	16,3	12,3	7,6	3,6	0,9
Västervik	6,9	− 2,0	− 2,2	0,0	4,8	9,7	14,6	17,4	16,4	12,3	7,6	3,5	0,8
Visby	7,2	− 0,6	− 1,4	0,0	4,3	9,0	13,9	17,1	16,6	12,9	8,3	4,4	1,8
Ronneby	7,1	− 1,5	− 1,4	0,5	5,1	10,2	14,3	16,9	16,0	12,4	7,8	4,1	1,2
Karlshamn	7,6	− 0,9	− 0,9	1,1	5,4	10,5	14,8	17,3	16,4	12,9	8,4	4,6	1,7
Hagshults flygplats	5,6	− 3,4	− 3,5	−1,0	4,0	9,4	13,4	15,5	14,5	10,8	6,0	2,1	− 0,6
Huskvarna	6,5	− 2,4	− 2,6	−0,2	4,9	10,1	14,5	16,8	15,7	11,6	6,8	3,0	0,3
Jönköping	6,1	− 2,6	− 3,0	−0,7	4,3	9,3	13,8	16,3	15,2	11,4	6,6	2,7	0,0
Borås	6,3	− 2,9	− 3,0	−0,4	4,7	10,5	14,2	16,5	15,4	11,4	6,7	2,7	− 0,1
Nässjö	5,4	− 4,1	− 4,1	−1,2	3,9	9,6	13,7	16,1	14,8	10,7	5,7	1,5	− 1,3
Växjö	6,5	− 2,8	− 2,7	−0,1	5,0	10,5	14,6	16,6	15,6	11,6	6,8	2,8	− 0,1
Malmö flygplats	8,0	− 0,5	− 0,7	1,4	6,0	11,0	15,0	17,2	16,7	13,5	8,9	4,9	2,0
Kristianstad	7,7	− 0,9	− 0,9	1,2	5,9	11,1	15,2	17,4	16,5	12,9	8,3	4,5	1,6
Lund	8,0	− 0,7	− 0,8	1,3	6,2	11,3	15,2	17,4	16,8	13,5	8,7	4,8	1,9
Alnarp	7,8	− 0,8	− 1,0	1,2	5,9	11,1	15,0	17,1	16,6	13,3	8,5	4,6	1,8
Ystad	7,8	− 0,2	− 0,6	1,2	5,3	10,1	14,1	16,7	16,4	13,4	9,2	5,3	2,4

Bilaga 9 – DUT

...vintertid

7:23

...rande utetemperatur för värmeanläggning, DUT 5 ⑨



Bilaga 10 - Molnfaktor

CALCULATION FACTORS FOR WINDOWS ACCORDING TO CLOUDY DAYS

MONTH	CALCULATION FACTOR
January	0.45
February	0.49
March	0.58
April	0.58
May	0.63
June	0,61
July	0,61
August	0,59
September	0.58
October	0.51
November	0.42
December	0.43

Bilaga 11 - Solinstrålning

II:2.1.2 Dygnssummor den 15:e i varje månad av strålning mot vertikala ytor, Wh/m²dygn 151

Månad	Horisont-avskärm-ning,°	Vertikala ytans orientering N			E			S			W		
		−180	−150	−120	−90	−60	−30	0	30	60	90	120	150
Latitud 60 ° N													
Januari	0	130	130	180	550	1440	2360	2710	2360	1440	550	180	130
	10	70	70	70	90	140	180	200	180	140	90	70	70
Februari	0	370	370	640	1550	2900	4280	4880	4280	2900	1550	640	370
	10	340	340	400	1030	2240	3530	4020	3530	2240	1030	400	340
Mars	0	730	900	1720	3050	4520	5740	6320	5740	4520	3050	1720	900
	10	710	730	1290	2460	3920	5290	5970	5290	3920	2460	1290	730
April	0	1350	1990	3320	4750	5850	6370	6410	6370	5850	4750	3320	1990
	10	1170	1640	2810	4220	5420	6160	6390	6160	5420	4220	2810	1640
Maj	0	2350	3050	4460	5630	6150	5980	5730	5980	6150	5630	4460	3050
	10	1840	2570	3910	5130	5840	5920	5710	5920	5840	5130	3910	2570
Juni	0	3210	3870	5230	6190	6350	5920	5460	5820	6350	6190	5230	3870
	10	2420	3180	4570	5650	6070	5790	5430	5790	6070	5650	4570	3180
Juli	0	2830	3510	4910	5960	6280	5820	5580	5890	6280	5960	4910	3510
	10	2270	3020	4410	5540	6050	5870	5560	5870	6050	5540	4410	3020
Augusti	0	1700	2380	3720	5020	5850	6070	5970	6070	5850	5020	3720	2380
	10	1400	2020	3240	4550	5520	5950	5940	5950	5520	4550	3240	2020
September	0	900	1230	2200	3520	4820	5760	6130	5760	4820	3520	2200	1230
	10	880	1070	1930	3200	4530	5580	6080	5580	4530	3200	1930	1070
Oktober	0	510	530	1010	2110	3570	4960	5620	4960	3570	2110	1010	530
	10	470	480	650	1500	2850	4290	4870	4290	2850	1500	650	480
November	0	200	200	270	840	1910	3040	3480	3040	1910	840	270	200
	10	160	160	160	300	990	1590	1810	1590	990	300	160	160
December	0	80	80	90	350	1060	1770	2030	1770	1060	350	90	80
	10	40	40	50	60	90	120	130	120	90	60	50	40
Latitud 56° N													
Januari	0	230	230	300	910	2050	3260	3730	3260	2050	910	300	230
	10	190	190	200	460	1350	2180	2490	2180	1350	460	200	190
Februari	0	480	480	870	1920	3370	4810	5470	4810	3370	1920	870	480
	10	450	450	610	1440	2790	4240	4820	4240	2790	1440	610	450
Mars	0	820	1020	1920	3280	4720	5860	6420	5860	4720	3280	1920	1020
	10	810	900	1640	2930	4370	5620	6260	5620	4370	2930	1640	900
April	0	1370	2030	3360	4760	5770	6190	6180	6190	5770	4760	3360	2030
	10	1230	1750	2950	4320	5410	6010	6160	6010	5410	4320	2950	1750
Maj	0	2230	2980	4390	5500	5950	5690	5360	5690	5950	5500	4390	2980
	10	1890	2650	4000	5150	5730	5640	5350	5640	5730	5150	4000	2650
Juni	0	2950	3670	5060	5980	6090	5470	5030	5470	6090	5980	5060	3670
	10	2470	3250	4630	5620	5900	5450	5020	5450	5900	5620	4630	3250
Juli	0	2630	3380	4790	5790	6050	5560	5160	5560	6050	5790	4790	3380
	10	2080	2870	4210	5280	5730	5510	5140	5510	5730	5280	4210	2870
Augusti	0	1680	2380	3720	4970	5720	5850	5680	5850	5720	4970	3720	2380
	10	1460	2110	3360	4610	5460	5750	5670	5750	5460	4610	3360	2110
September	0	980	1330	2350	3680	4920	5760	6100	5760	4920	3680	2350	1330
	10	960	1170	2080	3360	4630	5580	6050	5580	4630	3360	2080	1170
Oktober	0	610	650	1250	2450	3940	5320	5990	5320	3940	2450	1250	650
	10	590	590	920	1950	3380	4850	5500	4850	3380	1950	920	590
November	0	300	300	440	1190	2460	3800	4340	3800	2460	1190	440	300
	10	270	270	280	720	1800	2900	3310	2900	1800	720	280	270
December	0	170	170	210	680	1700	2750	3150	2750	1700	680	210	170
	10	120	120	120	180	640	1020	1160	1020	640	180	120	120

Bilaga 12 - Frågeformulär

Vilken våning bor Ni på?

Balkong: Ja Nej

Hörnlägenhet: Ja Nej

1, Hur upplever Ni temperaturen i Er lägenhet?

a, För varmt

b, Varmt

c, Lagom

d, Svalt

e, För kallt

2, Hur upplever Ni ventilationen?

a, Dragigt

b, Lagom

c, Kvavt

3, Upplever Ni att det blir extra kallt vid fönstren och/eller balkongen under vintern?

a, Ja

B, Nej

4, Har Ni någon form av lågenergilampor i lägenheten?

a, Ja, alla/nästan alla

b, Ja, ett fåtal

c, Nej

5, Är Ni noggranna med att släcka lyset när ni lämnar rummet för en längre tid/går hemifrån?

a, Ja, alltid

b, Ja, oftast

c, Ibland

d, Nej

6, Är Era apparater – så som dator, TV m.m. – energisnåla?

a, Ja

b, De är av nyare modell, så det borde de vara

c, Nej

d, Vet ej

7, Är Ni noggranna med att slå av dessa apparater när ni lämnar rummet för en längre tid/går hemifrån?

a, Ja, alltid

b, Ja, oftast

c, Ibland

d, Nej

8, Använder Ni torkrummet i tvättstugan?

a, Ja, mycket

b, Ja, ibland

c, Nej, aldrig

9, Om Ja, hur många timmar per gång?

a, 4 timmar

b, 8 timmar

c, ……. timmar

10, Anser Ni att torkrummet fungerar bra?

a, Ja

b, Det duger

c, Nej

11, Brukar Ni vädra Er lägenhet?

a, Ja, ofta

b, Ibland

c, Nej, aldrig

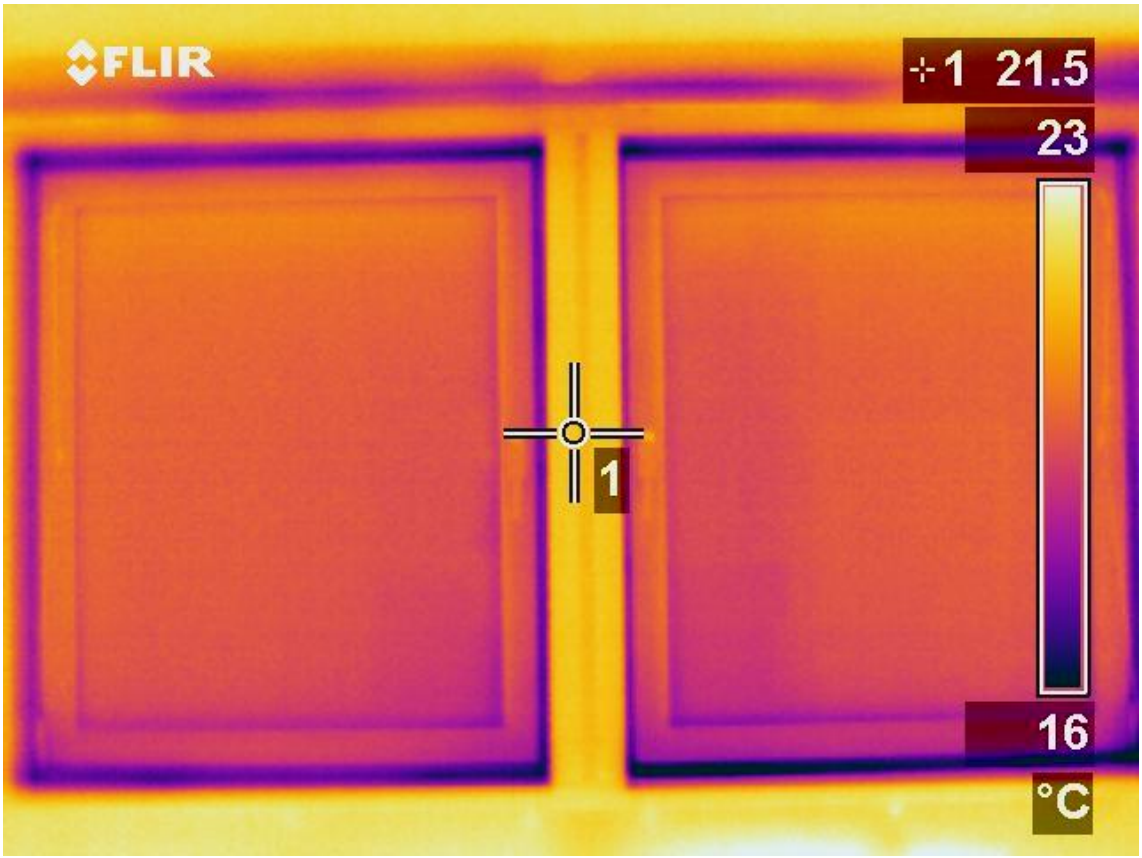
12, Om ja, hur länge brukar Ni vädra?

Svar: ……..

Bilaga 13 – Beräkningar transmission

	U-värde			Framräknat		Huvudbyggnad								
Vindsbjälklag:	0,17	W/m2K	Tak annex:	0,12	W/m2K			Area sid 1	Area sid 2	Area sid 3	Värmeeffektbehov		Värmebehov	
Betongvägg utan isolering:	0,8	W/m2K				Vån 2	Fönster:	37,04	15,3	0	9,590724	kW	29829,61	kWh
Väggar med isolering:	0,25	W/m2K					Vägg:	69,98	35,24	0	0,4875975	kW	1516,553	kWh
Yttertak:	0,17	W/m2K	+ 15% för himmelstrålning				Dörrar:	2,87	0	0	0,11193	kW	348,131	kWh
Källare:	0,6	W/m2K				Vån 3	Fönster:	16,25	6,43	2,96	1,899924	kW	5909,251	kWh
Ytterdörrar:	1	W/m2K					Vägg:	69,98	35,24	21,53	0,9858225	kW	3066,161	kWh
Garageport:	1,5	W/m2K					Dörrar:	0	0	0	0	kW	0	kWh
3-glasfönster:	1,9	W/m2K				Vån 4	Fönster:	27,09	10,71	15,99	3,985839	kW	12396,98	kWh
2-glasfönster:	3	W/m2K					Vägg:	76,14	38,34	54,78	1,1182275	kW	3477,974	kWh
1-glasfönster:	5,4	W/m2K					Dörrar:	0	0	0,78	0,03042	kW	94,614	kWh
						Vån 5	Fönster:	27,09	9,29	21,74	4,306692	kW	13394,92	kWh
Delta T 1:	39	K					Vägg:	76,14	38,34	54,78	1,083615	kW	3370,321	kWh
Gradtimmar:	121300	h					Dörrar:	0	0	0	0	kW	0	kWh
						Vån 6	Fönster:	24,08	8,57	17,44	3,711669	kW	11544,24	kWh
Normaltemperatur:	5	°C					Vägg:	75,34	40,1	54,2	1,1359725	kW	3533,166	kWh
Ekvationer	$P = \Sigma(U * A) * (T_i - DUT)\ [W]$						Dörrar:	0	0,7	2,34	0,11856	kW	368,752	kWh
	$Q = \Sigma(U * A) * G_t\ [Wh]$					Vån 7	Fönster:	21,07	8,57	21,8	3,811704	kW	11855,38	kWh
Totalt:							Vägg:	79,63	40,1	79,63	1,3844025	kW	4305,847	kWh
Huvudbyggnad: 105 731 kWh	33,9943695	kW	124,173902	MWh			Dörrar:	2,11	0,7	3,12	0,23127	kW	719,309	kWh
Annex: 41 698 kWh	13,4066205	kW	45,496532	MWh			Innertak:	361,9485			0,31380935	kW	7463,74	kWh
Källare: 95 595 kWh	0,32058	kW	105,721016	MWh			Yttertak:	207,88	207,88		0,48768648	kW	8573,387	kWh
Summa:	47,72157	kW	275,39145	MWh										
						Annex								
								Area sid 1	Area sid 2	Area sid 3	Värmeeffektbehov		Värmebehov	
W=kW / kW=MWh:	0,001					Vån 2	Fönster:	7,92	0	0	0,586872	kW	1825,322	kWh
							Vägg:	66,38	0	0	0,548535	kW	1706,085	kWh
Sammanlagt:	388,7699037	MWh					Dörrar:	2,2	0	0	0,0858	kW	266,86	kWh
						Vån 3	Fönster:	15	2,35	0,73	1,339728	kW	4166,898	kWh
Fönster: 110 750 kWh	110749,9325	kWh					Vägg:	65,25	65,25	24,94	1,33926	kW	4165,442	kWh
Väggar: 58 645 kWh	58645,2749	kWh					Dörrar:	0	0	0	0	kW	0	kWh
Tak: 32 367 kWh	32367,14272	kWh				Vån 4	Fönster:	19,11	5,7	4,04	2,137785	kW	6649,06	kWh
Dörrar: 3 673 kWh	3672,964	kWh					Vägg:	58,95	58,95	14,53	0,97461	kW	3031,287	kWh
Golv. 69 956 kWh	69956,136	kWh					Dörrar:	3,03	0,59	0	0,14118	kW	439,106	kWh
Summa	275391,4501	kWh				Vån 5	Fönster:	19,11	5,7	4,04	2,137785	kW	6649,06	kWh
							Vägg:	58,95	58,95	14,53	0,97461	kW	3031,287	kWh
Transmission: 275 391 kWh	275391	kWh					Dörrar:	3,03	0,59	0	0,14118	kW	439,106	kWh
Ventilation: 92 754 kWh	92754	kWh				Vån 6	Fönster:	19,11	5,99	3,23	2,099253	kW	6529,215	kWh
Tappvarmvatten: 47 931 kWh	47931	kWh					Vägg:	54	53,33	13,31	0,9000225	kW	2799,301	kWh
Värmeförluster	416077	kWh					Dörrar:	0	0	0	0	kW	0	kWh
							Innertak:	0			0	kW	0	kWh
							Yttertak:	112,5	35,1	79,32	0	kW	3303,048	kWh
						Källare								
							Area [m2]				Värmeeffektbehov		Värmebehov	
						Golv:	961,2	0	0	0	0	kW	69956,14	kWh
						Vägg:	338,58	0	0	0	0	kW	24641,85	kWh
						Garagepor	5,48	0	0	0	0,32058	kW	997,086	kWh
						Tak innerg	427	0	0	0	2,83101	kW	10125,94	kWh

Bilaga 14 – IR – bild



Bilaga 15

$Q = \alpha * A * \beta * I * Dagar_{månad}$

Q = Värmetillskott [kWh]
α = Fönsterfaktor [-]
β = Molnfaktor [-]
I = Solinstrålning [Wh/m2/dygn]
A = area

Solinstrålningen (I) beroende på månad och väderstreck.

Väderstreck	Jan	Feb	Mars	Apr	Maj	Sep	Okt	Nov	Dec
Nordväst 150°	130	370	900	1990	3050	1230	530	200	80
Nordost - 120°	160	640	1720	3320	4460	2200	1010	270	90
Sydväst 60°	1440	2900	4520	5850	6150	4820	3570	1920	1060
Sydost -30°	2360	4280	5740	6370	5980	5760	4960	3640	1770
Molnfaktor (β)	0,45	0,49	0,58	0,58	0,63	0,58	0,51	0,42	0,43
Dygn	31	28	31	30	15	15	31	30	31

	α		Area NV		Area NO		Area SV		Area SO	
1-glas:	0,9	m2	29	m2	0	m2	13	m2	0	m2
2-glas:	0,8	m2	10	m2	0	m2	0	m2	0	m2
3-glas:	0,72	m2	128	m2	20	m2	124	m2	80	m2

Exempel

Solinstrålning januari (NV): $Q = \alpha * A * \beta * I * Dagar_{månad}$ $Q = ((0,9 * 29) + (0,8 * 10) + (0,72 * 128)) * (0,45 * 130 * 31) = 229\,000$ Wh = 229 kWh
Solinstrålkning hela januari: 4186 kWh
Solinstrålning februari: 8168 kWh
Solinstrålning mars: 16640 kWh
Solinstrålning april: 21867 kWh
Solinstrålning maj: 13370 kWh
Solinstrålning september: 8748 kWh
Solinstrålning oktober: 12687 kWh
Solinstrålning november: 5452 kWh
Solinstrålning december: 2938 kWh Total: 93 000 kWh = 93 MWh

Case Study

3-glasfönster

Area NO:	0,64	m2
Area NV:	3,23	m2
Area SV:	3,23	m2
α:	0,72	

$Q = \alpha * A * \beta * I * Dagar_{månad}$

Solinstrålning januari (NO): Q = 0,72 * 0,64 * 0,45 * 160 *31 = 1028 Wh = 1 KWh
Solinstrålning hela januari: 52 kWh
Solinstrålning februari: 108 kWh
Solinstrålning mars: 241 kWh
Solinstrålning april: 344 kWh
Solinstrålning maj: 222 kWh
Solinstrålning september: 167 kWh
Solinstrålning oktober: 158 kWh
Solinstrålning november: 70 kWh
Solinstrålning december: 36 kWh Total: 1398 kWh

$Q = \alpha * \beta * I * Dagar_{månad} * A$

Q = Värmetillskott [kWh]

α = Fönsterfaktor [-]

β = Molnfaktor [-]

I = Solinstrålning [Wh/m2/dygn]

A = area

Solinstrålningen (I) beroende på månad och väderstreck.

Väderstreck	Jan	Feb	Mars	Apr	Maj	Sep	Okt	Nov	Dec
Nordväst 150°	130	370	900	1990	3050	1230	530	200	80
Nordost - 120°	160	640	1720	3320	4460	2200	1010	270	90
Sydväst 60°	1440	2900	4520	5850	6150	4820	3570	1920	1060
Sydost -30°	2360	4280	5740	6370	5980	5760	4960	3640	1770
Molnfaktor (β)	0,45	0,49	0,58	0,58	0,63	0,58	0,51	0,42	0,43
Dygn	31	28	31	30	15	15	31	30	31

	α		Area NV		Area NO		Area SV		Area SO	
1-glas:	0,9	m2	29	m2	0	m2	13	m2	0	m2
2-glas:	0,8	m2	10	m2	0	m2	0	m2	0	m2
3-glas:	0,72	m2	128	m2	20	m2	124	m2	80	m2

Exempel

Solinstrålning januari (NV): $Q = \alpha * A * \beta * I * Dagar_{månad}$ $Q = ((0,9 * 29) + (0,8 * 10) + (0,72 * 128)) * (0,45 * 130 * 31) = 229$ kWh

Solinstrålkning hela januari: 4186 kWh

Solinstrålning februari: 8168 kWh

Solinstrålning mars: 16640 kWh

Solinstrålning april: 21867 kWh

Solinstrålning maj: 13370 kWh

Solinstrålning september: 8748 kWh

Solinstrålning oktober: 12687 kWh

Solinstrålning november: 5452 kWh

Solinstrålning december: 2938 kWh