

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5079

Lund 2014

# Utveckling av energisimuleringsprogrammet Glazing-LTH

Khoan Horn

Mustafa Sak



**LUND**  
UNIVERSITY

# Utveckling av energisimuleringsprogrammet Glazing-LTH

Khoan Horn  
Mustafa Sak

© Khoan Horn och Mustafa Sak

ISRN LUTVDG/TVBH-14/5079--SE(56)

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

---

## Förord

Denna rapport är skriven som en del av ett 30 högskolepoängs examensarbete på avdelningen för Byggnadsfysik i samarbete med avdelningen för Byggnadsmekanik, vid Lunds Tekniska Högskola. I examensarbetet ingår också utvecklingen av ett användargränssnitt till en befintlig beräkningskod.

Vi är väldigt tacksamma för våra handledare som väglett oss och hjälpt oss under arbetets gång. Tack till våra familjer som alltid stöttat och uppmuntrat oss.

Vi vill även rikta ett stort tack till Dr. Jonas Lindemann för hjälpen med datamodellen och allt rörande programmering, ett stort tack till universitetslektor Petter Wallentén för att han har hjälpt oss att förstå det byggnadsfysiska problemet samt den erfarenhet han har bidragit med gällande DEROB-LTH och ParaSol. Tillslut vill vi även passa på att tacka Dr. Kurt Källblad som har anpassat beräkningsmoduler från DEROB-LTH för att fungera för just de specifika beräkningsfall som körs i vårt program. Vi glömmer inte heller bort alla de andra lärare och anställda på Lunarc och Byggnadsfysik som vi har stött under arbetets gång, tack för att ni har haft tålamod med oss!

Lund, September 2014.

Khoan Horn och Mustafa Sak

---

---

---

## Abstract

As more people are willing to take up the challenge of the global climate changes, new smart and effective solutions needs developing in order for constructions to be environmentally friendly. For the last few years much focus has been given to improve the effectiveness of energy usage and minimizing the heat loss by developing so called passive houses. A different approach that has been used mainly in office buildings is the so called double-skin facade where the building's facade includes a second layer, often in glass. When using a double-skin facade a building's energy usage can be reduced and therefore the costs by utilizing the improved insulation properties and the solar energy.

In the year of 2010, the City Planning office in Malmö decided to renovate an old building in an area called Sege park in the city of Malmö. The plan was to use this building as a residence for students or people in need of a temporary apartment. To preserve the building's original appearance, it was decided that an additional glass facade was to be built as a shell on the existent facade of brick. Two students of the University of Lund made a master's thesis on the Division of Building Physics where they examined the building from an energy perspective. After simulations with the program Derob-LTH, they reached the conclusion that the building indeed had improved its indoor climate but that they needed a better optimized calculation program for more precise results on the improvement. This led to the Division of Building Physics to request the developing of a program that would be better suited for calculations of this kind in the future.

This report is about the development of such a program and also of the advantages and disadvantages of a double-skin facade. The program is developed with the tool Delphi XE5 and the goal of this thesis is to offer the user a simple user interface, capable of doing calculations on constructions involving an additional glass-skin facade. By controlling the majority of the parameters, the user should be able to make an energy-calculation by specifying only few properties like the building's dimensions, location and materials. In the end of the report, a comparison is made of the developed program and the existing program Derob-LTH.

---

---

---

## Sammanfattning

I takt med att det globala klimatet förändras ökar också viljan att utveckla klimatsmarta och energieffektiva lösningar för byggandet av olika konstruktioner. De senaste åren har mycket fokus lagts på att effektivisera energianvändningen och minimera värmeförluster genom så kallade passivhus och nollenergihus. En annorlunda åtgärd som huvudsakligen används vid kontorsbyggnader är den så kallade dubbelskalfasaden där man bygger på ytterligare ett glasskal på en befintlig fasad. På detta sätt kan man minska energianvändningen och därmed kostnaden genom att utnyttja solenergi och de förbättrade isoleregenskaper som inglasning medför.

År 2010 beslutade stadsbyggnadskontoret i Malmö att man skulle renovera en gammal byggnad som finns vid Sege park i Malmö. Denna byggnad skulle sedan användas för studentlägenheter eller övernattningslägenheter. För att bevara byggnadens ursprungliga utseende bestämde man att man kunde glasa in den befintliga tegelfasaden. Två lundastudenter utförde ett examensarbete på avdelningen för Byggnadsfysik där de undersökte byggnaden ur ett energiperspektiv. Slutsatsen blev att byggnaden hade fått ett förbättrat inomhusklimat men för ett mer exakt resultat på förbättringen krävdes ett bättre lämpat beräkningsprogram än det använda, Derob-LTH. Detta ledde fram till att avdelningen efterfrågade ett nytt program som skulle vara bättre lämpat för liknande beräkningar i framtiden.

Denna rapport handlar om utvecklingen av ett sådant program och vilka för- och nackdelar det finns med en dubbelskalfasad. Programmet är utvecklat i miljön Delphi XE5 och målet med detta arbete är att erbjuda användaren ett enkelt gränssnitt som klarar av att simulera fall med inglasade konstruktioner. Genom hårt styrda parametrar skall användaren kunna utföra en energiberäkning genom att endast behöva ange få egenskaper som dimensioner, plats och material för byggnaden. I slutet av rapporten jämförs det utvecklade programmet med Derob-LTH.



---

---

---

# Innehållsförteckning

Förord.....	i
Abstract .....	iii
Sammanfattning.....	v
Innehållsförteckning.....	vii
1. Introduktion.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte & Mål.....	1
1.3 Avgränsningar.....	1
1.4 Metod.....	1
2. Teori.....	3
2.1 Växthuseffekten .....	3
2.2 Inglasning.....	3
2.2.1 Fördelar .....	3
2.2.2 Nackdelar.....	3
2.3 Byggnad 22 .....	4
2.3.1 Ventilation .....	4
3. DEROB.....	7
3.1 Uppbyggnad av DEROB.....	8
4. Utveckling av Glazing-LTH .....	9
4.1 Val av utvecklingsmiljö .....	9
5. Design- och utvecklingsprocess av användargränssnitt.....	11
5.1 Utvecklingsprocessen .....	11
5.2 Slutgiltigt gränssnitt.....	15
6. Programmets uppbyggnad .....	17
6.1 Klasstruktur .....	18
6.1.1 TDerobBase .....	18
6.1.2 TDerobProperties .....	18
6.1.3 TDerobModel .....	20
6.1.4 TSurface.....	20
6.2 Koppling till beräkningsprogram DEROB.....	21
6.3 Materialbibliotek.....	24
6.3.1 Glaskonstruktioner .....	24
6.3.2 Klimat.....	24
6.4 Biblioteksfil för beräkning .....	25

---

6.5	Indata.....	25
7.	Resultat.....	27
7.1	Jämförelse mot Derob-LTH.....	32
8.	Diskussion och slutsatser.....	35
9.	Framtida utveckling.....	37
	Referenslista.....	39
	Appendix.....	1
A.	Tabeller för inglasning.....	1
B.	Fullständigt klassträd för datamodellen.....	1
C.	Tillämpningsexempel.....	1
D.	Jämförelse Derob-LTH.....	1

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Våren 2012 undersöktes en nyrenoverad tegelbyggnad, i Sege park, Malmö. Man ville förbättra inomhusklimatet i byggnaden samtidigt som man bevarade byggnadens karaktär. Detta innebar bland annat att tegelfasaden skulle lämnas orörd. Byggherren valde då att lösa detta genom att glasa in tegelfasaden, för att förbättra väggarnas isolerande egenskaper. Stadsfastigheter i Malmö efterfrågade en utvärdering av byggnaden i fråga ur ett energiperspektiv. Våren 2012 utfördes en sådan utvärdering som ett examensarbete av två studenter på Lunds tekniska högskola. Till sin hjälp hade studenterna bl.a. tillgång till energiberäkningsprogrammet DEROB-LTH. Programmet utvecklades redan på 60-talet och har sedan dess vidareutvecklats av LTH. Det nuvarande användargränssnittet är inte optimerat för fall där en konstruktion får en inglasad fasad. Detta eftersom gränssnittet saknar möjlighet att implementera styrd ventilation från ett rum till ett annat, vilket gör att beräkningar inte tar hänsyn till uppvärmd ventilationsluft från inglasningar. För att lättare kunna utföra beräkningar av detta slag i framtiden så behöver ett nytt användargränssnitt tas fram.

## 1.2 Syfte & Mål

Målet med examensarbetet var att utveckla ett användargränssnitt, som är anpassat för byggnader med inglasade fasader, för programmet DEROB-LTH. Med hårt styrda parametrar ska programmet kunna utföra en simulering på ett, för användaren, enkelt sätt och ge utdata, till exempel energibehov och temperatur i byggnaden. Med hårt styrda parametrar menas att mycket indata är bestämt i förväg och således ska användaren inte ha möjlighet till att ändra dessa indata.

## 1.3 Avgränsningar

Examensarbetet är centrerat kring själva programmet. Därför kommer byggnadsfysikaliska fenomen som uppstår i byggnaden vara beskrivna mer översiktligt. Då gränssnittet använder sig av den befintliga beräkningskoden DEROB antas det också att simuleringarna som utförs är rimliga. En omfattande undersökning och beskrivning av DEROB kommer inte att behandlas i detta examensarbete. Dessutom görs inte några användartester för det nya gränssnittet. Eftersom examensarbetet kretsar kring programmet kommer det inte göras någon omfattande litteraturstudie. Information om referensfallet i Sege Park kommer inhämtas från det tidigare examensarbetet.

## 1.4 Metod

Gränssnittet kommer att designas och kodas i utvecklingsmiljön Delphi. Den första delen i arbetsgången kommer ägnas till inläring av Delphi med hjälp av handledare och böcker. Tester kommer sedan att utföras på Derob-LTH för att få en uppfattning om vad som behöver finnas med och vad som kan förenklas. Efter testerna skissas olika förslag till gränssnitt. Nästa steg i arbetet blir att skapa en preliminär modell och klasstruktur. Efter detta börjar design och utveckling av användargränssnitt. När gränssnittet väl är färdigt kommer en omvandlingsenhet, som mappar indata från gränssnitt till passande format, att skapas. Sista steget i arbetet kommer involvera att genom gränssnittet exekvera beräkningskoden och därefter hämta resultatvärden för utdata.



## 2. Teori

### 2.1 Växthuseffekten

Jordens atmosfär har en förmåga att släppa igenom, absorbera eller reflektera strålning av olika våglängder. Tack vare atmosfärens förmåga har den en värmende inverkan på jordytans temperatur som är livsviktig. En förenkling är att den solenergi som når jordytan inte helt reflekteras ut igen då vår atmosfär innehåller gaser och moln som absorberar infraröd strålning för att sedan återstråla en del tillbaka mot jorden (Tjernström & Björkström, 2014).

Namnet på fenomenet beror på liknelsen mellan jorden och ett växthus, där solenergi kommer in i huset och på grund av glaset kommer inte hela mängden ut igen utan att en del strålning reflekteras tillbaka till växthuset igen. Eftersom glas har denna egenskap kan det utnyttjas för att värma upp volymer med hjälp av solenergi.

### 2.2 Inglasning

En inglasning av en befintlig fasad har både fördelar och nackdelar som är presenterade nedan.

#### 2.2.1 Fördelar

**Lägre energibehov för uppvärmning** då det vid inglasning skapas en volym med luft mellan ytterglas och konstruktionens vägg. Denna volym värms av solen och värme från husets fasad. Om tilluften till huset tas via denna volym förvärms den innan den släpps in i byggnaden och på så sätt kan innertemperaturen höjas. Genom att utnyttja solenergi minskas också energianvändningen för byggnaden genom att minska transmissionsförlusterna från huset. Luftspalten agerar dessutom som ett ytterligare motstånd mot energitransport vilket innebär att byggnaden får ytterligare isolering (Poirazis, 2006). Under varma dagar gör inglasningen att rummen har lättare för att behålla sval luft. Eftersom det dessutom är svalare på natten kan man dock utan att oroa sig ventilerare byggnaden naturligt genom att låta fönster vara öppna. I och med inglasningen kan detta göras utan att det blir eller känns otryggt.

**Billigare i längden** för att solenergi utnyttjas samt att isolering och utestängning av kall eller varm luft förbättras. (Poirazis, 2006).

**Lägre ljudnivåer** för byggnader belägna i bullriga områden. Dock måste utförandet vara rätt eftersom ljudnivåerna är väldigt beroende på inglasningen och hur många springor som finns på glasfasaden (Poirazis, 2006).

Ur en estetisk synpunkt kan inglasning anses vara tilltalande på grund av den transparenta egenskapen fasaden får.

#### 2.2.2 Nackdelar

En ytterligare fasad innebär dyrare konstruktionskostnader. Dessutom innebär det vid nybyggen att det ytterligare lagret och luftskiktet gör att byggnaden förlorar en del boyta eller kontorsutrymme. Detta gör att det är väldigt viktigt att man vid utformning hittar ett optimalt mått på luftskiktet (Poirazis, 2006).

Andra nackdelar är bl.a. högre kostnader för underhållning och rengöring och risk för övertemperaturer inomhus om inglasningen inte är utformad ordentligt. Faktorer som påverkar är tjocklek på luftskiktet samt storlek på springorna som släpper in uteluft (Poirazis, 2006).

## 2.3 Byggnad 22

Mentalsjukhuset Östra Sjukhuset i Malmö var hemmahörande i Sege Park från mitten av 30-talet till 90-talet. Efter att Östra Sjukhuset stängdes ner har vissa av de gamla avdelningsbyggnaderna byggts om till bland annat studentlägenheter. Byggnad 22 var under verksamhetstiden en bostad för sjukhusets vaktmästare (Andréasson, 2009).

Man hade planer på att använda byggnaden som övernattningslägenheter eller som studentlägenheter. För att detta skulle vara möjligt krävdes en ombyggnation för att främst tillfredsställa temperaturbehov och inomhusklimat (Elfborg & Vrbanjac, 2012). Eftersom byggnaden ansågs ha ett kulturhistoriskt värde och är k-märkt gjordes en kulturmiljöutredning av Kulturmiljösektionen vid Malmö Muséer (Andréasson, 2009). Utredningen utfördes av Anna Andréasson och ledde fram till ett beslut om att byggnad 22 skulle bevaras och en omfattande ombyggnation var då inte möjlig.

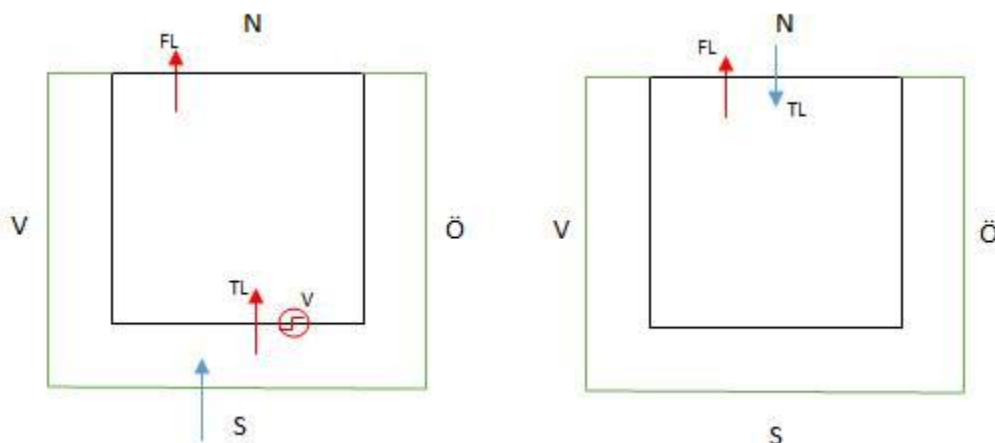
Det började så småningom uppkomma idéer på att utföra något speciellt med huset som att tilläggsisolera byggnaden genom att bygga ytterligare en fasad, gjord av glas, på den befintliga fasaden (Elfborg & Vrbanjac, 2012). Stadsbyggnadskontoret såg det som en möjlighet att använda huset som ett experiment och en kort tid därefter beslutade man i mars 2010 att hela byggnad 22 skulle glasa in. Men på grund av det redan trånga utrymmet runt byggnaden valde man att lämna den norra fasaden orörd. NCC fick uppdraget och renoveringen av huset blev färdig i slutet av 2011.

I ett examensarbete år 2012 av två lundastudenter gjordes mätningar på bland annat skillnaderna i köpt energi mellan originalhuset och den nya inglasade versionen. Med hjälp av energiberäkningsprogram som Derob, IDA/ICE och teoretisk handberäkning kom de fram till att det fanns en differens mellan den gamla och den nya byggnaden (Elfborg & Vrbanjac, 2012). De konstaterade att det fanns en energibesparing som berodde på faktorer som minskad kylande vindbelastning på husväggen, ökad isolering p.g.a. luftskiktet och solinstrålning. När det gäller solinstrålningen insåg studenterna att det inte bara påverkade under soliga dagar utan också molniga dagar. Förklaringen låg i att solen också avger en långvågig strålning som reflekteras av moln, vilket bidrar med att diffus strålning från solen når Jorden och då också huset även vid molniga dagar. Dessa examensarbetare kom också fram till att det i verkligheten förmodligen fanns en större energibesparing eftersom de saknade verktyg som kunde räkna med den uppvärmda ventilationsluften från inglasningsvolymen. Det är också därför LTH kände behovet av ett vidareutvecklat datorprogram för att behandla liknande fall i framtiden, därav examensarbetet som presenteras i denna rapport.

### 2.3.1 Ventilation

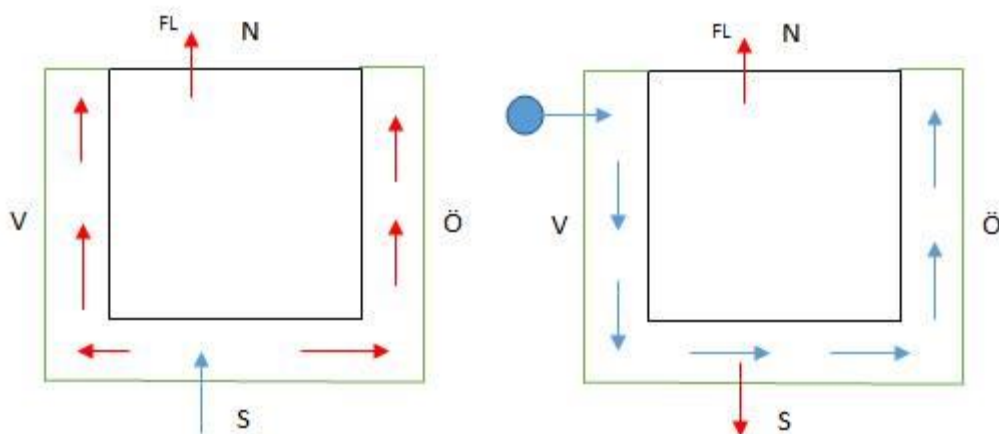
Byggnadens ventilationssystem är uppbyggt av två oberoende separata system, 5701-systemet som sköter till- och frånluft in och ut från byggnaden och 5702-systemet som sköter luftintag och omblandning av luft inuti inglasningsvolymerna (Elfborg & Vrbanjac, 2012).

Friskluftssystemet (5701), figur 2-1, tar in luft till lägenheten på två olika sätt beroende på vilket driftfall som är igång: kyl- eller värmefall. För att ta reda på driftfallet används två temperaturgivare. Vid värmebehov tas tilluften via söderväggen där luften är förvärmad på grund av inglasningen. Om det skulle vara ett värmebehov utöver detta finns ett värmebatteri inuti ventilationsaggregatet som förvärmer luften med hjälp av värmeväxlare innan den kommer in till lägenheterna. Vid kylfall tas luften istället från norrväggen, som saknar inglasning och därmed förvärmning. Ytterligare kylning är inte möjlig då systemet saknar aktiv kylning.



Figur 2-1: Ventilationsfallen i system 5701, FL står för frånluft, TL för tilluft samt V för ventilationsaggregat

Det andra systemet (5702), figur 2-2, är uppbyggt så att luft förs in till inglasningsvolymerna både aktivt och passivt. Systemet tar in luft aktivt genom ett betongrör som är beläget en bit ifrån byggnaden. Med hjälp av fläktar förs luften in i marknivå och sedan förs luften jämnt in till glasutrymmet genom olika don. Passivt tas luft in genom alla de springor som finns på glasfasaden. Likt 5701-systemet har detta system också ett kyl- respektive värmefall som bland annat bestämmer hur luftflödet till glasutrymmet behandlas. Normalt sätt körs värmefallet där luften från söderinglasningens takdel blandas ut till väst- och östfasaden som då värms upp. Om någon av temperaturgivarna, ej att förväxla med 5701-systemets temperaturgivare, visar en för hög temperatur tas istället luften in från betongröret samtidigt som varm luft i glasvolymen släpps ut genom söderfasaden.



Figur 2-2: Ventilationsfallen i system 5702

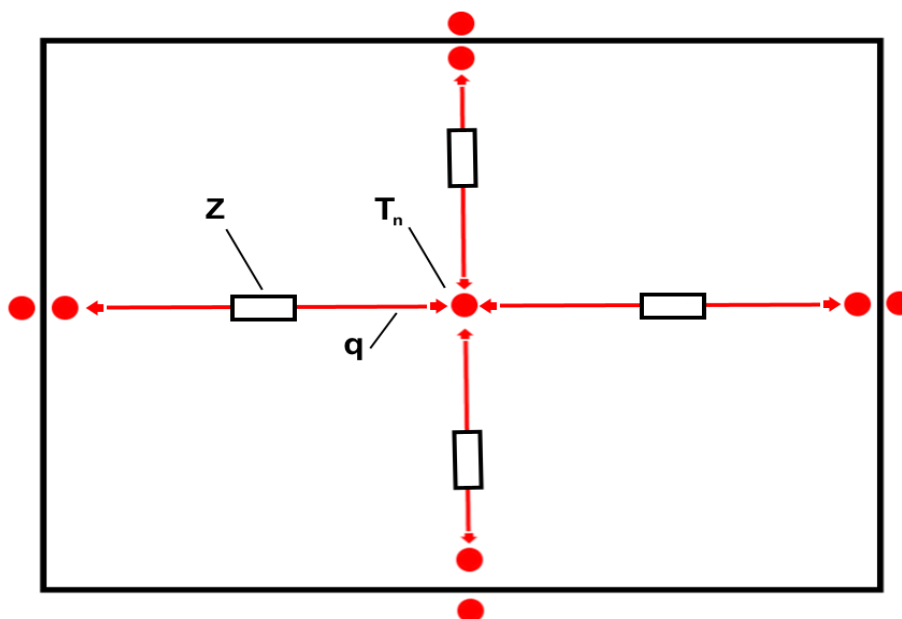




### 3. DEROB

Programmet DEROB, som står för Dynamic Energy Response of Buildings, är ett energisimuleringsprogram som utvecklades på 1960-talet utav Dr. Francisco Arumí-Noe vid University of Texas, Austin, USA (Greninger, 2008). Under 80-talet vidareutvecklades programmet av bland andra Kurt Källblad, Hasse Kvist, Bertil Fredlund, Bengt Hellström och Petter Wallentén vid Lunds Tekniska Högskola (Wall & Bülow-Hübe, 2001). Vidareutvecklingen har senare mynnat ut i andra program som använder sig av beräkningskoden, exempelvis Parasol och DEROB-LTH (Wall & Bülow-Hübe, 2001).

DEROB-LTH är det mest omfattade programmet medan Parasol är ett program som fokuserar främst på beräkningar av byggnader med solskydd. I Parasol är geometrin på konstruktionen mycket begränsad, vilket inte är fallet i DEROB-LTH. I detta program är det möjligt att definiera en byggnad med väggar, golv, tak, fönster och upp till åtta volymer. I programmet ingår också ett materialbibliotek för väggar och fönster. När konstruktionen är definierad och klimatvärden för byggnadens placering har angivits kan man utföra en detaljerad simulering med olika former av utdata, vilka användaren själv kan välja. Exempel på utdata som är tillgängligt för användaren är timvärden på innetemperatur, värme- och kylbehov. Det finns också möjlighet att få ut värden på solstrålningen som passerar, reflekteras eller absorberas av konstruktionen.



**Figur 3-1: Beräkningsexempel för ett rum med Fortran-modulerna**

DEROB-LTH och Parasol använder i grunden samma beräkningsmoduler, som är skrivna i Fortran. Temperaturberäkningarna i ett rum sker enligt figur 3-1 ovan där det är ett flöde mellan ett antal olika noder med värmekapacitet och värmekonduktivitet. Dessa kan ersättas med en impedans ( $Z$ ) mellan start- och slutnoden ( $T_n$ ) istället som i figuren. Beräkningarna mellan noderna sker sedan med Fouriers ekvation för endimensionell transient värmetransport (Källblad, 1998).

Fouriers ekvation för endimensionell värmetransport:

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial^2 x}$$

$T$  = Absoluta temperaturen [ $^{\circ}C$ ]

$t$  = Tiden [ $s$ ]

$x$  = Läge i rummet [ $m$ ]

$a$  = Materialets värmediffusivitet som definieras enligt  $a = \lambda/\rho c$  [ $\frac{m^2}{^{\circ}C \cdot K}$ ]

där  $\lambda$  är värmeledningsförmågan [ $\frac{W}{mK}$ ],  $\rho$  är densiteten [ $\frac{kg}{m^3}$ ]

och  $c$  är den specifika värmekapaciteten [ $\frac{Wh}{kg * K}$ ].

### 3.1 Uppbyggnad av DEROB

Derob-LTH och Glazing-LTH använder sig av samma grund för att utföra beräkningar. Detta sker externt med sex olika fortranmoduler. Dessa måste exekveras i en specifik ordning eftersom de senare modulerna behöver data från de tidigare.

**DIG** - Denna modul måste exekveras först då det är denna som bygger upp geometrin och placerar ut ytorna i koordinatsystemet.

**WAL** - Modulen som tilldelar ytorna de olika konstruktionerna och deras egenskaper såsom värmekonduktivitet, specifik värmekapacitet och tjocklek.

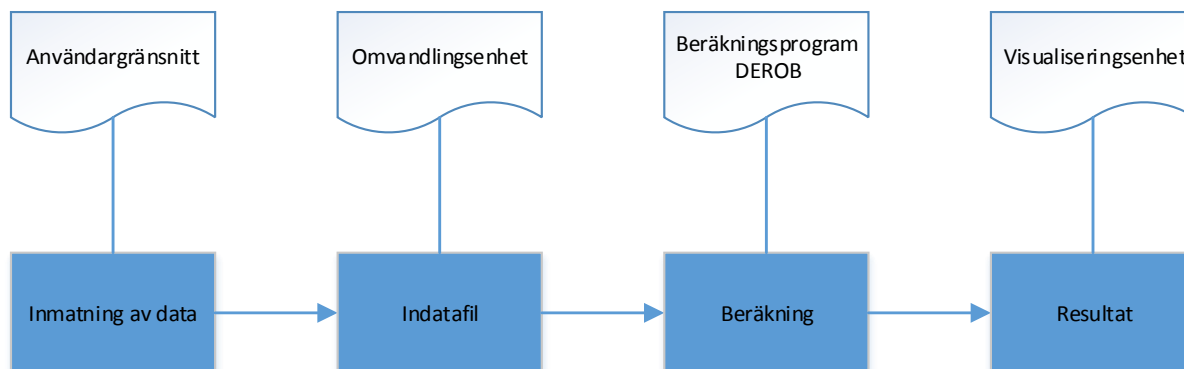
**GF** - De geometriska faktorerna beräknas i denna modul. Detta innebär bland annat kontroller av vilka volymer som angränsar mot varandra. Dessutom hur stor andel av andra väggar som en vägg kan se. Måste exekveras innan LUM.

**LUM** - Här sker beräkningar av hur diffus lång- och kortvågig strålning fördelas i rummet. Måste exekveras innan SOL.

**SOL** - Med hjälp av geometriska data från DIG och resultat från LUM samt uppgifter om byggnadens orientering och latitud beräknas här hur mycket solstrålning som absorberas i byggnadens ytor.

**TL** - Utför beräkningar timvis på byggnaden och tar hänsyn till klimatfiler, ventilation och minimumtemperatur. Måste exekveras sist och ger resultatet i en textfil kallad Vol\_Load. I resultatet hittar man information om temperaturer utomhus, i volymerna och operativa temperaturer i volymerna. Dessutom redovisas värden för global strålning, vilken värme- och kyleffekt som krävs samt hur mycket solstrålning som absorberas i volymen.

## 4. Utveckling av Glazing-LTH



**Figur 4-1: Idé för användning av Glazing-LTH**

Vid utvecklingen av Glazing-LTH var grundidén att indata som användaren skulle ange minimeras. Den största delen av indata skall kunna ges i huvudfönstret och vara självförklarande. När användaren hade fyllt i allt som krävdes i det grafiska gränssnittet, skulle indatan omvandlas till inputfiler för beräkningsmodulerna i DEROB. När dessa var skapade, skulle beräkningsmodulerna anropas och sedan skriva resultatsfiler. Resultatet skulle redovisas i ett diagram med temperaturer och energibehov. Se figur 4-1 ovan.

### 4.1 Val av utvecklingsmiljö

De utvecklingsmiljöer som kunde vara aktuella för gränssnittet var Microsoft Visual Basic från Microsoft samt Delphi XE5 från Embarcadero. Visual Basic-miljön använder sig av Basic-språket och är anpassat för Windows (Microsoft, 2014). Delphi-miljön använder sig av ObjectPascal som utvecklingspråk (Embarcadero, 2014). Fördelen med Delphi XE5 är att programmet i slutändan är plattformsoberoende. Detta innebär att det är möjligt att utveckla till plattformar som iOS och Android samt för Apple datorer som kör OSX. För att tilltala så många användare som möjligt så valdes Delphi XE5 som utvecklingsmiljö. Användargränssnittet utvecklades i första hand med Windows-datorer som målgrupp. Beräkningsmodulerna är dock skrivna för Windows-miljö och kan därför inte enkelt flyttas till andra operativsystem.

Programmeringsspråket Pascal utvecklades baserat på språket ALGOL av Niklaus Wirth på slutet av 1960-talet (Hemmendinger, 2013). Från början var det tänkt att användas i undervisningsyfte där den stora nyheten var strukturerad programmering utan GOTO-argument. Även om syftet var att användas i utbildningsyfte så växte sig språket stort under 70- och 80-tal och var ett av de största språken som användes under denna tid.



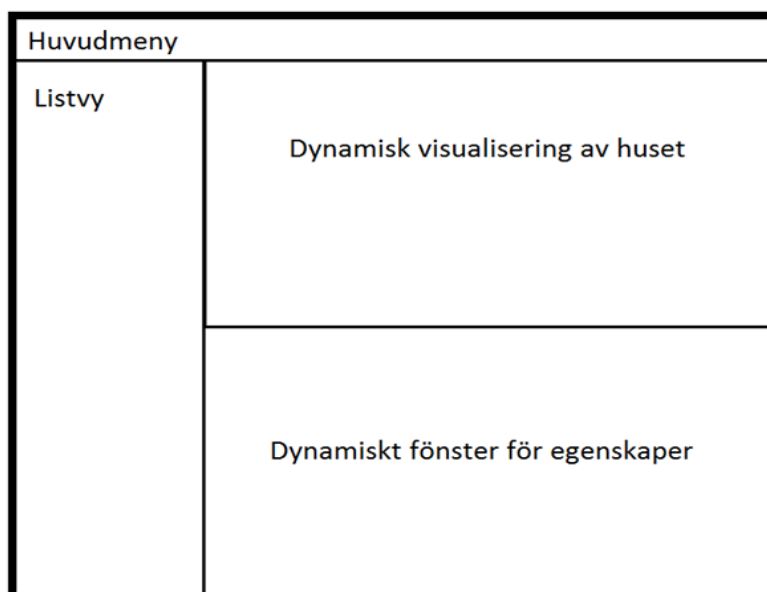
## 5. Design- och utvecklingsprocess av användargränssnitt

Under utvecklingen av gränssnittet har fokus legat på att programmet skall vara lättanvänt och att minimera användarens möjligheter att göra fel. Vi har också försökt sträva efter ett logiskt utformat gränssnitt. Då det grafiska gränssnittet i de nuvarande programmen, Derob-LTH och ParaSol, i vårt tycke var föråldrade ville vi att användargränssnittet skulle vara estetiskt tilltalande och annorlunda från de befintliga programmen. Vid testandet av de befintliga programmen kände vi också att det var rörigt med alla fönster och då ville vi också ha ett mer dynamiskt gränssnitt med få pop-up fönster.

I gränssnittet skulle användarens möjligheter till egen geometri av byggnaden vara begränsad. Anledningen till detta var att vi ville minimera mängden indata som användaren var tvungen att ange. Detta medförde att vi förprogrammerade byggnadens geometri och således var möjligheten till egen utformning liten. Geometrin kom att bestå av ett rätblock med möjlighet till fönster på väggar samt inglasning på valfria väggar. Valbara mått för konstruktionen skulle vara längd, höjd, bredd samt tjocklek på alla konstruktionsdelar. Det skulle också vara möjligt att placera byggnaden på olika orter enligt erhållen klimatdata samt i olika väderstreck genom rotering av konstruktionen.

### 5.1 Utvecklingsprocessen

I det tidiga skedet diskuterades olika layouter på hur huvudfönstret skulle se ut och vi kom då fram till utseendet i figur 5-1. Under arbetets gång fick vi också feedback från handledarna och skolkamrater, vilket då ledde till ändringar i utformning och design. Inga omfattande användartester har utförts.

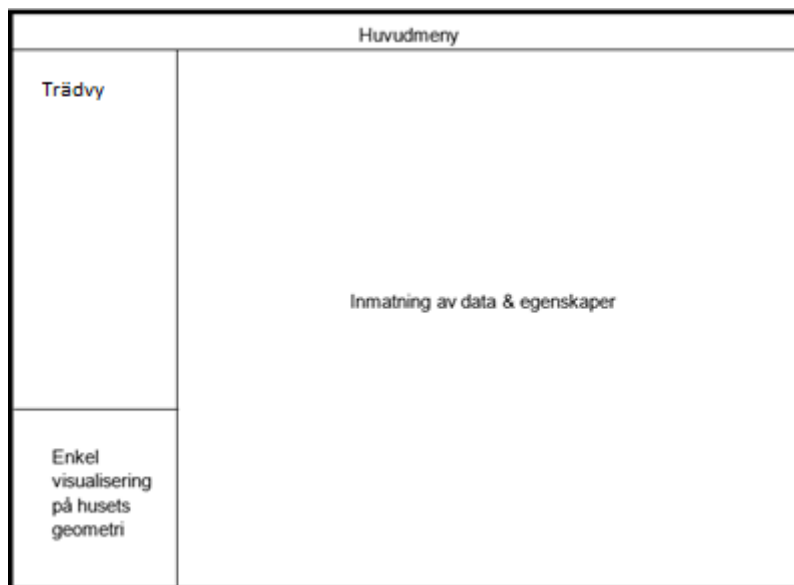


**Figur 5-1: Grundidé för Glazing-LTH gränssnittet**

Arbetsgången i de befintliga programmen Derob-LTH och ParaSol var logiskt uppbyggda, vilket ledde till att denna arbetsgång också användes i detta program. I denna arbetsgång skapas bibliotek av konstruktioner och material vilka sedan används för att bygga upp modellen. Huvudfönstret skulle innehålla en huvudmeny på samma sätt som de flesta program med alternativ som nytt, spara, öppna, simulera och resultat. Gränssnittet var uppdelat i tre sektioner under huvudmenyn; en listvy, en visualisering av modellen som uppdaterades succesivt och en sektion där byggnadens olika egenskaper

skulle anges. Listvyn bestod av de olika steg som behövdes gå igenom för att kunna utföra en körning; geometri, material- och konstruktionsbibliotek, ventilationsegenskaper och klimat.

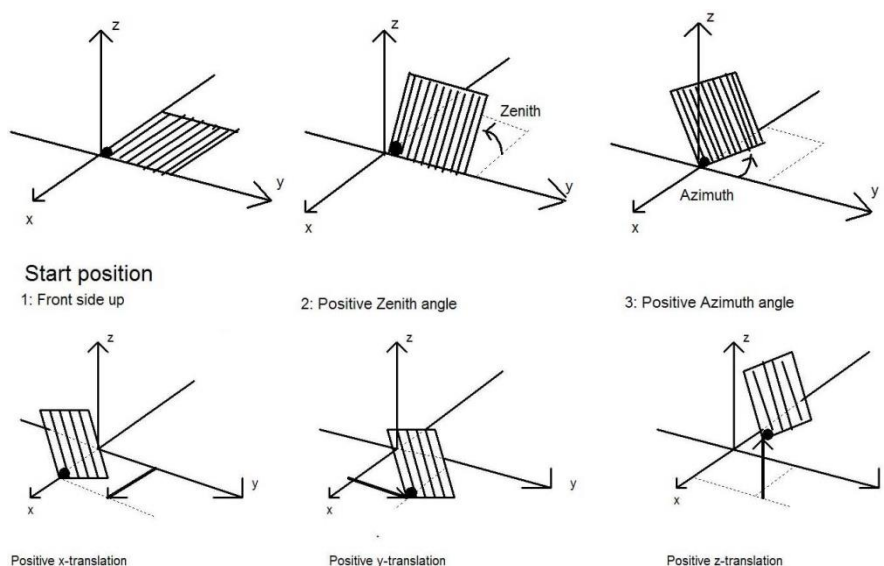
Vid den fortsatta utvecklingen satte kunskaperna i utvecklingsmiljön, Delphi, begränsningar för hur den ursprungliga idén kunde implementeras. Det var för svårt att ha med komplexa funktioner samtidigt som man lärde sig använda programmet. Allt eftersom gränssnittet utvecklades förändrades också gränssnittet till att ha upplägget som i figur 5-2 nedan.



**Figur 5-2: Skiss över slutgiltig design för Glazing-LTH**

Listvyn uppe till vänster blev istället en trädvy, det vill säga ett navigeringsalternativ som ger en hierarkisk vy över kategorier och underkategorier. På grund av att sektionen för indata och egenskaper inte var tillräckligt stor skapades fyra olika paneler med indata där endast en av dessa visades beroende på vad som var valt i trädvyn. Denna lösning gav programmet en mer logisk arbetsgång där användaren uppmanas att jobba sig nedåt i trädvyn.

I den första panelen skulle byggnadens utformning och geometri bestämmas. Användaren skulle kunna bestämma mått på husets väggar, tak och golv samt bestämma dimensionerna på fönster och inglasningar. I programmet Derob-LTH är användaren tvungen att ta hjälp av en manual för att bygga upp sina husdelar.



**Figur 5-3: Koordinatsystemet som används av Fortran-modulerna**

Som bilden i figur 5-3 visar är man tvungen att bestämma två olika vinklar för att få ytan att representera en byggnadsdel samt att man behöver bestämma mått och x-y-z koordinater. Efter att ha utvärderat Derob-LTH visade det sig att metoden var komplicerad och tidskrävande. För att förenkla denna metod, ville vi att användaren endast bestämde husets dimensioner och övriga parametrar skulle bestämmas automatiskt. Detta innebar också att felkällorna i uppbyggnadsfasen minimerades, samtidigt som man sparade tid. Nackdelen blev dock att friheten till utformning av geometrin begränsades.

När indata angivits i geometripanelen var husets skal uppbyggt och nästa steg blev att bestämma olika egenskaper för husets olika konstruktionsdelar. Det skulle vara möjligt att ange: absorptans för kortvågig strålning, emittans för långvågig strålning, vilka material väggar bestod av och vilka glastyper som skulle användas i fönstren. En speciell dialogruta för att skapa olika material och väggkonstruktioner utvecklades. Dialogrutan var uppbyggd på ungefär samma sätt som i Derob-LTHS eftersom denna var både enkel och logisk. Förutom att kunna skapa nya konstruktioner skulle man också kunna se information om befintliga material och konstruktioner. I ett tidigt skede var det tänkt att man skulle kunna skapa både glas och opaka material. På grund av begränsningar av antal glastyper i beräkningsprogrammet var detta inte möjligt. På grund av detta reducerades funktionaliteten till att bara kunna skapa nya opaka material och konstruktioner, medan fönster och inglasningar hade färdiga konstruktioner inlästa från bibliotek. Tilldelning av konstruktionstyper skedde genom att välja i rullistor som visade innehållet i det befintliga biblioteket. För att förenkla för användaren implementerades aktivering/inaktivering av rullistor beroende på om husets konstruktionsdelar var valda eller inte.

Den tredje panelen i programmet kallades först för energipanelen, vilket var ett något missvisande namn, varför den döptes om till värme och ventilation. I denna sektion angavs bland annat husets lägsta- och högsta tillåtna temperaturer, mängd internvärme tillgodo från hushållsapparater och ventilationsflöden. Panelen blev utformad med ett antal inmatningsboxar och kryssrutor med standardvärden för att göra det lättare att mata in. Gratisvärmens fick användaren hjälp med i form av ett hjälpfönster som beräknar fram ett värde beroende på hur många hushållsapparater användaren angivit.

Sista steget i arbetsgången skulle bli klimatpanelen i vilken användaren angav vilken geografisk plats huset skulle befinna sig på vid simuleringen. Programmet ParaSol använder en sammanställning av



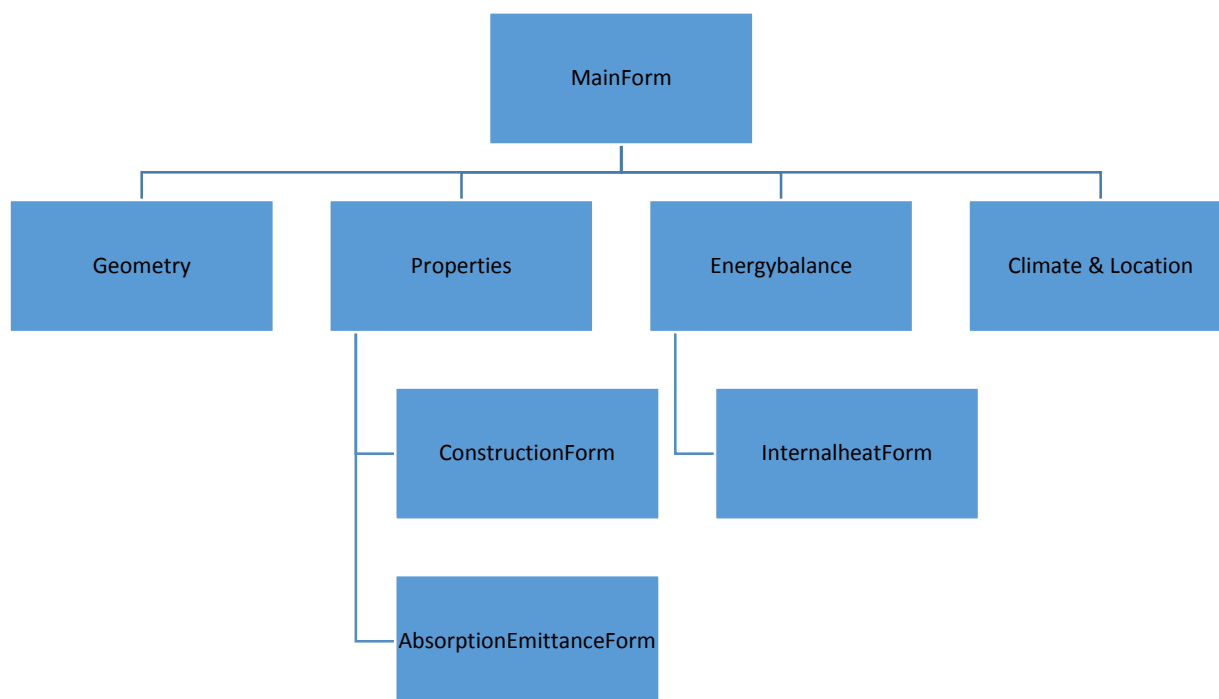
klimatfiler på olika platser, vilket också användes i detta program. På samma sätt kunde användaren genom en knapp öppna utforskaren och välja bland de klimatfiler som fanns tillgängliga. Vid vald plats skulle information om latitud, longitud, tidsmeridian och vilket år klimatdata är baserad på visas. Utöver plats skulle användaren dessutom kunna bestämma byggnadens orientering. För att förtydliga skapades en interaktiv bild på en kvadrat som kunde rotera enligt vald vinkel.

På grund av att gränssnittet endast kunde visa en förenklad bild på modellen, användes Derob-LTHs visualiseringsprogram KGKShow som komplement för att visualisera modellen. I detta insticksprogram kan vyn ändras och väggar döljas.

När modellen var definierad och simuleringen utförd kunde resultat presenteras. Resultatet visade medeltemperaturer i huset och värden på den totala energianvändningen under simuleringsperioden. Användaren skulle dessutom få se vilka skillnader i energianvändning och temperatur för en byggnad med inglasad fasad respektive en byggnad utan. Ett diagram med två linjer som representerade modellbyggnaden respektive referensbyggnaden ansågs vara den bästa lösningen för denna visualisering. Utöver detta hade användaren också möjlighet att visa den fullständiga resultatsfilen vilken innehöll timvärden på temperaturer i alla volymer, solinstrålning och energianvändning.

För att underlätta hanteringen av indata och utdata skapades en mappstruktur som samlar ihop alla filer i en "case"-mapp.

## 5.2 Slutgiltigt gränssnitt



**Figur 5-4: Flödesschema för de olika formulären i Glazing-LTH**

Som figur 5-4 visar har Glazing-LTHs gränssnitt ett huvudfönster, MainForm, som innehåller fyra paneler. Dessa paneler är uppdelade efter indatan de behandlar; geometri, egenskaper, energi och klimat & plats. Panelen för egenskaper har ytterligare två fönster kopplade till sig, nämligen ConstructionForm och AbsorptionEmittanceForm. Den förstnämnde är programmets konstruktion- och materialbibliotek och den sistnämnde är ett fönster som behandlar byggnadens ljusegenskaper. InternalheatForm är ett litet fönster som vid behov beräknar ut en schablonmässig effekt på intern- eller gratisvärme för ett hushåll.



## 6. Programmets uppbyggnad



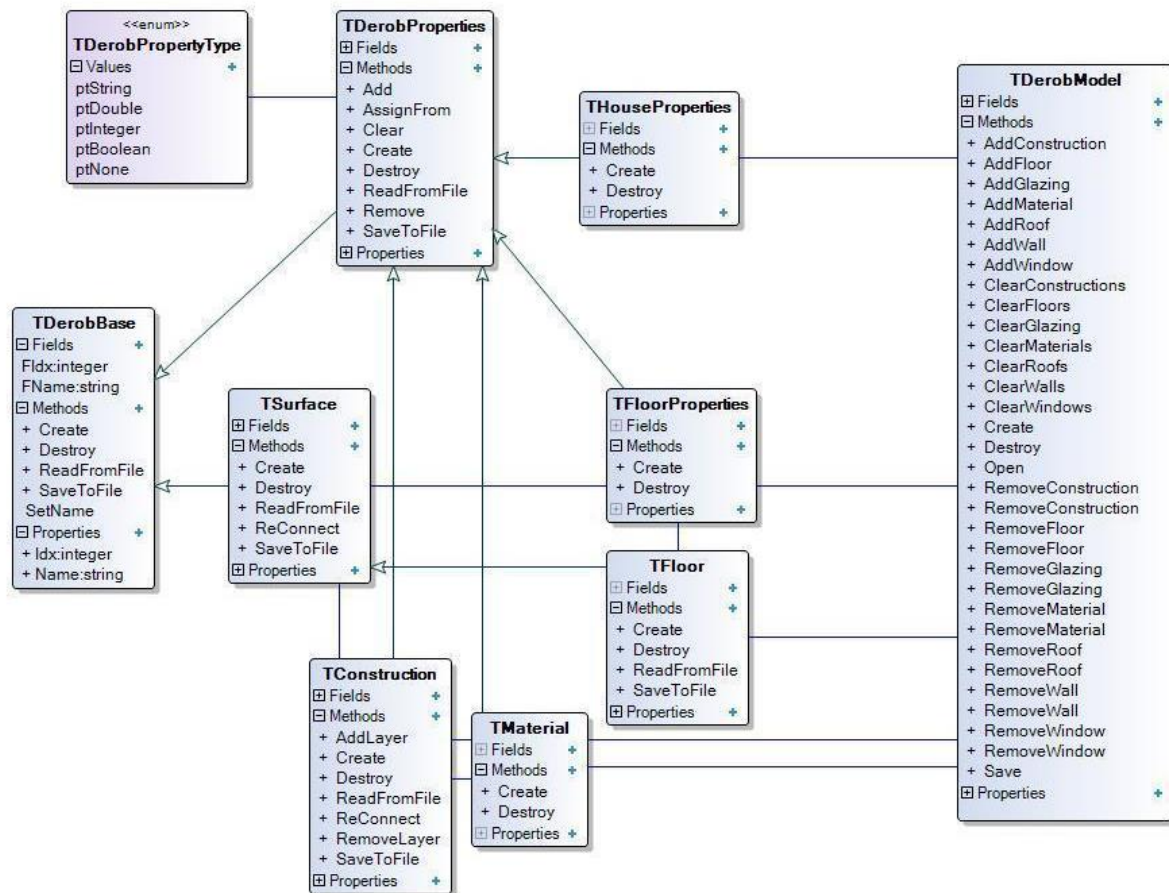
**Figur 6-1: Flödesschema för användning av Glazing-LTH**

Programmet är huvudsakligen uppbyggt av en datamodell, vilken kopplas till det grafiska gränssnittet samt insticksmoduler för beräkning och visualisering. Användaren matar främst in data i huvudformuläret samt formuläret för konstruktioner, därtill finns det för de mer avancerade användarna formulär för internlast och absorptans/emittans. Flödesschemat går att se i figur 6-1. För att utföra beräkningar konverteras datamodellen till tre stycken indatafiler för beräkningsmodulerna. När beräkningarna är klara erhålls det tre olika resultatfiler som redovisas i ett nytt formulär med ett diagram som visar skillnaderna på en byggnad med inglasning och utan.

När användaren skapar ett nytt beräkningsfall så skapas det en mapp under mappen "Cases" med namnet på beräkningsfallet. I roten för den här mappen kommer sparfilen att skapas, "Sparfil.dat". Vid beräkning så skapas biblioteksfilen för beräkningsfallet i roten, "Libraryfile.txt", samt tre mappar för de olika beräkningsfallen, "Winter", "Summer", "NoGlaze". I de olika beräkningsfallen hamnar deras respektive indatafiler, "Indata1.txt", "Indata2.txt", "Indata3.txt" samt logfiler för beräkningsmodulerna. I dessa mappar hittar man även resultatet av beräkningarna för varje fall, "Vol\_Load.txt". Bortsett från en sparfil som skapas för användaren finns det inget i dessa mappar som är ämnade för att ses eller ändras av användaren.

Anledningen till att programmet skapar fallet "NoGlaze" är för att användaren skall kunna se skillnaden i energianvändning och temperatur med och utan inglasning. Beräkningsfallen "Summer" och "Winter" finns för att simulera en verklig ventilationsstrategi. I vinterfallet har byggnaden en styrd ventilation genom eventuella inglasningar för uppvärmning av ventilationsluft innan den når rumsvolymen. När det blir för varmt, alltså i sommarfallet, tas luft in i rumsvolymen utan att gå genom inglasning. Det resultat som redovisas är taget från vinterfallet så länge som temperaturerna som erhålls är lägre än den angivna maxtemperaturen. När temperaturerna når maxtemperaturen så tas istället data från sommarfallet. Observera att detta bygger på ett antagande om att en ventilationsstrategi enligt sommarfall alltid är svalare än vinterfall.

## 6.1 Klasstruktur



Figur 6-2: Förenklad UML klassträd för datamodellen för Glazing-LTH

En förenklad klasstruktur redovisas i figur 6-2. Här ser man huvudklassen TDerobBase som ärvs utav TDerobProperties och TSurface klasserna. TDerobProperties innehåller listor för egenskaper som kan tilldelas andra klasser. Ett exempel är hur TFloorProperties ärver från TDerobProperties men återfinns sedan i TFloor som ärver från TSurface. TSurface innehåller ytor och geometri för ytorna bestäms med hjälp av denna. Man kan sedan tilldela ytorna olika konstruktioner som definieras i TConstruction. Konstruktionerna i sin tur innehåller material som definieras i TMaterial. Slutligen så initieras klasserna i TDerobModel och där samlas alla objekten som skapas i programmet. Hela klasstrukturen går att finna i appendix B med samtliga klasser och procedurer.

### 6.1.1 TDerobBase

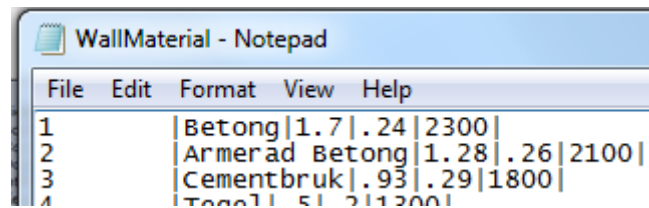
Huvudklassen DerobBase är basen för programmet. Funktionsmässigt innehåller klassen egenskaper för namn och index samt spara/ladda funktioner. Detta används i de underliggande klasserna i datamodellen.

### 6.1.2 TDerobProperties

I denna underklass skapas generella listor för förvaring av egenskaper som skapas och används i programmet. Till de olika listorna kan man tilldela strängar, flyttal, heltal och booleska värden.

TDerobProperties ärvs i stort sett av alla underklasser som implementerar någon form av egenskaper, till exempel THouseProperties, TVentilationProperties, TMaterial och TGlazingProperties.

Exempel på användning i programmet:

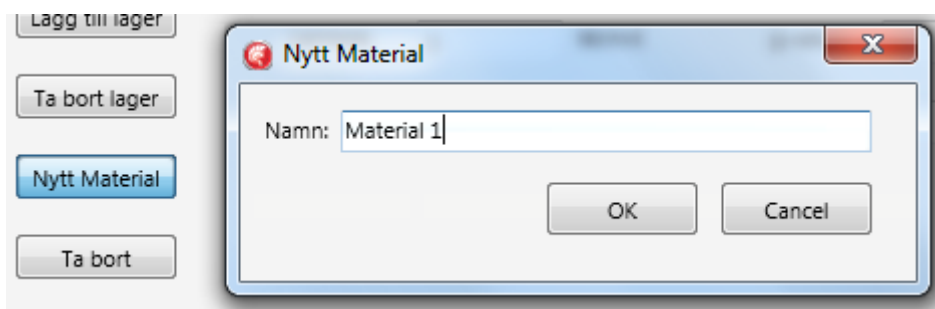


Figur 6-3: Exempel på materialbiblioteket

```
Material.DoubleValue['Lambda'] := StrToFloat(holder([2]));
```

```
Material.DoubleValue['HeatCapacity'] := StrToFloat(holder([3]));
```

När programmet startas läses olika material in till ett bibliotek från en textfil, se figur 6-3, och i ovanstående exempel skapas och tilldelas egenskaperna "Lambda" och "HeatCapacity" till varje material som läses in. På samma sätt tilldelas egenskaper till nya material som skapas av användaren, se figur 6-4 och 6-5.

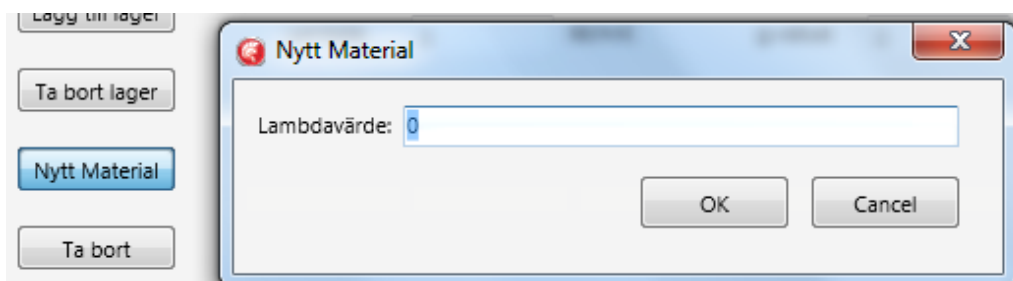


Figur 6-4: Pop-up ruta när man skapar nytt material

När OK knappen klickas initieras:

```
Material.Name := InputBox('Nytt Material' , 'Namn: ', Material.Name);
```

Användaren ombeds att skriva in ett namn för det nya materialet och detta namn tilldelas materialet i detta fall med hjälp av namnegenskapen som ärvts från klassen DerobBase. I de tre efterföljande rutorna som kommer upp vill programmet att användaren skriver in materialvärdena lambda, densitet och specifik värmekapacitet.



Figur 6-5: Egenskaper för ett nytt material

Följande initieras när användaren klickar på OK:

```

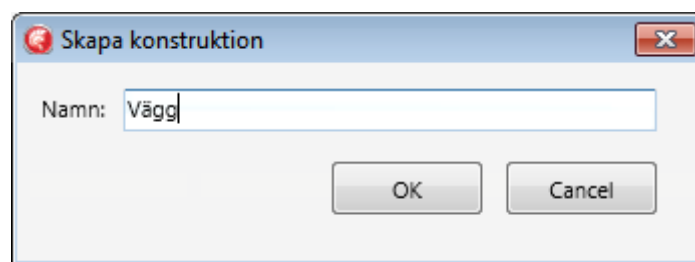
Material.DoubleValue['Lambda'] := StrToFloat(InputBox('Nytt Material', 'Lambdavärde: ', '0'));
Material.DoubleValue['Density'] := StrToFloat(InputBox('Nytt Material', 'Densitet: ', '0'));
Material.DoubleValue['HeatCapacity'] := StrToFloat(InputBox('Nytt Material', 'Spec. Värmekapacitet: ', '0'));

```

Här utnyttjas funktionerna som TMaterial ärver från TDerobProperties. Egenskaperna lambda, densitet och specifik värmekapacitet skapas och tilldelas värden då användaren skapar ett material. På så sätt behöver man inte definiera alla egenskaper och variabler på förhand och istället definiera variablerna när de väl behövs.

### 6.1.3 TDerobModel

Denna klass implementerar hela datamodellen i programmet. De klasser som ligger under TDerobBase definieras i klassen som egenskaper och kopplas då till TDerobModel.



**Figur 6-6: Skapandet av en ny konstruktion**

När man trycker på "Skapa"-knappen för en konstruktion så kommer det upp en ruta där man får fylla i namnet, se figur 6-6, därefter så skapas konstruktionen med följande kod:

```

Construction := TConstruction.Create;
Construction.Name := InputBox('Skapa konstruktion', 'Namn: ', Construction.Name);
DerobModel.AddConstruction(Construction);

```

Här skapas alltså först ett object i TConstruction klassen som sedan tilldelas det angivna namnet. Därefter används AddConstruction proceduren och lägger till vald konstruktion till DerobModel.

Allting som sparas till DerobModel-klassen används sedan som grund för sparning av både indata-filer till beräkningsmoduler och till sparfiler. I sparfilerna så skrivs alla de olika materialen, konstruktionerna samt alla egenskaper som tilldelas till DerobModel.

### 6.1.4 TSurface

Klassen för de olika ytorna ärver egenskaper från TDerobBase och är moderklass till TRoof, TFloor, TWindow, TGlazing och TWall. Dessa ytor tilldelas egenskaper via sina respektive Properties-klasser och från TDerobBase.

```

DerobModel.Walls[0].Properties.BoolValue['HoleNorth'] := True;
DerobModel.Windows[0].Width := WindowNumberBox1.Value;
DerobModel.Windows[0].Height := WindowNumberBox2.Value;

```

När man väljer att ha ett fönster på en vägg så tilldelas den ytan ett booleskt värde att det är ett hål i väggen. Därefter så tilldelas fönstret bredd och höjd.

## 6.2 Koppling till beräkningsprogram DEROB

När användaren skapar ett nytt fall så initieras datamodellen och användaren får mata in data för byggnaden i gränssnittet. När användaren har matat in all data i panelerna och trycker på beräkna knappen så sparas allt i gränssnittet till modellen. Modellen sparas vidare till en separat sparfil som gör att användaren kan återvända till det specifika fallet senare om man vill.

Då beräkningsmodulerna kräver en viss struktur på indata-filen så görs datan i modellen om till att passa indata-filen. Det är främst geometrin som anpassas eftersom användaren endast anger grundläggande geometri för hus, fönster och inglasning.

När användaren fyller i sina dimensioner för huset så tilldelas värdena för väggarna enligt tabell 6-1.

	Längd	Bredd	Höjd
Norr	-	x	x
Öst	x	-	x
Syd	-	x	x
Väst	x	-	x
Tak	x	x	-
Golv	x	x	-

**Tabell 6-1: Dimensionerna som används för byggnaden**

Utifrån dimensionerna för väggarna så placeras de ut i koordinatsystem med rätt rotationer enligt tabell 6-2.

	A	B	X	Y	Z	Zenit	Azimut
Norr	Bredd	Höjd	0	Bredd	0	90	180
Öst	Längd	Höjd	Längd	Bredd	0	90	90
Syd	Bredd	Höjd	Längd	0	0	90	0
Väst	Längd	Höjd	0	0	0	90	270
Tak	Bredd	Längd	Längd	0	Höjd	0	0
Golv	Bredd	Längd	0	0	0	180	0

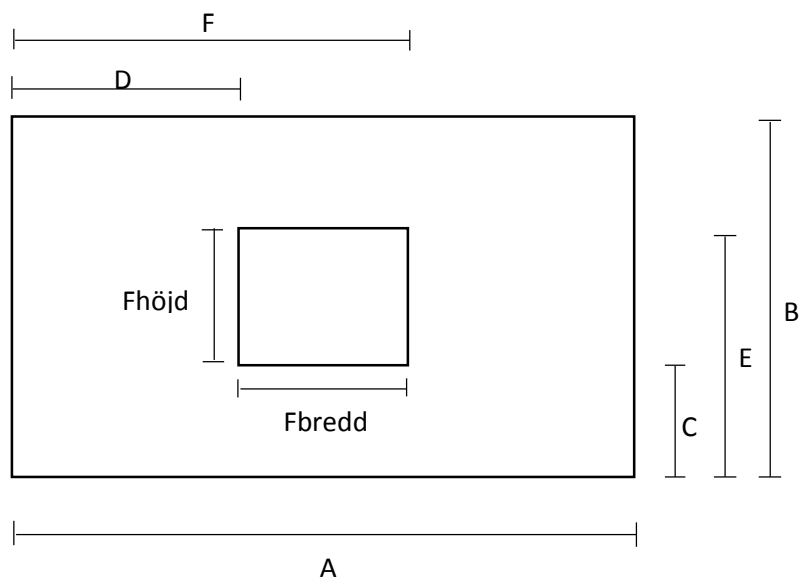
**Tabell 6-2: Värden som tilläts för ytorna**



Fönstren placeras på mitten (se figur 6-7) av respektive vägg och konverteras enligt tabell 6-3.

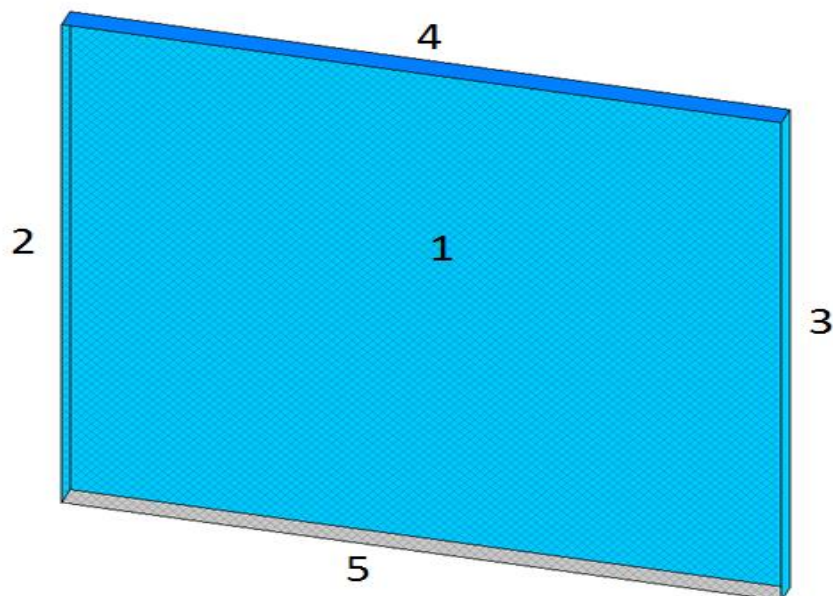
	A	B	C	D	E	F
Norr	Bredd	Höjd	$(B - \text{Fönster höjd})/2$	$(A - \text{Fönster bredd})/2$	C + Fönster höjd	D + Fönster bredd
Öst	Längd	Höjd	$(B - \text{Fönster höjd})/2$	$(A - \text{Fönster bredd})/2$	C + Fönster höjd	D + Fönster bredd
Syd	Bredd	Höjd	$(B - \text{Fönster höjd})/2$	$(A - \text{Fönster bredd})/2$	C + Fönster höjd	D + Fönster bredd
Väst	Längd	Höjd	$(B - \text{Fönster höjd})/2$	$(A - \text{Fönster bredd})/2$	C + Fönster höjd	D + Fönster bredd

Tabell 6-3: Dimensioner för väggytorna med fönster



Figur 6-7. Fönsterplacering i Glazing-LTH.

Inglasningarna måste tilldelas volymnummer och den första inglasningsvolymen måste alltid ha index 2. Eftersom användaren inte alltid har alla inglasningar valda så sparas volymens index som en variabel för respektive inglasning. Inglasningens olika delar definieras enligt figur 6-7 och placeringen för inglasningarna hittas i appendix A.



**Figur 6-8: Exempel på inglasningsytorna, sett inifrån**

För fallet vid inglasning med angränsande volymer så tas inglasning märkt med nummer 2 i figur 6-7 bort för den första ytan räknat medurs från nordligriktning. Utifall att användaren väljer att det är öppet mellan inglasningarna så beräknas inglasningen märkt med nummer 3 på bilden för den andra ytan att vara ett stort hål. Hörnen mellan inglasningarna byggs automatiskt ut med inglasning, den streckade delen i figur 6-8.



**Figur 6-9: Exempel på inglasning av två angränsande fasader**

Efter att indata-filen sparats så exekveras beräkningsmodulerna i tre omgångar för tre olika fall. Simuleringsfallen skall representera: sommaren, vintern och ett referensfall utan inglasning. Det som skiljer sommar- och vinterfallet är ventilationsstrategier. För sommarfallet så tas det inte in luft från inglasningen utan istället tas det in luft direkt med utomhustemperatur till byggnaden. Vinterfallet tar då istället uppvärmd luft i inglasningen till byggnaden.

Resultatet redovisas i ett diagram där användaren kan välja att visa medelvärdet för uppvärmningsbehovet eller temperatur i en vald volym. Diagrammet ritat två linjer, ett för referensfallet samt ett för ett kombinerat sommar- och vinterfall. Det kombinerade fallet beräknas med hjälp av den temperatur som användaren anger, om vinterfallets temperatur är högre än det angivna värdet så tas temperaturen från sommarfallet.

Visualiseringen av byggnaden sker med programmet KGKShow skrivet av Kurt Källblad. Programmet öppnas via gränssnittet i ett nytt fönster och läser in en indata-fil och redovisar där de olika ytorna och deras geometri. Med programmet kan man rotera på byggnaden och välja att visa/dölja specifika ytor om det är något man vill studera närmre.

### 6.3 Materialbibliotek

Programmet kommer med ett antal bibliotek vilka krävs för att kunna utföra en beräkning. Dessa är bibliotek som innehåller opaka material, gaser, glas, klimatfiler samt glaskonstruktioner.

De opaka materialen, det vill säga material som används i vägg, golv och tak, läses in när programmet startar så att de är tillgängliga när användaren ska skapa sina konstruktioner. Materialbiblioteket innehåller tio material för användare att välja mellan, och om man inte finner det tillräckligt kan användaren lägga till sina egna material i gränssnittet. De material som läggs till i gränssnittet kommer endast att finnas tillgängligt för det specifika fallet då biblioteksfilen inte skrivs om.

Man kan lägga till egna material i biblioteket om man skapar ett material efter mallen nedan

```
5      |Gips|.22|.23|900|
```

Den första siffran står för indexet i materialbiblioteket, den som vill lägga till nytt material behöver börja på index 11. Därefter kommer namnet på materialet, följt av värmekonduktivitet (W/m·K), specifik värmekapacitet (Wh/kg·K) och slutligen densitet (kg/m<sup>3</sup>). För att programmet skall läsa av värdena rätt så krävs det att varje variabel är skiljt med hjälp av ett vertikalstreck.

#### 6.3.1 Glaskonstruktioner

Glaskonstruktionerna innehåller 23 stycken olika fönster. I dessa konstruktioner så har man glasmaterial och gaser. Först läses glaset och sedan läses gasen in, dessa följer mallen för materialen med skillnader på variablerna och antalet spalter. När glaset och gaserna är inlästa läses glaskonstruktionerna in.

```
clear_4|83.7|83.7|3|83|7|0|
```

Återigen är det viktigt att man har vertikala streck mellan variablerna. Spalterna anger i ordning: namn, främre emittans, bakre emittans, konstant (alltid 3), transmission, reflektion och brytningsindex.

```
Air|2.41e-2|7.6e-5|1.73e-5|1.0e-7|1.29|-0.4e-2|0.72|1.8e-3|
```

För gaserna så anges namn, värmekonduktivitet, derivatan av värmekonduktiviteten med avseende på temperatur, viskositet, derivata av viskositet med avseende på temperatur, densitet, temperaturderivatan av densitet, Prandtl talet samt temperaturderivatan av Prandtl talet. Med Prandtl talet menas kvoten mellan kinematisk viskositet och värmediffusivitet (Aune, 2013), det vill säga ett tal på hur lätt en gas transporterar värme genom naturlig konvektion. I fallet ovan är talet 0,72.

```
2|triple|3|clear_4|No|12|Air|clear_4|No|12|Air|clear_4|No|
```

Fönsterkonstruktionerna använder de gaser och glas som har laddats in tidigare. De olika spalterna representerar: index, namn på fönsterkonstruktion, antalet fönster skikt, namn på glas, om glaset är vänt, tjockleken på gasen, namnet på gasen, namnet på fönstret, om glaset är vänt, tjocklek på gasen, namn på gasen, namn på glaset, vilken sida av glaset som är belagt med ett extra skikt.

#### 6.3.2 Klimat

Det finns ett antal klimatfiler som användaren kan välja mellan. De flesta klimatfilerna är baserade på data från 1995. Det finns städer från hela världen bland filerna och användaren får välja det som närmast representerar klimatet där byggnaden är belägen. Data är hämtad timvis över ett helt år och det som läses in i gränssnittet är latitud, longitud och tidsmeridianen, resterande data läser beräkningsmodulerna själva in.

#### 6.4 Biblioteksfil för beräkning

För att kunna utföra en beräkning så behöver man ha ett material- och konstruktionsbibliotek, hädanefter kallad Libraryfile. I detta bibliotek skrivs data för varje material och konstruktion som finns tillgängligt i gränssnittet. De olika typerna grupperas med index där exempelvis fast materia har index 11. För varje material anges då dess specifika egenskaper, värmekonduktivitet, specifik värmekapacitet samt densitet för fast materia. När det gäller glas finns det olika sätt att beskriva egenskaperna, i Libraryfile så utnyttjas den typ som endast kräver emissionstal för fram- och baksida, transmissionstal samt reflektionstal. Gaserna anges enligt sättet som beskrivs i Glazing-LTH.

Konstruktionerna som finns i gränssnittet skrivs ner i filen efter att alla material är sparade. Dessa konstruktioner återkopplar materialen i dess uppbyggnad till materialen som skrivs i början av Libraryfile. Här använder sig filen av de olika indexen för materialen för att återkoppla vilket material som tillhör vilken konstruktion. Gruppnumren är 1 för opaka konstruktioner och 6 för fönsterkonstruktioner. För fönsterkonstruktionerna så anges en rad för glaset samt en rad för gasen i fönsterspalten. Utöver gruppnummer får varje konstruktion också ett index som sedan kopplas till ytor i indata-filen.

#### 6.5 Indata

Fortranmodulerna utför sina beräkningar med hjälp av indata-filerna som skrivs av gränssnittet. Dessa filer måste följa ett specifikt mönster för att beräkningarna ska kunna utföras. Dessa filer skrivs på nytt för varje beräkning som sker och det skrivs tre stycken olika filer och fall. De två första fallen skiljer sig gällande ventilationsstrategi, för sommarfallet så vill man inte ta in varm luft via inglasningen utan direkt från uteluften medan man tar luften via inglasningen i vinterfallet. Det tredje fallet är ett referensfall för att visa på skillnaden mellan byggnaden med inglasning och utan inglasning.

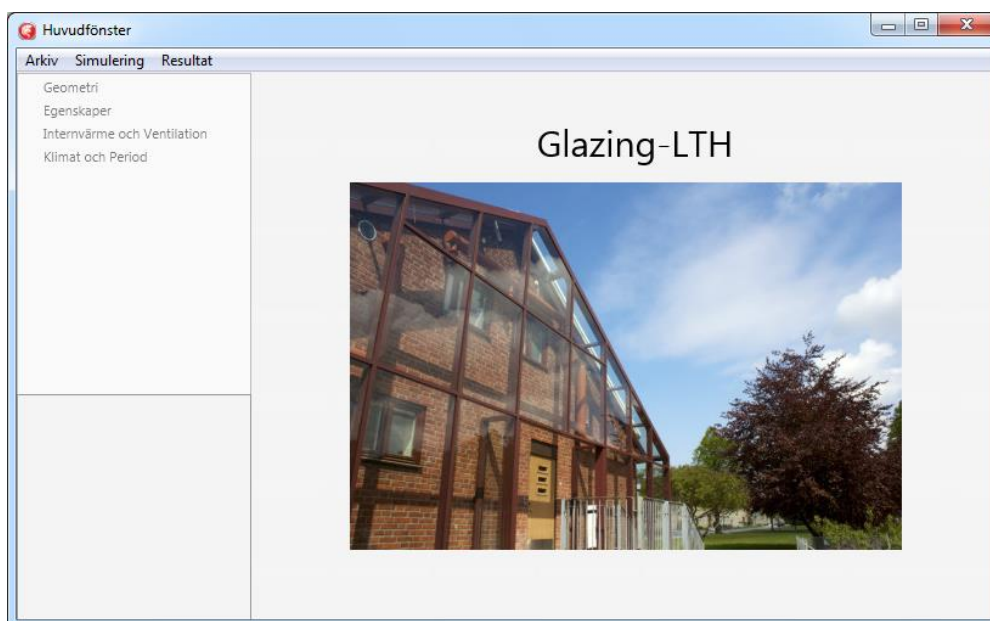
I indata-filerna så anges antalet volymer och ytor samt egenskaper för dessa. Filerna behöver innehålla information om det finns öppningar mellan volymerna, namnen på ytorna samt de geometriska egenskaperna för ytorna. Dessutom kopplas de konstruktionerna i Libraryfile som användaren har valt till sina respektive ytor.

Utöver den geometriska informationen så anges geografiska egenskaper för byggnaden så som rotation och latitud samt över vilken tidsperiod simuleringen sker. Avslutningsvis tilldelas ventilationsstrategi, ventilationsschema, ventilationsflöde och uppvärmningskapacitet.



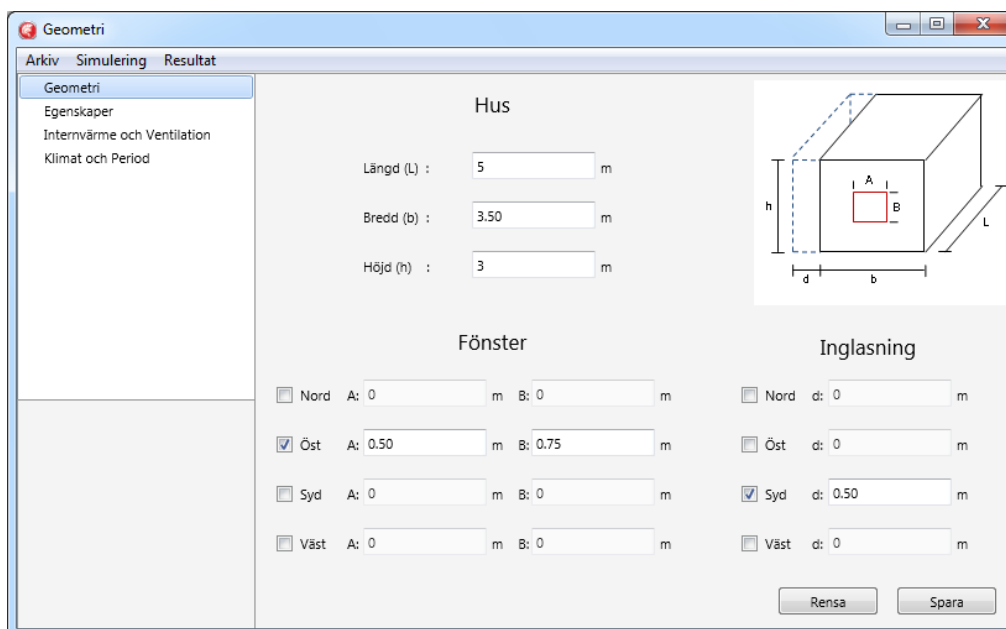
## 7. Resultat

Resultatet redovisas genom ett par bilder på användargränssnittet och korta beskrivningar. För ett fullständigt tillämpningsexempel, se appendix C.



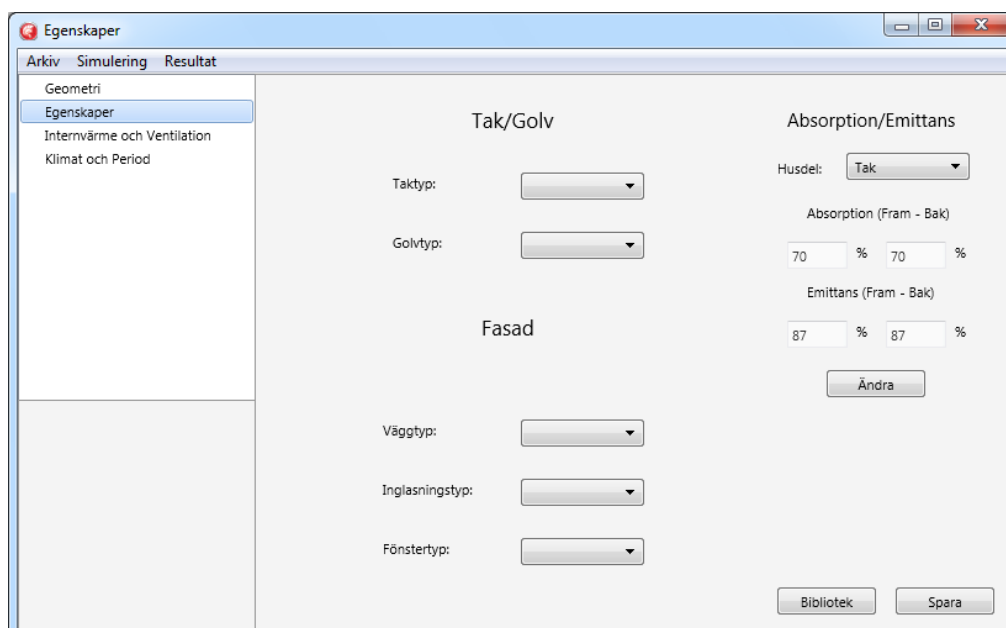
Figur 7-1: Huvudfönster för Glazing-LTH

Programmets huvudfönster, figur 7-1, som visas vid programmets uppstart. Härifrån kan användaren skapa eller ladda ett fall och då aktivera trädmenyen.



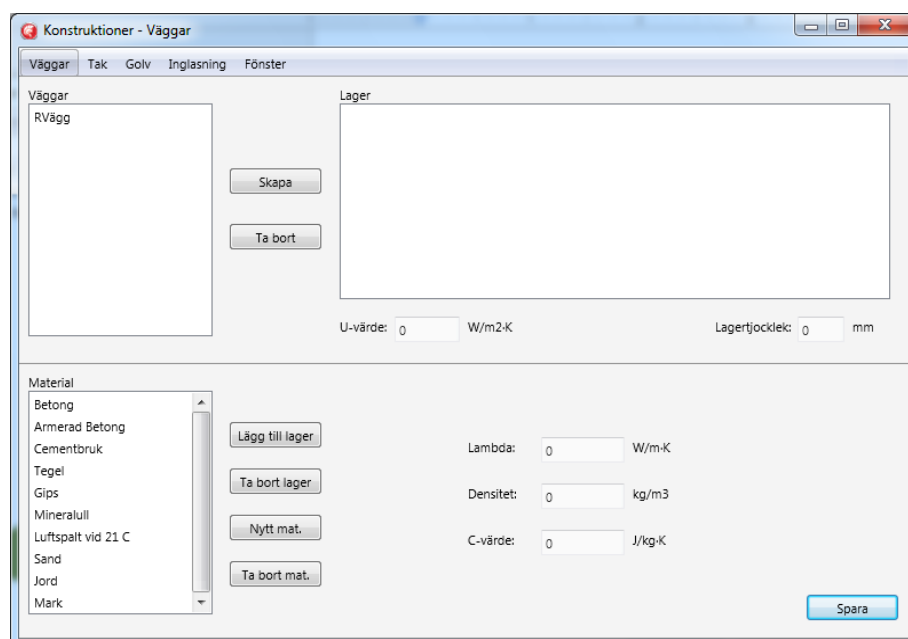
Figur 7-2: Geometripanelen för Glazing-LTH

Aktivering av trädvyn gör att användaren kan börja bygga upp sin modell. Här visas panelen för geometri, figur 7-2, där man uppmanas att ange husets geometri. Geometrin är begränsad till att vara ett räblock med möjligheter till inglasningar och fönster i mitten på väggarna.



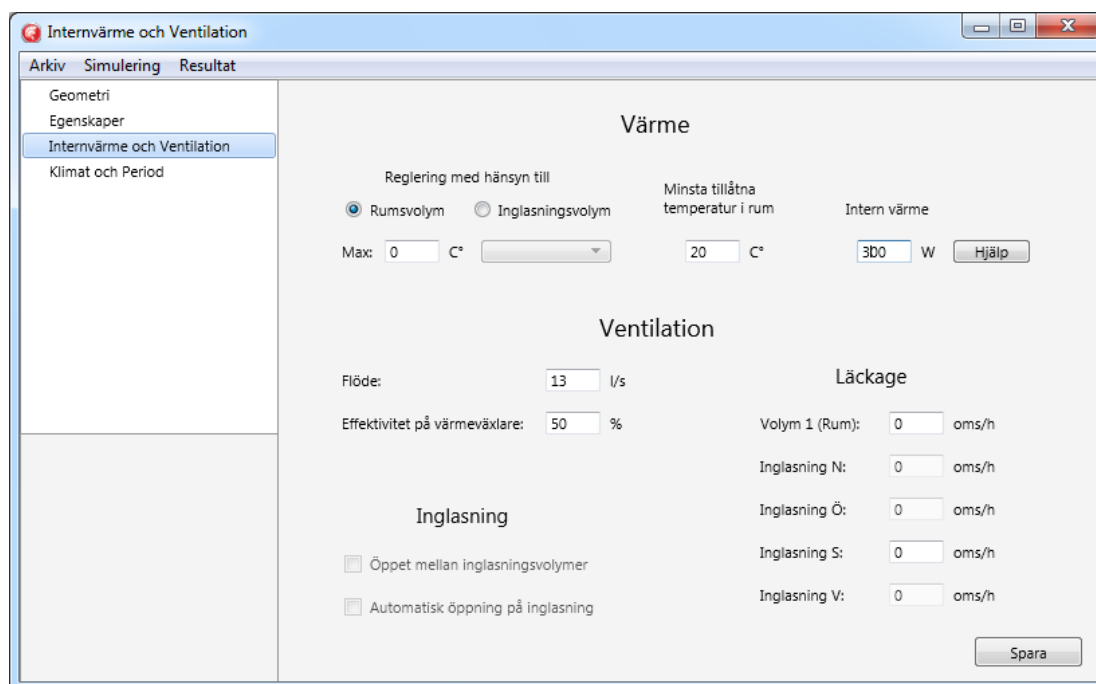
**Figur 7-3: Panelen för egenskaper**

I egenskapspanelen, figur 7-3, hittar man rullistor för tak, golv, väggar, inglasningar och fönster. Dessa rullistor innehåller de konstruktionstyper man skapat i biblioteket som sedan ska användas i modellens konstruktionsdelar. Man kan också i panelen se och ändra modellens absorptions och emittans av ljus. Från programmet öppnar man, via knappen bibliotek, ett nytt fönster där man skapar sina konstruktioner.



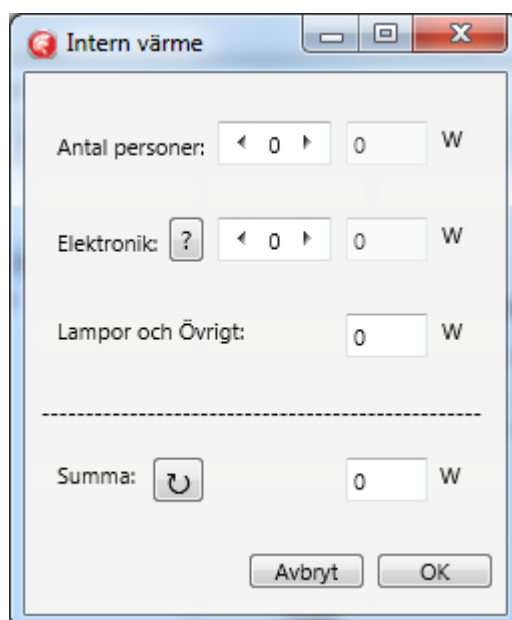
**Figur 7-4: Fönstret där användaren skapar sina konstruktioner**

Biblioteks-fönstret, figur 7-4, består av två paneler, den övre panelen innehåller konstruktioner och tillhörande materiallager medan den nedre panelen innehåller materialbiblioteket. Klickar man sedan på en konstruktion så beräknas U-värde fram samt att lagerlistan fylls upp med tillhörande materiallager och man har då också möjligheten att se lagertjocklekar på materiallagren. Det går också att se lambda, densitet och specifik värmekapacitet för de olika material som finns i biblioteket.



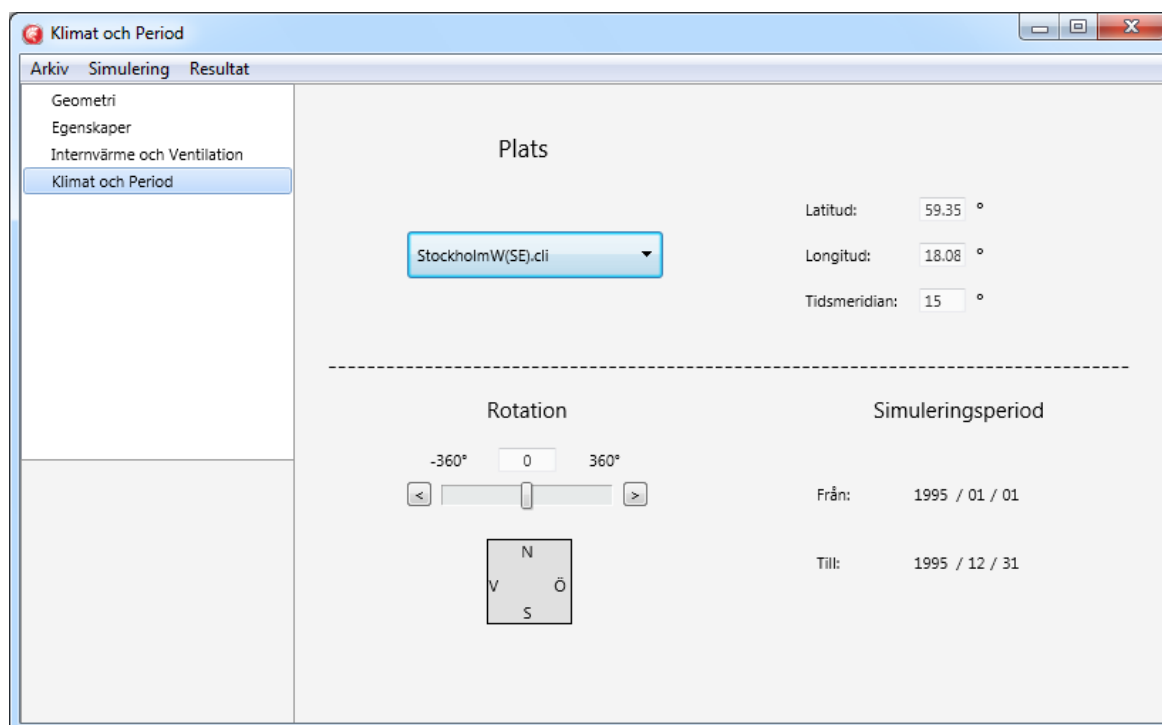
**Figur 7-5: Ventilationsstrategi samt temperaturpanel**

Panelen för värme och ventilation, figur 7-5, där användaren behöver ange värden som minimum temperatur, ventilationsflöde och internvärme. Behöver man hjälp med att beräkna fram hur mycket gratisvärme huset har tillgodo finns ett hjälpfönster, figur 7-6, med standardvärden på de vanligaste hushållsapparaterna i våra hushåll.



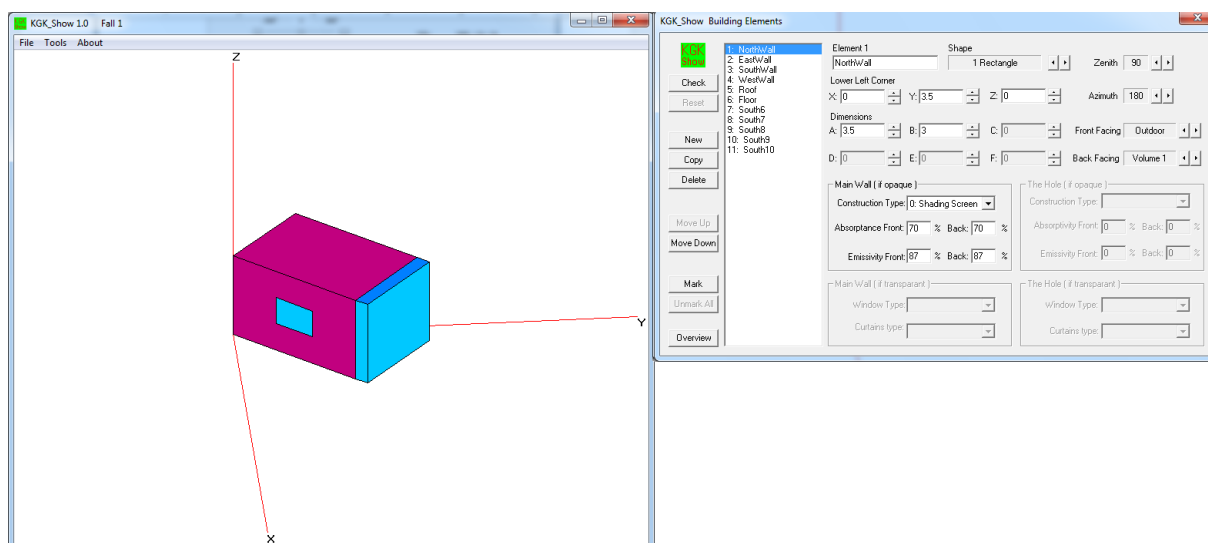
**Figur 7-6: Bestämning av internvärme**





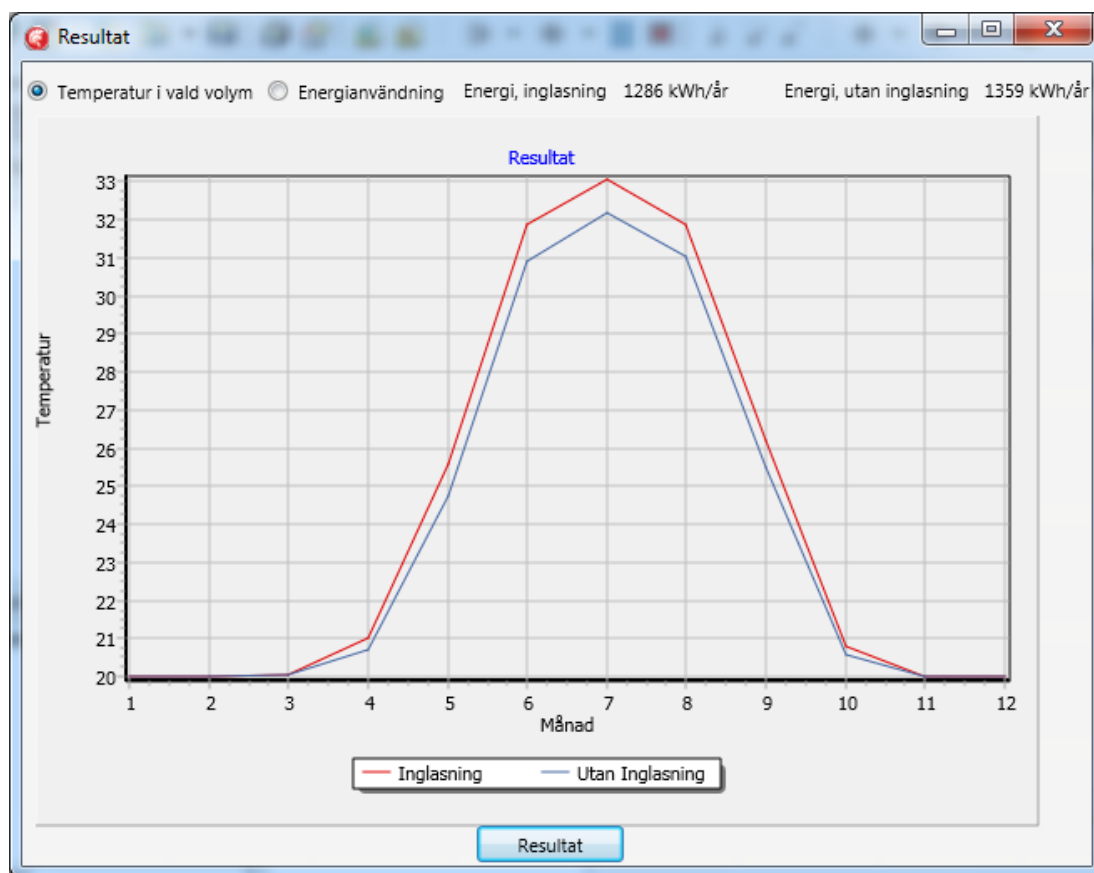
**Figur 7-7: Panel för att ange byggnadens position**

Panel för byggnadens plats och orientering, figur 7-7.



**Figur 7-8: Visualisering av byggnaden i KGKShow**

Programmets insticksmodul KGK\_Show som visualiserar användarens byggnad, figur 7-8.



**Figur 7-9: Diagram över medeltemperaturer över året**

Resultatdiagrammet, figur 7-9, som visar värden på månadsmedeltemperaturer och energianvändning över simuleringsperioden för aktuell byggnad och en referensbyggnad, som är en likadan byggnad utan inglasningar. Total energianvändning över året visas också som ren text.

### 7.1 Jämförelse mot Derob-LTH

För att testa det nya programmet mot det befintliga programmet Derob-LTH, och för en allmän jämförelse, skapades ett fall där modellen bestod av en enkel byggnad med väggar, golv, tak och fönster, se tabell 7-1. Skillnader i tidsåtgång och enkelhet mellan programmen noterades. Utöver detta var det givetvis också viktigt att resultaten från de båda programmen var lika. Endast skärmdumpar tillhörande Derob-LTH är med i denna del av rapporten, motsvarande bilder för Glazing-LTH återfinns i rapportdelen ovan.

Jämförelseresultat från Glazing-LTH tas ur sommarfall där ventilationsstrategin är att ventilationsflöde endast finns mellan volym 1 och utomhus. Detta eftersom Derob-LTH inte har förmåga att behandla styrd ventilation mellan volymer. Dessutom jämförs resultaten från Glazing-LTHs vinter- respektive sommarfallet för att se om tidigare antagande stämmer.

Fullständig jämförelse med skärmdumpar och beskrivningar återfinns i appendix.

Variabler	Använda värden
Plats	Stockholm
Längd	5 m
Bredd	3.5 m
Höjd	3 m
Fönster (Öst)	0,5 x 0.75 m
Fönster (Väst)	1.5 x 1.0 m
Inglasning (Syd)	d = 0.5 m
Uppvärmningskapacitet	Oändlig
Min. temperatur	20 °C
Nedkylningskapacitet	0
Max. temperatur	-
Internlast	300 W
Inflöde	13 l/s
Utflöde	13 l/s
Värmeväxlares effekt	Ingen värmeväxlare

**Tabell 7-1: Indata för jämförelse mot Derob-LTH. \*Oändlig uppvärmningskapacitet innebär perfekt reglering.**

För att få en årlig summering och sammanfattning av simuleringen fick man vända sig till filen TL.log och här nedan i tabell 7-2 jämförs de två programmens TL loggar.

	Glazing-LTH	Derob-LTH	Skillnad mot Derob-LTH
Medel, T Vol.1	24.2 °C	24.1 °C	0.4 %
Medel, T Vol.2	19.5 °C	19.5 °C	0%
Högsta T Vol,1	40 °C	40.7 °C	1.7 %
Minsta T Vol.1	20 °C	20 °C	0%
Högsta T Vol.2	61.1 °C	57.1 °C	7%
Minsta T Vol.2	-10.2 °C	-9.4 °C	8.5 %
Tot. Energianv.	1286.1 kWh	1429.4 kWh	10%

**Tabell 7-2: Årlig summering för jämförelse mot Derob-LTH**

För just det här fallet kan man se att skillnaderna i temperatur mellan programmen är väldigt små. Resultat gällande energianvändning skiljer sig hela 10 %. Nedan i tabell 7-3 visas jämförelsen mellan Glazing-LTHs vinter- och sommarfall.

	<b>Sommarfall</b>	<b>Vinterfall</b>
Medel.T Vol.1	24.2 °C	27.4 °C
Medel.T Vol.2	19.5 °C	15.9 °C
Högsta T Vol.1	40 °C	47.3 °C
Minsta T Vol.1	20 °C	20 °C
Högsta T Vol.2	61.1 °C	53.9 °C
Minsta T Vol.2	-10.2 °C	-11.8 °C
Tot. Energianv.	1286.1 kWh	949.8 kWh

**Tabell 7-3: Årlig summering för sommar- respektive vinterfall**

I ventilationsstrategin vinter, där ventilationsluft styrs genom den uppvärmda inglasningsvolymen in till rumsvolymen, är temperaturerna i volym 1 generellt högre än sommarfall. När det gäller temperaturer i volym 2 är temperaturerna istället lägre, vilket kan förklaras av att den uppvärmda volymen kyls ned av att skicka in sin varma luft in till volym 1. Som en följd av att vinterfallet utnyttjar gratisvärmerna blir också energianvändningen för uppvärmning mycket mindre.



## 8. Diskussion och slutsatser

Målet med examensarbetet var att skapa ett gränssnitt som var lättanvänt och anpassat för att utföra beräkningar på byggnader med inglasade fasader. Frågan om användargränssnittet verkligen är lättanvänt är svår att besvara då det hade krävt undersökningar och användartester utöver de utförda av oss examensarbetare för att komma till en slutsats. Vid en första anblick har kollegor och utomstående kommenterat att programmet är logiskt och lättanvänt men eftersom inga utförliga undersökningar har gjorts så har det inte heller dokumenterats. Under jämförelsen mot Derob-LTH kände vi stundtals att programmet var väldigt mycket enklare att använda, speciellt vid uppbyggnaden av huset. Med detta underlag vågar vi ändå påstå att detta delmål har uppnåtts.

När det gäller det andra delmålet har resultatet i rapporten påvisat att programmet kan utföra simuleringar med rimliga resultat i jämförelse med Derob-LTH. Skillnaden i resultat för energianvändning kan bero på fel i Glazing-LTH som gör att fallet som skapas i programmet inte är helt identiskt som fallet i Derob-LTH. I examensarbetet ingick det inte att utveckla Derob koden. Därför har vi inte heller haft möjlighet att felsöka i koden eller påverka resultaten som erhålls. Skillnaden i resultat kan bero på att versionen av beräkningskoden för programmen skiljer sig. Det kan också bero på att den interna gratisvärmen man angett täcker en alltför stor del av energianvändningen, vilket gör att den procentuella skillnaden blir stor.

Resultatdiagrammet som jämför medeltemperaturer mellan användarens fall med inglasning och ett referens fall utan inglasning är inte heller helt rättvis. För linjen som beskriver inglasningsfallet tar programmet hänsyn till maxtemperaturer i vald volym genom att ta värden från sommarfallets resultat där en eventuell värmeväxlare är avstängd. För linjen som beskriver referenshuset tas värdena från resultatfilen "NoGlaze" som har en eventuell värmeväxlare på under hela året. Detta innebär att vid temperaturer som är högre än den max angivna är värmeväxlaren fortfarande påslagen för referenshuset men avstängd för huset med inglasning. För en mer rättvis jämförelse borde man i framtiden göra så att programmet kör en ytterligare beräkning för "NoGlaze"-fallet där värmeväxlaren är avstängd vid max temperatur. Observera att detta endast gäller skillnaderna i temperatur och inte energianvändning, som är ett mått på hur mycket energi det krävs under året för att bibehålla den minimumtemperatur användaren har angett. Siffrorna på energianvändning påverkas således inte av att temperaturskillnaden är större än vad den borde vara under sommarmånaderna.

Det bör också tilläggas att användaren inte har möjlighet att lägga till ytterdörrar, vilket kan ha märkbar inverkan på energiförluster. Detta kan kanske simuleras genom att försvaga väggarnas isoleregenskaper. I programmet saknar både fall med respektive utan inglasning ytterdörrar och påverkar då jämförelseresultatet mindre.

Anledningen till att oändlig värmekapacitet valts i testfallen är för att simulera en perfekt reglering. Detta innebär att den angivna minimumtemperaturen alltid uppnås omedelbart vid temperaturer som understiger minimumtemperaturen. I ett verkligt skede har man kanske inte tillräcklig värmekapacitet och det tar möjligtvis flera timmar innan uppvärmningssystemet lyckas värma upp volymen till angiven temperatur.

I ett tidigare avsnitt i rapporten antog vi att ventilationsstrategi sommar alltid skulle vara svalare och använda mer uppvärmningsenergi än vinterfall. Jämförelsen mellan de två ventilationsstrategierna påvisade att antagandet var korrekt. Vi känner att målet, att skapa ett program som kan utföra energisimuleringar på inglasade byggnader, har uppnåtts.

I och med de hårt styrda parametrarna finns det givetvis begränsningar på programmet och bredden på byggnadsfall man kan skapa. Det har varit en uppgift i sig att balansera så att programmet kunnat utföra många olika simuleringar samtidigt som det inte blir för komplicerat för användaren. Delen där programmet jämfördes med energiberäkningsprogrammet Derob-LTH visade att ju mer funktioner och möjligheter man införde, desto svårare blev det att göra gränssnittet enkelt. Derob-LTH känns dessutom mer anpassat för forskarnivå och känns således inte trivialt för gemene användare.

Slutligen anser vi också att med detta examensarbete som grund är en vidareutveckling där man behåller ett förenklat gränssnitt samtidigt som man bygger på fler möjligheter för användaren inte alls är omöjlig.

## 9. Framtida utveckling

Under arbetets gång har kompromisser gjorts på grund av tidsbrist. Tiden har helt enkelt inte räckt till för att utveckla gränssnittet så mycket som hade velats. Exempel på vad som hade kunnat vidareutvecklas i framtiden är:

- **Automatisk öppning av inglasningsvolym** - Eftersom solinstrålningen kan medföra väldigt varma temperaturer i inglasningsvolymerna är det praktiskt att det finns en lucka som kan öppnas när temperaturen når en gräns. I programmet innebär detta problem för att beräkningsprogrammet inte kan ändra på husets geometri under tiden den utför simuleringen. För att lösa det kan man göra två körningar där den andra körningen är med en öppning i inglasningen. Därefter kan man implementera en funktion som verifierar de timmar där temperaturen är för hög och då använder värden från körningen med lucka.
- **Inglasning på delar av ytor** - Om det finns en efterfrågan av att kunna utföra beräkningar med fasader delvis inglasade så kan man lägga till den funktionen. Med hjälp av ett mått på hur långt inglasningen ska gå får man anpassa konverteringen av geometrin för inglasningen.
- **Flera våningar** - Gränssnittet kan just nu inte hantera flera våningar. Vid framtida utveckling kan man skapa alternativet om antalet våningar och en konstruktion att ha som mellanbjälklag. Detta kan sedan användas för att fortsätta bygga vidare på huset med befintlig geometri. Det som behöver justeras är volymerna som ytorna angränsar till samt placering av våningsplanen på rätt höjd i koordinatsystemet.
- **Flera geometrier** - För att göra det enkelt för både användare och kodande har geometrin begränsats till ett rätblock. I framtida versioner kan man låta användaren skapa flera rätblock och bygga ihop dessa till en mer avancerad byggnad. Om man inför den här ändringen så måste man ändra så att mellanväggarna ser mot rätt volymer samt anpassa inglasningen så att det täcker de delar man vill.
- **Bättre diagram** - Efter att ha diskuterat med vår handledare kom det fram att nuvarande resultatdiagram inte säger så mycket om behagligheten i byggnaden. Just nu ger diagrammet information om hur hög eller låg temperaturen kan bli under ett år och det säger ganska lite. En förbättring för att göra resultatet mer användbart skulle kunna vara att göra ett histogram istället som visar hur ofta och länge en temperatur nås i byggnaden under ett år.
- **Skapa egna glaskonstruktioner och glas i gränssnittet** - Som det är nu har beräkningsmodulerna gränser för hur många glas och glaskonstruktioner de kan hantera. Om det inte går att öka kapaciteten kanske det vore bättre om det inte läses in färdiga konstruktioner och glas utan att användaren själv får lägga till sina egna glasmaterial och konstruktioner.
- **Ändra materialvärden och lagertjocklekar i konstruktioner** - När det gäller materialvärden och lagertjocklek är det endast möjligt att se aktuella värden utan att ändra på dem. I framtiden kanske det skulle vara lämpligt att införa så att man kan ändra på lagertjocklekar och egenskaper istället för att behöva radera och sedan skapa nytt.
- **Modernare gränssnitt** - Gränssnittet är väldigt enkelt och kan utvecklas vidare till ett mer modernt skal. Därtill skalas inte gränssnittet om ifall användaren ändrar storlek på rutan. Försök till att hindra användaren till att ändra storlek har utförts men detta ledde till andra problem, som att menyn försvann eller att vissa knappar inte syntes.





---

## Referenslista

Andréasson, A. (2009). *Sege Parks gröna kulturmiljö, kulturmiljöutredning vid före detta Malmö Östra sjukhus*. ArchaeoGarden.

Aune, R. (2013). *Föreläsning i Strömning och värmetransport/värmeöverföring*. NTNU, Norges teknisk-naturvetenskapliga universitet. <http://folk.ntnu.no/agej/TKP4100/sma8.pdf> (Hämtad 18-09-2014)

Elfborg, S. & Vrbanjac, A. (2012). *Inglasad tegelfasad – en energianalys*. Rapport TVIT—12/5037. Avd. för Installationsteknik. LTH, Lunds Universitet.

Embarcadero Docwiki, *Language overview*.  
[http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/XE6/en/Language\\_Overview](http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/XE6/en/Language_Overview) (Hämtad 09-09-2014).

Hemmendinger, D. (2013). *Pascal*. Encyclopaedia Britannica.  
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/445399/Pascal> (Hämtad 09-09-2014).

Källblad, K. (1998). *Thermal models of buildings. Determination of Temperatures, Heating and Cooling Loads. Theories, Models and Computer Programs*. Rapport TABK—98/1015. Avd. för Byggnadsfysik. LTH, Lunds Universitet.

Microsoft. *Visual Basic resources*. <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh388573> (Hämtad 09-09-2014).

Poirazis, H. (2006). *Double skin Facades, a literature review*. Avd. För Energi och Byggdesign. LTH, Lunds Universitet.

Tjernström, M. & Björkström, A. *Växthuseffekten*. Nationalencyklopedin.  
<http://www.ne.se/lang/vaxthuseffekten> (Hämtad 2014-09-09).

Greninger, A. (2008). University of Texas, *In Memoriam Francisco Arumí-Noe*.  
[http://www.utexas.edu/faculty/council/2007-2008/memorials/arumi\\_noe.pdf](http://www.utexas.edu/faculty/council/2007-2008/memorials/arumi_noe.pdf) (Hämtad 15-09-2014).

Wall, M. & Bülow-Hübe, H. (2001). *Solar Protection in Buildings*. Rapport TABK--01/3060. Avd. för Energi och Byggdesign. LTH, Lunds Universitet.

---

---

## Appendix

### A. Tabeller för inglasning

Vid inglasning av endast en yta eller två motstående sidor gäller tabell A-1 nedan. Nd, Ed, Sd och Wd står för fasadernas inglasningsdjup.

Yta enl. fig 6-7	Inglasningsdel	X	Y	Z	A	B	Zenith	Azimuth	Vol.Back	Vol.Front
Yta1	N0	-Nd	b	0	b	h	90	180	NordVol	Ut
Yta2	N1	-Nd	0	0	Nd	h	90	270	NordVol	Ut
Yta3	N2	0	b	0	Nd	h	90	90	NordVol	Ut
Yta4	N3	0	0	h	b	Nd	0	0	NordVol	Ut
Yta5	N4	-Nd	0	0	b	Nd	180	0	NordVol	Mark
Yta1	E5	L	b+Ed	0	L	h	90	90	ÖstVol	Ut
Yta2	E6	0	b+Ed	0	Ed	h	90	180	ÖstVol	Ut
Yta3	E7	L	b	0	Ed	h	90	0	ÖstVol	Ut
Yta4	E8	L	b	h	Ed	L	0	0	ÖstVol	Ut
Yta5	E9	0	b	0	Ed	L	180	0	ÖstVol	Mark
Yta1	S10	L+Sd	0	0	b	h	90	0	SydVol	Ut
Yta2	S11	L+Sd	b	0	Sd	h	90	90	SydVol	Ut
Yta3	S12	L	0	0	Sd	h	90	270	SydVol	Ut
Yta4	S13	L+Sd	0	h	b	Sd	0	0	SydVol	Ut
Yta5	S14	L	0	0	b	Sd	180	0	SydVol	Mark
Yta1	W15	0	-Wd	0	L	h	90	270	VästVol	Ut
Yta2	W16	L	-Wd	0	Wd	h	90	0	VästVol	Ut
Yta3	W17	0	0	0	Wd	h	90	180	VästVol	Ut
Yta4	W18	L	-Wd	h	Wd	L	0	0	VästVol	Ut
Yta5	W19	0	-Wd	0	Wd	L	180	0	VästVol	Mark

**Tabell A-1: Fullständig tabell för inglasning för en fasad eller två motstående fasader**

För fall vid inglasning med två anslutande sidor så gäller tabell A-1 fortfarande. Skillnader mot tabell A-1 är att yta 3 för den första inglasningen som tas bort, markerat svart i tabeller A-2 till A-5, samt yta 2 på den andra inglasningen som ändrar vilka volymer ytan ser. Dessa ändringar redovisas i tabeller A-2 till A-5 och inglasningsdelarna redovisas i figur A-1.

Inglasningsdel	X	Y	Z	A	B	Zenith	Azimuth	Vol.Back	Vol.Front
Nextra	-Nd	b+Ed	0	Ed	h	90	180	NordVol	Ut
Eextra	0	b+Ed	0	Nd	h	90	90	NordVol	Ut
N2									
E6	0	b+Ed	0	Ed	h	90	180	3	2
Hörntak	0	b	h	Ed	Nd	0	0	2	Ut
Hörngolv	-Nd	b	0	Ed	Nd	180	0	2	Mark

**Tabell A-2: Inglasningshörn för inglasning för nord- och östfasaden**

Inglasningsdel	X	Y	Z	A	B	Zenith	Azimuth	Vol.Back	Vol.Front
Eextra	L+Sd	b+Ed	0	Sd	h	90	90	3	Ut
Sextra	L+Sd	b	0	Ed	h	90	0	3	Ut
E7									
S11	L+Sd	b	0	Sd	h	90	90	4	3
Hörntak	L+Sd	b	h	Ed	Sd	0	0	3	Ut
Hörngolv	L	b	0	Ed	Sd	180	0	3	Mark

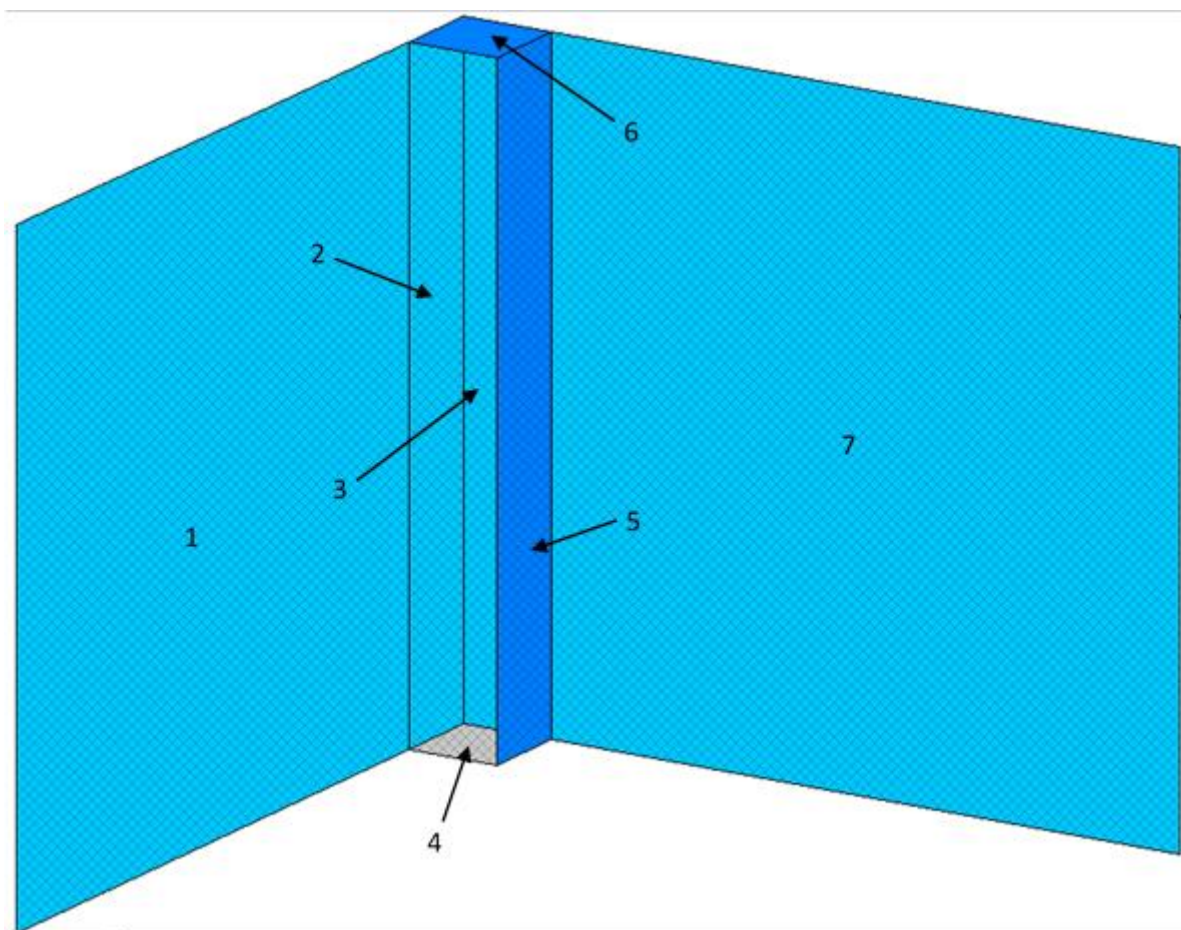
**Tabell A-3: Inglasningshörn för inglasning för öst- och sydfasaden**

Inglasningsdel	X	Y	Z	A	B	Zenith	Azimuth	Vol.Back	Vol.Front
Sextra	L + Sd	-Wd	0	Wd	h	90	0	4	Ut
Wextra	L	-Wd	0	Sd	h	90	270	4	Ut
S12									
W16	L	-Wd	0	Wd	h	90	0	5	4
Hörntak	L + Sd	-Wd	h	Wd	Sd	0	0	4	Ut
Hörngolv	L	-Wd	0	Wd	Sd	180	0	4	Mark

Tabell A-4: Inglasningshörn för inglasning för syd- och västfasaden

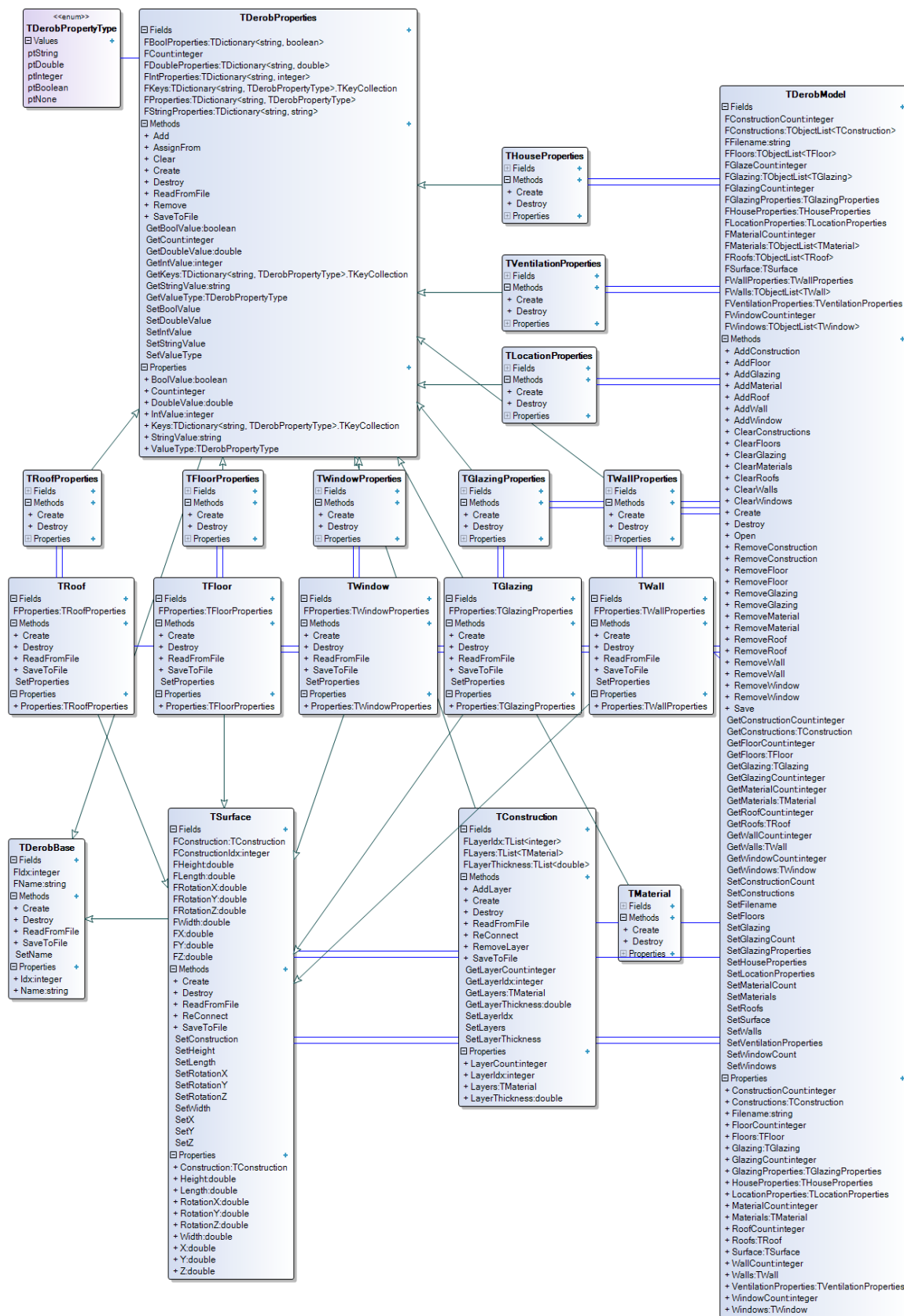
Inglasningsdel	X	Y	Z	A	B	Zenith	Azimuth	Vol.Back	Vol.Front
Sextra	L + Sd	-Wd	0	Wd	h	90	0	4	Ut
Wextra	L	-Wd	0	Sd	h	90	270	4	Ut
S12									
W16	L	-Wd	0	Wd	h	90	0	5	4
Hörntak	L + Sd	-Wd	h	Wd	Sd	0	0	4	Ut
Hörngolv	L	-Wd	0	Wd	Sd	180	0	4	Mark

Tabell A-5: Inglasningshörn för inglasning för väst- och nordfasaden



Figur A-0-1: Redovisning av de olika inglasningsdelarna enligt tabell A-1 samt A-2: 1 – N0, 2 – Nextra, 3 – Eextra, 4 – Hörngolv, 5 – E6, 6 – Hörntak, 7 – E5.

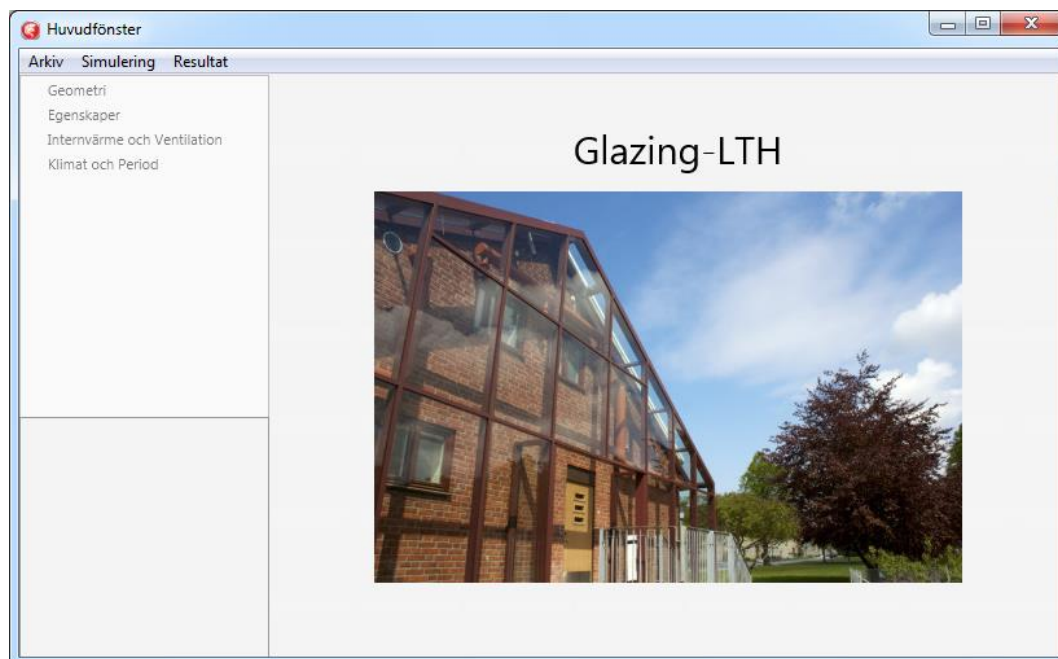
## B. Fullständigt klassträd för datamodellen



Figur B-1: Fullständig UML för datamodellen i Glazing-LTH

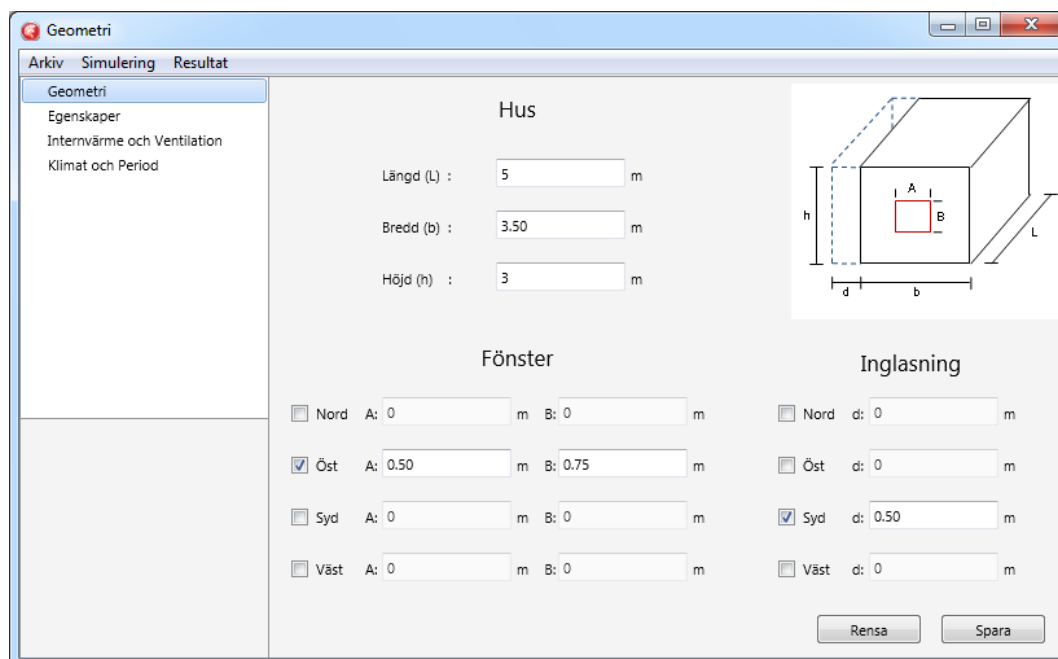


## C. Tillämpningsexempel



Figur C-1: Huvudfönster för Glazing-LTH

Vid programmets start möts användaren av ett huvudfönster där trädvyn är inaktiverad tills ett nytt "Case" har skapats. Detta görs genom att klicka på knappen "Nytt" som återfinns i filmenyn. När ett nytt beräkningsfall skapats aktiveras knapparna i trädvyn och användaren kan börja bygga upp sin modell.



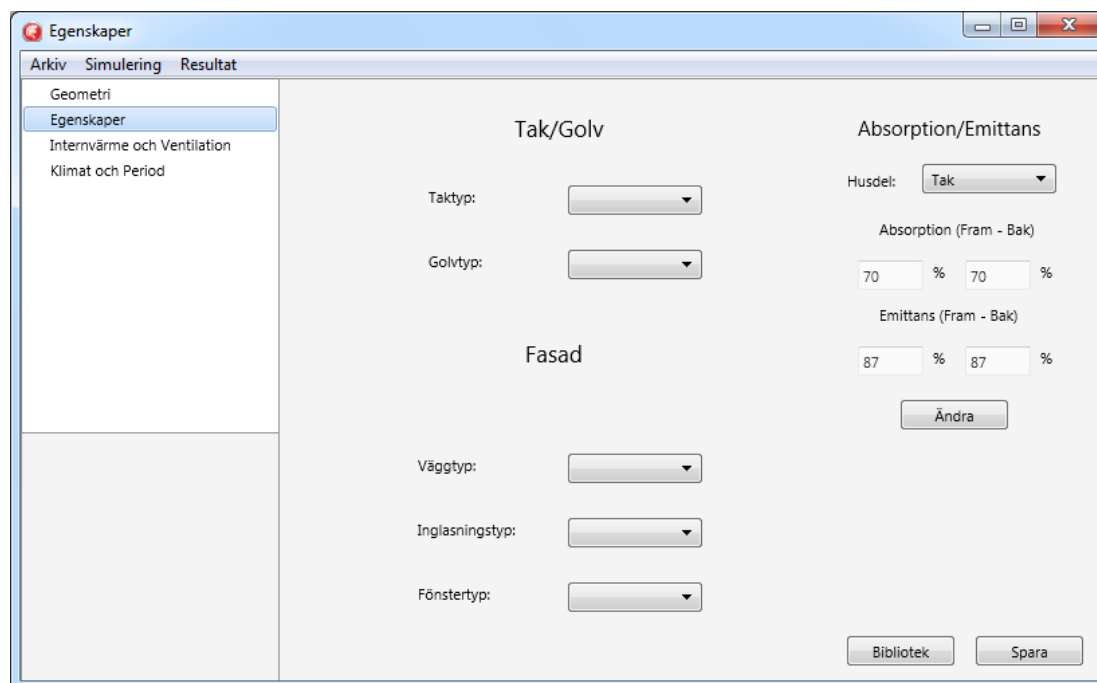
Figur C-0-2: Geometripanelen för Glazing-LTH

När man klickar på kategorin geometri i trädvyn öppnas geometripanelen som består av ett antal inmatningsboxar och en beskrivande bild på vilka mått man bestämmer. Användaren uppmanas till att specificera byggnadens dimensioner och har också möjlighet att lägga till fönster och inglasningar. Som



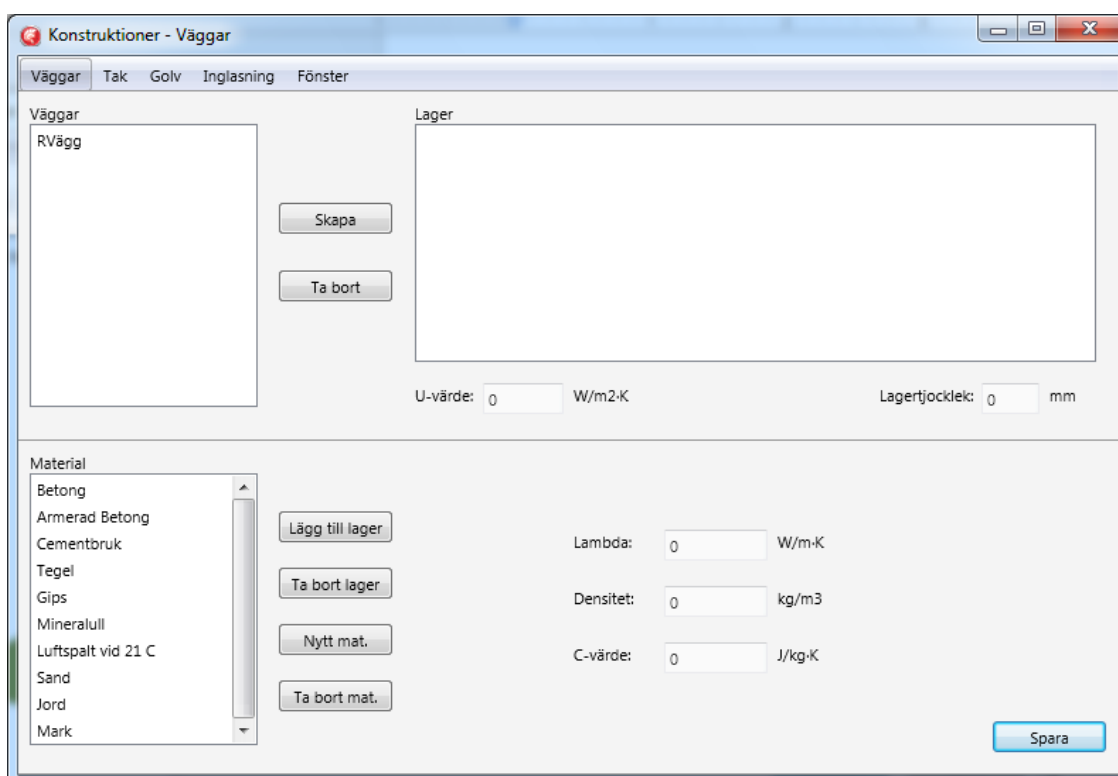
den beskrivande bilden antyder är modellen begränsad till att vara ett rätblock med möjligheter till inglasningar och fönster i mitten på väggarna.

Nästa steg efter geometrin är att bestämma vad modellens konstruktionsdelar består av, detta görs i egenskapspanelen.



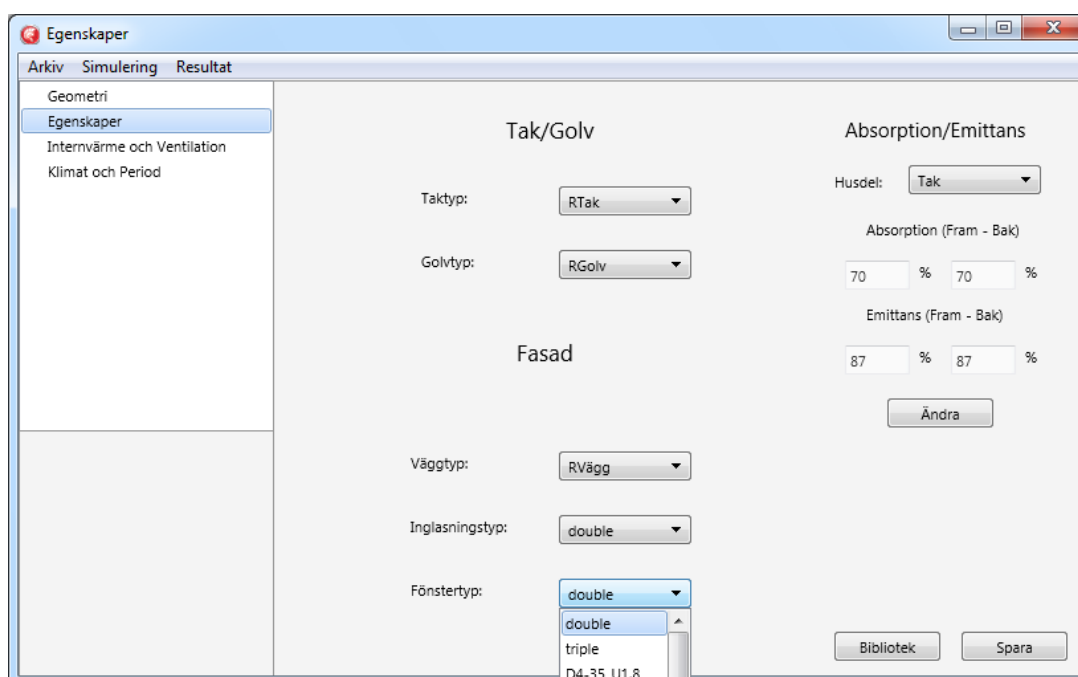
**Figur C-3: Panelen för egenskaper**

I egenskapspanelen hittar man rullistor för tak, golv, väggar, inglasningar och fönster. Dessa rullistor innehåller de konstruktionstyper man skapat i biblioteket som sedan ska användas i modellens konstruktionsdelar. Endast rullistor som tillhör en konstruktionsdel som är tillagd är aktiverade, d.v.s. att man inte har möjlighet att välja en inglasningstyp till den norra inglasningen om den inte är vald i geometrisektionen. Då programmet kommer att användas för många olika hus har det valts att inte erbjuda några färdiga konstruktioner för väggar, tak och golv. Från programmet öppnar man, via knappen bibliotek, ett nytt fönster där man skapar sina konstruktioner.



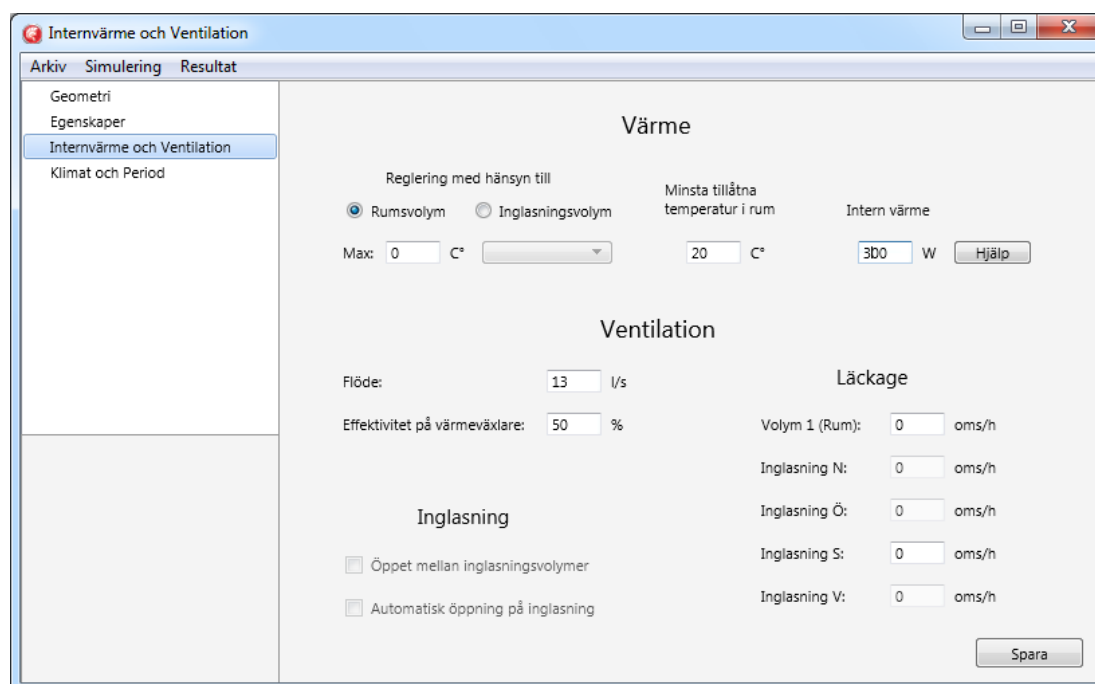
**Figur C-4:** Fönstret där användaren skapar sina konstruktioner

Fönstret består av två paneler, den övre panelen innehåller konstruktioner och tillhörande materiallager medan den nedre panelen innehåller materialbiblioteket. Den nedre panelen är begränsad till att bara vara aktiverad för opaka konstruktioner p.g.a. restriktioner för antalet glas i beräkningsmodulerna. När det är dags för att skapa olika väggar, tak och golv har användaren möjlighet till att antingen välja mellan olika material som redan finns i biblioteket eller skapa egna material för användning. Vad gäller inglasningar och fönster har användaren ingen möjlighet till att skapa nya fönster eller ta bort de befintliga. Klickar man sedan på en konstruktion så beräknas U-värde samt att lagerlistan fylls upp med tillhörande materiallager och man har då också möjligheten att se lagertjocklekar på materiallagren. Det går också att se lambda, densitet och specifik värmekapacitet för de olika material som finns i biblioteket.



**Figur C-5: Val av konstruktioner**

Konstruktionerna är skapade och redo att tilldelas till de olika delarna huset består av. Nästa steg blir att fylla i uppgifter om värme och ventilation.

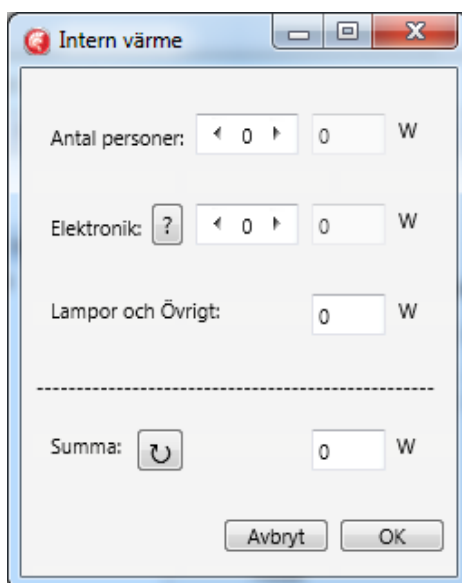


**Figur C-6: Ventilationsstrategi samt temperatur**

I panelen för värme och ventilation behöver användaren mata in data på bland annat ventilationsflöde, läckage och internvärme eller gratisvärme som det också kallas.

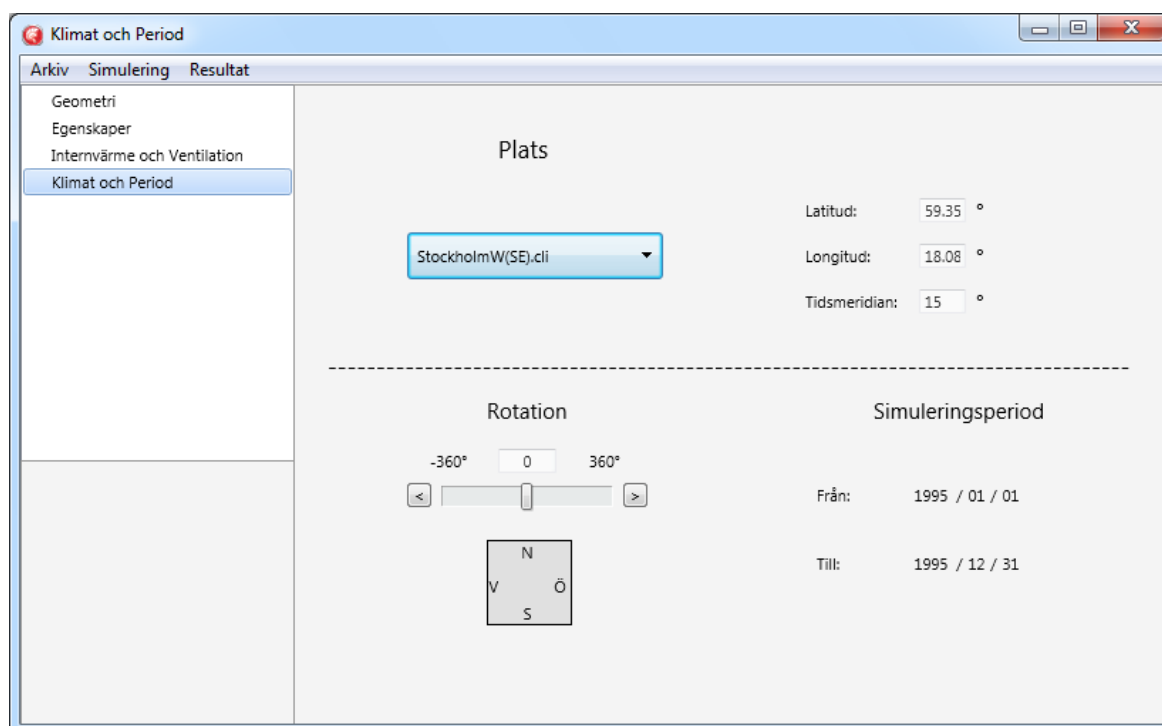
Man behöver specificera en minimumtemperatur i rumsvolymen samt en maxtemperatur som programmet ska reglera utifrån. När det gäller maxtemperaturen har användaren också möjlighet till att välja vilken volym som skall vara den dimensionerande för simuleringen, dock gäller minimumtemperaturen alltid rumsvolymen.

Behöver man hjälp med att beräkna fram hur mycket gratisvärme huset har tillgodo finns ett hjälpfönster med standardvärden på de vanligaste hushållsapparaterna i våra hushåll.



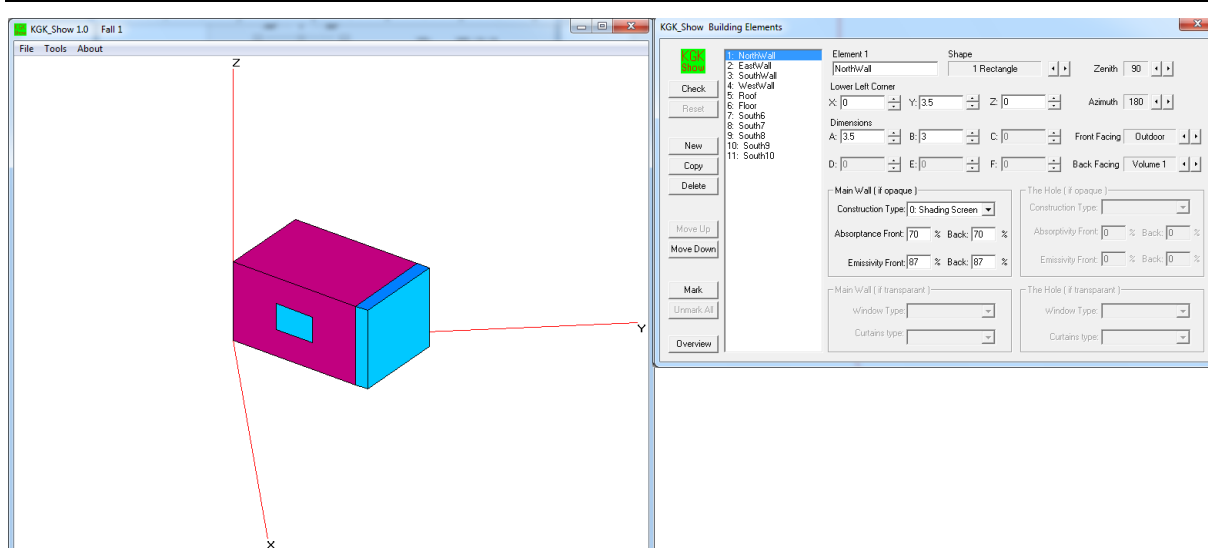
**Figur C-7: Bestämning av internvärme**

Sista steget i processen innan simuleringen kan starta är klimat och period.



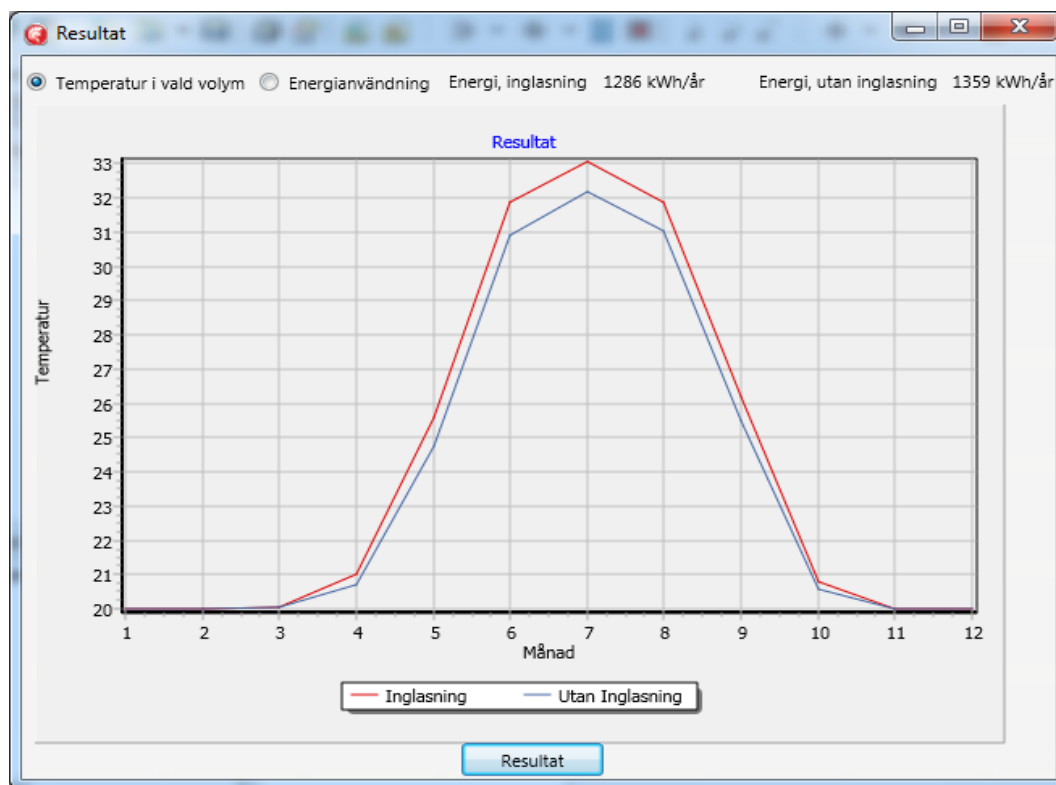
**Figur C-8: Panel för att ange byggnadens position**

I denna panel väljs en plats där byggnaden skall stå på och om huset skall roteras. Detta görs genom att man väljer en klimatfil och några exempel på platser som finns tillgängliga är Stockholm, Köpenhamn, Los Angeles och Bordeaux. När en plats är vald får användaren då se latitud, longitud och tidsmeridian för platsen samt vilken period klimatdata är baserad på. All erforderlig indata är inmatad och vi kan nu starta en simulering genom att klicka på menyknappen beräkna.



Figur C-9: Visualisering av byggnaden i KGKShow

När en simulering skett kan man trycka på visualisering för att få en bild på byggnaden. Det går även att ändra vyn så att man kan betrakta byggnaden från olika vinklar. Detta görs med insticksprogrammet KGK\_Show som är skapat av Kurt Källblad. Trycker man på knappen resultat uppe i huvudmenyn får man fram diagram på månadsmedeltemperaturer i rumsvolymen under året samt siffror på total energianvändning för uppvärmning. Resultaten redovisas för byggnaden med inglasning och för en referensbyggnad utan inglasningar. Man har också möjlighet till att se energianvändningen under året i diagrammet om man trycker på knappen energianvändning.



Figur C-10: Diagram över medeltemperatur månadsvis över året

## D. Jämförelse Derob-LTH

Variabler	Använda värden
Plats	Stockholm
Längd	5 m
Bredd	3.5 m
Höjd	3 m
Fönster (Öst)	0,5 x 0.75 m
Fönster (Väst)	1.5 x 1.0 m
Inglasning (Syd)	d = 0.5 m
Uppvärmningskapacitet	Oändlig
Min. temperatur	20 °C
Nedkylningskapacitet	0
Max. temperatur	-
Internlast	300 W
Inflöde	13 l/s
Utflöde	13 l/s
Värmeväxlares effekt	Ingen värmeväxlare

Tabell D-1: Indata för jämförelse mot Derob-LTH. \*Oändlig uppvärmningskapacitet innebär perfekt reglering.

Walls / Floors / Roofs / Doors (RVägg)

Existing walls / floors / roofs / doors

- 01| V ä g g
- 02| G o l v
- 03| T a k
- 04| N o r d
- 05| R V ä g g
- 06| R G o l v
- 07| R T a k

Buttons: Add, Delete, Copy, Rename

U-value: 0.135 W/m2.°C

Library: Opaque materials

Wall / floor / roof / door - layers

Layer	Thick.(mm)	Type	Name	Conduct.	Sp. heat	Density
1	200	1	Concrete	1.7	.24	2300
2	20	7	Air Space at 21 C	.024	.280	1.201
3	250	6	Mineral wool	.04	.24	50
4	12	5	Gypsum	.22	.23	900

Buttons: Add, Insert, Delete, Edit

Buttons: Help, OK, Cancel

Figur D-1: Skapande av väggar i Derob-LTH

Det första som gjordes i Derob-LTH var att skapa våra konstruktionstyper för vägg, tak och golv. Eftersom materialbiblioteken finns i båda programmen gick det att skapa identiska konstruktioner. Konstruktionsbiblioteken är väldigt lika i programmen, man skapar en konstruktion och lägger därefter till materiallager med inmatad tjocklek. Användaren får se ett U-värde och dessutom de olika egenskaperna i materialen. Det som skiljer programmen åt i denna sektion är att Derob-LTH har ett helt separat fönster för material och konstruktioner av glas. I Glazing-LTH är hela konstruktionsbiblioteket samlat i ett fönster och skiljs åt genom flikar.

Building element (ÖVägg)

Building elements

- 1 | Golv
- 2 | Tak
- 3 | NVägg
- 4 | SVägg
- 5 | VVägg
- 6 | ÖVägg
- 7 | SGlas1
- 8 | SGlasGolv
- 9 | SGlasTak
- 10 | SGlas2
- 11 | SGlas3

? Shape index: 3 Rectangle with a hole

Zenith: 90 °

Azimuth: 90 °

Lower left corner

x: 5 m

y: 3.5 m

z: 0 m

Front facing Volume: Outdoor

Back facing Volume: Volume 1

Dimensions (m):

A	B	C	D	E	F
5	3	1.125	2.25	1.875	2.75

Add Insert

Copy Delete

Rename Surfaces

Main wall (if opaque)

Construction type: 5 | RVägg

Absorptance front: 70 % back: 70 %

Emittance front: 87 % back: 87 %

Main wall (if transparent)

Window type:

Curtain type:

The hole (if opaque)

Construction type:

Absorptance front: 70 % back: 70 %

Emittance front: 87 % back: 87 %

The hole (if transparent)

Window type: 1 | double

Curtain type:

Leakage flow at dP = 50 Pa 0 l/sm<sup>2</sup>

Exclude floor elements

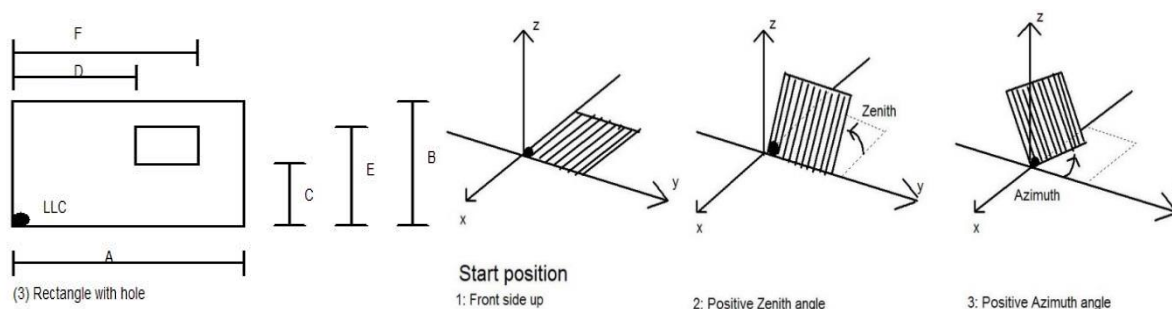
Assign value for leakage flow to all building elements excluding floors Assign

Help

OK Cancel

Figur D-2: Bestämning av geometri i Derob-LTH

Nästa steg blev att skapa byggnadens ytor samt tilldela dessa med konstruktionstyperna som skapades i föregående steg. Det är denna del som skiljer sig åt mest i de två programmen och också denna del som inspirerat oss till att utveckla Glazing-LTH till att vara så enkelt som möjligt. Som användare i Derob-LTH är du här tvungen att ge ytornas fullständiga egenskaper som dimensioner, zenithvinkel, x-y-z koordinater och var ytorna riktar sig. Denna process är alldeles omöjlig för en ny användare om denne inte använder sig av hjälpmanualen.



Figur D-3: Anvisningar till hur man anger ytans geometri

Bilden ovan visar endast ett urval av vad som finns i manualen. Bland annat står det också att ytans främre sida alltid måste rikta sig utomhus. Med hjälp av manualen bygger användaren upp sitt hus och bestämmer sedan väggar, fönster, tak och golv samt deras absorptions- och emittansvärden. Inglasning som är i fokus i detta examensarbete är också besvärlig att hantera i Derob-LTH. För att exempelvis glasa in en fasad krävs det att användaren skapar och placerar fem glasytor rätt.

I Glazing-LTH är hela denna procedur uppdelad i panelerna för geometri och egenskaper där användaren först anger dimensioner på sitt hus, inglasningar och fönster för att sedan i nästa panel bestämma byggdelenas konstruktioner. Användaren behöver här inte bry sig om att rotera och placera sina ytor rätt. Dessutom behöver man inte räkna ut C, D, E och F värden för ytor som innehåller fönster utan det sköter programmet så länge man angivit fönstrets dimensioner. Inglasningar behöver man endast ange luftspaltens djup mellan glas och vägg. När det gällde denna sektion var Glazing-LTH överlägset i både enkelhet och på att minimera felmöjligheter för användaren. Derob-LTH var dock märkbart bättre när det kom till användarens möjligheter för utformning av sin byggnad. Det fanns fler olika polygoner att välja mellan och möjlighet till att placera fönster vart man vill. I Glazing-LTH är rektangeln den enda geometriska form som finns tillgänglig, fönster placeras alltid i mitten av ytan och endast inglasning av hela ytor är tillåtna.

**Hourly operating periods for loads**

Hour	Mp-Heating(W)	Heating(°C)	Mp-Cooling(W)	Cooling(°C)	Internal loads(W)	Inflow(L/s)	Outflow(L/s)	Open window(%)
1	9999999	20	0	25	600	13	13	0
2	9999999	20	0	25	600	13	13	0
3	9999999	20	0	25	600	13	13	0
4	9999999	20	0	25	600	13	13	0
5	9999999	20	0	25	600	13	13	0
6	9999999	20	0	25	600	13	13	0
7	9999999	20	0	25	600	13	13	0
8	9999999	20	0	25	600	13	13	0
9	9999999	20	0	25	600	13	13	0
10	9999999	20	0	25	600	13	13	0
11	9999999	20	0	25	600	13	13	0
12	9999999	20	0	25	600	13	13	0
13	9999999	20	0	25	600	13	13	0
14	9999999	20	0	25	600	13	13	0
15	9999999	20	0	25	600	13	13	0
16	9999999	20	0	25	600	13	13	0
17	9999999	20	0	25	600	13	13	0
18	9999999	20	0	25	600	13	13	0
19	9999999	20	0	25	600	13	13	0
20	9999999	20	0	25	600	13	13	0
21	9999999	20	0	25	600	13	13	0
22	9999999	20	0	25	600	13	13	0
23	9999999	20	0	25	600	13	13	0
24	9999999	20	0	25	600	13	13	0

Internal loads from Heat exchanger  
 No  
 Yes Efficiency 50 %  
 Bypass function  
 No  Yes

Figur D-4: Ventilationsstrategi i Derob-LTH

Specifisering av ventilation var ganska olika i utseende men i grund och botten fyller användaren i samma uppgifter. I Derob-LTHs version har man möjlighet till att bestämma olika värden vid olika perioder, vilket inte går i Glazing-LTH. Detta skulle vara användbart om man behövde ändra



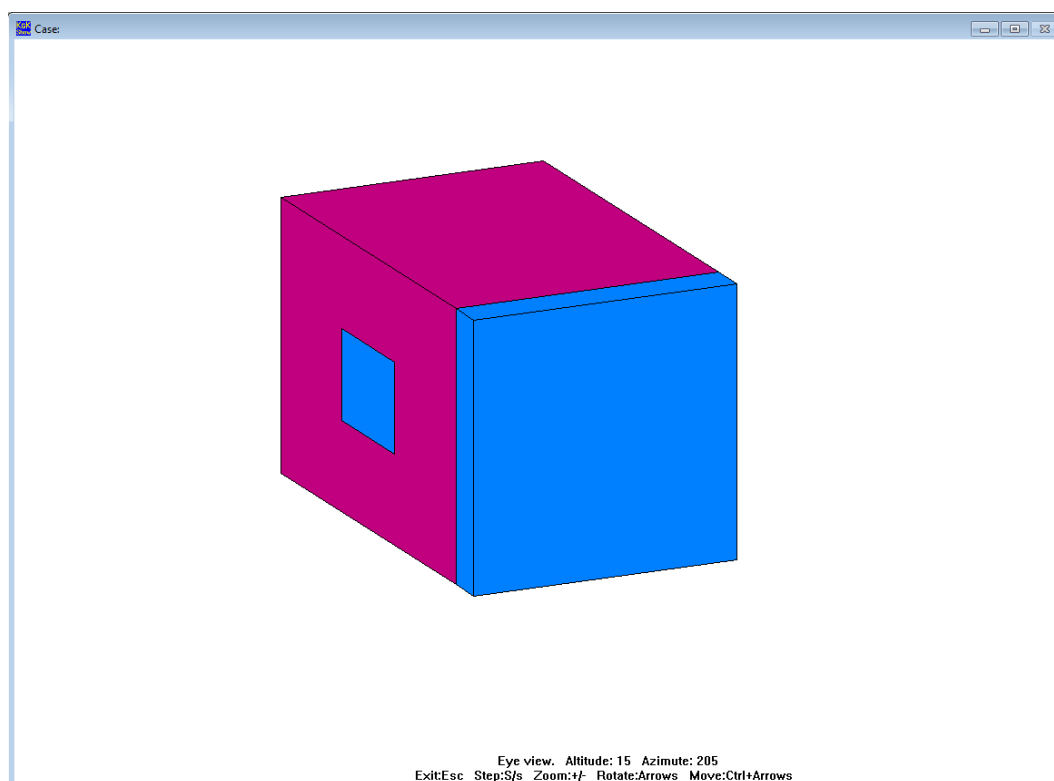
ventilationsparametrar i exempelvis kontor beroende på tidsperioder som helger och kvällar. Kollar man på Glazing-LTHs panel för ventilation är det väldigt enkelt och klart vad det är man fyller i och var man gör det i kontrast till Derob-LTH där det är mindre tydligt för nya användare. I Glazing-LTH är det även så att värme- respektive kylkapacitet är förprogrammerat med fokus på platser som inte använder sig av kylaggregat i hushållet, exempelvis Sverige.

The screenshot shows the 'DEROB-LTH' software interface with the following configuration options:

- Site / Period / Climate**
- Latitude: 59.35 (range: -90.0 to 90.0, positive to the north)
- Longitude: 18.08 (range: -180 to 180, positive to the east)
- Time meridian: 15.00 (range: -180 to 180, positive to the east)
- Rotation of the x-axis from south: 0 (range: -360.0 to 360.0, positive anti-clockwise, 0° if not set)
- Period of simulation: First date: 1995-01-01, Last date: 1995-12-31
- Climate data file: H:\WINDOWS\DESKTOP\DEROB\Climate\Stockholm
- Message: Hourly wind data is used in HVAC-calculations
- File explorer showing the path: H:\WINDOWS\DESKTOP\DEROB\Climate
- Solar radiation:  Use hourly values from the climatic file,  No sun
- Outdoor temperatures:  Use hourly values from the climatic file,  Set temperature to [ ] °C
- Recalculate wind data for building height
- Buttons: Help, General parameters, OK, Cancel

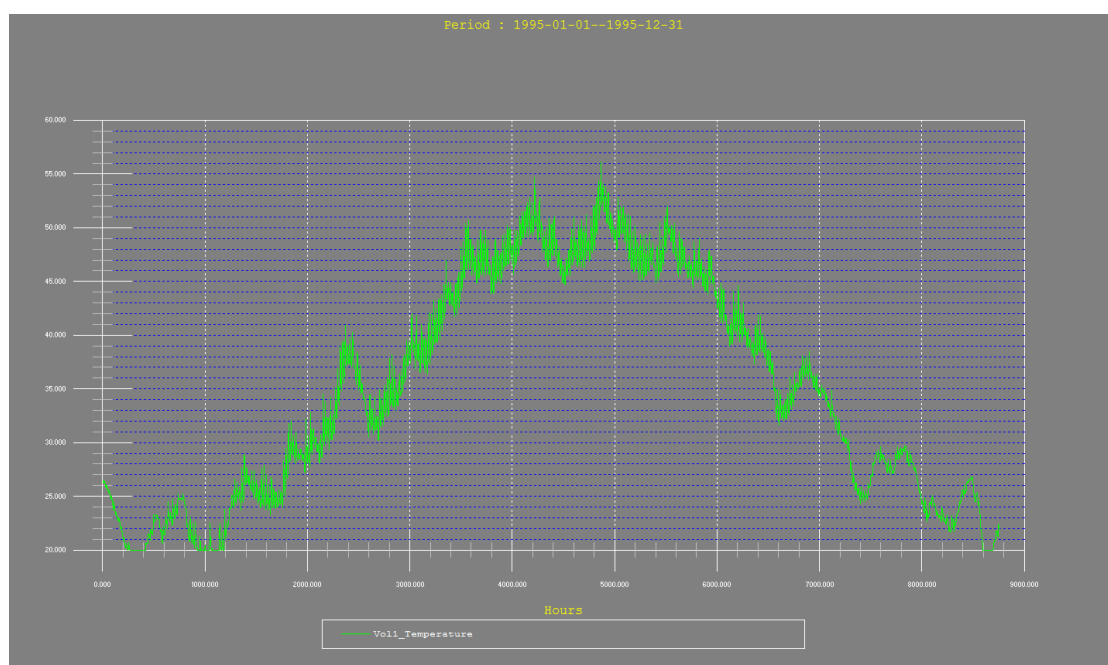
Figur D-5: Bestämning av plats i Derob-LTH

Det sista steget i uppbyggnad av modell är att ange den geografiska plats byggnaden skall befinna sig på. Dessutom har man möjlighet att bestämma byggnadens orientering genom att rotera byggnaden. För båda programmen visas sedan simuleringsperiod, latitud, longitud och tidsmeridian. I Derob-LTH har man gett användaren möjlighet att ta bort solinstrålning samt sätta egen utomhustemperatur. Detta kändes onödigt för oss och därför är det förprogrammerat i Glazing-LTH att alltid använda klimatfilernas timvärden för temperatur och solinstrålning.



**Figur D-6: Visualisering av byggnaden från Derob-LTH**

Både Glazing-LTH och Derob-LTH använder sig av insticksmodulen KGK\_Show för att rita upp en 3D-modell av byggnaden. I KGK\_Show är det möjligt att ändra en rad visningsparametrar som vinklar och solperspektiv.



**Figur D-7: Timvärden över temperatur för ett år i Derob-LTH**

Efter en lyckad simulering fanns det en rad resultat användaren kunde välja att visualisera genom diagram. Här fanns bland annat temperaturer, energianvändning för upphettning och utomhustemperatur. I Glazing-LTHs resultatdiagram visas två linjer för användaren, en innehållande

medeltemperaturer för aktuell byggnad och en annan med medeltemperaturer för aktuell byggnad utan inglasningar. Dessutom har man möjlighet att se byggnadens energianvändning över simuleringsperioden, även här två linjer på samma sätt som i temperaturdiagrammet. Utöver dessa diagram finns också en siffra på summan av periodens energianvändning. För ytterligare information om andra variabler som exempelvis temperaturer och energianvändning i andra volymer än rumsvolymer får användaren i Glazing-LTH vända sig till Vol\_Load textfilen som skapas i samband med beräkningen.

För att få en årlig summering och sammanfattning av simuleringen fick man vända sig till filen TL.log och här nedan i tabell D-2 jämförs de två programmens TL loggar.

	<b>Glazing-LTH</b>	<b>Derob-LTH</b>	<b>Skillnad mot Derob-LTH</b>
Medel,T Vol.1	24.2 °C	24.1 °C	0.4 %
Medel.T Vol.2	19.5 °C	19.5 °C	0%
Högsta T Vol,1	40 °C	40.7 °C	1.7 %
Minsta T Vol.1	20 °C	20 °C	0%
Högsta T Vol.2	61.1 °C	57.1 °C	7%
Minsta T Vol.2	-10.2 °C	-9.4 °C	8.5 %
Tot. Energianv.	1286.1 kWh	1429.4 kWh	10%

**Tabell D-2: Årlig summering för jämförelse mot Derob-LTH**

För just det här fallet kan man se att skillnaderna i temperatur mellan programmen är väldigt små. Resultat gällande energianvändning skiljer sig hela 10 %. Nedan i tabell D-3 visas jämförelse mellan Glazing-LTHs vinter- och sommarfall.

	<b>Sommarfall</b>	<b>Vinterfall</b>
Medel.T Vol.1	24.2 °C	27.4 °C
Medel.T Vol.2	19.5 °C	15.9 °C
Högsta T Vol.1	40 °C	47.3 °C
Minsta T Vol.1	20 °C	20 °C
Högsta T Vol.2	61.1 °C	53.9 °C
Minsta T Vol.2	-10.2 °C	-11.8 °C
Tot. Energianv.	1286.1 kWh	949.8 kWh

**Tabell D-6: Årlig summering för sommar- respektive vinterfall**

I ventilationsstrategin vinter, där ventilationsluft styrs genom den uppvärmda inglasningsvolymen in till rumsvolymer, är temperaturerna i volym 1 generellt högre än sommarfall. När det gäller temperaturer i volym 2 är temperaturerna istället lägre, vilket kan förklaras av att den uppvärmda volymen kyls ned av att skicka in sin varma luft in till volym 1. Som en följd av att vinterfallet utnyttjar gratisvärmerna blir också energianvändningen för uppvärmning mycket mindre.