

Lågenergihus i torrt och varmt klimat

- Passiv klimatisering i moderna familjehus med hjälp av traditionell teknik i varma klimat



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggnadsfysik

Examensarbete:

Ali Moussaoui

Simon Tzegai

© Copyright Ali Moussaoui, Simon Tzegai

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

Byggsektorn står idag för 41,4 % av den totala energikonsumtionen i Egypten, och bostadssektorn står för mer än hälften av elförbrukningen i landet. Därför finns det en stor potential till att minska elanvändningen. En stor del av elanvändningen upptas av belysning, luftkonditionering och varmvatten. Med passiva klimatiseringstekniker kan en stor del av denna energianvändning reduceras. I denna rapport har vi studerat och utfört mätningar på två typer av egyptiska hus: ett traditionellt samt ett modernt som utnyttjar passiva klimatiseringstekniker. Under mätningarna har den relativa fuktigheten och temperaturen uppmäts. Det traditionella huset är ett bra exempel på ett 16/1700-tals privat och förmöget egyptiskt hem. Mätningar har skett i två olika rum; ett i den södra delen av huset med fönster riktade mot söder och ett i den norra delen av huset med fönster riktade mot norr. Rummet i den södra delen utnyttjar naturlig ventilation för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. År 2009 påbörjades byggandet av det moderna lågenergihuset och är ett exempel på en modern byggnad som använder traditionella tekniker. I huset finns bl.a. en vindfångare som skapar vindrörelser och ökar luftomsättningen i huset. Även en kvalitativ jämförelse har gjorts mellan det traditionella och den moderna byggnaden.

Beräkningsprogrammet VIP Energy har använts till att göra energiberäkning för det moderna lågenergihuset. Energiberäkning har gjorts för fem olika fall:

- Utan någon ändring i klimatskalet
- Med utvändig värmeisolering i ytterväggen och källarväggen
- Med invändig värmeisolering i ytterväggen och källarväggen
- Med värmeisolering i grundkonstruktionen
- Med tilläggsisolering i takkonstruktionen

Resultaten av beräkningarna visar att värmeförsörjningen är minst vid utvändig värmeisolering i ytterväggen. Då ingen ändring gjorts i klimatskalet är värmeförsörjningen 35.9 kWh/m² per år, och med 50 mm mineralull på ytterväggen och källarväggen blir värmeförsörjningen 14.3 kWh/m² per år. Beräkningarna visar även att värmeförsörjningen ökar då man värmeisolerar grundkonstruktionen.

Nyckelord: Lågenergihus, Egypten, klimatiseringsteknik, naturlig ventilation, energiberäkningar, skydome, vindfångare, VIP Energy, MIT design Advisor, mahoney table

Abstract

The construction sector currently accounts for 41.4% of the total energy consumption in Egypt and the residential sector accounts for more than half of all electricity consumed in the country. Therefore, there is great potential for reducing electricity use. Much of the electricity is used for lighting, air conditioning and hot water, a great part of this use can be reduced by passive climate control.

We have made measurements in a traditional and a modern Egyptian house. Calculations of the building energy balance have also been carried out in order to find new ways to reduce the energy balance in the modern building. During the measurements, the relative humidity and temperature were measured. The traditional house is a good example of a 1600-1700 century private and wealthy Egyptian home that is using passive techniques to get a comfortable indoor climate. Measurements have been made in two different rooms: one in the southern part of the house with windows facing south and one in the northern part of the house with windows facing north. The room in the southern part of the house uses natural ventilation to cool the building. The modern house is a low-energy house and a good example of a modern house that uses passive techniques such as windcatcher to achieve comfortable indoor climate. Even a qualitative comparison was made between the traditional and the modern building.

The calculation Program VIP Energy has been used to make energy balance calculation for the modern low-energy building. Energy calculation has been made for five different cases:

- With no change in the building envelope
- With external thermal insulation in the exterior walls
- With internal thermal insulation in the exterior walls
- With thermal insulation in the foundation
- With additional insulation in the roof structure

The results of these calculations show that the greatest reduction of required heat supply is with external thermal isolation in the exterior walls. When no change has been made in the building envelope, the required heat supply is 35.9 kWh / m² per year and with 50 mm mineral wool in the exterior walls, the heat supply is 14.3kWh/m² per year. The calculations also show that the required heat supply increases with thermal insulation in the foundation.

Keywords: Low-energy house, Egypt, passive climate control, natural ventilation, energy balance, skydome, windcatcher, VIP Energy, MIT design advisor, mahoney table

Förord

Denna rapport är ett examensarbete utfört på högskoleingenjörsutbildningen Byggt teknik med arkitektur på Campus Helsingborg, Lunds Universitet. Examensarbetet är den avslutande delen av högskoleingenjörsutbildningen och omfattar 22,5 högskolepoäng. Rapporten har utförts under vårterminen 2011 på avdelningen Byggnadsfysik och i samarbete med University of Cairo. Vi vill tacka vår examinator Dan Gaffner som möjliggjort detta examensarbete genom att ge oss chansen att åka till Egypten och studera traditionella och moderna hus. Vi riktar även ett stort tack till Professor Ahmed Abdin vid University of Cairo som bidragit med sina kunskaper inom detta område genom privatlektioner samt gett oss tillfället att göra mätningar i lågenergihuset som han har ritat. Vi vill även tacka de egyptiska utbytesstudenterna som har gett oss ett varmt välkomnande till Egypten samt vår handledare på byggnadsfysik avdelningen Petter Wallentén.

Helsingborg, Maj 2011

Ali Moussaoui, Simon Tzegai

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemställning	3
1.3 Syfte och mål	3
1.4 Avgränsningar	3
2 Metod	4
2.1 Rapportens disposition.	4
2.1.1 Figurer och foton.	5
3 Förutsättningar	6
3.1 Klimat	6
3.1.1 Termisk komfort	10
3.2 Energiregler	12
3.2.1 Implementering av reglerna	14
4 Traditionella egyptiska hus och passivtekniker	15
4.1 Byggnadsmaterial	15
4.1.1 Byggnadsteknik och historia	15
4.1.1.1 Byggnadskonstruktioner	16
4.2 Passivtekniker i traditionella bostäder	17
4.2.1 Naturlig ventilation	17
4.2.2 Vindfångare	19
4.2.2.1 Skillnaden mellan Badgir och Malqaf	21
4.2.3 Inversionsfenomenet och skapandet av gårdsplaner	21
4.2.4 Belysning	23
4.2.5 Solavskärmning	23
4.2.5.1 Mashrabians utformning	24
4.2.6 Väggar med hög termisk massa	25
5 Moderna hus i Egypten	26
5.1 Konventionella moderna hus	26
5.1.1 Ventilation	27
5.1.2 Belysning	28
5.2 Energisnåla byggnader	28
5.2.1 Byggkonstruktion	28
5.2.1.1 Värme och ventilation	31
5.2.1.2 Belysning	35
6 Mätningar	37
6.1 Förutsättningar	37
6.1.1 Mätinstrument	37
6.1.1.1 Begränsningar hos instrumentet	38
6.2 Mätning i modernt energisnålt familjehus	38

6.2.1 Förutsättningar	38
6.2.2 Mätningar utomhus	39
6.2.3 Vardagsrum	40
6.2.4 Allrum.....	41
6.2.5 Resultat av mätningar	41
6.3 Mätningar i ett traditionellt flerfamiljehus i Kairo.....	42
6.3.1 Förutsättningar	42
6.3.2 Rum i norrläge	43
6.3.3 Rum i söderläge.....	44
6.3.4 Resultat av mätningar	44
6.4 Kvalitativ jämförelse mellan byggnaderna	45
7 Energiberäkning.....	47
7.1 VIP Energy	47
7.1.1 Begränsningar.....	47
7.1.2 Förutsättningar	48
7.1.2.1 Mått	48
7.1.2.2 Energiberäkningen.....	49
7.1.3 Resultat.....	54
7.2 The MIT Design Advisor 1.1	64
7.2.1 Förutsättningar	64
7.2.2 Avgränsningar	65
7.2.3 Begränsningar hos MIT Design Advisor 1.1	65
7.2.4 Indata.....	65
7.2.5 Beräkningsresultat scenario 1	65
7.2.6 Beräkningsresultat scenario 2	66
7.2.7 Beräkningsresultat scenario 3	66
7.2.8 Beräkningsresultat scenario 4	67
7.2.9 Sammanställning av resultat från MIT Design Advisor 1.1 ..	67
7.2.10 Kostnadsjämförelse.....	68
8 Designprogram som används i Egypten	70
8.1 Climate consultant 5.....	70
8.1.1 Generella rekommendationer.....	70
8.2 Mahoney table.....	74
8.3 Slutsatser och sammanfattning efter jämförelse	74
8.3.1 Den naturliga ventilationen.....	75
8.3.2 Tung stomme	75
8.3.3 Solavskärmning	75
9 Diskussion.....	77
Källförteckning.....	78
Elektroniska källor.....	78
Tryckta källor	80
Övriga referenser.....	81

Programvara.....	81
Bilaga 1 – kravtabeller.....	82
Bilaga 3 - Indata MIT Design Advisor 1.1	84
Bilaga 4 – Vindros från Climate Consultant 5.0	90
Bilaga 5 – Indata VIP Energy	91
Bilaga 6 – Mahoney Table	95

Definitioner

Relativ fuktighet

Den relativa luftfuktigheten uttrycks i procent av luftfuktigheten vid mättnad, det vill säga den maximala mängd vattenånga som kan finnas i luften vid den aktuella temperaturen.

U-värde

eller värmegenomgångskoefficient, uttrycks i W/m^2K . U-värdet beskriver hur mycket värme som går ut per kvadratmeter vid en grads skillnad mellan inomhus- och utomhustemperatur.

Energianvändning

är den till byggnaden levererade energin under ett normalår som används för uppvärmning, kylning och upphettning av tappvatten. Vanligen benämnd köpt energi. Däremot ingår inte hushållsel i energianvändningen.

Transmission

syftar till en överföring, och med transmissionsförluster menar man de sammanlagda energiförluster som sker genom en byggnads omslutande delar. Det vill säga genom väggar, golv, tak, fönster och dörrar.

HBRC

Housing and Building National Research Center (HBRC) är en statlig organisation i Egypten som utvecklar regler för energianvändning.

Passiv klimatisering

Att utan mekaniska hjälpmedel som avancerade uppvärmnings- och kylningssystem kunna åstadkomma ett så behagligt inomhusklimat som möjligt

Lågenergihus

Ett hus som genom utformning eller använd teknik, förbrukar mindre energi än ett konventionellt hus.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har klimatförändringar och miljökonsekvenser uppmärksammas och flitigt debatterats på en såväl global som lokal nivå. Om inte utsläppen av växthusgaser, speciellt koldioxid, drastiskt minskar kommer uppvärmningen att fortsätta och detta kan leda till allvarliga klimatförändringar.¹ Mellanöstern och de nordafrikanska länderna använder energin som nästan uteslutande utvinns ur fossila bränslen vilket leder till luftföroreningar och påskyndar klimatförändringen. Men det finns också en stor potential att minska energianvändningen som man har gjort i många andra länder.²

Byggsektorn står för 41.4 % av den totala energikonsumtionen i Egypten³, och bostadssektorn står för mer än 50 % av elförbrukningen i landet.⁴ I takt med att befolkningen och levnadsstandarden ökar, stiger efterfrågan på bostäder. Detta skapar en ökad elförbrukning i bostäder och kommersiella lokaler med ca 7 % per år där 65 % av elen produceras av naturgas och 15 % av råolja.⁵ Energianvändningen per capita är 3,8 MWh vilket inte är så högt om man jämför internationellt. I Sverige ligger den på 23.6 MWh.⁶ I takt med att populationen stiger kommer troligtvis även energiförbrukning att stiga. Då befolkningen får högre inkomster och söker mer komfortabla och energikrävande bostäder kan miljön bli drabbad. För att bygga hållbart krävs det därför att man bygger hus som utnyttjar passiva metoder för att uppnå en behaglig innetemperatur. Då slipper man använda mekanisk ventilation som drivs med elektricitet som produceras med hjälp av fossila bränslen. I figur 1 ser man hur energiförbrukningen i en egyptisk bostad är fördelad. 31 % av den förbrukade elen går åt till belysning, 7 % till luftkonditionering, 11 % till varmvatten.⁷

¹Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2009) kunskapsbanken, <http://www.smhi.se>, 2011-04-03

² Energy Sector Management Assistance Programme (2009), *Tapping a Hidden Resource Energy Efficiency in the Middle East and North Africa*, <http://www.med-enec.com>, 2011-04-20

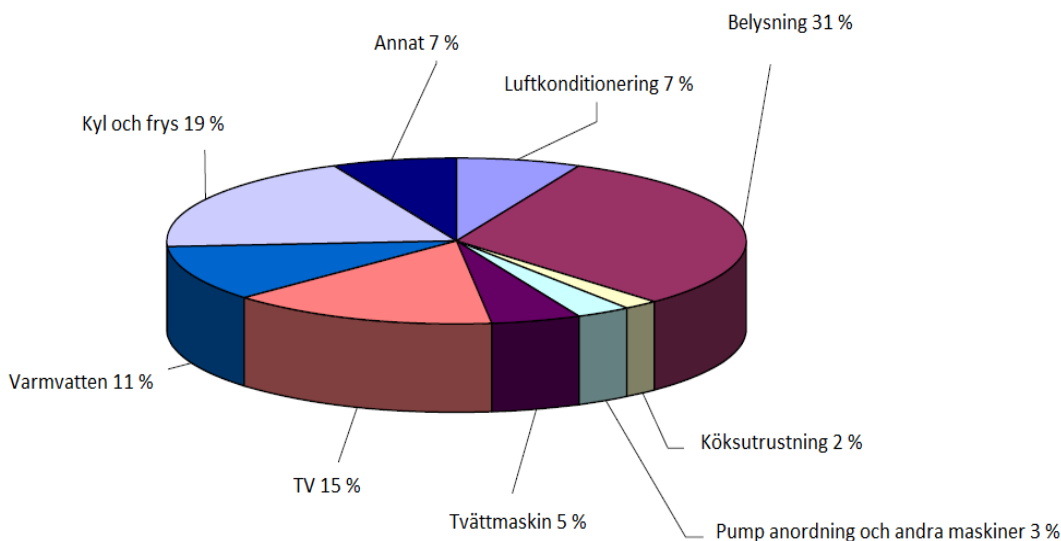
³ Air Defense House, 2009. *National Consultation Egypt Policies for Energy Efficiency in Buildings in Egypt Energy efficiency codes in the policy mix*. Cairo

⁴ Arab Republic of Egypt (2010), *Power Sector Brief – 2010*, <http://www.med-enec.com>, 2011-04-20

⁵ Air Defense House, 2009. *National Consultation Egypt Policies for Energy Efficiency in Buildings in Egypt Energy efficiency codes in the policy mix*. Cairo

⁶ International Energy Agency (2010), *Key World Energy STATISTICS*, <http://www.iea.org>, 2011-04-11

⁷ Prof. Ahmed Abdin, Dr Khaled Elfara (2006), *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean*, <http://www.med-enec.com>, 2011-04-24



Figur 1. Energiförbrukning i bostadshus i Egypten⁸

Med lämplig byggteknik som utnyttjar naturens krafter t.ex. genom att bygga hus som använder naturlig ventilation och tar tillvara på solljuset kan elanvändningen reduceras.

Energien som går åt till belysning och varmvatten kan reduceras kraftigt med tanke på att på två tredjedelar av landarean är solenergiintensiteten mer än 6,4 kWh/m² per dag och den årliga genomsnittliga solinstrålningen 2300 kWh/m².⁹ Detta kan jämföras med Sveriges årliga genomsnittliga solinstrålning på 1060 kWh/m².¹⁰ Priser på El, gas och olja är subventionerade vilket kan ha en negativ påverkan på viljan att bygga lågenergihus. År 2009/2010 uppgick energisubventionen inklusive olja till 16,5 miljarder EGP vilket motsvarar ca 17 miljarder SEK.¹¹ Sedan 2004 har man infört en lag som innebär att priset på el höjs med 5 % per år.¹² Det finns en stor potential till att reducera elförbrukningen och förbättra inomhusklimatet om passiva klimatiseringstekniker kan kombineras med välplanerad utformning av husen. Med passiv klimatisering menar vi att utan mekanisk utrustning skapa ett behagligt inomhusklimat, genom att t.ex. värmeisolera klimatskalet, öka byggnadens värmekapacitet eller utnyttja konstruktioner som vindfångare och solskorsten för att öka den naturliga ventilationen.

⁸ Prof. Ahmed Abdin, Dr Khaled Elfarra (2006), *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean* <http://www.med-enec.com>, 2011-04-24

⁹ Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law* <http://www.ecrc.org.eg>, 2011-04-20

¹⁰ Wikipedia (2011), Solinstrålning, <http://sv.wikipedia.org>, 2011-04-06

¹¹ Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law*, <http://www.ecrc.org.eg/> 2011-04-20

¹² Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law*, <http://www.ecrc.org.eg/> 2011-04-20

1.2 Problemställning

För att bygga hållbart och minska vår påverkan på klimatförändringen är det av intresse att granska traditionella hus som använder passiva tekniker för att uppnå behagligt inomhusklimat. Med rätt utformade hus som använder passiva tekniker kan energiförbrukningen reduceras. Moderna lågenergihus som använder traditionella tekniker är ett intressant koncept som vi behandlar i denna rapport. Vi har granskat ett modernt lågenergihus och undersökt alternativa lösningar till att få en lägre energiförbrukning. Med hjälp av denna studie hoppas vi att rapporten används av byggherrar och entreprenörer som vill bygga lågenergihus i varma klimat. I den här rapporten besvaras frågorna:

- Hur påverkar passiva klimatiseringstekniker inomhusklimatet i moderna och traditionella byggnader?
- Uppnår det moderna lågenergihuset ett behagligt inomhusklimat med klimatiseringstekniker som t.ex. solskorsten och vindfångare?
- Hur påverkas energiförbrukningen i det moderna huset av värmeisloering i klimatskalet?

1.3 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att lyfta fram traditionella tekniker för passiv klimatisering i bostadshus och undersöka dessa då det finns ett behov och en stor potential att reducera elförbrukningen i bostadshus i Egypten. I äldre traditionella hus finns smarta lösningar som kan utvärderas och utvecklas till att skapa behagligt inomhusklimat i dagens moderna hus. Vi har även studerat och gjort mätningar på ett modernt familjehus i Giza, Egypten som använder dessa tekniker. Målet med arbetet är att skapa ett underlagsdokument som fungerar som en vägledning för byggherrar och entreprenörer som vill bygga lågenergihus i Egypten eller länder med liknande klimat.

1.4 Avgränsningar

Arbetet behandlar enbart enfamiljsbostadshus och kommer inte att gå in på olika byggnadsmaterials miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv. Mätningar av temperatur och relativ fuktighet är utförda på vintertid, under dagtid på respektive byggnad. Vi har inte tagit hänsyn till en energisnål variant av luftkonditionering som drivs via solenergi, eftersom vi inte stött på någon sådan variant i Egypten. VIP och övriga beräkningsprogram tar inte hänsyn till köldbryggor.

2 Metod

Till en början har vi sökt litteratur på avdelningen för Byggnadsfysik i Lund eftersom där finns en samling litteratur och avhandlingar.

Vi har gjort två fallstudier: ett traditionellt och ett modernt hus. Båda husen använde passiv klimatisering. Mätningarna av temperatur och relativ fuktighet är utförda i Egypten vid två tillfällen under en heldag. Fotografisk dokumentation har även gjorts i samband med mätningarna. Under resan till Egypten hade vi privatlektioner med professor Ahmed Abdin som är specialist inom passivhus och energieffektiva byggnader. Energiberäkningar har gjorts med två olika program; MIT design Advisor 1.1 och VIP Energy. MIT design Advisor är ett webbaserat program som finns tillgängligt för allmänheten. VIP Energy är ett välkänt energiberäkningsprogram för byggnader som vi fick låna av tillverkaren StruSoft.

2.1 Rapportens disposition.

Rapporten har delats in sju kapitel.

- Kapitel 3. *Förutsättningar*, här får läsaren en liten inblick och grundläggande information över klimatet i Egypten.
- Kapitel 4. *Traditionella Egyptiska hus och passivtekniker*, behandlar dels de traditionella egyptiska hus vi undersökt, samt de passivtekniker som används.
- Kapitel 5. *Moderna hus i Egypten*, behandlar ämnet om de moderna hus som finns i dagens egyptiska samhälle samt finns det även information om det moderna lågenergihus vi undersökt och de traditionella passiva tekniker som arkitekten använt sig av.
- Kapitel 6. *Mätningar*, här beskrivs mätinstrumentet och de mätningar som skett under vår tid i Egypten samt framställs även resultat av mätningarna.
- Kapitel 7. *Energiberäkning*, här påbörjas energiberäkningar och de resultat som framkommer efter energiberäkningarna utförts. Här sker även en kvalitativ jämförelse mellan ett traditionellt egyptiskt hus och ett modernt lågenergihus.
- Kapitel 8. *Designprogram som används i Egypten* här tar vi fram med hjälp av Designprogram eventuella rekommendationer och förslag på hur man ska förbereda sig inför ett eventuellt projekt i Egypten.

- Kapitel 9. *Diskussion* här görs ett försök att knyta samman rapporten genom att kvalitativt försöka besvara de frågeställningar vi ställt i problemställningen.

2.1.1 Figurer och foton.

Alla figurer är hämtade från antingen olika rapporter, webbsidor eller dataprogram och i fotnoten står det detaljerat var figuren är tagen från.

Alla foton som finns i rapporten är självtagna och det under vår tid i Egypten.

3 Förutsättningar

3.1 Klimat

Köppensystem är ett system som klassificerar klimattyper och är utvecklat av Wladimir Köppen. I systemet finns fem huvudklimattyper och dess är:

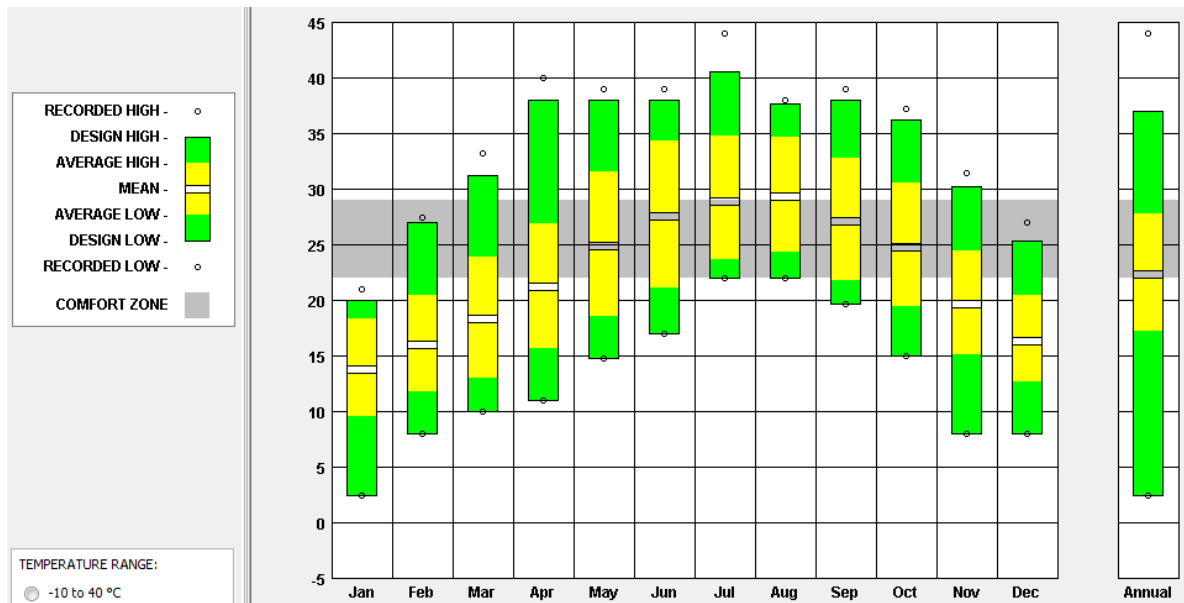
- A- Den tropiska
- B- Den arida
- C- Den varmtempererade
- D- Den kalltempererade
- E- Den polara

Köppens system är det mest kända klassindelningen av det globala klimatet.¹³ Enligt Köppens system har Egypten den arida klimattypen. Den arida klimattypen är indelad i två klimat, steppklimat (S) och ökenklimat (W). I södra och den centrala delen av landet är klimatet klassat som öken (BWh) men längs kusten är det stepp (BSh), h betyder att området har en årlig medeltemperatur på över 18 °C, lufttemperaturen i Kairo fördelat över ett år kan man se i figur 2. Vädret i Kairo är varmt under dagen och kallt under natten. Det finns två årstider: mycket varm sommar mellan maj och oktober och mild vinter från november till april.¹⁴

¹³ Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2005), *Globala klimatsystemet*
<http://www.smhi.se>, 2011-04-03

¹⁴ Worldtravels (2011), *Cairo Climate and Weather*, <http://www.wordtravels.com>, 2011-04-10

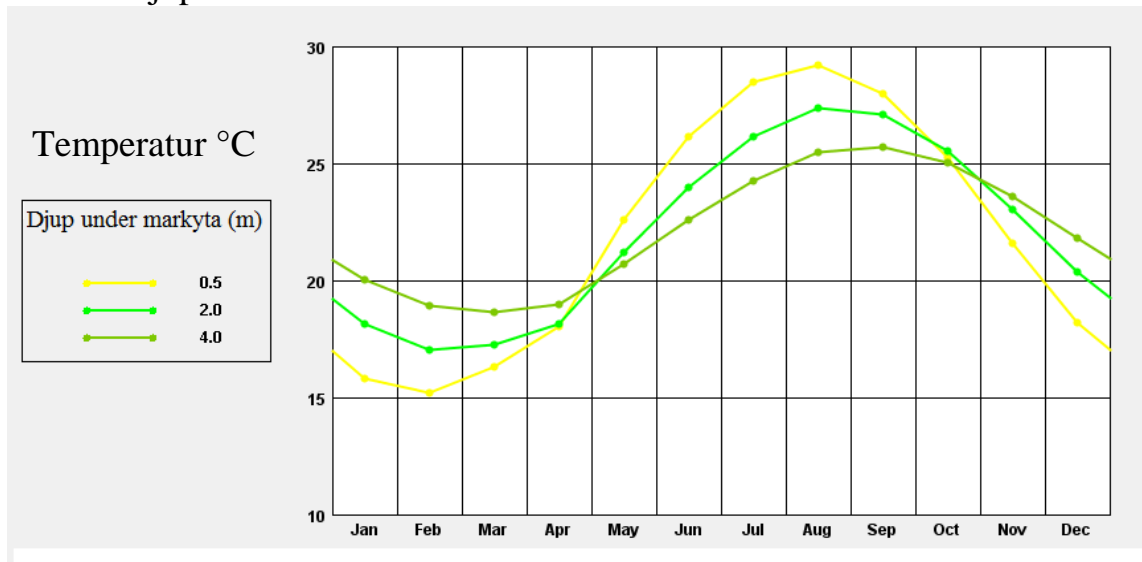
Lufttemperatur i Kairo



Figur 2. Lufttemperatur i Kairo under 12 månader¹⁵

Temperatur under markytan i Kairo

Temperaturvariationen är mindre ju djupare ner i marken man kommer. Detta kommer att vara avgörande för hur långt ner man ska installera jordavkylningssystem. I figur 3 ser man temperaturvariationerna över ett år på ett visst djup i marken.



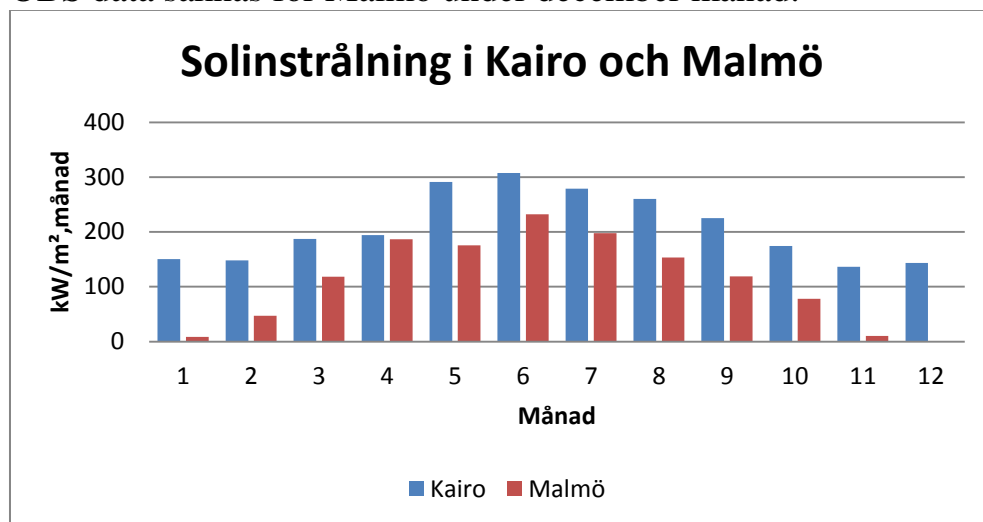
Figur 3 Temperatur under markytan i Kairo¹⁶

¹⁵ Figuren är hämtad från designprogrammet Climate consultant 5.0, Kairo

¹⁶ Figuren är hämtad från designprogrammet Climate consultant 5.0, Kairo

Solinstrålning

Två tredjedelar av landarean har solenergiintensitet på mer än 6.4 kWh/m² per dag och en årlig genomsnittlig solinstrålning på 2300 kWh/m²,¹⁷ Vilket kan jämföras med Sveriges genomsnittliga årliga solinstrålning på 1060 kWh/m².¹⁸ I figur 4 visas en jämförelse mellan solinstrålningen i Kairo och i Malmö. OBS data saknas för Malmö under december månad.



Figur 4 Solinstrålningen i Kairo och Malmö¹⁹

Under vintersäsongen, då dagen är som kortast går solen upp runt kl. 7 och ner runt kl. 17. Under sommaren då dagen är som längst går solen upp runt kl. 5 och ner runt kl. 19.²⁰

Vindhastigheten och vindriktning

Längst östkusten i Egypten har höga vindhastigheter uppmätta med ett årlig medelvärde på upp till 7 m/s. I Kairo har man ett medelvärde på ca 4 m/s.²¹ Under sommaren är vindriktningen oftast nordlig (se Bilaga - 4 Vindros) och är relativt kall på grund av den kommer från kyligare områden norrifrån. Under den milda vintern blåser det relativt varma vindar från syd-sydväst. För att kunna konstruera en vindfångare som utnyttjar vindrörelser behövs det göras mer utförligare vindriktningsanalyser för området där vindfångaren står.

¹⁷ Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law*, <http://www.ecrc.org.eg>, 2011-04-20

¹⁸ Wikipedia (2011), Solinstrålning, <http://sv.wikipedia.org>, 2011-04-06

¹⁹ Services for Professionals in Solar Energy and Radiation, http://www.soda-is.com/eng/services/service_invoke/gui_demo.php, 2011-05-24

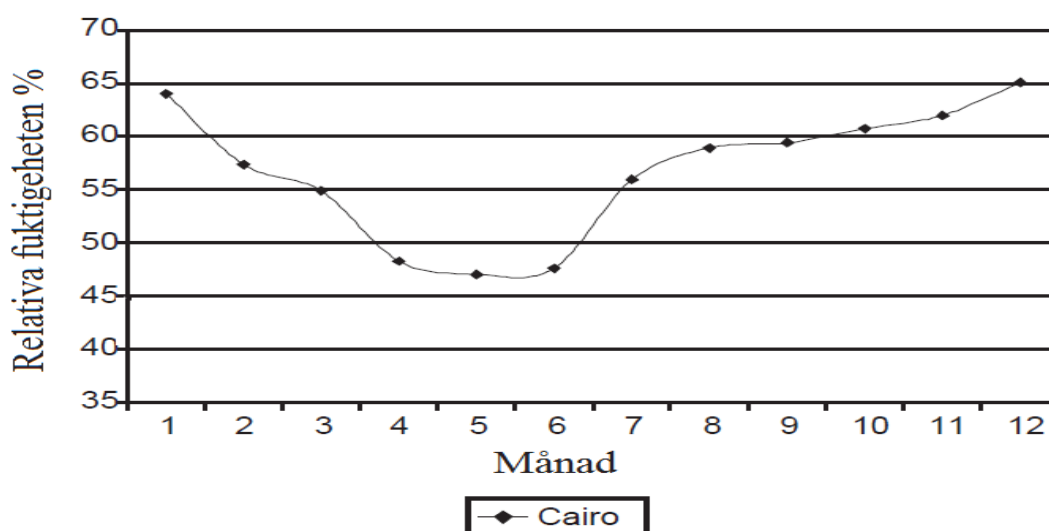
²⁰ Information är taget från designprogrammet Climate consultant 5.0, Kairo

²¹ El-Asrag A. M, Sayed M. A, El-Reheem M. Abd & Awad A (2000), *Feasibility of clean energy from wind over Egypt*, <http://www.virtualacademia.com>, 2011-04-05

I området Giza i Kairo är vindriktningen Nord-Nordväst²² och med en medelhastighet på 2.3 m/s under sommarperioden.²³

Relativa fuktigheten

Den relativa fuktigheten i Kairo är låg och därför är risken för mögel och rötskador mycket liten, den relativa fuktigheten i Kairo visas i figur 5. Detta kan jämföras med Malmö där månadsmedelvärdet av den relativa fuktigheten under ett år inte understiger 70 %.²⁴ Det kan däremot innebära problem då man gjuter betongen om man inte har tillräckligt med vatten under hydrationen. Hydration är en kemisk reaktion mellan cement och vatten i betong, hydrationen avstannar helt om den relativa fuktigheten i betongen understiger 80 %.²⁵



Figur 5. Visar den relativa fuktigheten i Kairo under ett år.²⁶

²² A. S. ZAKY (2006), *Seasonal and spatial variation of atmospheric particulate matter in a developing megacity, the Greater Cairo, Egypt*, <http://www.scielo.org>, 2011-04-15

²³ World Health Organization (2007), *Egypt: Wind Speed Hazard Distribution Map*, <http://www.emro.who.int>, 2011-04-10

²⁴ AK-konsult Indoor Air AB (2008), *AKtuellt nyhetsbrev*, <http://www.akkonsult.com>, 2011-04-28

²⁵ Burström P G, 2007. *Byggnadsmaterial – uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Danmark

²⁶ AE International – Africa & the Middle East (2003), *Atmospheric turbidity over Egypt*, <http://www.smaq-life.org>, 2011-04-13

3.1.1 Termisk komfort

Människans termiska komfort är definierad av ASHRAE som det tillstånd där människan befinner sig i tillfredsställelse med omgivningens miljö ²⁷.

ASHRAE står för American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers och är ett amerikanskt teknisk samfund för individuella och organisationer med intresse för värme, ventilation och luftkonditionering. ASHRAEs definition på termisk komfort används i de Egyptiska reglerna för energianvändning i byggnader.

Termisk komfort påverkas av värmeledning, konvektion, strålning och värmeförlust genom avdunstning. ²⁸

Den termiska komforten är även en subjektiv upplevelse och faktorer som reaktionen mot klimatet, kläder, hälsa osv har en inverkan på om man upplever termisk komfort. Det är därför omöjligt att peka ut ett specifikt optimalt villkor där alla individer upplever termisk komfort. Däremot kan man fastställa en rad villkor som säkerställer att majoriteten av personer upplever termisk komfort, en så kallad komfortzon. Komfortzonen är definierad som det tillstånd där minst 80 % av individerna upplever termisk komfort. För att befinna sig i komfortzonen krävs det att man håller innerlufttemperaturen, relativa fuktigheten och lufthastigheten på en tolererbar nivå för individerna i byggnaden. Generellt sätt kan egyptier befinna sig i termisk komfort vid högre temperaturer än t.ex. Skandinaver. ²⁹

HBRC är en statlig organisation som tar fram regler för energianvändning i byggnader i Egypten. Enligt HBRC är komfortzonen mellan 24-29 °C, med en relativ fuktighet mellan 30 % och 50 % och lufthastighet mellan 0.5 och 1.5 m/s. ³⁰ När temperaturen är lägre än 23 °C blir solinstrålning önskvärt och vid högre temperaturer än 31 °C krävs det någon sorts avkylning för att man skall befinna sig i termisk komfort enligt HBRC. ³¹

Eftersom komforten är så beroende av temperatur och luftfuktighet är det viktigt att förstå relationen mellan dessa. Till detta används ett psykrometriskt diagram som ger en grafisk representation över tillståndet i luften vid en viss temperatur. Temperaturen finns på den horisontella skalan och fukt på den vertikala. Om temperaturen på en given mängd luft minskar och når en

²⁷ Wikipedia, Thermal comfort (2011), <http://en.wikipedia.org>, 2011-04-07

²⁸ Föreläsning med prof Ahmed Abdin, Kairo, 2011-03-06

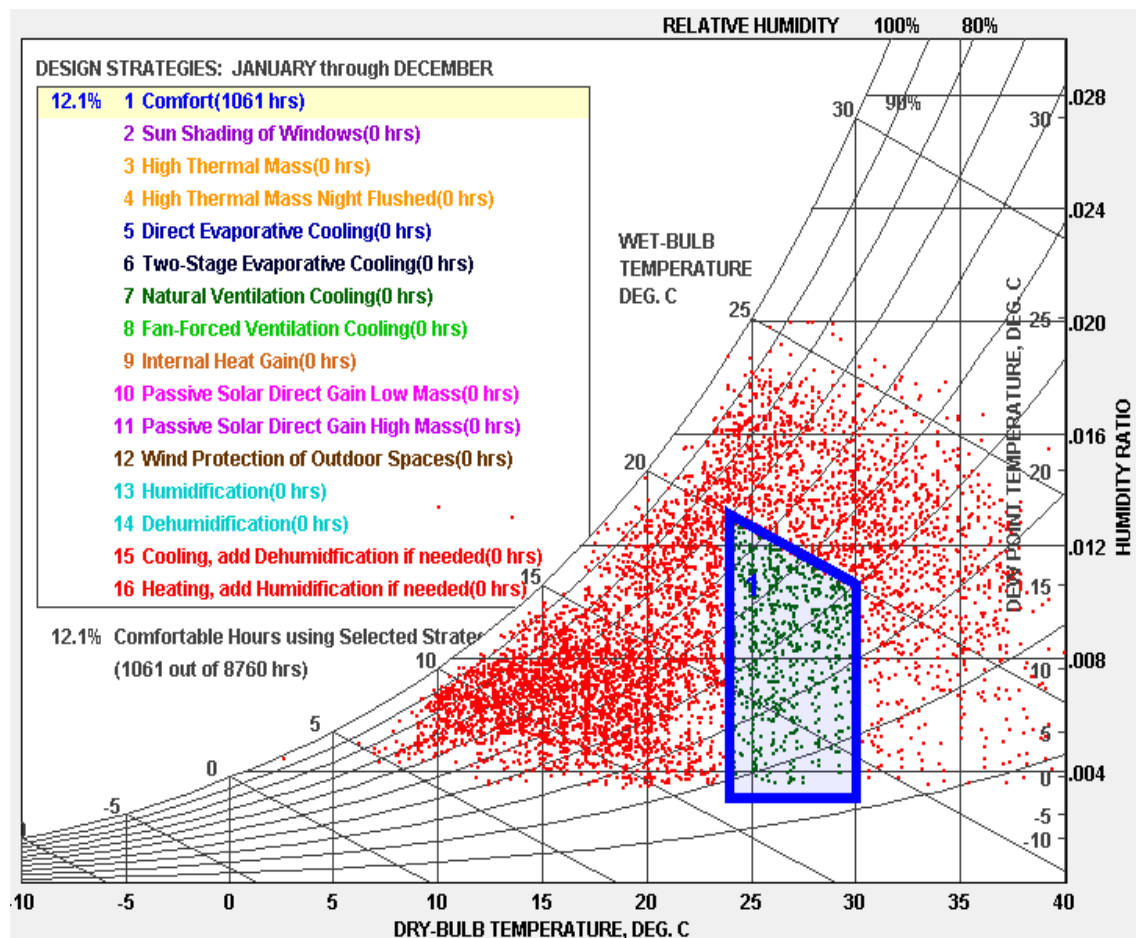
²⁹ Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

³⁰ Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

³¹ Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

temperatur som kallas daggpunkt, får luften en relativ fuktighet på 100 %. Denna mätnadspunkt representeras av den yttre, böjda gränsen på det psykrometriska diagrammet.

I figur 6 visas en bild på ett psykrometriskt diagram över Kairo. Prickarna i diagrammet föreställer den uppmätta relativa fuktigheten samt temperaturen för varje timme under ett helår i Kairo. Komfortzonen är avgränsad av en blå linje. Diagrammet visar att 12.1 % av tiden under ett helår är utomhusklimatet inom komfortzonen.



Figur 6. Psykrometriskt diagram som är hämtat från programmet climate consultant 5.0

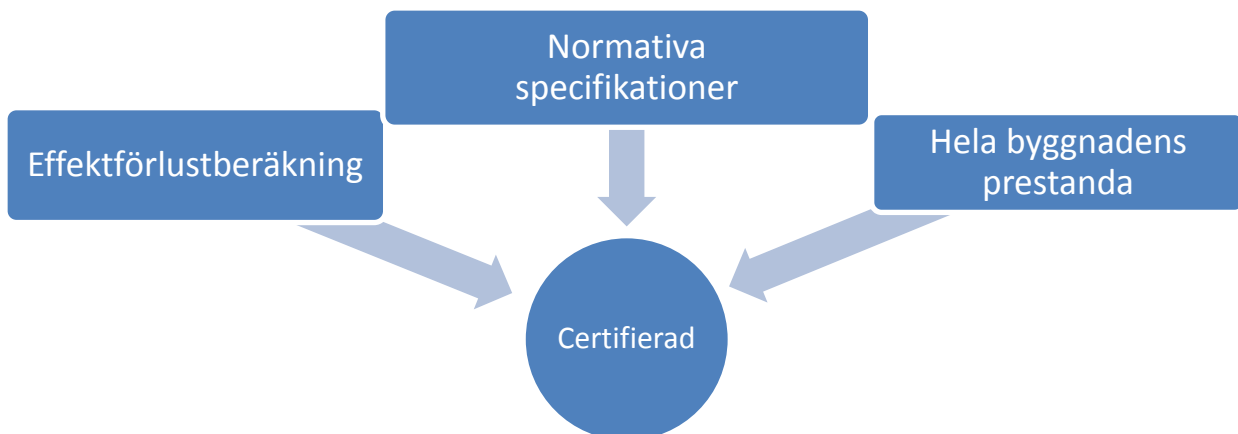
3.2 Energiregler

Housing and Building national Research Center (HBRC) är en statlig finansierad organisation i Egypten som har utvecklat regler för energianvändningen i tre olika byggnadstyper.

- Regler för energi användning i bostadshus
- Regler för energianvändning kommersiella lokaler
- Regler för energianvändning i statligt ägda byggnader

Reglerna har likheter med ASHRAE-90.1 som innehåller energikrav på byggnader i USA, då dessa har legat i grund för de Egyptiska reglerna.³²

Regler för energianvändning i bostadshus är indelade i två olika kategorier: byggnader utan luftkonditionering och byggnader med luftkonditionering. För att uppfylla kriterierna kan man gå tillväga på tre olika sätt. Alla leder till att byggnaden certifieras för att ha klarat energikraven.



Normativa specifikationer

De vanligaste är att man använder de normativa specifikationer till att uppfylla kraven. Med den normativa specifikationen har man på en kravtabell på förhand räknat ut hur mycket isolering man behöver för en viss typ av vägg och takkonstruktion. I samma tabell går det med hjälp av att ha räknat ut hur stor väggarean är i förhållande till fönsterarean erhålla största tillåtna soltransmittansen för fönstren. Soltransmittansen anger hur stor andel av värmen som går genom glaset. Om fönstren har för hög soltransmittansen kan detta kompenseras av bättre solavskärmning.

³²Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

I stora drag tar den normativa specifikationen hänsyn till att väggarna behöver olika mycket värmeisolering beroende på orienteringen av väggen. En vägg mot norr behöver mindre värmeisolering än en vägg mot söder. Detta p.g.a. att väggen mot söder utsätts för mer solstrålning och blir därför varmare på sommaren vilket inte är önskvärt i varma klimat. Det är en schablonartad metod där det går att göra en snabb bedömning om huset klarar energikraven utan att behöva göra en U-värdesberäkning för hela byggnaden. Metoden används oftast tidigt i projekteringskedet.³³ En kravtabell för luftkonditionerade och icke luftkonditionerade bostadshus finns som Bilaga1-kravtabeller. Värt att notera är att byggnader som inte använder luftkonditionering tillåts ha lite högre U-värde än luftkonditionerade byggnader.

Effektförlustberäkning

Effektförlusten får inte överstiga 45 W/m² för väggen och 25 W/m² för taket i Kairo.³⁴ Effektförlusten i väggen beräknas med följande formel:

$$OTTV_w = \{U_w \times A_w \times TD_{eq} + (A_g \times SF \times SC \times (1 - SGR)) + (U_g \times A_g \times T)\} / A_0 \quad (1)$$

Där:

OTTV_w=Overall thermal transfer (W/m²)

A_w=opaque wall area (m²)

U_w= Thermal transmittance of opaque wall (W/m²)

TD_{eq}=Equivalent temperature difference (°C)

A_g=Glazing area (m²)

SGR=Percentage of shaded glazing surface

U_g=Thermal transmittance of glazing (W/m²)

T=Temperature difference between exterior and interior design conditions (°C)

SF=Solar/corrected solar factor (W/m²)

A₀=Gross area of the exterior surface (m²) (A_w = A_g = A_d)

SC=Shading coefficient of fenestration

Samma beräkningsgång används vid beräkningen av effektförlusten i taket.

³³ Föreläsning med prof Ahmed Abdin, Kairo, 2011-03-01

³⁴ Huang Joe, Deringer Joe, Moncef Krarti, Masud Jamil, (2003), *The Development of Residential and Commercial Building Energy Standards for Egypt*, <http://gundog.lbl.gov>, 2011-04-13

Hela byggnadens prestanda

Byggnaden kan även certifieras trots att om man inte har använt den normativa specifikationen eller gjort en effektförlustberäkning. Då krävs det av husägaren att kunna bevisa den årliga energiförbrukningen för byggnaden. Kravet är att byggnaden ska ha en årlig energiförbrukning som motsvarar en byggnad som uppfyller energikraven.

Infiltrationskrav för luftkonditionerade byggnader

För hus med luftkonditionering får infiltrationen för dörrar inte överstiga följande värden:

- För gliddörr, 1.8 liter/sekund per kvadratmeter av dörrarean ($l/s.m^2$)
- För svängdörr, 3 liter/sekund per kvadratmeter av dörrarean
-

3.2.1 Implementering av reglerna

Reglerna gäller vid nybyggnation och vid tillbyggnader.

Regeringen har ännu inte infört en lag som gör det obligatoriskt att följa reglerna och därför har dem inte kunnat implementeras i någon stor utsträckning.³⁵ Svårigheterna att implementera reglerna har identifierats av representanter från den offentliga och privata sektorn. Anledningarna är:

- Subventionerade energipriser
- Intresset hos byggherrar att investera i isolering är lågt
- Hög återbetalningstid för vissa energieffektiva åtgärder
- Arkitekter och ingenjörer saknar tillräckligt med kunskap om energikraven
- Byggarbetare saknar erfarenhet hur man monterar isoleringen
- Höga transaktionskostnader (materialsökning, övervakning av byggarbetsplats, förseningsrisker mm)
- Begränsad tillgång på högkvalitativa produkter och tjänster som leder till hög riskuppfattning på marknaden för både utbuds- och efterfrågesidan.

³⁵ Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

4 Traditionella egyptiska hus och passivtekniker

Ett traditionellt egyptiskt hus skiljer sig avsevärt från de klassiska nordeuropeiska husen, detta inte endast på designen utan även på flertalet olika sätt och framförallt i byggtekniken och i det miljörelaterade tänkandet som fanns i planeringsstadiet. Över hela denna del av Mellanöstern har man i generationer använt sig av liknande tekniker och designer för att kunna producera en- och flerfamiljshus med ett behagligt inomhusklimat. För att de egyptiska arkitekterna innan 1900-talet skulle kunna designa hem med ett behagligt inomhusklimat var de tvungna att använda sig av och utnyttja de passivtekniker som än idag har satt sina spår i den egyptiska och islamistiska arkitekturen. Särskilt i form av höga vackra valv i moskéer, vindfångare som leder in frisk fläktande luft i en bostad oavsett vilket utomhusklimat som råder, ståtliga gårdsplaner som bidrar med en social mötesplats med en svalkande temperatur.

4.1 Byggnadsmaterial

Efter att vi har varit på studiebesök i flera traditionella egyptiska hus av olika storlekar och designer kan man börja med att nämna materialvalet där byggherren oftast utgick och arbetade efter de naturliga resurser som fanns tillgängliga. De vanligaste materialen de använde sig av och fortfarande gör i flera delar av Egypten är:

- Lera
- Cement
- Tegel
- Kalksten

4.1.1 Byggnadsteknik och historia

Genomgående för de traditionella egyptiska husen är att de är byggda med en betongstomme med tjocka fasader av främst tegel, cement eller kalksten med en putsad fasad. Avgörande för vilket material man använt sig av berodde precis som i dagens samhälle av ekonomin.

Lera är ett bra materialval att använda. Detta riktar sig framförallt till de personerna med sämre ekonomi. Eftersom lera blandat med lite cement ger en bra vägg med en låg energiförbrukning under tillverkningen, exempelvis kräver en betongvägg upp till 20 gånger mer energi vid framställande och det är en utgift man gärna slipper med en begränsad budget.³⁶

³⁶ Föreläsning i Miljövänlig arkitektur på Kairos universitet av Professor Ahmed Abdin 2011-02-27

Vidare har de traditionella arkitekterna också arbetat i samklang med naturliga krafter istället för att arbeta emot dem, detta är något som kallas sambandet mellan ”människa, miljö och arkitektur.”³⁷

Om man ska gå djupare in på detta, kan man tolka det som att det är en metod där man tar hänsyn till och bygger efter faktorer som hur vinden rör sig, hur solen ligger på huset och därefter har man kunnat avgöra hur man ska placera huset. Detta visar att de traditionella arkitekterna visste hur man skulle bygga på bästa möjliga sätt för att låta naturen ha ett positivt inflytande över klimatet i huset.

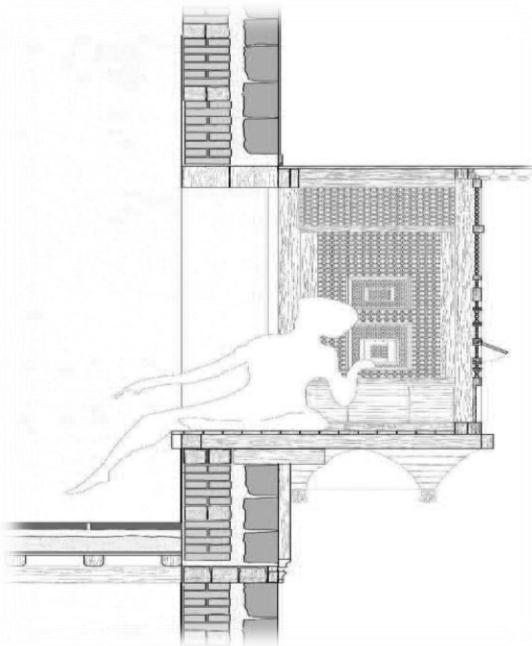
4.1.1.1 Byggnadskonstruktioner

Eftersom det i Kairo råder ett varmt och torrt klimat finner man inte, som vi tidigare nämnt samma fuktighets relaterade, problem som man gör i exempelvis Sverige. I Sverige är det allmän kunskap att man ska vara försiktig med att blanda känsliga organiska material som trä, med byggnadsmaterial innehållande en hög fukthalt som t.ex. betong och cement. Anledningen till att man i Sverige måste vara försiktig är för att det kan uppstå fuktrelaterade skador ifall materialen inte ligger i fuktjämvikt. Dessa skador som uppstår kan vara exempelvis röta eller fuktrörelsebetingande skador som sprickor då materialet expanderar eller krymper. Dock är det vanligt att man i Egypten finner träbalkar i lertak eller andra träbaserade konstruktioner i tegelväggar likt de som visas i foto 1 och figur 7.



Foto 1. Visar insidan av ett träfönster direkt installerat i en betongvägg

³⁷ Föreläsning i Miljövänlig arkitektur på Kairos universitet av Professor Ahmed Abdin 27/2-2011



Figur 7. Träbalkong/fönster i en tegelvägg.³⁸

4.2 Passivtekniker i traditionella bostäder

Det traditionella hus som har de passivtekniker vi studerat under vår tid i Egypten, benämns Beit el-Suhaimy, villan är belägen i de gamla kvarteren i Kairo. Det är också det huset vi använt oss av i våra mätningar och ni kan läsa mer om detta i kapitel 6.3.1.

4.2.1 Naturlig ventilation

Naturlig ventilation kan beskrivas som en process som bygger på att man utnyttjar vind och temperaturskillnader mellan inne och ute klimat för att få ett luftflöde genom en yta. I de traditionella husen är det framförallt vinden som driver ventilationen. Men för att få en väl fungerande naturlig ventilation är det flertalet faktorer som måste uppfyllas för att den ska vara framgångsrik.

Vindfångare även benämnt som ”Malqaf”³⁹ på arabiska är en viktig kylnings- och ventilationsprocess som använts och fortfarande används i mellanöstern områden. Vindfångaren gör precis det som namnet antyder dvs. den fångar upp vinden. Det som en korrekt utförd vindfångare gör är att den fungerar som en luftkonditioneringsmaskin där kall luft fördelas med hjälp av vindens hastighet in i bostaden och därefter kyler och ger frisk luft.

³⁸ Ficarelli L, 2009. *The Domestic Architecture in Egypt between Past and Present: The Passive Cooling in Traditional Construction*. Bari, Italy

³⁹ Fathy Hassan , *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates* <http://unu.edu/unupress/unupbooks/80a01e/80A01E00.htm>, 2011-04-03

Runt om i världen finns flertalet olika vindfångarkonstruktioner men två varianter värda att nämna är ”Malqaf” som är den egyptiska varianten och ”Badgir” som är en vindfångare som utvecklades fram i områden som Iran och Irak⁴⁰.

Principen med vindfångare är att man har en sorts vindfångaraxel som sitter placerad en bit ovanför själva huset. Vindfångaren har en öppning riktad mot den mest fördelaktiga vinden bara för att kunna ta emot den vind och luft som har en lägre temperatur och högre hastighet se foto 2. Anledningen till att vindfångaren är belägen ovanför själva huset är för att den ska kunna fånga in den vind som inte har begränsats av omgivande byggnader och därför har en högre hastighet och en lägre temperatur.

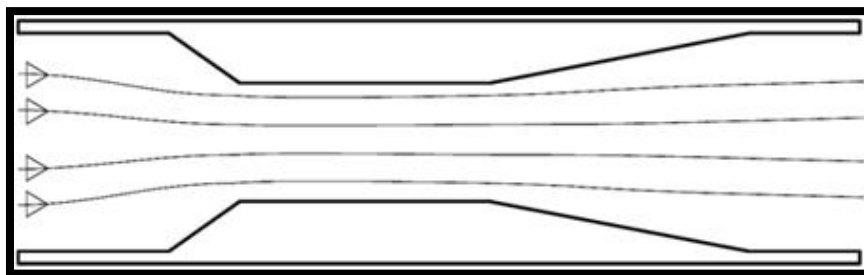


Foto 2 Insidan av en traditionell vindfångare i Beit el-Suhaimy

Därefter leder kanaler placerade i vindfångarkonstruktionen vinden ner i huset. Eftersom vindhastigheten sjunker desto närmare marknivå vinden kommer, går fördelningen av ventilationsvinden i huset till på det sätt att vindfångarens kanaler avsmalnar för att tvinga luften igenom en mindre passage. Detta leder till ett högre luftryck och därigenom högre hastighet genom avsmalningen och ut i öppningen se figur 8. Detta är något som är av stor vikt ju närmare marknivån vinden kommer, och detta för att man vill att vinden ska kunna behålla en högre hastighet till de nedre våningarna i

⁴⁰ Fathy Hassan , *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates* <http://unu.edu/unupress/unupbooks/80a01e/80A01E00.htm>, 2011-04-03

huset⁴¹. Detta innebär att man använder sig av något som kallas Venturieffekten.

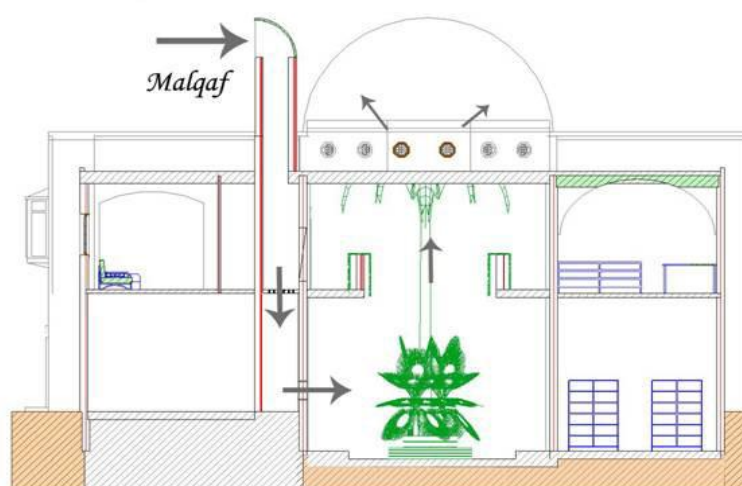


Figur 8. Ett bildexempel på hur Venturieffekten pressar luft igenom en avsmalning⁴²

Venturieffekten kan beskrivas som att om luften pressas samman i en försmalning i exempelvis en kanal leder detta till en ökning av vindhastigheten. Detta är av högsta betydelse eftersom i områden med klimat likt klimatet i Egypten, är man också väldigt beroende av luftrörelse för att kunna åstadkomma ett behagligt klimat.

4.2.2 Vindfångare

Malqaf är som vi tidigare nämnt den egyptiska varianten av en vindfångare och konstruktionen är utformad så att vindfångaren har en fast riktning där den tar in vinden ifrån. Riktning har man tidigare beräknat så att den ger den mest fördelaktiga ventilationen. För vindfångar konstruktioner se figur 9 och figur 10.



Figur 9. Egyptisk vindfångare i enfamiljsvilla⁴³

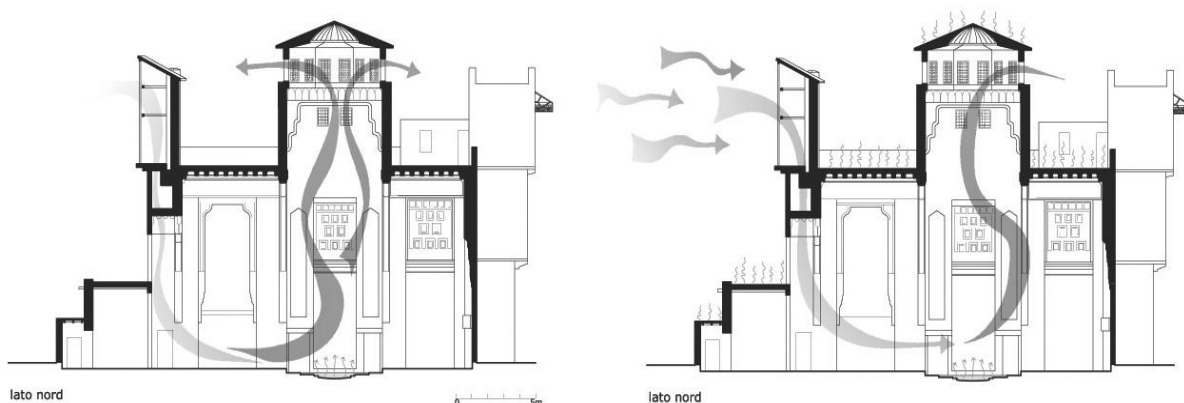
⁴¹ Föreläsning i Miljövänlig arkitektur på Kairos universitet av Professor Ahmed Abdin 2011-02-27

⁴² Direktlänk till bild på Venturieffekten i fig

9.<http://www.abtrieb.com/content/media/Image/abtrieb/saugrohr-450.jpg> 2011-05-10

⁴³ Direktlänk till bild på vindfångare i fig.9,

<http://www.saragos.com/subsites/Toshka/images/malqaf.jpg>,2011-04-03



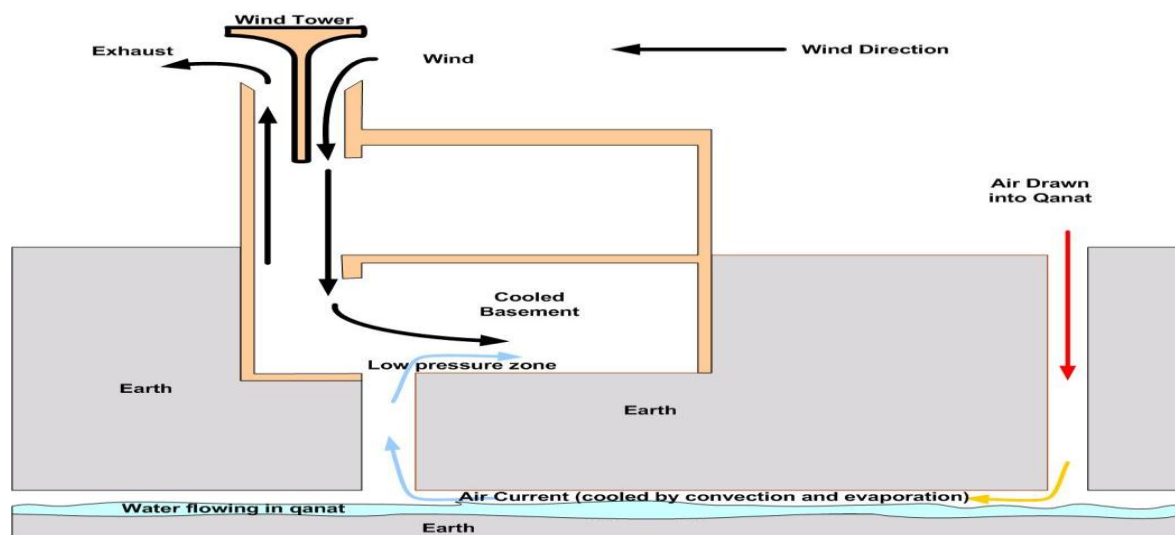
Figur 10. Klassisk egyptisk vindfångare i ett flervåningshus⁴⁴

Något som är viktigt vid en installation av en vindfångare, är att man alltid tidigare utfört vindberäkningar i området och detta framförallt i Egypten där det är en självklarhet att man beräknar varifrån den mest fördelaktiga vinden kommer eftersom man därefter placerar vindfångaren i den riktningen.

När man refererar till en så kallad Badgir syftar man på en vindfångare som utvecklades fram i områden som Iran och Irak. Till skillnad från den egyptiska varianten av en vindfångare har denna konstruktion istället minst fyra öppningar där den kan ta in vinden, därefter leds vinden ner under marknivå. Detta för att det är ett stabilt och relativt mildt klimat på ett visst djup under mark och där sker en beblandning av den redan kylda luften med den infångade luften utifrån. Figur 11 visar hur luft vid markytan suges ner under marknivå för att kylas ner och uppfuktas i kontakt med grundvatten. Därefter leds vinden upp i källaren på grund av differensen i lufttrycket. I källaren blandas vinden med vinden som vindfångaren fört in i huset. Därav har en ventilationsvind som är kyld och har en bra relativ fuktighet har uppstått.⁴⁵

⁴⁴ Ficarelli L, 2009. *The Domestic Architecture in Egypt between Past and Present: The Passive Cooling in Traditional Construction*. Bari, Italy

⁴⁵ Direktlänk till figur 11, <http://pileggi.org/ES/example002.html>, 2011-04-03



Figur 11. Klassisk Badgir konstruktion

4.2.2.1 Skillnaden mellan Badgir och Malqaf

En stor skillnad mellan en Badgir och en Malqaf är att man i Badgir konstruktionen inte behöver ta samma hänsyn till vilken riktning den mest fördelaktiga vinden kommer ifrån. Eftersom den infångade vinden i vilket fall blandas med luft av redan lägre temperatur.

4.2.3 Inversionsfenomenet och skapandet av gårdsplaner

Inversion fenomenet är en process som uppstår främst i varma torra regioner⁴⁶. Rent tekniskt innebär detta att under dagen värms marken upp av solens strålar och detta leder till att det bildas hetast luft närmast marken, och med en avtagande temperatur ju högre upp i luften man kommer. Under natten däremot är det motsatt verkan av att det är lägst temperatur närmast marken och med en stigande temperatur ju högre upp man kommer. Detta eftersom under lugna och klara nätter förlorar marken mycket värme ut till rymden. När markytan avkyls så avkyls också luftskiktet närmast den. Det blir därför kallt nere vid marken⁴⁷.

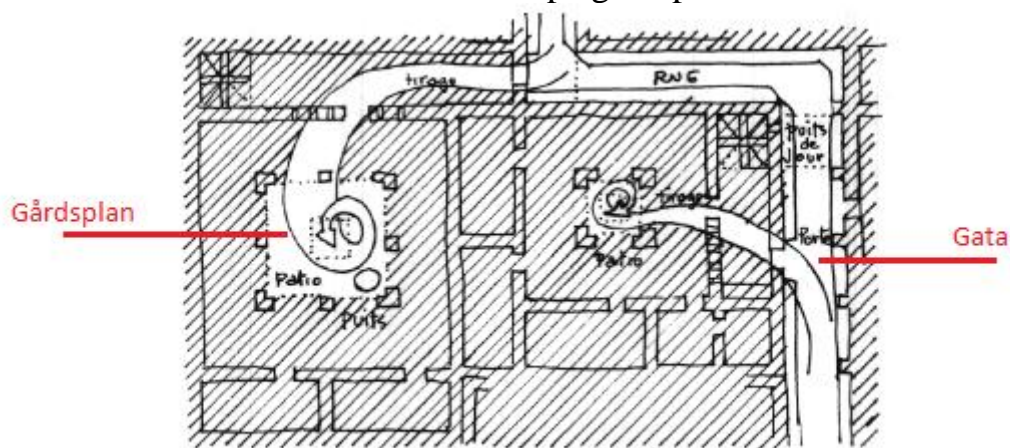
Detta fenomen är en metod som de egyptiska arkitekterna men även övriga arkitekter inom medelhavsområdet utnyttjade sig av tidigt, då i form av skapandet av gårdsplaner se foto 3 och figur 12.

⁴⁷ Larsson Mattias, (2010), *Fritidsväder*, <http://www.vaderbitarna.se,2011-05-03>



Foto 3. Gårdsplanen i Beit el-Sahim

Generellt fungerar metoden genom att man bygger husen relativt nära varandra för att låta det ena huset skugga gårdsplanen som skapats mellan byggnaderna och denna design tillåter endast att solen når gårdsplanen under lunchtid då solen står som högst och nästintill i zenit. Detta leder till att under tiden då solen ligger på husets ena fasad och värmer omgivningen omkring bostaden erhålls däremot ett mildt klimat på gårdsplanen⁴⁸.



Figur 12. En skiss över en gårdsplan.⁴⁹

Ytterligare en effekt som kan uppnås med gårdsplanen är att ju djupare det är mellan husen dvs. ju högre husen är och ju närmare varandra husen är byggda desto kallare klimat uppstår i gårdsplanen mellan husen. Detta system användes och används fortfarande även i de varmaste ökenklimat för att skapa en mötesplats för de boende där det är ett behagligt klimat trots de varma årstiderna.

⁴⁸Föreläsning i Miljövänlig arkitektur på Kairos universitet av Professor Ahmed Abdin 27/2-2011

⁴⁹ Ficarella L, 2009. *The Domestic Architecture in Egypt between Past and Present: The Passive Cooling in Traditional Construction*. Bari, Italy

Man placerade även ut en fontän i centrum av gårdsplanen för att denna skulle bidra till att den torra ventilationsvinden i sitt förbipasserande skulle föra med sig avdunstande vatten från fontänen och därmed uppstod en fuktigare, kyligare och behagligare ventilationsvind.

4.2.4 Belysning

Precis som i övriga världen använde man sig inte av artificiell belysning förrän tidigt 1900-tal i Egypten, utan man fokuserade på att utnyttja solljusets kapacitet. Därför var det vanligt att man installerade in ljusinsläpp i form av ett atrium för att kunna använda sig maximalt av solljuset som belysning. En skydome är en takkonstruktion som fungerar som ett ljusinsläpp där dagsljuset kombinerat med färgat glas används för att få in en komfortabel mängd solljus i ett rum se foto 4. Det färgade glaset fungerar som en slags avskärmning där solljuset begränsas och därför inte är lika starkt och varmt när det kommer i kontakt med inre inventarier och ytor.



Foto 4. En skydome i Beit el-Suhaimy

4.2.5 Solavskärmning

Precis som en människa ibland behöver använda sig av skuggning av solen behöver hus och framförallt fönster ibland ett skydd mot solens strålar eftersom dessa strålar är den dominant spridaren av värmeenergi. Därför ansågs det förr att det var viktigt att skydda husens invändiga ytor från solens insyn och man använde sig ofta av något som på arabiskt talspråk heter "Mashrabia", se foto 5 och foto 6.

4.2.5.1 Mashrabians utformning

Översatt till svenska kan mashrabian beskrivas som en solavskärmning med dubbla funktioner. Egypten är och har varit ett islamistiskt land i århundraden. Därför har de egyptiska arkitekterna även utformat stora delar av sin arkitektur efter islamistiska tankegångar, detta är mashrabian ett bra exempel på.

Mashrabian fungerar både som ett utvändigt solskydd men även som ett yttre skydd för de boende och framförallt kvinnorna i huset. Eftersom denna intressanta konstruktion ger personer inifrån möjligheten att se ut genom fönstret men ger personer utifrån en begränsad insyn.



Foto 5. Bild inifrån på en Mashrabia



Foto 6. Bild utifrån på en Mashrabiya

4.2.6 Väggar med hög termisk massa

Något man likaså bör påpeka är att väggarna i traditionella egyptiska hus oftast var väldigt tjocka. Ibland kunde tjockleken på en vägg nästintill uppnå en meter. Detta endast för att den termiska massa skulle agera likt ett yttre skydd som bevarade nattlig kyla och i samband med detta kunde fördröja att solens värmeenergi skulle nå de invändiga ytorna. Oftast var även ytorna grova och tjocka för att enklast kunna absorbera solens hetta⁵⁰. Se foto 7.



Foto 7. Exempel på hur grov en fasad yta kan vara på ett traditionellt hus i Egypten

⁵⁰Naciri N, 2007. *SUSTAINABLE FEATURES OF THE VERNACULAR ARCHITECTURE: A Case Study of Climatic Controls in the Hot-Arid regions of the Middle Eastern and North African Regions*. Marocko

5 Moderna hus i Egypten

Vi har delat in moderna hus i två olika typer. Den ena typen tar inte hänsyn till energibesparingar medan den andra typen tar hänsyn till energibesparingar som görs med passiva tekniker. I dagens egyptiska samhälle baseras majoriteten av husbyggandet, vare sig det är icke energisnåla eller energisnåla, på en armerad betongstomme med ett yttre skal av tegel.

5.1 Konventionella moderna hus

Idag bygger man på ett mer eller mindre standardiserad sätt utan hänsyn till att minimera energiförbrukningen. Byggnaden består i de flesta fall av bärande betongstomme med utfackningsvägg av tegel med puts på ut- och insidan av väggen. Taken är oftast gjorda av betongplattor täckta med asfalt och sand och på detta har man cementkakel. Grunden består nedifrån sett vanligtvis av betong, asfalt, betong, sand, murbruk och cementkakel. Problemet med energianvändningen idag är inte endast att de använder mycket el på att kyla ner och vid tillfällen värma upp boendet med mekaniska medel. Utan ett stort problem är att de moderna byggnaderna är ofta inte tillräckligt täta och väl värmeisolerade och därför försvinner en stor mängd av den använda energin ut ur huset. Kan man dessutom utnyttja naturresurser som sol och vind kan man spara mer energi samtidigt som man bidrar till att minska miljöpåverkan. I figur 1 visas ett diagram över fördelningen på energianvändningen i bostadshus i Egypten.

5.1.1 Ventilation

Det största problemet som uppstått i de moderna husen är att de helt lämnat det traditionella tänkandet och tekniker som använder naturens krafter till att få behagligt inneklimat. I de moderna egyptiska bostäderna är det framförallt luftkonditionering och fläktar som styr ventilation och kylning. Eftersom priserna på elektricitet är subventionerade är detta en relativt billig men energikrävande lösning för de som vill ta den enkla vägen till att styra sitt inomhusklimat.

Luftkonditionering

När man talar om luftkonditionering syftas det till en teknisk process där man avlägsnar värme från inomhus luft för att få en behaglig rumstemperatur när det är en hög utomhustemperatur⁵¹. I samband med luftkonditionering kan man referera till framförallt kylning, men även upphettning och ventilation. Den första moderna och elektriskt drivna luftkonditioneringsapparaten uppfanns 1902 och var avsedd att förbättra produktionsprocessen i ett tryckeri i New York. Senare kom den att användas till komfortkyla i bostäder och försäljningen sköt i höjden på 1950-talet.⁵² I Egypten används luftkonditioneringen i bostäder i stor utsträckning och står för 7 % av energiförbrukningen.

Fläktar

Fläktar används för att få luftrörelser i rummet och på så sätt öka den påtvingade konvektionen och därmed uppnå behagligt inneklimat. Fläktarna är billiga och lätta att installera. Vanliga bostadshus har oftast inte något ventilationssystem utan förlitar sig på att få ventilation i huset genom öppna fönster. Detta skapar ett behov av fläktar som kan öka luftrörelserna i huset. Men då elpriset är så lågt används luftkonditioneringssystem i större utsträckning.

⁵¹ Wikipedia (2011), *Luftkonditionering*, <http://sv.wikipedia.org>, 2011-04-05

⁵² Wikipedia (2011), *Air conditioning*, <http://en.wikipedia.org>, 2011-04-05

5.1.2 Belysning

Idag används glödlampor i stor utsträckning i bostadshus.

Belysning står för 31 % av den totala energianvändningen i bostadshus.

Förutsättningarna för att minska energianvändningen är goda då solinstrålningen i Egypten är hög: 2300 kWh/m².⁵³ Solcellspaneler kan användas för att producera den el som går till belysning. Tidigare studier inom området har visat att om man byter ut 40 % av alla glödlampor mot mer energisnåla lysrör eller lågenergilampor kan man spara upp till 20 % av den totala energiförbrukningen som går åt till belysningen i bostadshus.⁵⁴ Detta motsvarar en besparing på ca 2 miljarder KWh och återbetalningstiden kommer att vara mellan 1.6 till 2.3 år.⁵⁵

5.2 Energisnåla byggnader

*”Byggnader bör vara designade att arbeta i samförstånd med klimat och naturliga energiresurser”.*⁵⁶

Många som bygger energisnåla hus har just den attityden. Det optimala ur energisynpunkt vore att utnyttja de passiva tekniker som används i traditionella byggnader och anpassa dessa till moderna familjehus. En arkitekt som har gjort just det är professor Ahmed Abdin. Han har ritat familjens permanenta bostadshus som befinner sig i 6-oktobercity i Giza, Kairo. Huset är delvis färdigt.

5.2.1 Byggkonstruktion

Huset som professor Ahmed Abdin har ritat är uppbyggd av bärande betongstomme och utfackningsväggar av tegel. Mellanbjälklagen är platsgjuten armerad betong som är 300 mm och vilar på platsgjutna betongpelare. I väggarna och i grunden används ingen värmeisolering, däremot används värmeisolering i takkonstruktionen.

⁵³ Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law*
<http://www.ecrc.org.eg>, 2011-04-20

⁵⁴ Prof. Ahmed Abdin, Dr Khaled Elfarra (2006), *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean* <http://www.med-enec.com>, 2011-04-24

⁵⁵ Prof. Ahmed Abdin, Dr Khaled Elfarra (2006), *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean* <http://www.med-enec.com>, 2011-04-24

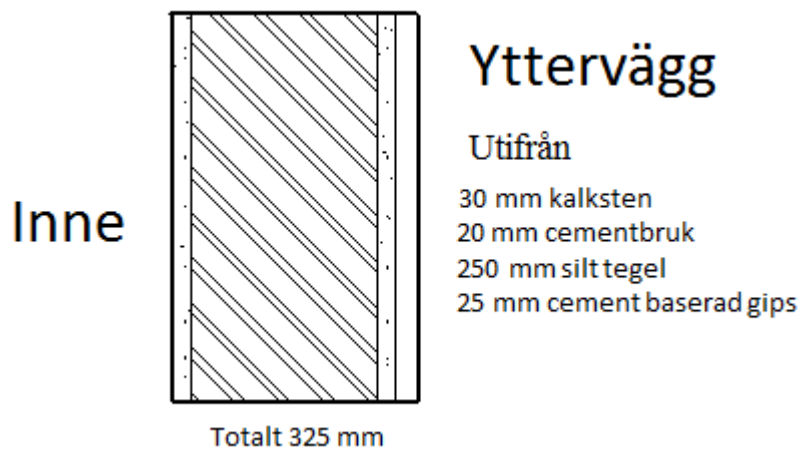
⁵⁶ Vale B & R, 1991. *GREEN ARCHITECTURE – Design for a sustainable future*. Thames and Hudson Ltd, London



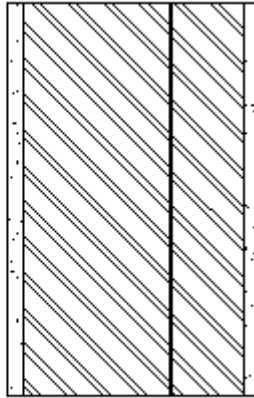
Foto 8. Modernt lågenergihus i 6-oktober city, Kairo.

Väggar

Väggarna består av materialen som bilden visar. Ytterväggen har U-värdet $1.33 W/m^2 * K$ och källarväggen $1.06 W/m^2 * K$



Inne



Totalt 419 mm

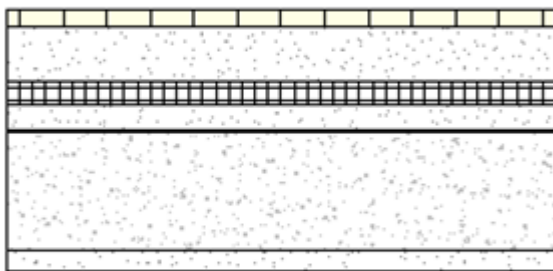
Källarvägg

Utifrån

- 20 mm cementbruk
- 120 silt tegel
- 4 mm bituminöst tätskikt
- 250 mm silt tegel
- 25 mm cement baserad gips

Tak

Taket består av materialen som bilden visar och har U-värdet $0.70 W/m^2 * K$



Totalt 329 mm

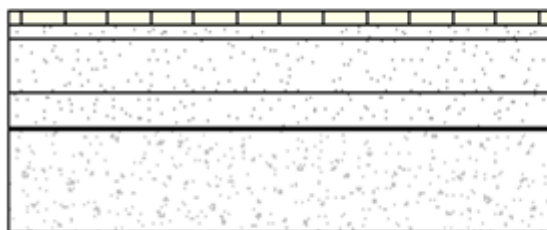
Inne

Utifrån

- 20 mm betongplattor
- 70 mm sand
- 30 mm extruderad polysterene
- 30 mm cementbruk
- 4 mm bituminöst tätskikt
- 150 mm armerad betongplatta
- 25 mm cementbaserad gips

Grund

Grunden består av materialen som bilden visar och har U-värdet $0.25 W/m^2 * K$



Totalt 324 mm

Utifrån

- 150 mm betong
- 4 mm bituminöst tätskikt
- 50 mm cementbruk
- 80 mm sand
- 20 mm cementbruk
- 20 mm kakel

Fönster

PVC-fönster med en luftspalt och två klara glas vardera 5 mm. Fönstret inklusive karm har ett U-värde på $1.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. PVC fönster valdes främst för deras långa livslängd.

5.2.1.1 Värme och ventilation

Solfångare

En solfångare är placerad på taket med en lutning på 30 grader mot söder se foto 9. Solfångaren värmer upp tappvatten och enligt personerna som bor i huset har de varmt vatten tillgängligt under stora delar av dygnet. Under natten avtar värmen för att på morgonen vid ca 7-tiden vara som lägst. Liknande solfångaren kan generera 150 liter varmvatten per dag med en medeltemperatur på $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Den förväntade producerade energimängden är 1224 kW/år .⁵⁷

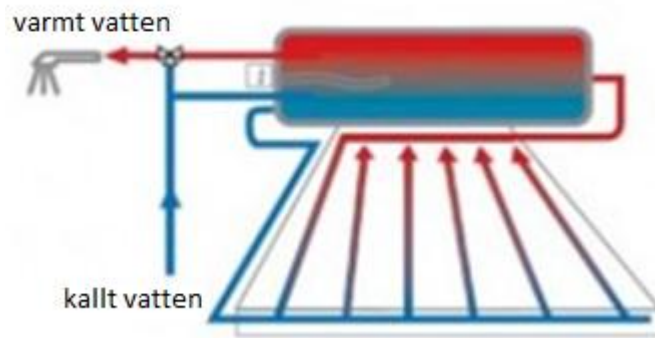


Foto 9. Solfångare

Solfångaren utnyttjar det fysikaliska fenomenet thermosyphon. Fenomenet fungerar på så sätt att när det finns en vätskeström utan pumpar rör sig vätskan helt enkelt av skillnaden i densitet som uppstår mellan den varma och den kalla vätskan. När solen värmer upp vattnet i solfångaren så stiger varmvattnet p.g.a. att den väger mindre än kallt vatten. Man kan undvika att använda en mekanisk pump om man använder solfångare som utnyttjar detta fenomen. Figur 12 visar en bild hur systemet fungerar.⁵⁸

⁵⁷ Shady Attia (2010), zero energy retrofit: case study of a chalet in in Ain-Sukhina, *Egypt*
<http://www.ases.org>, 2011-05-05

⁵⁸ Solar Energy (2009), *What is the thermosyphon phenomenon*
<http://www.gstriatum.com>, 2011-05-03



Figur 13. Visar en Thermosyphon⁵⁹

Vindfångare

Ingen mekanisk ventilation används, istället utnyttjar man en naturlig ventilation som fås genom en vindfångare som är placerad på taket och orienterad mot nord-nordväst se foto 9. Luften transporteras in i byggnaden och ut genom tre öppningsbara luckor. Luckorna finns på botten samt på andra och tredje våningen och är ca 1 m². Ett metallnät är placerat vid intaget för att förhindra att fåglar flyger in i kanalen.

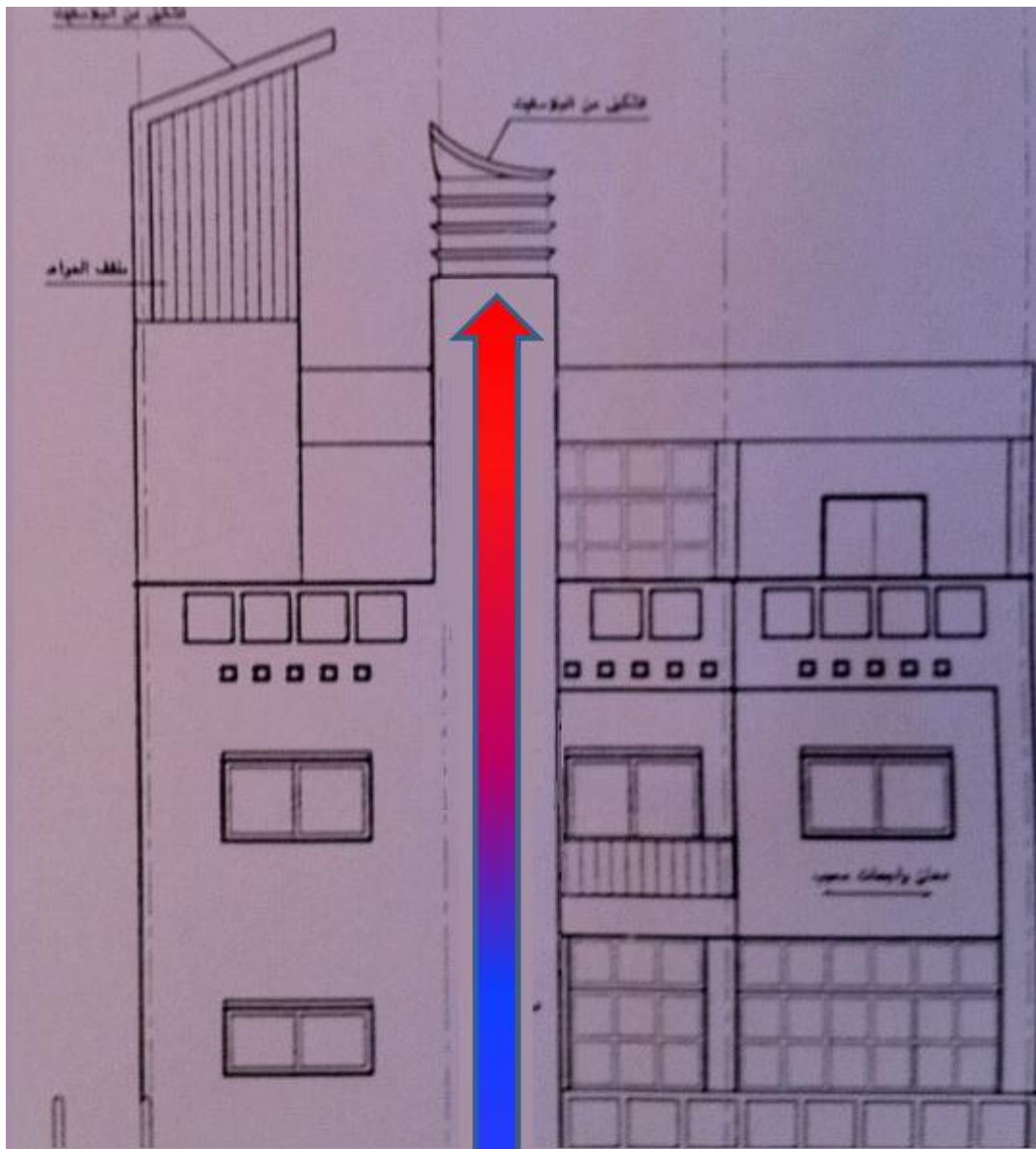


Foto 9. En modern vindfångare

⁵⁹ Solar Energy (2009), *What is the thermosyphon phenomenon*
<http://www.gstriatum.com,2011-05-03>

Jord-rörs avkylning

Avsikten är att med hjälp av vindfångaren skapa luftrörelser som sedan leds in i ett plaströr under marken i källarvåningen för att avge värme till jorden. Efter att luften kylts ner p.g.a. den relativt kalla omgivning i jorden förs den vidare ut ur en annan kanal (solskorstenen) där den sedan kan strömma ut genom en öppningsbar lucka på bottenvåningen och på andra våningen. Denna kanal har dubbla funktioner: ena funktionen är att leda in relativt kall luft från jordavkylningssystemet och den andra funktionen är att genom solskorstenen och ”skorstenseffekten” transportera bort den varma luften som finns i huset och därmed förstärka den naturliga ventilationen. I figur 14 visas en bild på kanalen och se foto 10 för solskorstenen utifrån.



Figur14. Elevationsvy på den södra fasaden



Foto 10. Den södra fasaden, (OBS att solskorstenen inte är färdigbyggd)

Tanken med systemet är att den relativt kalla luften leds in i rummet genom en fönsterlucka som är placerad på bottenvåningen och på andra våningen. Precis ovanför fönsterluckan på andra våningen finns ett inåtgående bottenhängt fönster. Genom att öppna det bottenhängda fönstret tillåter man den varma luften som finns på högre höjd än den kalla luften att strömma ut genom solskorstenens kanaler. Den varma luften är lättare än den kalla d.v.s. den har lägre densitet därför strävar den varma luften efter att stiga upp. På toppen av solskorstenen finns en värmealstrande konstruktion som till stor del består av glas. Glas används p.g.a. materialets stora solenergitransmittans. Detta innebär att en stor mängd av energin från solen värmer upp luften i solskorstenen. Transmittansen är kvoten mellan den transmitterade och den infallande strålningen.⁶⁰ Då den termiska differensen mellan inströmmande luft och utströmmande luft i byggnaden ökar förstärks skorstenseffekten. Detta leder till att det sker en ökning av den naturliga ventilationen i huset.

Foto 11 visar fönsterluckorna i solskorstenkanalen, luckorna på bilden finns i husets andra våning.

⁶⁰ WSP (2003), bilaga 7 – Ordlista, <http://www.belok.se>, 2011-05-02



Foto 11. En bild när nedersta fönstret är öppet.

Systemet har inte färdigställts ännu och beräknas fortsätta när finansiella medel finns för projektet.

5.2.1.2 Belysning

Atrium

För att öka ljusinsläppet och minimera energiförbrukningen används ett atrium med ett takfönster eller en så kallad skydome. Denna skydome med öppningsbara fönster är belägen på taket och syns från hallen på bottenvåningen. Då det är fri sikt från bottenvåningen upp till taket har ljusinsläppet en stor betydelse för ljusupplevelsen i huset. Detta p.g.a. att de tre nedre våningar blir belysta. Skydomen tillsammans med atrium fungerar även som en solskorsten och kan öka den naturliga ventilationen. Då solens strålar träffar skydomen absorberas en del av värmen. Detta ger upphov till en termisk differens mellan området direkt under skydomen och den lägre belägna inomhusluften på de nedre våningarna. Denna termiska differens leder till att öka den naturliga ventilationen genom ”skorstenseffekten”. På grund av att varm luft är lättare än kall luft (d.v.s. har lägre densitet så stiger) den varma luften ut genom skydomens öppningsbara fönster. Under kyliga dagar på vintern kan fönstren stängas och på så sätt dra nytta av solinstrålning och den

värme som absorberas från solen stannar i huset. Atriumet i foto 12 och foto 13 har en diameter på två meter.



Foto 12. Skydome inifrån



Foto 13. Skydome utifrån

6 Mätningar

Människans upplevelse av termisk komfort beror till största delen på lufttemperaturen och den relativ fuktigheten. Vi har gjort mätningar i ett modernt och ett traditionellt familjehus med avseende på lufttemperatur och relativ fuktighet inomhus och utomhus.

6.1 Förutsättningar

6.1.1 Mätinstrument

Med hjälp av Lunds Universitet och University of Cairo fick vi tillgång till ett mätinstrument. Mätinstrumentet kallas för 5 in 1 och detta eftersom instrument kan användas till att mäta lufttemperatur, ljud, belysning, den relativa fuktighet och lufthastighet, se foto 14. Mätinstrumenten vi fick tillgång till är av märket Lutron med modellnummer LM-8102. Felmarginalen för temperaturen är ($\pm +1^{\circ}\text{C}$). För den relativa fuktigheten (RF) är felmarginalen ± 4 då $\text{RF} \leq 70\%$ och $\pm 1.2\%$ då $\text{RF} \geq 70\%$

Vi har valt att endast mäta den relativa fuktigheten och temperaturen med instrumentet p.g.a. att mätningarna inte blir tillräckligt noggranna om vi mäter de andra enheterna. Något vi kunnat mäta är belysningen men eftersom vädret varierade med stundtals molnigt väder och stundtals soligt blir resultatet ej tillförlitligt. Vindhastigheten valde vi att inte mäta p.g.a. att noggrannare helårs mätningar har gjorts tidigare för området.

De olika nivåerna som mäts framgår i punkterna nedan.

1. Den relativa fuktigheten mäts i: 10 till 95 % RF
2. Typ K Thermometer: -100 to 1300 grader Celsius

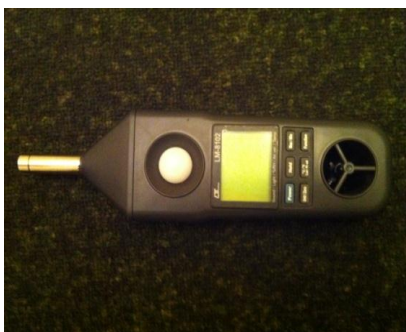


Foto 14. 5 in 1 instrumentet

6.1.1.1 Begränsningar hos instrumentet

Som tidigare nämnt har vi valt att avstå från att mäta belysningen p.g.a. att solen stundtals var skyddad av moln. Instrumentet som vi använde oss av till att mäta den relativa fuktigheten och lufttemperaturen ger inte 100 % rätt värde men den felmarginal som uppstår har vi försökt minimera då vi har tagit medeltemperaturen och medelvärdet av den relativa fuktigheten av flera utvalda punkter i rummen.

6.2 Mätning i modernt energisnålt familjehus

Huset är beläget i området 6-oktober city i Giza, Kairo. Beskrivning och fotodokumentation har gjorts och finns under kapitel 5.

6.2.1 Förutsättningar

Vi har mätt lufttemperaturen och den relativa fuktigheten i två rum, det ena är vardagsrummet på bottenvåningen och det andra är allrummet på andra våningen. Vi har delat in vardagsrummets yta på 42 m² i 10 olika punkter som bildar ett rutnät. Allrummet med en yta på 35 m² är indelat i 8 punkter, detta eftersom allrummet är mindre till ytan än vardagsrummet, varje punkt representerar en yta på ca 4 m². Vi har även gjort mätningar utomhus framför gården och bakom gården som fungerar som referenstemperaturer när vi ska jämföra inomhustemperaturen med utomhustemperaturen.

Mätningarna utfördes vid fyra olika tidpunkter på dagen: kl. 10.30, 12.00, 14.00 och 15.30. Vi har delat in mätningstillfällena i förmiddag och eftermiddag. Kl. 10.30 och kl. 12.00 räknas här som förmiddag och kl. 14.00 och kl. 15.30 räknas som eftermiddag. Då det finns vindfångare och en skydome i huset har vi valt att mäta temperatur och relativ luftfuktighet då vindfångaren och skydomen är öppna respektive stängda. Skydomen i det moderna lågenergihuset fungerar även som en solskorsten och har därför dubbla funktioner.

Skydomen och vindfångaren ”stängs” genom att luckorna stängs i respektive konstruktion, detta får effekten att vinden genom luftfångarkanalerna inte tillåts komma in i huset och den relativt varma luften i huset inte tillåts ut ur skydomens fönster. Vid första mätningen kl. 10.30 var vindfångarluckorna stängda och kl. 12.00 öppnades luckorna för att sedan stängas kl. 14.00 och slutligen öppnas kl. 15.30. Se foto 15 för en öppen vindfångar lucka.



Foto 15. Visar en öppen vindfångarlucka

6.2.2 Mätningar utomhus

Relativa fuktigheten utomhus

Den relativa fuktigheten (RF) är som högst vid 10 tiden och sjunker senare på dagen. Den relativa fuktigheten varierar inte lika mycket utomhus som den gör inomhus. Nedan visas en tabell över RF på fram- och bakgården vid olika tidpunkter på dagen.

	RF %			
	kl. 10.30	kl. 12.00	kl. 14.00	kl. 15.30
Framgården	39.7	29.6	31.3	31.3
Bakgården	37.8	28.8	30.1	31.6

Temperatur utomhus

Temperaturen utomhus är lägst kl. 10 och stiger längre in på dagen för att sedan sjunka något vid kl. 15.30. Lägsta temperaturen mättes till 18.1 °C och högsta till 23.3 °C. Nedan visas en tabell över temperaturen på fram- och bakgården vid olika tidpunkter på dagen.

	Temp °C			
	kl. 10.30	kl. 12.00	kl. 14.00	kl. 15.30
Framgården	18.1	22.6	22.6	22.5
Bakgården	19.5	23.3	23.3	22.4

6.2.3 Vardagsrum

Den relativa fuktigheten

Den relativa fuktigheten är som högst i punkten 6 under förmiddag då luckorna är stängda och är då 46.8 %. Lägst RF uppmättes i punkten 1 under eftermiddag med en RF på 32.3 % och öppna luckor som tillät luft utomhus att strömma in i byggnaden. Diagrammet visar att när vi öppnade luckorna sjunker RF i rummet både under för- och eftermiddagen dock var skillnaden i RF mellan öppen och stängd störst under förmiddagen. Detta kan bero på att temperaturen utomhus stiger kraftigare mellan kl. 10.30 och 12.00 än vad den gör mellan kl. 14.00 och 15.30. Då luckorna öppnades under förmiddagen sjönk medelvärdet av den relativa fuktigheten med ca 10 % och under eftermiddagen med ca 2 % jämfört med stängda luckor.

Temperatur

Som lägst är temperaturen 20.2 °C vid punkten 1 under förmiddagen då luckorna är stängda, jämfört med 18.1 °C utomhus samma tid. Den högsta temperaturen är 22.9 °C och uppmättes i punkten 6 under eftermiddag då vindfångaren var stängd. Samma tid var utomhustemperaturen mellan 22.4 °C och 22.5 °C.

Medeltemperaturen under förmiddag vid stängda luckor är 21.1 °C och vid öppna 21.8 °C. Under eftermiddagen är medeltemperaturen 22.3 °C då vindfångaren är stängd och sjunker till 21.7 °C då vindfångaren öppnas. Detta kan bero på att vindrörelser som skapas med öppen vindfångare får en temperatursänkande effekt samtidigt som varm luft kan stiga upp och ut genom skydomen. Då vindfångaren och fönsterluckorna i skydomen stängs blir det varmare inomhus. Detta beror på att det inte ventileras lika kraftigt med stängda luckor samtidigt som skydomen släpper in solinstrålning genom fönstren. Lufttemperaturen inomhus blir därför högre då den varma luften inte kan ta sig ut ur huset. Då fönsterna öppnades under eftermiddagen sjönk medeltemperaturen med ca 0.5 °C jämfört med stängda luckor.

6.2.4 Allrum

Relativa fuktighet

RF sjunker häftigare då man öppnar vindfångaren under förmiddagen än om man öppnar vindfångaren under eftermiddagen dock är RF lägre under eftermiddagen det kan förklaras av att temperaturen är högre då. När vi jämförde öppna och stängda luckor sjönk medelvärdet med 12 % under förmiddagen och 2 % under eftermiddagen.

Temperatur

Medeltemperaturen är 22.5 °C vid stängda och 23.9 °C vid öppna luckor under förmiddagen och 22.8 °C respektive 21.7 °C under eftermiddagen.

Vi finner samma fenomen som vi gjorde i vardagsrummet vad gäller temperaturskillnaden mellan öppen och stängd vindfångare på för- och eftermiddag. Medeltemperaturen är högst då vi öppnar vindfångaren under förmiddagen. Vi får varmare inomhustemperatur med 1.4 °C jämfört med stängda luckor. Tillskillnad mot förmiddagen sjunker medeltemperaturen då vi öppnar vindfångaren i eftermiddag. Medeltemperaturen sjunker med 1.1 °C. Detta kan förklaras av att vi har en naturlig ventilation då vindfångaren är öppen och där den varma luften inomhus kan stiga upp och ut ur solskorstenen.

6.2.5 Resultat av mätningar

Relativ fuktighet

Både i vardagsrummet och i allrummet sjunker den relativa fuktigheten då vi öppnar fönsterna under för- och eftermiddagen..

Temperatur förmiddag

Temperaturen är som lägst under morgonen då fönstren är stängda, dock är innetemperaturen högre än lufttemperaturen utomhus.

Vi kan konstatera att då luckorna öppnades på förmiddagen höjdes medelvärdestemperaturen i vardagsrummet och allrummet med 1 °C respektive 1.4 °C. Detta fenomen kan bero på att vinden inte kommer från norr så här års enligt vindrosen och vinden från söder är relativt varm. Därför får vinden från vindfångaren en temperaturhöjande effekt snarare än tvärtom. Det kan även förklaras av att byggnaden har kylts ner under natten och kl. 10 har inte huset hunnit blivit varmt p.g.a. byggnadens värmetröghet. Däremot har utomhusluften hunnit bli varm så när vi släpper in denna luft blir resultatet att vi får varmare inomhustemperatur.

Temperatur eftermiddag

Då vi öppnade luckorna på eftermiddagen sjönk däremot lufttemperaturen i vardagsrummet och allrummet med 0.5 °C respektive 1°C.

Jämförelse och slutsats

Om vi jämför vardagsrummet med allrummet kan vi se att temperaturen vid både öppna och stängda luckor under för- och eftermiddagen är högre i allrummet, förutom under eftermiddag då luckorna är öppna, och det är ungefär samma temperatur. Vi har dragit slutsatsen att temperaturändringen mellan öppen och stängd vindfångare är marginell och detta pga. av att vindfångaren är optimerad för sommarsäsongen då det kommer relativt kalla vindar från nord-nordväst. Solskorstenen och vindfångaren fungerar inte bara i teorin utan i praktiken. Vi antar att effekten av vindfångaren samt solskorstenen blir större under sommaren och då den mer effektiva solskorstenen med jordrörsavkylningssystemet är färdigbyggd. Eftersom det då blåser nordliga vindar samtidigt som solinstrålningen är starkare och förstärker därmed ”skorstenseffekten” i solskorstenen.

6.3 Mätningar i ett traditionellt flerfamiljehus i Kairo

6.3.1 Förutsättningar

Beit el-Suhaimy är ett traditionellt egyptiskt hus beläget i de centrala delarna av gamla Kairo, huset har rötter som sträcker sig så långt som 1640-talet med flera tillbyggnader beroende på vilken och vilka ägare huset har haft.

Så sent som 1997 blev huset renoverat för att fungera som ett museum. Beit el-Suhaimy är ett bra exempel på ett traditionellt, privat och förmöget egyptiskt hem från 1600 – 1700 talet. Det innehåller i stort sett alla passiva klimatiseringstekniker som ett hus behöver använda för att erhålla god komfort. Beit el-Suhaimy är ett väldigt stort hus med mängder av rum i olika storlekar fördelat på fyra våningar. Huset och dess tomt innehåller gårdsplaner med fontäner, trädgårdar och nordriktade vindfångare. Solinsläppet och solavskärmningssystemet är väl genomtänkt med mashrabias som släpper in dagsljuset samtidigt som den effektivt avskärmar rummen från en direkt solinstrålning.

Vi har valt att mäta lufttemperaturen och den relativa fuktigheten inomhus och utomhus. Vi har mätt lufttemperaturen och den relativa fuktigheten i två rum på andra våningen. Det ena rummet ligger i den norra delen av huset med fönster och mashrabia mot norr. Det andra rummet finns i den södra delen av huset med fönster och mashrabia riktat mot söder. För att ta reda på medelvärdet av lufttemperaturen inomhus har vi delat in varje rum i 12

punkter som tillsammans bildar ett rutnät, där en ruta motsvarar 3 m². Vi har även valt att mäta på tre punkter utomhus på gränden, gårdsplanen och på bakgården för att kunna jämföra dessa värden med värden som fås i rummen. Mätningarna gjordes vid tre tidpunkter; kl. 10.00, 12.00 och 14.00

Relativ fuktighet utomhus

Den relativa fuktigheten är högst kl. 10 och sjunker sedan, dock ej proportionerligt då temperaturen stiger. RF är som högst 45 % och som lägst 31 %. Den relativa fuktigheten varierar kraftigare utomhus än inomhus.

	RF %		
	kl. 10.00	kl. 12.00	kl. 14.00
Gränden	44	35.5	31.8
Bakgården	41.9	35.5	31
Gårdsplanen	45	35.2	31.2

Temperatur utomhus

Temperaturen utomhus är lägst kl. 10 och stiger längre in på dagen. lägsta temperaturen mättes till 21.8°C och högsta till 23.7 °C.

	Temp °C		
	kl. 10.00	kl. 12.00	kl. 14.00
Gränden	21.8	22.5	23.4
Bakgården	22.3	22.9	23.7
Gårdsplanen	22.1	22.8	23

6.3.2 Rum i norrläge

Relativa fuktigheten

Den relativa fuktigheten inomhus var högst kl. 10 med medelvärdet 37 %, dock lägre än utomhus där den varierade mellan ca 42-45 % beroende på vart vi mätte. Lägst värde uppmättes kl. 14 med en RF på 34 % i rummet och ca 31 % utomhus. Därefter sjunker den relativa fuktigheten successivt både inomhus och utomhus. RF sjunker inte lika drastiskt i rummet som den gör utomhus men i båda fallen håller sig den relativa fuktigheten inom intervallet för termisk komfort som är 30-50 %.⁶¹

⁶¹ Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*, <http://www.irbnet.de>, 2011-05-05

Temperatur

Medeltemperaturen i rummet är som lägst kl. 10 med 22,4 °C dock något högre än utomhustemperaturen som varierar mellan 21.8 - 22.3 °C beroende på vart vi mätte. Från kl. 10 till 12 stiger temperaturen inomhus med 0.5 °C och från 12 till 14 med 0.4 °C. Som högst nådde lufttemperaturen inomhus 23.3 °C vid 14.00, detta kan jämföras med utomhustemperaturen 23 - 23.7 °C.

6.3.3 Rum i söderläge

Relativa fuktigheten

Den relativa fuktigheten inomhus är som högst kl. 11 med 39 %, utomhus är RF mellan 42-45 % samma tid. RF är nästan oförändrad vid 13 och vid 15 är den 37 %.

Temperatur

Lägsta medeltemperaturen 22.8 °C uppmättes kl. 11, vid ca 13 ökade medeltemperaturen till 23.0 °C och högsta medeltemperaturen uppmättes till 23.8 °C ungefär vid kl. 15.

6.3.4 Resultat av mätningar

Den relativa fuktigheten och lufttemperaturen både inomhus och utomhus befinner sig inom komfortzonen. Vi kan konstatera att temperaturskillnaden mellan utomhus och inomhus är låg. Temperaturen i rummen är något högre på förmiddagen och något lägre under eftermiddagen. Lufttemperaturen inomhus varierar inte lika kraftigt som den gör utomhus. Detta kan bero på byggnadens stora värmekapacitet som bidrar till att sänka temperaturfluktuationer. Det nordliga rummet är något kallare än rummet mot söder. Detta kan bero på att rummet mot söder är mer utsatt för solinstrålning.

De slutsatser vi kan dra av mätningarna i det traditionella huset är att trots att rummet mot söder har mashrabia som täcker i stort sett hela södra fasaden så blir temperaturökningen mot det norra rummet knappt märkbart högre. Detta beror på att utanför rummet finns en vindfångare som transporterar in vind från norr och in i hallen utanför rummet. Med öppen ingång till rummet och öppna fönster/mashrabia kan luft strömma in i rummet och vidare ut genom fönstren som befinner sig i söder. Att rummet har en skydome med öppningar och att det är högt i tak gör att den varma luften kan stiga upp och ut genom öppningarna. Detta leder till att det alltid är relativt kallt på lägre höjder i rummet där de boende vistas. Denna fysikaliska effekt utnyttjas som bäst då vinden kommer från norr vilket enligt vindrosen oftast inträffar under sommaren. Därför har vi inte kunnat mäta den fulla effekten av vindfångaren eftersom mätningarna gjordes under senvintern. Dock ger våra mätningar en

uppfattning om att rummet mot söder inte är märkbart varmare än rummet mot norr trots solinstrålningen.

6.4 Kvalitativ jämförelse mellan byggnaderna

Mätningarna visar att den relativa fuktigheten i det traditionella huset varierar mindre inomhus än utomhus. Däremot gäller motsatsen i det moderna huset d.v.s. det är lägre RF variationer utomhus än inomhus. Vi har två fall i det moderna huset: ett som utnyttjar vindfångaren och solskorstenen och ett då dessa är stängda. Det går inte att stänga av vindfångaren som finns i det traditionella huset på samma sätt och förutsättningarna i övrigt är olika. Därför går det inte att göra en direkt jämförelse i siffror, en kvalitativ jämförelse är att föredra. De slutsatser vi kan dra av mätningarna är:

- I det moderna huset har man lyckats att integrera de traditionella teknikerna som utnyttjar passiva metoder för att uppnå termisk komfort inomhus.
- De mätningar som vi har gjort visar att konstruktionerna inte fungerar så effektivt som de är tänkt att göra. Eftersom systemet är optimerat för sommarsäsongen och vi utförde våra mätningar under senvintern krävs det ytterligare mätningar under sommarsäsongen för att utvärdera dessa passiva konstruktioner.
- En jämförelse mellan det traditionella huset och det moderna visar att det traditionella huset håller högre temperatur inomhus än utomhus jämfört med det moderna. Detta gäller då vindfångaren var öppen under eftermiddag i det moderna huset. Man ska alltså inte öppna vindfångaren under eftermiddagen kring senvintern om man vill befinna sig närmare gränsen för termisk komfort som är 24-30 °C.
- Då vindfångaren stängdes under eftermiddagen så steg temperaturen i ett av rummen till strax under 23 °C vilket tyder på att solskorstenen fungerar även som värmegivande konstruktion.
- Skillnaden mellan det nya och det traditionella huset är att det moderna huset utnyttjar även passiva metoder till att värma upp huset under vintern. Förutom solskorstenen har man byggt in solfångare som förser varmvatten till de boende.
- Man har alltså lyckats kombinera beprövad gammal teknik med ny teknik vilket ur hållbarhetssynpunkt är rätt väg att gå om man vill skapa ett hållbart byggande.

Foto 16 och foto 17 ser vi insidan av både en modern och traditionell vindfångare.



Foto 16. Visar insidan på modern vindfångare

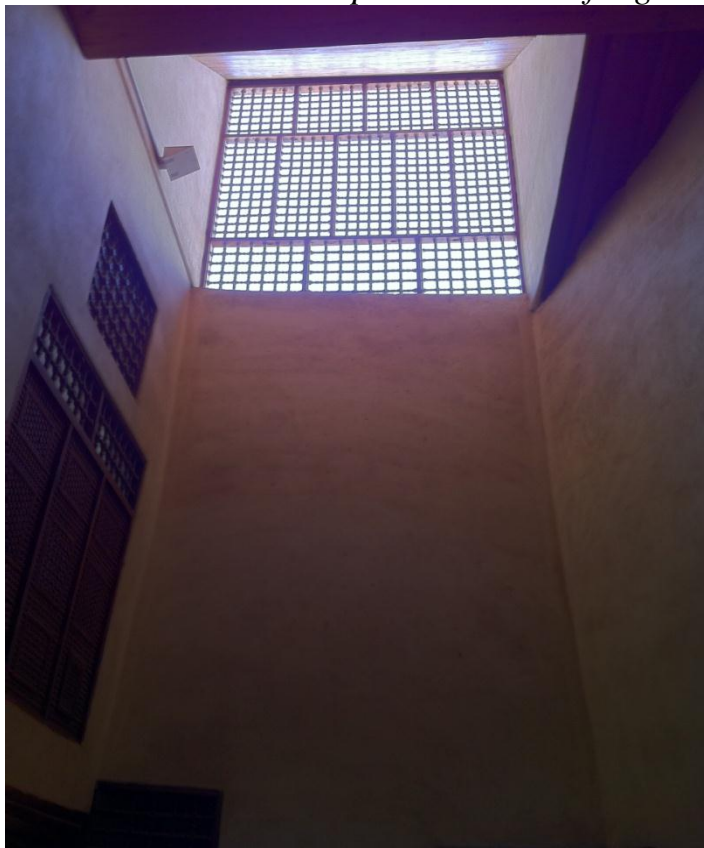


Foto 17. Visar insidan på traditionell vindfångare.

7 Energiberäkning

I denna rapport har vi tagit hjälp av två databaserade energi-beräkningsprogram. Det ena programmet heter VIP Energy och har använts till att beräkna den årliga energiförbrukningen i lågenergihuset i 6-oktober city i Kairo. Det andra programmet heter ”The MIT Design Advisor 1.1” och används för att få fram vilka eventuella energiresurser som förbrukas vid nedkylning av ett vanligt modernt egyptiskt hem och ett egyptiskt hem som använder sig av traditionella tekniker. Vi kom i kontakt med MIT Design Advisor 1.1 med hjälp av arkitekten och lärarassistenten vid University of Cairo, Mohamad Ahmed Elgarhy. VIP Energy har vi fått låna av StruSoft i Sverige som är ett marknadsledande företag inom utveckling av mjukvaror för byggindustrin.

7.1 VIP Energy

Programmet är välkänt inom byggbranschen och är ett bra verktyg att använda sig av vid energiberäkningar, dock finns det begränsningar för programmet.

7.1.1 Begränsningar

Att ta fram energiberäkningar som stämmer väl överens med verklighetens energiförbrukning är svårt dels p.g.a. att den som använder programmet måste kunna förutse hushållets energibehov och energikonsumtion t.ex. hur mycket varmvatten som förbrukas och hur mycket el som går åt belysningen. Men det finns även begränsningar i själva programmet. Dessa begränsningar är:

- Klimatdatan kan vara otillräcklig för mer avancerade beräkningar t.ex. om man vill räkna in vindhastigheten och vindriktningen. Vissa städer är större än andra och inom området Kairo kan lufttemperaturen och vindhastigheten variera beroende på vart man mäter. Mäter man vid tätorter eller vid glesbebyggda områden nära öknen får man olika värden som kan vara av betydelse för inomhusklimatet.
- Då huset använder naturlig ventilation för att uppnå behagligt inomhusklimat är det önskvärt med en funktion som kan med hjälp av vindhastigheten i området på något sätt kompensera behovet av avkylning och simulera det drag som uppstår med vindfångare och solskorsten i huset.
- Beräkningen av värmeförsörjningen i VIP Energy stämmer inte väl överens med verkligheten. I VIP Energy är värmeförsörjningen beroende av den lägsta tillåtna temperaturen inomhus. Ju lägre den tillåtna inomhustemperaturen är desto lägre blir värmeförsörjning.

Den lägsta rekommenderade temperaturen inomhus är 24 °C och är uppsatt av HBRC. I det moderna lågenergihuset kan i verkligheten temperaturen inomhus befinna sig under 24 °C utan att man värmer upp huset. Därför blir den beräknade värmeförsörjningen i VIP Energy högre än den verkliga värmeförsörjningen. Vi anser att 24 °C är för högt värde att räkna med eftersom temperaturen inte når upp till 24 °C under stora delar av vintersäsongen. Därför har vi räknat med 23 °C för att få en mer rättvisande bild på värmeförsörjningen.

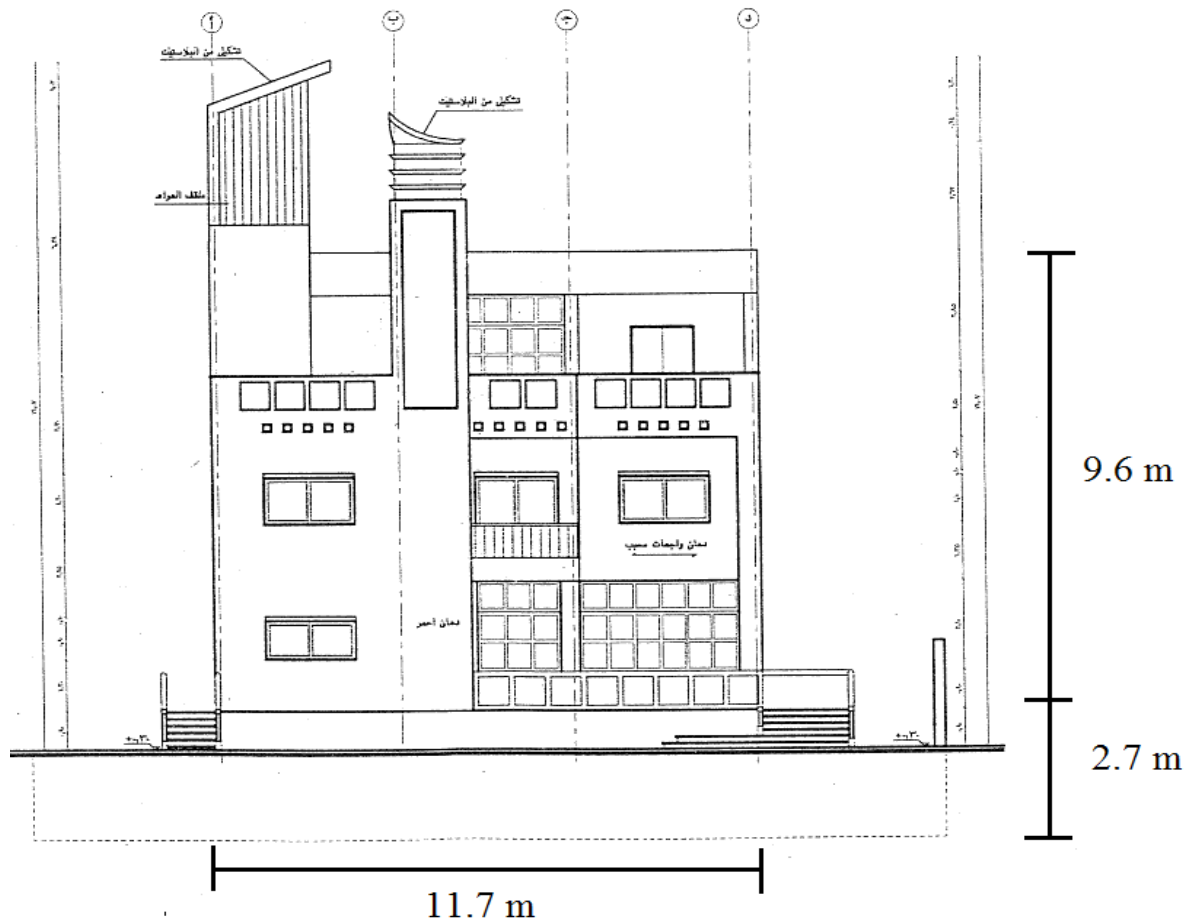
- Köldbryggor har inte tagits med i beräkningen

7.1.2 Förutsättningar

Huset som vi har gjort beräkningarna för är ett lågenergihus beläget i stadsdelen 6 oktober city i Kairo. Mer utförlig beskrivning av huset finner ni under kapitel 5.2 ”energisnåla byggnader”.

7.1.2.1 Mått

Längden på huset är 16.25 meter, bredden 11.75 meter och höjden ovanför marken är 9.6 m. Antalet våningar är fyra med tre bostadsvåningar och en festlokal/källare. Den totala golvarean inklusive källaren är 630 m². Den uppvärmda golvarean är 440 m² och det är den arean vi har använt i våra energiberäkningar. Mer utförlig beskrivning av huset finner ni under kapitel 5.2 ”energisnåla byggnader”. Figur 15 visar en bild på husets mått.



Figur 15. Södra fasaden på lågenergihuset

7.1.2.2 Energiberäkningen

Energiberäkningen kommer först göras utan några förändringar i byggnaden därefter kommer vi att utföra energiberäkningar där vi ändrat på klimatskalet för att sedan jämföra dessa. Som tidigare nämnts saknas värmeisolering i väggarna och i grunden, därför har vi valt att jämföra energiförbrukningen mellan det befintliga klimatskalet och ett mer värmeisolerat klimatskal. Då det även är av intresse vart man ska placera värmeisoleringen i väggen, d.v.s. på utsidan eller på insidan, har vi gjort en energiförbrukningsjämförelse mellan de båda fallen. Eftersom byggnaden värms upp med elektriska radiatorer kommer vi även att göra en besparingskalkyl i de fall där energibesparingen är marginell. Detta görs för att få en uppfattning om hur lönsamt det är med att investera i mer värmeisolering. För att ta reda på inverkan av värmeisoleringen i de olika konstruktionerna var för sig kommer vi att jämföra energiförbrukningen då ingen ändring gjorts och sedan införa en ändring i taget. Vi kommer att jämföra transmissionsförlusten, värmeförsörjningen och det passiva kylbehovet för samtliga fall. I värmeförsörjningen ingår förbrukningen av tappvarmvatten och värmesystemet som i det här fallet är direktverkande elvärme.

De jämförelser som vi kommer att göra är:

- Jämförelse mellan befintligt klimatskal och ett klimatskal där ytterväggen och källarväggen värmeisoleras.
- Jämförelse mellan utvändig och invändig värmeisolering i ytterväggarna och källarväggarna.
- Jämförelse mellan befintligt klimatskal och ett klimatskal där grundkonstruktionen är värmeisolerad.
- Jämförelse mellan befintligt klimatskal och ett klimatskal där takkonstruktionen värmeisoleras.

Tjockleken på värmeisoleringen som vi valt att sätta in i väggarna är 70 mm och materialet är mineralull. Grunden kommer att isoleras med 100 mm cellplast. Taket är redan värmeisolerat med 30 mm cellplast som vi kommer att utöka till 70 mm totalt. Nedan visas bilder på materiallagren och tjockleken på respektive konstruktion. Bilderna är hämtade ur VIP Energy. I figur 16 – 19 ser man det redan befintliga materialet i de olika byggnadsdelarna.

Befintligt klimatskal

The image shows a software interface for material selection and a cross-section diagram of a wall. The interface is titled "Materialskikt" and contains a table with material names and thicknesses. To the right of the table are several buttons: "Lägg till", "Ändra", "Infoga", "Ta bort", "Infoga värmeskikt", and "Ta bort värmeskikt". Below the table is a "Materialkatalog" button. To the right of the interface is a cross-section diagram of a wall. The diagram shows a brick wall with a total thickness of 0.325 m. The wall is labeled "Ute" on the left and "Inne" on the right. The diagram also shows a layer of insulation on the outside and a layer of insulation on the inside.

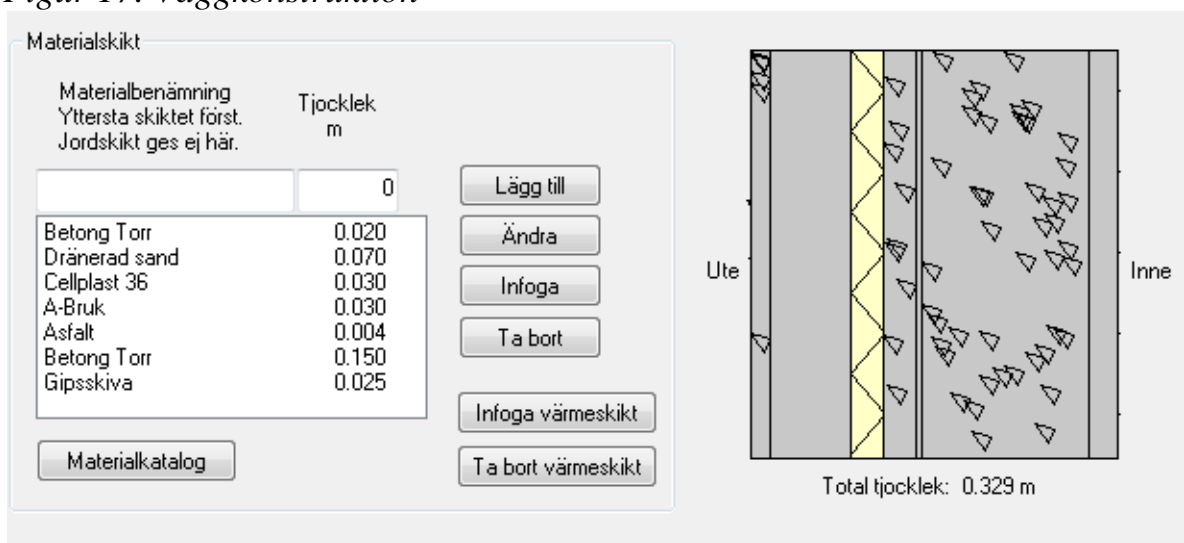
Materialbenämning	Tjocklek m
Yttersta skiktet först. Jordskikt ges ej här.	0
Kalksandsten	0.030
A-Bruk	0.020
Murtegel poröst	0.250
Gipsskiva	0.025

Total tjocklek: 0.325 m

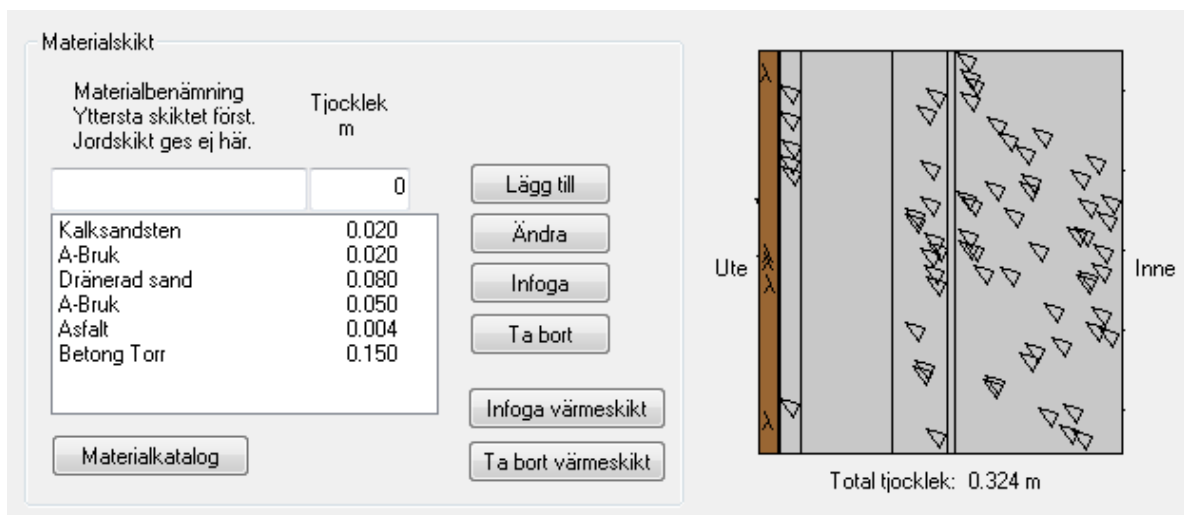
Figur 16. Yttervägg och källarvägg



Figur 17. Vägghkonstruktion



Figur 18. Takkonstruktion



Figur 19. Grundkonstruktion

I figur 20 – 21 ser man de redan befintliga materialen i väggen vad som tillkommit är en utvändig isolering på 70mm.

Materialsikt

Materialbenämning
Yttersta skiktet först.
Jordsikt ges ej här.

Materialbenämning	Tjocklek m
<input type="text"/>	0
Kalksandsten	0.030
Mineralull 31	0.070
A-Bruk	0.020
Murtegel poröst	0.250
Gipsskiva	0.025

Materialkatalog

Total tjocklek: 0.395 m

Figur 20. Utvändig isolering på 70mm.

Materialsikt

Materialbenämning
Yttersta skiktet först.
Jordsikt ges ej här.

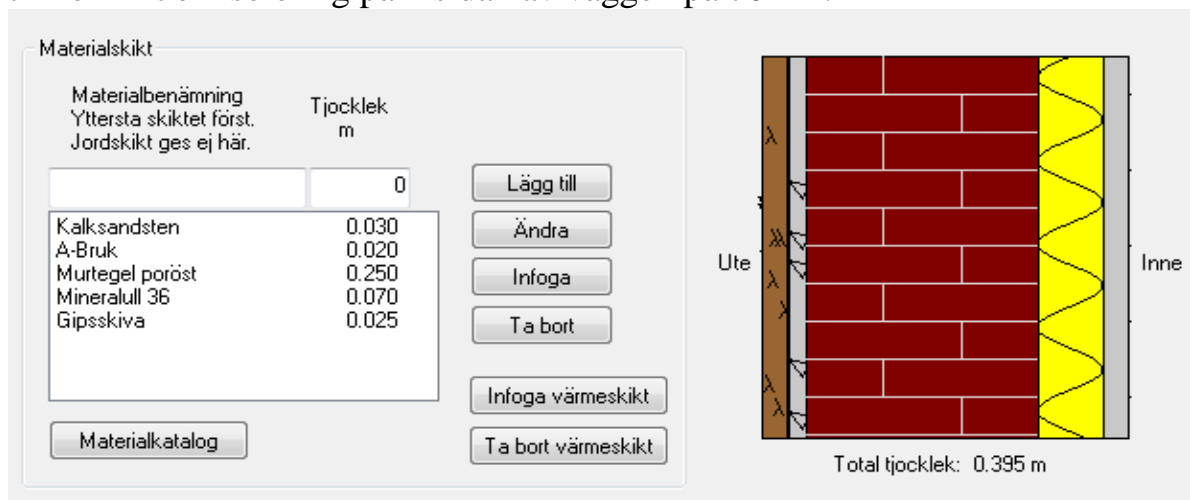
Materialbenämning	Tjocklek m
<input type="text"/>	0
A-Bruk	0.020
Mineralull 31	0.070
Murtegel poröst	0.120
Asfalt	0.004
Murtegel poröst	0.250
Gipsskiva	0.025

Materialkatalog

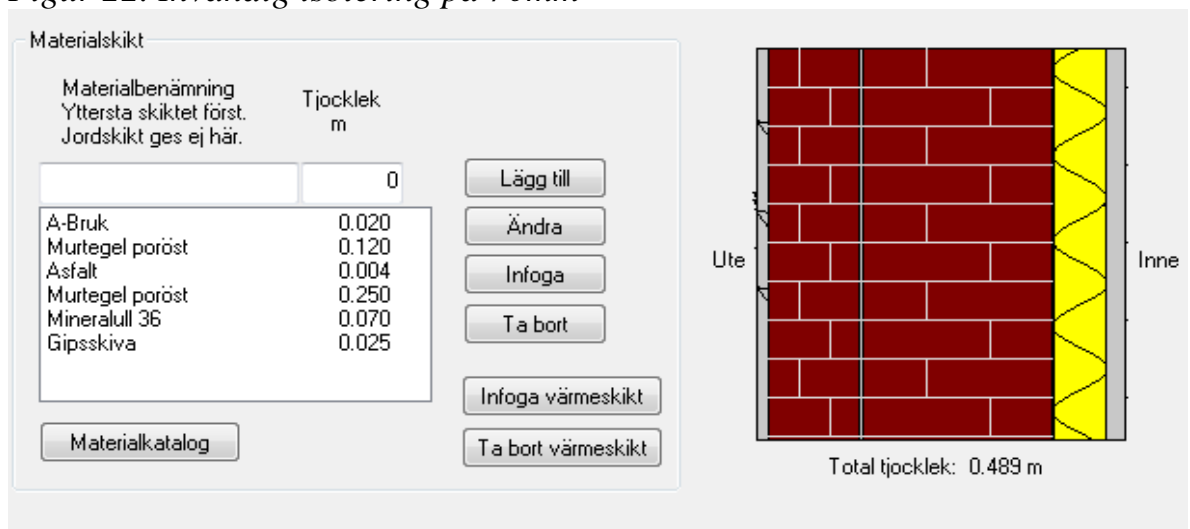
Total tjocklek: 0.489 m

Figur 21. Utvändig isolering på 70mm i källarväggen.

I figur 22 – 23 ser man de redan befintliga materialen i väggen dock har det nu tillkommit en isolering på insidan av väggen på 70mm.

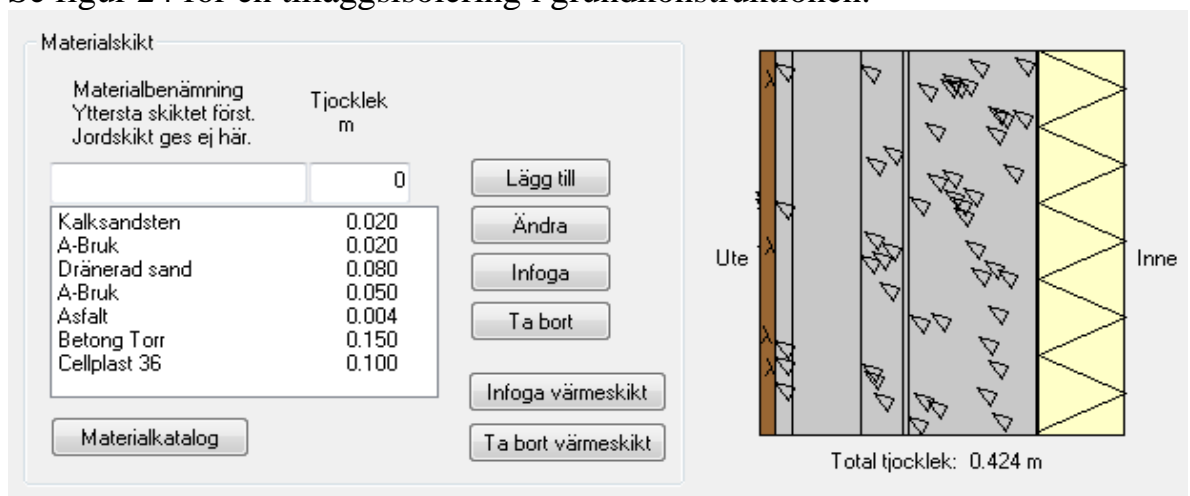


Figur 22. Invändig isolering på 70mm



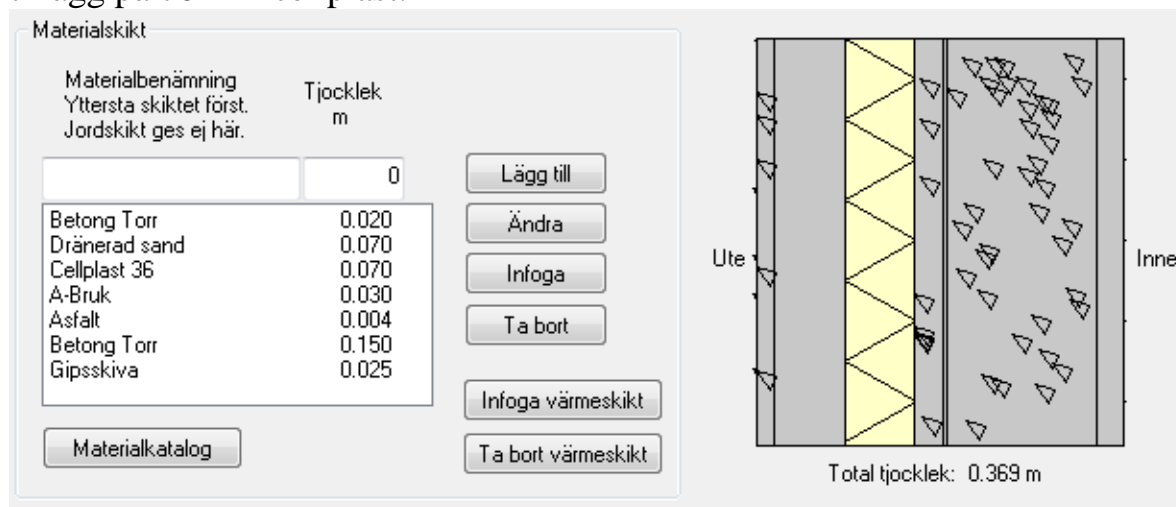
Figur 23. Invändig isolering på 70mm i källarväggen.

Se figur 24 för en tilläggsisolering i grundkonstruktionen.



Figur 24. Isolering i grundkonstruktionen på 100mm.

I figur 25 kan man se de befintliga materialen i takkonstruktionen fast med ett tillägg på 70 mm cellplast.



Figur 25. 70mm tilläggsisolering i takkonstruktionen

7.1.3 Resultat

Under kapitlet ”Resultat” kan energibalansen avläsas. Energibalansen redovisar energiflödet till och från byggnaden där summan av den tillförda energin är lika stor som summan av den avgivna energin. För att underlätta för läsaren har energibalansen innan och efter ”ändringen” placerats jämsides och en direkt jämförelse kan enkelt göras. Med ändring menas den ändring vi har gjort i vägg, tak eller grundkonstruktionen. Vi har även tagit fram en tabell som visar fördelningen över den tillförda och avgivna värmen för varje enskild månad under ett helår.

Med befintligt klimatskal

Med tanke på att byggnaden befinner sig i ett varmt klimat går det åt mycket energi till värmeförsörjningen. Enlig våra beräkningar går det åt hela 15 700 kW/h per år till värmeförsörjningen. En svensk genomsnittlig villa använder 20 000 kW/h per år.⁶² Dels beror det på klimatskalets höga U-värde och därmed den höga transmissionsförlusten. Dels på husets stora area. Räkningar per kvadratmeter blir värmeförsörjningen 35.8 kWh/m² per år, d.v.s. mycket lägre än en genomsnittlig villa i Sverige. Beräkningen visar att solfångaren täcker tappvarmvattenbehovet med den genererade energin 4100 kWh. Transmissionsförlusten är som störst under vintersäsongen i december, januari och februari detta innebär att ca 70 % av värmeförsörjningen under ett helår förbrukas under dessa tre månader.

⁶² eon (2011), Jämför din förbrukning., <http://www.eon.se>, 2011-05-02

Mineralull på utsidan

Transmissionsförlusten minskar drastiskt då man isolerar väggarna med 50 mm mineralull från 99.1 kW/m² per år till 68.3 kW/m² per år. Detta får följden att lägre värmeförsörjning behövs eftersom den värme som produceras och finns i huset har svårare att ta sig ut. Man sänker värmeförsörjningen från ca 35.9 kW/m² per år till ca 14.3 kW/m² per år vilket är, ur energisynpunkt, ett bra resultat se skillnader och resultat i figurerna 26-28. Med isolering i väggarna minskar transmissionsförlusterna mest under den kalla perioden på året men även under sommaren kan man märka en skillnad i transmissionsförlusterna och detta pga. att det blir kallt under nätterna även under sommaren. Beräkningen visar att det behövs mer passiv kyla då man isolerar väggen. Behovet av passiv kyla uppstår för det mesta under dagen och på sommaren då det är som varmast ute. Med vindfångaren och solskorstenen som tillsammans ökar luftomsättningen i huset blir det lättare att uppnå ett behagligt inneklimat även under de varmaste dagarna.

Innan ändring	Med 50 mm mineralull på utsidan av ytterväggen och källarväggen	
Energibalans	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Aktuell drift	Aktuell drift
	kWh	kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	43593	99.07
(24)Luftläckage	964	2.19
(21)Ventilation	0	0.00
(28)Spillvatten	7709	17.52
(22)Passiv kyla	2625	5.97
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66
(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	4163	9.46
(45)Processenergi till rum	11332	25.75
(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	15773	35.85
Energibalans	Aktuellt hus	Aktuellt hus
	Aktuell drift	Aktuell drift
	kWh	kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	30042	68.28
(24)Luftläckage	1292	2.94
(21)Ventilation	0	0.00
(28)Spillvatten	7709	17.52
(22)Passiv kyla	6332	14.39
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66
(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	4163	9.46
(45)Processenergi till rum	11332	25.75
(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	6287	14.29

Figur 26. Skillnaden i energidrift före och efter utvändigt isolering av vägg.

Ingen ändring

Period	Avgiven energi kWh	Tillförd energi kWh					Tillförd energi kWh					Tillförd energi kWh			
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans- mission	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning	
Mån 1	7367	232	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	4926	0	
Mån 2	6399	193	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	4048	0	
Mån 3	3948	87	0	655	54	2222	0	0	0	427	0	962	1160	0	
Mån 4	3157	62	0	634	59	1907	0	0	0	320	0	931	777	0	
Mån 5	2658	42	0	655	1	1840	0	0	0	293	0	962	467	0	
Mån 6	2056	28	0	634	453	1700	0	0	0	250	0	931	384	0	
Mån 7	2263	31	0	655	469	1764	0	0	0	262	0	962	393	0	
Mån 8	2027	26	0	655	845	1973	0	0	0	329	0	962	326	0	
Mån 9	2456	34	0	634	644	2200	0	0	0	425	0	931	208	0	
Mån 10	3249	52	0	655	99	2151	0	0	0	417	0	962	256	0	
Mån 11	3190	57	0	634	0	2014	0	0	0	369	0	931	541	0	
Mån 12	4824	121	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	2287	0	
Summa	43593	964	0	7709	2625	23612	0	0	0	4163	0	11332	15773	0	

Figur 27. Energidrift utan isolering av vägg.

Med 50 mm mineralull på utsidan av ytterväggen och källarväggen

Period	Avgiven energi kWh	Tillförd energi kWh					Tillförd energi kWh					Tillförd energi kWh			
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans- mission	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning	
Mån 1	4055	236	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	1673	0	
Mån 2	3585	199	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	1209	0	
Mån 3	2874	129	0	655	139	2222	0	0	0	427	0	962	295	0	
Mån 4	2588	106	0	634	128	1907	0	0	0	320	0	931	315	0	
Mån 5	2473	87	0	655	114	1840	0	0	0	293	0	962	362	0	
Mån 6	1447	37	0	634	1116	1700	0	0	0	250	0	931	384	0	
Mån 7	1458	36	0	655	1242	1764	0	0	0	262	0	962	393	0	
Mån 8	1271	29	0	655	1620	1973	0	0	0	329	0	962	326	0	
Mån 9	1517	41	0	634	1577	2200	0	0	0	425	0	931	208	0	
Mån 10	2746	111	0	655	396	2151	0	0	0	417	0	962	238	0	
Mån 11	2855	126	0	634	1	2014	0	0	0	369	0	931	265	0	
Mån 12	3174	156	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	619	0	
Summa	30042	1292	0	7709	6332	23612	0	0	0	4163	0	11332	6287	0	

Figur 28. Energidrift efter utvändigt isolering med 50mm av vägg.

7.1.4 Jämförelse mellan utvändig och invändig isolering

Det finns en skillnad i behovet av värmeförsörjning mellan utvändig och invändig isolering. Med utvändig isolering blir värmeförsörjningen 14.3 kW/m² per år, med invändig isolering är den däremot 15.7 kW/m² per år, för skillnader och resultat se figur 29 – 31. Anmärkningsvärt är att vid invändig isolering blir transmissionsförlusten större. Detta pga. att isoleringen på utsidan av väggen minskar värmeflödet till väggen, vilket innebär att ytemperaturen på insidan av väggen inte kommer bli lika hög som den hade varit om isoleringen placerats på insidan av väggen.⁶³ Det får följden att inomhustemperaturen blir lägre och behöver därför inte lika mycket passiv kyla. Under vintern ökar behovet av värmeförsörjning med invändig isolering, det beror på att transmissionsförlusterna ökar med invändig isolering. Däremot är det ingen skillnad på värmeförsörjningen under sommaren för invändig och utvändig värmeisolering. Detta beror på att den högre transmissionsförlusten och därmed energi-förlusten med den invändiga isoleringen kompenseras av ett lägre luftläckage än med den utvändiga isoleringen.

Invändig värmeisolering			Utvändig värmeisolering		
Energibalans			Energibalans		
	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi			Avgiven energi		
(23)Transmission	30520	69.36	(23)Transmission	30042	68.28
(24)Luftläckage	1249	2.84	(24)Luftläckage	1292	2.94
(21)Ventilation	0	0.00	(21)Ventilation	0	0.00
(28)Spillvatten	7709	17.52	(28)Spillvatten	7709	17.52
(22)Passiv kyla	6533	14.85	(22)Passiv kyla	6332	14.39
Tillförd energi			Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66	(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66
(20)Återvinning ventilation	0	0.00	(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	4163	9.46	(18)Solfångare	4163	9.46
(45)Processenergi till rum	11332	25.75	(45)Processenergi till rum	11332	25.75
(25)Personvärme	0	0.00	(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	0	0.00	(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	6909	15.70	(33)Värmeförsörjning	6287	14.29

Figur 29. Skillnaden mellan invändig och utvändig väggisolering.

⁶³ Elawa S, 1981. *Housing design in extreme hot arid zones with special reference to thermal performance*. Lund

Invändig värmeisolering

Period	Avgiven energi kWh	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	Tillförd energi kWh	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning		
Mån 1	4239	240	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	1867	0		
Mån 2	3774	203	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	1381	0		
Mån 3	2962	124	0	655	208	2222	0	0	0	427	0	962	363	0		
Mån 4	2579	97	0	634	200	1907	0	0	0	320	0	931	359	0		
Mån 5	2460	79	0	655	186	1840	0	0	0	293	0	962	362	0		
Mån 6	1458	35	0	634	1123	1700	0	0	0	250	0	931	384	0		
Mån 7	1474	34	0	655	1224	1764	0	0	0	262	0	962	393	0		
Mån 8	1296	28	0	655	1604	1973	0	0	0	329	0	962	326	0		
Mån 9	1532	39	0	634	1561	2200	0	0	0	425	0	931	208	0		
Mån 10	2668	100	0	655	414	2151	0	0	0	417	0	962	238	0		
Mån 11	2837	117	0	634	14	2014	0	0	0	369	0	931	270	0		
Mån 12	3240	153	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	759	0		
Summa	30520	1249	0	7709	6533	23612	0	0	0	4163	0	11332	6909	0		

Figur 30. Invändig väggisolering på 70mm

Utvändig värmeisolering

Period	Avgiven energi kWh	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	Tillförd energi kWh	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning		
Mån 1	4055	236	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	1673	0		
Mån 2	3585	199	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	1209	0		
Mån 3	2874	129	0	655	139	2222	0	0	0	427	0	962	295	0		
Mån 4	2588	106	0	634	128	1907	0	0	0	320	0	931	315	0		
Mån 5	2473	87	0	655	114	1840	0	0	0	293	0	962	362	0		
Mån 6	1447	37	0	634	1116	1700	0	0	0	250	0	931	384	0		
Mån 7	1458	36	0	655	1242	1764	0	0	0	262	0	962	393	0		
Mån 8	1271	29	0	655	1620	1973	0	0	0	329	0	962	326	0		
Mån 9	1517	41	0	634	1577	2200	0	0	0	425	0	931	208	0		
Mån 10	2746	111	0	655	396	2151	0	0	0	417	0	962	238	0		
Mån 11	2855	126	0	634	1	2014	0	0	0	369	0	931	265	0		
Mån 12	3174	156	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	619	0		
Summa	30042	1292	0	7709	6332	23612	0	0	0	4163	0	11332	6287	0		

Figur 31. Utvändig väggisolering på 70mm

Med cellplast i grundkonstruktionen

Värmeförsörjningen är lite högre då man värmeisolerar grunden, med cellplast är behovet 36.5 kW/m²,år och utan cellplast är den 35.9 kW/m²,år för resultat och skillnader se figur 32 – 34. Grunden befinner sig 2.7 meter under marknivån och som bekant minskar temperatur-fluktuationer under ett helår ju längre ner i marken man kommer. Marken håller oftast en högre temperatur under natten och under vintern jämfört med lufttemperaturen utomhus. Eftersom värmeflödet går från en relativt varm massa till en kallare massa så innebär det att marken värmer grunden. När man sedan värmeisolerar grunden förhindrar man samtidigt värmeflöde från marken. Därmed blir golvet kallare än vad det hade varit utan värmeisolering. Ur energi- och komfortsynpunkt rekommenderas därför inte någon värmeisolering under grundkonstruktionen. Under sommaren ökar behovet av passiv kyla då man värmeisolerar grunden, eftersom värmeflödet från golvet till den relativt kalla jorden under grundkonstruktionen försvåras då man värmeisolerar grunden. Att värmeisolera grunden är därför en dålig åtgärd för att öka den termiska komforten eller att minska energiförbrukningen i varma klimat speciellt om grundkonstruktionen befinner sig djupare ner i jorden.

Innan ändring			Med 100 mm cellplast i grundkonstruktionen		
Energibalans			Energibalans		
	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi			Avgiven energi		
(23)Transmission	43593	99.07	(23)Transmission	43275	98.35
(24)Luftläckage	964	2.19	(24)Luftläckage	968	2.20
(21)Ventilation	0	0.00	(21)Ventilation	0	0.00
(28)Spillvatten	7709	17.52	(28)Spillvatten	7709	17.52
(22)Passiv kyla	2625	5.97	(22)Passiv kyla	3219	7.32
Tillförd energi			Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66	(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66
(20)Återvinning ventilation	0	0.00	(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	4163	9.46	(18)Solfångare	4163	9.46
(45)Processenergi till rum	11332	25.75	(45)Processenergi till rum	11332	25.75
(25)Personvärme	0	0.00	(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	0	0.00	(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	15773	35.85	(33)Värmeförsörjning	16050	36.48

Figur 32. Skillnaden i energidrift före och efter 100mm isolering i grundkonstruktionen.

Innan ändring

Period	Avgiven energi kWh	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	Tillförd energi kWh	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning		
Mån 1	7367	232	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	4926	0		
Mån 2	6399	193	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	4048	0		
Mån 3	3948	87	0	655	54	2222	0	0	0	427	0	962	1160	0		
Mån 4	3157	62	0	634	59	1907	0	0	0	320	0	931	777	0		
Mån 5	2658	42	0	655	1	1840	0	0	0	293	0	962	467	0		
Mån 6	2056	28	0	634	453	1700	0	0	0	250	0	931	384	0		
Mån 7	2263	31	0	655	469	1764	0	0	0	262	0	962	393	0		
Mån 8	2027	26	0	655	845	1973	0	0	0	329	0	962	326	0		
Mån 9	2456	34	0	634	644	2200	0	0	0	425	0	931	208	0		
Mån 10	3249	52	0	655	99	2151	0	0	0	417	0	962	256	0		
Mån 11	3190	57	0	634	0	2014	0	0	0	369	0	931	541	0		
Mån 12	4824	121	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	2287	0		
Summa	43593	964	0	7709	2625	23612	0	0	0	4163	0	11332	15773	0		

Figur 33. Energidrift innan tilläggsisolering.

Med 100 mm cellplast i grundkonstruktionen

Period	Avgiven energi kWh	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	Tillförd energi kWh	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning		
Mån 1	7379	232	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	4943	0		
Mån 2	6397	193	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	4039	0		
Mån 3	3971	89	0	655	84	2222	0	0	0	427	0	962	1209	0		
Mån 4	3167	64	0	634	99	1907	0	0	0	320	0	931	827	0		
Mån 5	2699	44	0	655	15	1840	0	0	0	293	0	962	486	0		
Mån 6	1966	28	0	634	571	1700	0	0	0	250	0	931	384	0		
Mån 7	2132	30	0	655	597	1764	0	0	0	262	0	962	393	0		
Mån 8	1916	25	0	655	964	1973	0	0	0	329	0	962	326	0		
Mån 9	2336	33	0	634	762	2200	0	0	0	425	0	931	208	0		
Mån 10	3177	50	0	655	128	2151	0	0	0	417	0	962	271	0		
Mån 11	3250	59	0	634	0	2014	0	0	0	369	0	931	608	0		
Mån 12	4885	122	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	2357	0		
Summa	43275	968	0	7709	3219	23612	0	0	0	4163	0	11332	16050	0		

Figur 34. Energidrift efter 100 mm tilläggsisolering.

Med 70 mm värmeisolering i taket

Transmissionsförlusten med 30 mm cellplast är 99.1 kW/m²,år och med 70 mm cellplast 96.2 kW/m² per år. Värmeförsörjningen är 35.9 kW/m² per år med 30 mm cellplast och 33.6 kW/m² per år med 70mm cellplast, för resultat och skillnader se figurer 35 - 38. Då man isolerar taket blir värmeförsörjningen lägre under de kalla månaderna och under de varma månaderna blir värmeförsörjningen oförändrad. Värmeförsörjningen är oförändrad då man isolerar taket för att under den varma årstiden minskar transmissionsförlusterna då det oftast är varmare utomhus än inomhus. Det spelar därför ingen roll om man har mycket isolering i taket det sker ändå ingen värmeavgivning från inomhusluften till utomhusluften. Passiv kyla behövs i större utsträckning under den varma årstiden då man ökar tjockleken på värmeisoleringen. Vi tror att det är fullt möjligt att förse huset med den extra passiva kylan som krävs eftersom huset använder vindfångare och solskorsten för att för att ventileras med ny och relativt kall vind från norr. Eftersom det inte sker en så stor minskning av transmissionsförlusten då man ökar tjockleken på värmeisoleringen har vi valt att ta fram en besparingskalkyl. Vi har jämfört vad det hade kostat att uppvärma huset i det nuvarande tillståndet med om man ökar tjockleken till 70 mm cellplast i takkonstruktionen. Beräkningen gäller med dagens energipris i Egypten och att värmeförsörjningen tillgodoses med elektriska radiatorer. Det skulle alltså kostat 3057 kr för ett år med nuvarande konstruktion och 2956 kr om man ökar tjockleken på cellplasten. Man sparar alltså ca 100 kr/år för en sådan investering.

Utan åtgärd d.v.s. huset är i befintligt skick, baserat på el priset 0.10 kr/ kWh	Ekonomiresultat	
	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
	Processenergi	1480 kr
	Fjärrkyla	0 kr
	Elförsörjning	0 kr
	Värmeförsörjning	1577 kr
TOTALT	3057 kr	
Taket tilläggsisoleras till totalt 70 mm cellplast	Ekonomiresultat	
	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
	Processenergi	1480 kr
	Fjärrkyla	0 kr
	Elförsörjning	0 kr
	Värmeförsörjning	1476 kr
TOTALT	2956 kr	

Figur 35. Ekonomiska skillnader med och utan isolering i takkonstruktionen.

Innan ändring dvs med 30 mm cellplast			Med 70 mm cellplast		
Energibalans			Energibalans		
	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi			Avgiven energi		
(23)Transmission	43593	99.07	(23)Transmission	42326	96.20
(24)Luftläckage	964	2.19	(24)Luftläckage	978	2.22
(21)Ventilation	0	0.00	(21)Ventilation	0	0.00
(28)Spillvatten	7709	17.52	(28)Spillvatten	7709	17.52
(22)Passiv kyla	2625	5.97	(22)Passiv kyla	2864	6.51
Tillförd energi			Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66	(27)Solenergi genom fönster	23612	53.66
(20)Återvinning ventilation	0	0.00	(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00	(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00	(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	4163	9.46	(18)Solfångare	4163	9.46
(45)Processenergi till rum	11332	25.75	(45)Processenergi till rum	11332	25.75
(25)Personvärme	0	0.00	(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	0	0.00	(34)Elförsörjning	0	0.00
(33)Värmeförsörjning	15773	35.85	(33)Värmeförsörjning	14762	33.55

Figur 36. Energidrift i huset med 30mm respektive 70 mm cellplast i takkonstruktionen.

Innan ändring														
Period	Avgiven energi kWh					Tillförd energi kWh								
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning
Mån 1	7367	232	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	4926	0
Mån 2	6399	193	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	4048	0
Mån 3	3948	87	0	655	54	2222	0	0	0	427	0	962	1160	0
Mån 4	3157	62	0	634	59	1907	0	0	0	320	0	931	777	0
Mån 5	2658	42	0	655	1	1840	0	0	0	293	0	962	467	0
Mån 6	2056	28	0	634	453	1700	0	0	0	250	0	931	384	0
Mån 7	2263	31	0	655	469	1764	0	0	0	262	0	962	393	0
Mån 8	2027	26	0	655	845	1973	0	0	0	329	0	962	326	0
Mån 9	2456	34	0	634	644	2200	0	0	0	425	0	931	208	0
Mån 10	3249	52	0	655	99	2151	0	0	0	417	0	962	256	0
Mån 11	3190	57	0	634	0	2014	0	0	0	369	0	931	541	0
Mån 12	4824	121	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	2287	0
Summa	43593	964	0	7709	2625	23612	0	0	0	4163	0	11332	15773	0

Figur 37. Energidrift i huset utan någon tilläggsisolering i takkonstruktionen.

Med 70 mm cellplast															
Period	Avgiven energi kWh	Tillförd energi kWh													
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans-mis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning	
Mån 1	7058	232	0	655	0	1938	0	0	0	353	0	962	4622	0	
Mån 2	6132	193	0	591	0	1974	0	0	0	367	0	869	3778	0	
Mån 3	3831	89	0	655	58	2222	0	0	0	427	0	962	1050	0	
Mån 4	3085	64	0	634	61	1907	0	0	0	320	0	931	707	0	
Mån 5	2637	44	0	655	2	1840	0	0	0	293	0	962	448	0	
Mån 6	2022	29	0	634	489	1700	0	0	0	250	0	931	384	0	
Mån 7	2204	31	0	655	525	1764	0	0	0	262	0	962	393	0	
Mån 8	1968	26	0	655	907	1973	0	0	0	329	0	962	326	0	
Mån 9	2386	35	0	634	713	2200	0	0	0	425	0	931	208	0	
Mån 10	3222	55	0	655	110	2151	0	0	0	417	0	962	249	0	
Mån 11	3135	59	0	634	0	2014	0	0	0	369	0	931	487	0	
Mån 12	4645	122	0	655	0	1929	0	0	0	352	0	962	2111	0	
Summa	42326	978	0	7709	2864	23612	0	0	0	4163	0	11332	14762	0	

Figur 38. Energidrift för huset med 70 mm tilläggsisolering i takkonstruktionen.

7.2 The MIT Design Advisor 1.1

The MIT Design Advisor är ett enkelt verktyg för den arkitekt eller byggnadsdesigner som i starten av ett projekt vill ha en uppfattning av vilket energibehov och inomhusklimat man får beroende på tillvägagångssättet i designstadiet samt ger den dig som designer en snabb och visuell jämförelse av energibehovet, något som ni kommer se i kommande kapitel.

7.2.1 Förutsättningar

Huset som vi har gjort beräkningarna för är ett lågenergihus beläget i 6-oktober city i Kairo. Längden på huset är 17 m, bredden 12 m och höjden 11 m. Antalet våningar är fyra med tre bostadsvåningar och en festlokal/källare. Den totala golvarean inklusive källaren är 630 m². En utförligare beskrivning av huset finner ni under kapitel 5.2 ”energisnåla byggnader”.

All fakta samt diagram och grafer som framgår i följande del är taget från datasimulerade beräkningar i programmet MIT Design Advisor som är tillgängligt på hemsidan <http://designadvisor.mit.edu/design/>

- **RÖD FÄRG** motsvarar värmeenergi som går åt till uppvärmning per kvadratmeter.
- **BLÅ FÄRG** motsvarar energi som går åt till kylning per kvadratmeter.
- **GRÖN FÄRG** motsvarar energi som går åt till belysning per kvadratmeter.

Scenario ett och scenario tre föreställer byggnader designade med en tunnare isoleringstjcklek och med sämre U-värden på fönster, dock ligger skillnaden i att i scenario ett använder man sig av mekanisk ventilation för kylning och scenario tre använder man sig av naturlig ventilation.

I scenario två och scenario fyra är byggnaderna designade med tjockare isolering och med ett bra U-värde på fönster, dock finns även där en skillnad av att man i scenario två använder sig av mekanisk ventilation och i scenario fyra av naturlig ventilation.

7.2.2 Avgränsningar

I MIT Design Advisor 1.1 grundar sig våra beräkningar på två sorters hustyper i fyra olika fall:

- Två fall med en lägre isoleringstjocklek och fönster med sämre U-värde, dock har husen en variation på mekanisk och naturlig ventilation.
- Två fall med en högre isoleringstjocklek och fönster med ett bättre U-värde samt där det också finns en variation med mekanisk och naturlig ventilation.

7.2.3 Begränsningar hos MIT Design Advisor 1.1

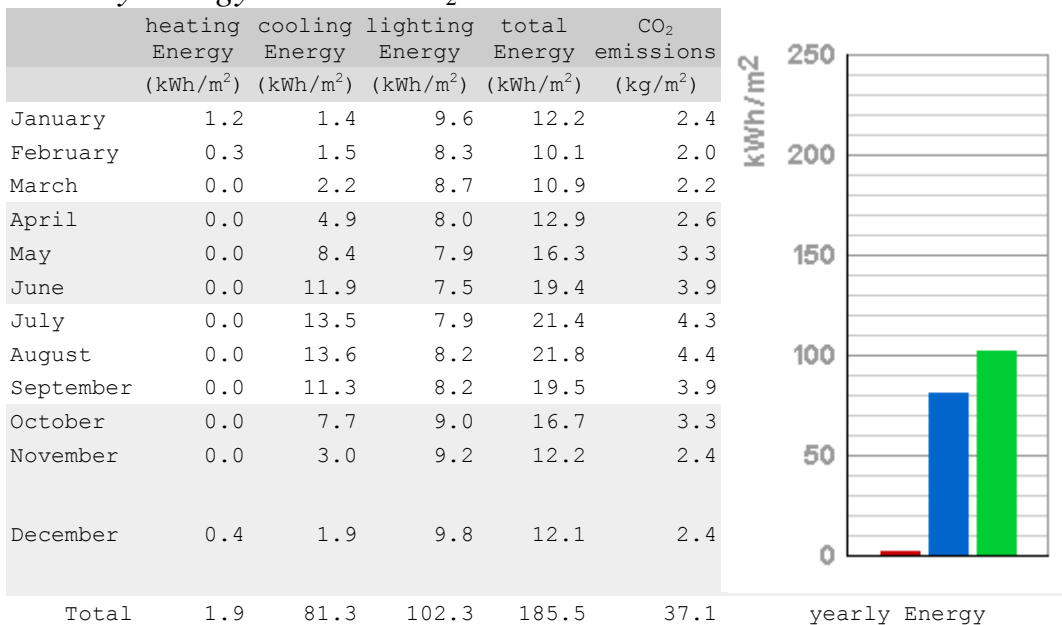
Programmet har en begränsad tillgång till klimatdata och specificerar sig endast på hela klimatdata för hela Kairo regionen. Detta kan vara problematiskt då vindhastigheter och klimat kan variera relativt mycket i ett område så stort som Kairo. Viktigt att nämna är att programmet inte heller tar hänsyn till köldbryggor samt att man inte kan välja materialval utan all indata är förutbestämd och isoleringstjocklek begränsas mellan en tunn isolering till en tjock isolering. Som vi tidigare nämnt i avsnitt 7.2 är MIT Design Advisor 1.1 endast ett enkelt och begränsat verktyg för den arkitekt som ska designa en byggnad i ett område med varmt torrt klimat.

7.2.4 Indata

Indata för MIT Design Advisor 1.1 finns i bilaga 3, för att se beräkningsresultat för scenario 1-4 se figur 39-42.

7.2.5 Beräkningsresultat scenario 1

Primary Energy Use and CO₂ Emissions

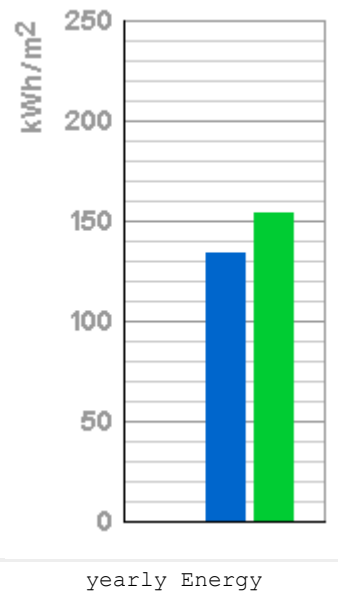


Figur 39.beräkningsresultat scenario 1.

7.2.6 Beräkningsresultat scenario 2

Primary Energy Use and CO₂ Emissions

	heating Energy (kWh/m ²)	cooling Energy (kWh/m ²)	lighting Energy (kWh/m ²)	total Energy (kWh/m ²)	CO ₂ emissions (kg/m ²)
January	0.0	5.0	13.1	18.1	3.6
February	0.0	6.2	11.9	18.1	3.6
March	0.0	8.3	13.0	21.3	4.3
April	0.0	10.6	12.5	23.1	4.6
May	0.0	13.3	12.9	26.2	5.2
June	0.0	15.0	12.5	27.5	5.5
July	0.0	16.3	12.9	29.2	5.8
August	0.0	16.4	12.9	29.3	5.9
September	0.0	15.0	12.6	27.6	5.5
October	0.0	13.0	13.1	26.1	5.2
November	0.0	8.8	12.8	21.6	4.3
December	0.0	6.2	13.3	19.5	3.9
Total	0.0	134.1	153.5	287.6	57.5

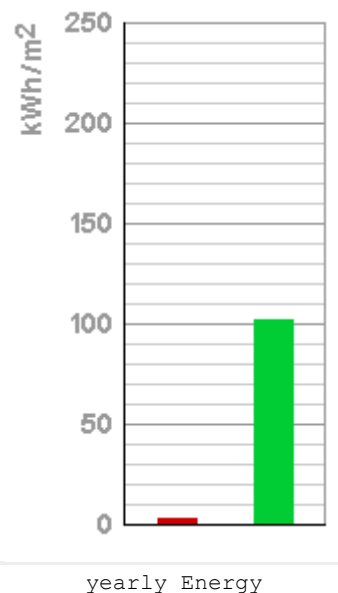


Figur 40. Beräkningsresultat scenario 2.

7.2.7 Beräkningsresultat scenario 3

Primary Energy Use and CO₂ Emissions

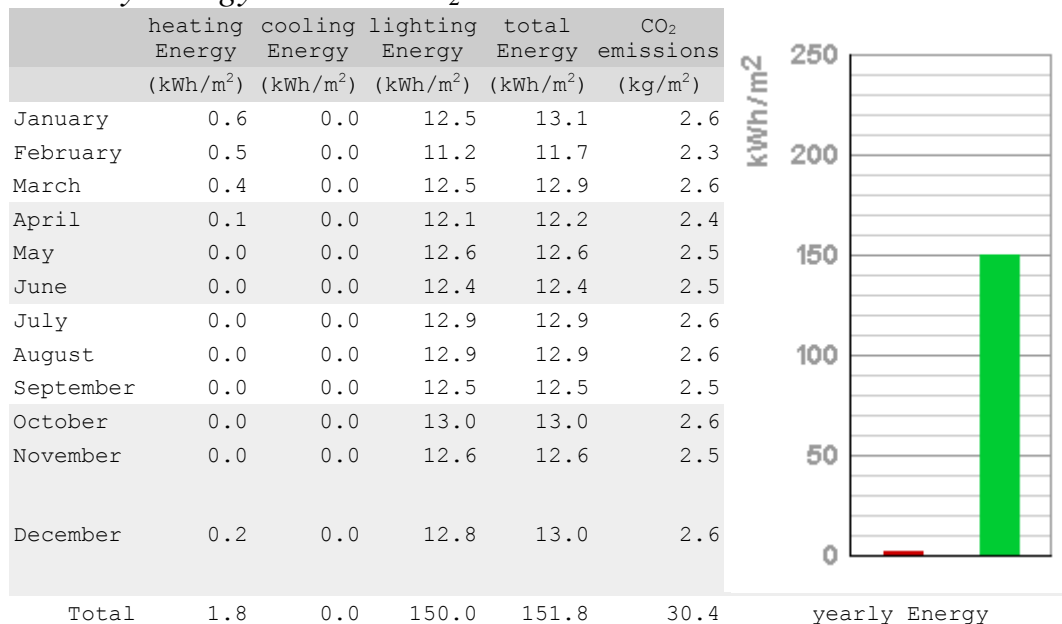
	heating Energy (kWh/m ²)	cooling Energy (kWh/m ²)	lighting Energy (kWh/m ²)	total Energy (kWh/m ²)	CO ₂ emissions (kg/m ²)
January	1.5	0.0	9.6	11.1	2.2
February	0.6	0.0	8.3	8.9	1.8
March	0.3	0.0	8.7	9.0	1.8
April	0.0	0.0	8.0	8.0	1.6
May	0.0	0.0	7.9	7.9	1.6
June	0.0	0.0	7.5	7.5	1.5
July	0.0	0.0	7.9	7.9	1.6
August	0.0	0.0	8.2	8.2	1.6
September	0.0	0.0	8.2	8.2	1.6
October	0.0	0.0	9.0	9.0	1.8
November	0.0	0.0	9.2	9.2	1.8
December	0.5	0.0	9.8	10.3	2.1
Total	2.9	0.0	102.3	105.2	21.0



Figur 41. Beräkningsresultat scenario 3

7.2.8 Beräkningsresultat scenario 4

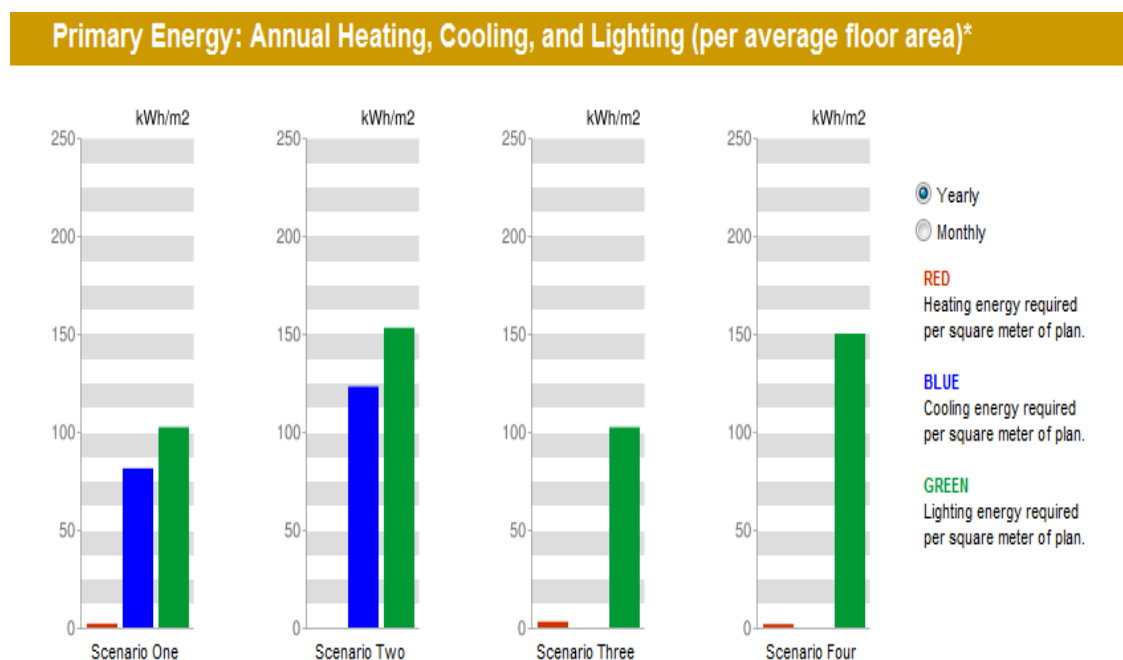
Primary Energy Use and CO₂ Emissions



Figur 42. Beräkningsresultat scenario 4.

7.2.9 Sammanställning av resultat från MIT Design Advisor 1.1

Som man tydligt kan se i diagrammen i föregående kapitel samt figur 43, är det i husen designade med naturlig ventilation det vill säga scenario 3 och 4 där det går åt minst energi för kylning. Störst energiåtgång för kylning finner man i scenario två där man har tjockare värmeisolering samt fönster med bättre U-värde.



Figur 43. Energidrift kWh/m² för scenario 1- 4.

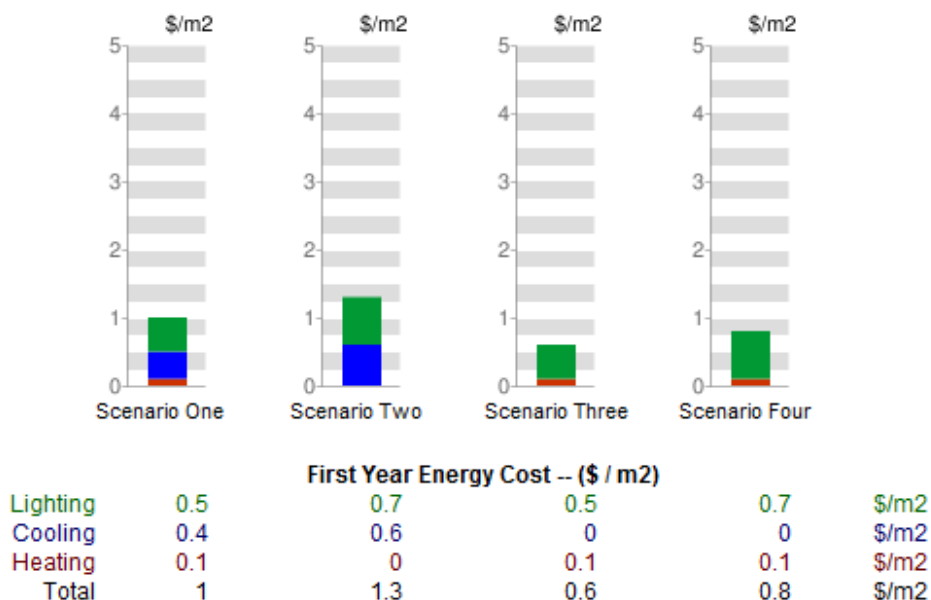
Anledningen till att resultatet för kylning i scenario 3 och scenario 4 blir obefintligt beror på att MIT Design Advisor 1.1 helt utesluter behovet för kylning ifall man endast använder sig av naturlig ventilation. Detta är självklart ett positivt resultat om man bara vill förlita sig till siffror. Dock kan man inte frånsä sig att siffrorna må vara missvisande då programmet inte tar någon hänsyn till eventuella köldbryggor eller vilken sorts naturlig ventilation man använder sig av.

7.2.10 Kostnadsjämförelse

Om man skulle vilja beräkna en eventuell energikostnad för att driva ett hus av denna kaliber under ett år, kan man i MIT Design Advisor även göra en kostnadsuppskattning. Men eftersom det är väldigt svårt att få tag i de korrekta energikostnader i Egypten samt att energipriserna är subventionerade har vi använt oss av energipriserna från rapporten *”Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean – Market Analysis and Capacity Assessment-Egypt”* publicerad av Prof. Ahmed Abdin och Dr Khaled Elfarra maj 2006. I rapporten motsvarar kostnaden för 1 kWh = 0,016 USD eller 0,11 SEK.

Huset vi använt oss av i beräkningarna har en total bostadsarea på 440 m², och i figur 44 kan man läsa av vad driftkostnaden för huset blir per kvadratmeter under första året.

Life Cycle Figures: Cost of Energy and CO2 Emissions



Figur 44. Energiförbrukning i USD/m² för huset i scenario 1 – 4.

Dyrast i drift för huset blir det med en mekanisk ventilationskylning som leder till en ungefärlig kostnad av 264USD (440 x 0,6) som ger en ungefärlig kostnad av 1850 SEK. Man kan sammanfatta det som att en familj som

använder sig av en mekanisk ventilation har en mycket större utgift på nedkylning till skillnad från en familj som använder sig av en välfungerande naturlig ventilation. Förmodligen uppfattas inte en årskostnad på 1850 SEK som en relativt hög utgift men eftersom vi fått förklarat för oss att den genomsnittliga egyptiern tjänar ungefär mellan 1000-1500 EGP (1180 - 1780SEK) i månaden förstår ni att det är drygt lite mer än en hel månadslön som försvinner på kylning av bostaden.

8 Designprogram som används i Egypten

Två program värda att nämna som ger flertalet rekommendationer för hur man ska bygga i varma torra klimat är; ”Climate Consultant 5” och ”Mahoney table”. Dessa program är flitigt använda av Egyptiska studenter och arkitekter. Detta i ett tidigt projekteringsskede eftersom programmen endast i stora drag ger enkla och klimatbaserade designlösningar. Tillgång till Climate Consultant 5 och Mahoney Table har vi fått av vår handledare och kontakt i Kairo, Prof. Ahmed Abdin och hans assistenter.

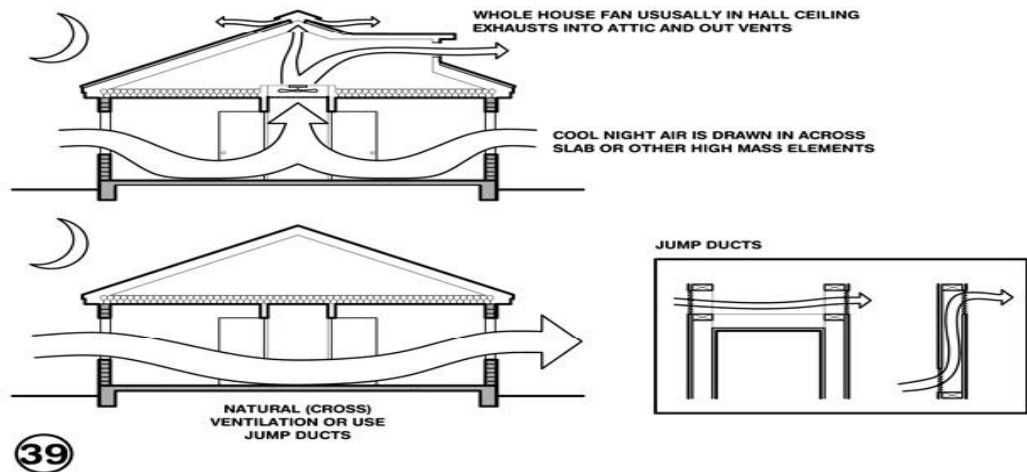
8.1 Climate consultant 5

Climate consultant 5 är ett enkelt program där man väljer en klimatdata för aktuell region. Därefter kan man själv bestämma komfortzonen vanligtvis med en lufttemperatur mellan 24-29 °C och en relativ fuktighet mellan 30-70 %. Regionen vi använt oss av i vår rapport är baserat på en EPW-fil gällande ”Cairo Intl Airport, Al Qahirah, Egypt”. EPW fil står för Energy Plus Weather innehållande klimatdata från olika väderstationer. Indatan vi använt oss av kommer från väder stationen ”ETMY 623660 WMO”. Väderstationen är belägen på latituden 30.13° Norr, longituden 31.14° Öst och höjden 74m över havet. All information och bilder i följande avsnitt är baserat på rekommendationer från Climate Consultant 5.

8.1.1 Generella rekommendationer

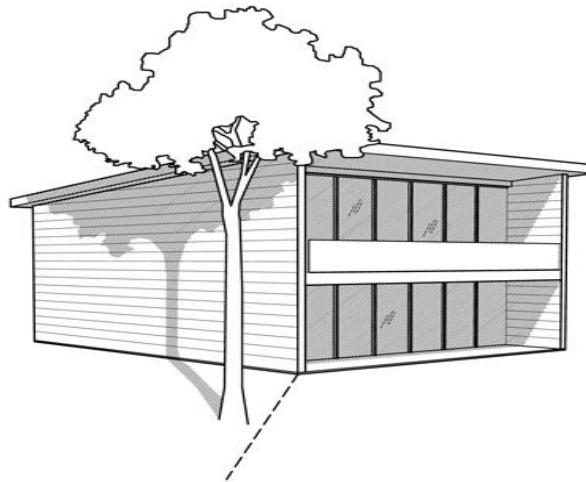
Climate Consultant 5 ger väldigt många rekommendationer för hur man ska planera en byggnad. Vi har valt att ange de fem viktigaste åtgärderna ur energisynpunkt:

- Med väl etablerade fläktar genom hela huset och utnyttjandet av naturlig ventilation och andra passiva klimatiseringsmetoder gör att man kan ta del av den nattliga kylan och därefter i samband med tunga konstruktioner kan man minska eller helt ta bort behovet av luftkonditionering.



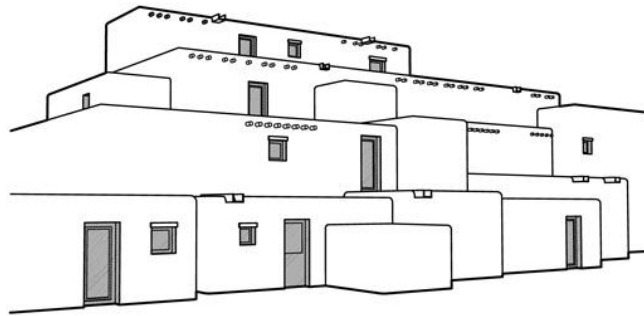
A whole-house fan or natural ventilation can store nighttime 'coolth' in high mass interior surfaces, thus reducing or eliminatng air conditioning

- Genom att minimera eller helt försumma fönster på den västliggande fasaden leder detta i sin tur till en minskad värmetillförsel under sommar- och höst eftermiddagar.



Minimize or eliminate west facing glazing to reduce summer and fall afternoon heat gain

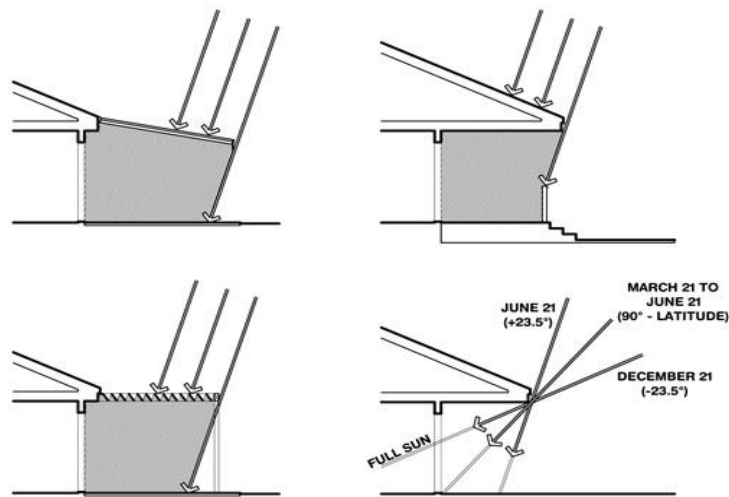
- I varma och torra klimat som det är i Egypten, rekommenderas det att man bygger på ett traditionellt vis genom att använda sig av tunga konstruktioner med små väl skuggade öppningar som manuellt kan justeras för att man ska kunna ta del av nattens kylande effekt.



61

Traditional homes in hot dry climates used high mass construction with small well shaded openings operable for night ventilation to cool the mass

- Det rekommenderas att man bör konstruera fönster med ett överhäng eller justerbara solskydd som kan dras ut för en kylande skuggning på sommaren och som kan dras in för att ge tillgång till solljus och värmeförsel under vintertid. Denna konstruktion kan i sin tur leda till ett minskat behov eller eliminering av luftkonditionering.



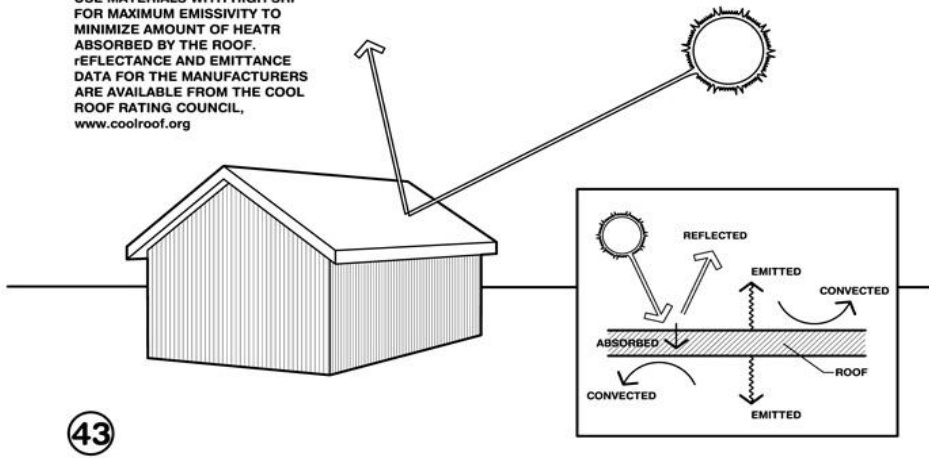
37

Window overhangs (designed for this latitude) or operable sunshades (extend in summer, retract in winter) can reduce or eliminate air conditioning

- Sista rekommendationen vi anser man bör ta hänsyn till är att man ska använda sig av ljusa byggnadsmaterial och då i synnerhet material med ett högt emissionstal och framförallt i takkonstruktionen för att minimera värmeförsel.

SOLAR REFLECTANCE INDEX (SRI)

USE MATERIALS WITH HIGH SRI FOR MAXIMUM EMISSIVITY TO MINIMIZE AMOUNT OF HEAT ABSORBED BY THE ROOF. REFLECTANCE AND EMISSANCE DATA FOR THE MANUFACTURERS ARE AVAILABLE FROM THE COOL ROOF RATING COUNCIL, www.coolroof.org



Use light colored building materials and cool roofs (with high emissivity) to minimize conducted heat gain

8.2 Mahoney table

Mahoney table är inte ett program av samma struktur som Climate Consultant 5, utan det är endast en Excel-fil där man för in data över ett specifikt område och därefter får man specifika rekommendationer över vad konstruktören bör tänka på i ett tidigt projekteringsskede.

Indata som vi använde oss av i Mahoney filen gäller specifikt för Giza, Kairo. Värden man själv för in i Excel-filen täcker faktorer som:

- Temperatur
- Relativ fuktighet
- Regn
- Vind

Efter att ha fört in dessa indata ger Excel-filen användaren även tillgång till de rekommendationer som anses nödvändiga för regionen.

Mahoney Table och dess resultat finner ni i bilaga 6.

8.3 Slutsatser och sammanfattning efter jämförelse

Efter att kritiskt utvärderat de generella rekommendationerna från Climate consultant 5 och Mahoney Table kan man konstatera att man bör ta hänsyn till följande vid en simulering av ett lågenergihus i Kairo:

- Man bör använda sig av tyngre konstruktioner med hög termisk massa i ytter- och innerväggar samt tak.
- Den tidigare nämnda konstruktionslösningen i samband med en väl fungerande naturlig ventilation och justerbara små öppningar i fönster och dörrar kommer leda till ett behagligare inomhusklimat.
- Man bör installera en välfungerande naturlig ventilation för att i längden kommer privatpersonen tjäna på att slippa onödiga utgifter och kostnader för en luftkonditioneringsmaskin.
- Vid möjlighet ska man använda sig av antingen ett justerbart yttre solskydd eller bygga in fönstren i väggarna på ett djup som leder till minskad solinstrålning.
- Om möjligheten finns bör man designa tomtens och byggnadens layout med en gårdsplan.

Slutsatserna man kan dra av dessa punkter är att ifall man beslutar sig för att bygga efter dessa rekommendationer kommer man efter projektets färdigställande erhålla ett hus med en låg energianvändning. Dessutom

kommer man uppnå samma komfortzoner likt ett hus som använder sig av luftkonditionering, nackdelen kan dock bli att man inte alltid har samma luftkvalitet i huset med den naturliga ventilationen som i det huset med en kontrollerad luftkonditionering.

För att ett lågenergihus i Kairo ska sluta som ett lyckat projekt är det av högsta vikt att man har full förståelse för att de viktigaste faktorerna man måste uppfylla är välfungerande naturlig ventilation, en tung stomme och en effektiv solavskärmning.

8.3.1 Den naturliga ventilationen

Den naturliga ventilationen som uppnås när en vindfångare fångar upp den fördelaktigaste vind som innehar en högre hastighet och en lägre temperatur än omgivningen är förmodligen den viktigaste funktionen för att skapa ett inomhusklimat med en god komfort. Vindfångaren i samband med gårdsplan som använder sig av en fontän till att återfukta ventilationsvinden gör likaså att man erhåller en luftkvalitet som upplevs behaglig och kylande. Finns inte möjligheten att använda sig av en gårdsplan finns alltid möjligheten att återfukta luften i vindfångaren genom fuktade dukar eller vattenfyllda tunnor som avger fukt som placeras i vindfångaren.⁶⁴

8.3.2 Tung stomme

Temperaturvariationerna mellan inomhusklimatet och utomhusklimatet kan begränsas genom att man använder sig av en tung stomme och högt takhöjd istället för att använda sig av en lätt stomme med låg takhöjd. Detta eftersom den tunga stommens värmekapacitet gör att det tar längre tid för värme utifrån att tränga sig in i byggnaden och komma i kontakt med de inre ytorna. Dessutom kan en värmelagring ske under dagen som kan bidra till en ökad komfort under nattetid då temperaturskillnaderna mellan dag och natt är stora i områden med ett torrt och varmt klimat.

8.3.3 Solavskärmning

Solavskärmning är en effektiv metod för att undvika en övertemperatur inomhus framförallt under sommar- och hösttider. Solavskärmningen är dessutom en bidragande faktor till att husets passiva kylning ska vara effektiv. För att man ska erhålla en väl fungerande solavskärmning är det flera faktorer som spelar in, detta är något som man klart och tydligt kan se på bilderna i kap 8.1.1 och avläsa ur resultatet man får av Mahoney table i bilaga 6. För att en solavskärmning ska vara effektiv måste man ta hänsyn till orientering på huset, fönsterorientering samt fönsterstorlek.

⁶⁴ Efter samtal med Prof. Ahmed Abdin

I kapitel 8.1.1 kan man se att det rekommenderas att man helt avstår från att placera fönster på den västerliggande fasaden och i bilaga 6 får man rekommendationen att storleken på öppningar och framförallt på fönster bör vara små och hållas inom ramen av någonstans mellan 10 – 40 % av den totala väggarean. Dock är det en självklarhet att fönster kommer att installeras för att tillåta ett visst ljusinsläpp, detta för att man ska kunna uppleva en känsla av behaglighet som inte kan uppnås utan tillgång till fönster. Därav är det av största vikt att dessa fönster får en väl fungerande solavskärmning antingen genom en fast solavskärmning eller justerbar solavskärmning. Fast solavskärmning kan utföras på flera sätt, exempelvis installeras fönstret på ett visst djup som leder till en minskad solinsyn. Man kan även skapa solavskärmning genom att placera balkonger och andra utstick som förhindrar en direkt kontakt mellan sol och fönster för exempel se foto 20.



Foto 20. En fast solavskärmning på en fasad.

En justerbar solavskärmning kan både placeras invändigt och utvändigt av ett fönster. Invändiga persienner och gardiner likt de vi använder oss av i Sverige är väldigt vanliga, men i Egypten är de effektivaste justerbara eller rörliga solavskärmningarna de utvändiga solskydd, exempelvis i form av markiser. Detta eftersom markiserna kan fällas ner eller dras för under sommartid för att minska värmeflödet, och dras tillbaka under vintertid för att bidra till en ökad värmeflödet. Dessutom är det bättre att hindra solens värmeflödet på utsidan istället för på insidan då det blir svårare och tar längre tid för värmen att tränga sig igenom först solavskärmningen sen fönsterglas, istället för att solen ligger rakt på fönstret och därigenom den invändiga solavskärmningen och värmer upp denna så den avger värme.

9 Diskussion

Resultaten från mätningarna i det traditionella och det moderna huset visar att temperaturen ligger strax under nivån för komfortzonen i Egypten. Komfortzonen som rekommenderas av HBRC är 24-29 °C detta betyder att de båda husen inte uppnår den temperatur som rekommenderas av HBRC. Vi anser trots att man inte uppnår den rekommenderade temperaturen är inneklimatet i husen ändå behagligt. I Sverige är det vanligt med inomhustemperatur mellan 20-24 °C och därför tycker vi att den lägsta rekommenderade temperaturen är för högt uppsatt. Vi anser att trots det lägre resultatet går det att uppnå ett behagligt klimat med hjälp av passiva tekniker. Dock måste vi påpeka att eftersom mätningarna utfördes under senvintern i Egypten krävs det ytterligare mätningar under vintern då utomhus-temperaturen är som lägst. Eftersom komfortzonen är begränsad till högst 29 °C krävs det även mätningar under sommaren då det är som varmast.

Av mättningsresultaten i det traditionella huset är solavskärmningen, vindfångaren och skydomens inverkan på rumstemperaturen det mest intressanta. Rummet med stora fönsterytor mot söder släpper in dagsljus men samtidigt avskärmar direkt solinstrålning. Vår tolkning av resultatet är att de passiva tekniker som används i det södra rummet har en temperatursänkande effekt på inomhustemperaturen. Denna effekt är inte så stor just under vintern eftersom vindfångaren är optimerad för sommaren då det kommer relativt kalla vindar från norr.

De energiberäkningar som vi har utfört för det moderna lågenergihuset visar att då klimatskalet ska värmeisoleras är det mest energieffektivt med en utvändig värmeisolering i ytterväggarna. Transmissionsförlusten minskar med följden av att lägre värmeförsörjning behövs. Med utvändig värmeisolering i ytterväggarna sänker man värmeförsörjningen med 21.6 kWh/m² per år vilket vi anser är ett bra resultat. Därför tycker vi att värmeisolera ytterväggarna kan vara värt att överväga då man bygger lågenergihus i varma klimat. Men eftersom arbetet inte behandlar kostnaden för en sådan åtgärd kan det vara av intresse för byggherren att göra en kostnadskalkyl där inköp- och monteringskostnaden för värmeisoleringen tas med i kalkylen. Ytterligare studier kan behandla den ekonomiska lönsamheten av att bygga lågenergihus i Egypten.

Källförteckning

Elektroniska källor

AE International – Africa & the Middle East (2003), *Atmospheric turbidity over Egypt*
<http://www.smaq-life.org/files/techwatch/Air_Quality_Monitoring/Atmospheric_turbidity_over_Egypt.pdf>, 2011-04-13

AK-konsult Indoor Air AB (2008), *AKtuellt nyhetsbrev*
<http://www.akkonsult.com/files/aktuellt__mars_2008.pdf>, 2011-04-28

A. S. ZAKY (2006), *Seasonal and spatial variation of atmospheric particulate matter in a developing megacity, the Greater Cairo, Egypt*
<<http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v21n2/v21n2a4.pdf>>, 2011-04-15

Dr. Hafez A. El-Salmawy, *Egyptian Power Sector Reform and New Electricity Law*
<<http://www.ecrc.org.eg/uploads/documents/Dr.Hafez%20El-Salmawy%20-%20EgyptEra.pdf>>, 2011-04-20

El-Asrag A. M, Sayed M. A, El-Reheem M. Abd & Awad A (2000), *Feasibility of clean energy from wind over Egypt*,
<http://www.virtualacademia.com/pdf/clea124_133.pdf >, 2011-04-05

Energy Sector Management Assistance Programme (2009), *Tapping a Hidden Resource Energy Efficiency in the Middle East and North Africa*
<http://www.med-enec.com/sites/default/files/user_files/downloads/WB%20EE%20Report%20MENA_Feb2009.pdf>, 2011-04-20

Eon (2011), *Jämför din förbrukning*.
<<http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=47760&epslanguage=SV>>, 2011-05-03

Fathy Hassan , *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*.
<<http://unu.edu/unupress/unupbooks/80a01e/80A01E00.htm>>, 2011-04-03

Huang Joe, Deringer Joe, Moncef Krarti, Masud Jamil, (2003), *The Development of Residential and Commercial Building Energy Standards for Egypt* <<http://gundog.lbl.gov/dirpubs/55521.pdf>>, 2011-04-13

- International Energy Agency (2010), *Key World Energy STATISTICS*
 <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf>, 2011-04-11
- Larsson Mattias, (2010), *Fritidsväder*
 <http://www.vaderbitarna.se/Faq/Vaderfragan_atmosf_fysik2.htm>, 2011-05-03
- Prof. Ahmed Abdin, Dr Khaled Elfarrar (2006), *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean*
 <http://www.med-enec.com/sites/default/files/user_files/downloads/Market%20Study%20and%20Capacity%20Assessment%20-%20Egypt.pdf>, 2011-04-24
- Shady Attia, André De Herde (2010), *Impact and potential of community scale low-energy retrofit: Case study in Cairo*
 <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB14101.pdf> >, 2011-05-05
- Shady Attia (2010), *zero energy retrofit: case study of a chalet in in Ain-Sukhina, Egypt*, <<http://www.ases.org/papers/019.pdf>>, 2011-05-05
- Solar Energy (2009), *What is the thermosyphon phenomenon*
 <<http://www.gstriatum.com/solarenergy/2009/02/what-is-the-thermosyphon-phenomenon/>>, 2011-05-03
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2005), *Globala klimatsystemet*,
 <http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/jordens_klimat/jordens_klimat.htm>, 2011-04-03
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2009), *Kunskapsbanken*
 <<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatforandringar-1.7206>>, 2011-04-03
- The Arab Republic of Egypt (2010), *Power Sector Brief – 2010*
 <http://www.med-enec.com/sites/default/files/user_files/downloads/ENERGY%20mpa%20ENG%20Power%20Sector%20Emer.pdf>, 2011-04-20
- Wikipedia (2011), *Air conditioning*
 <http://en.wikipedia.org/wiki/Air_conditioning>, 2011-04-05
- Wikipedia (2011), *Luftkonditionering*

<<http://sv.wikipedia.org/wiki/Luftkonditionering>>, 2011-04-05

Wikipedia (2011), Solinstrålning

<<http://sv.wikipedia.org/wiki/Solinstr%C3%A5lning>>, 2011-04-06

World Health Organization (2007), *Egypt: Wind Speed Hazard Distribution Map*

<http://www.emro.who.int/eha/pdf/egy_windspeed_5.pdf>, 2011-04-10

Worldtravels (2011), *Cairo Climate and Weather*

<<http://www.wordtravels.com/Cities/Egypt/Cairo/Climate>>, 2011-04-10

WSP (2003), *bilaga 7 – Ordlista*

<http://www.belok.se/docs/dagsljus/Bilaga7_Ordlista_ljus.pdf>, 2011-05-02

Tryckta källor

Air Defense House, 2009. *National Consultation Egypt Policies for Energy Efficiency in Buildings in Egypt Energy efficiency codes in the policy mix*. Cairo

Burström P G, 2007. *Byggnadsmaterial – uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Danmark

Elawa S, 1981. *Housing design in extreme hot arid zones with special reference to thermal performance*. Lund

Ficarelli L, 2009. *The Domestic Architecture in Egypt between Past and Present: The Passive Cooling in Traditional Construction*. Bari, Italy

Naciri N, 2007. *Sustainable features of the vernacular architecture: A Case Study of Climatic Controls in the Hot-Arid regions of the Middle Eastern and North African Regions*. Marocko

Vale B & R, 1991. *GREEN ARCHITECTURE – Design for a sustainable future*. Thames and Hudson Ltd, London

Övriga referenser

Privata föreläsningar med

Abdin Ahmed, Professor i hållbartbyggande, University of Cairo.

Programvara

Massachusetts Institute of Technology (2009), MIT Design advisor 1.1

Strusoft, Structural Design Software in Europe AB (2006) VIP Energy

University of California (2010), Climate consultant 5.0

Bilaga 1 – kravtabeller

Table 3.1

Building Envelope

Unconditioned Buildings in Cairo

Part A: Requirements

CDD 25 = 297

HDD18.5 = 36

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Orientation		External Surface Absorptivity	Required Min R values of Insulation for external walls and roofs (m ² C/W)					Max SHGC Values for Fenestration				or				Min. SGR Values For Shading Devices													
			R-value of assembly only					WWR				SHGC				SGR													
			Min. R-value of assembly & Insulation					≤10%				10-~20%				20-~30%				≥30%									
				0.4		0.6		0.8																					
				Min. R-value of Insulation																									
Roof		0.70		2.70		2.30		2.10		1.90																			
Walls	N	0.38		0.55		0.15		NR		NR																			
		0.50		0.59		0.19		NR		NR																			
		0.70		0.67		0.27		NR		NR		NR		NR		0.71		0.67		NR		NR		60%		70%			
	NE/NW	0.38		0.74		0.34		0.14		NR																			
		0.50		0.85		0.45		0.25		NR																			
		0.70		1.03		0.63		0.43		0.23		0.65		0.5		0.45		0.35		60%		80%		90%		90%			
	EW	0.38		0.92		0.52		0.32		0.12																			
		0.50		1.08		0.68		0.48		0.28																			
		0.70		1.35		0.95		0.75		0.55		0.5		0.4		0.35		0.27		70%		80%		90%		90%			
	SE/SW	0.38		0.82		0.42		0.22		NR																			
		0.50		0.95		0.55		0.35		0.15																			
		0.70		1.17		0.77		0.57		0.37		0.5		0.4		0.35		0.27		60%		80%		90%		90%			
S	0.38		0.67		0.27		0.07		NR																				
	0.50		0.75		0.35		0.15		NR																				
	0.70		0.89		0.49		0.29		NR		0.71		0.64		0.55		0.5		60%		70%		90%		90%				

R values for Building materials are indicated in Appendix (B)

(a) R Values for typical Roof construction are equivalent to:

R value 0.3 equivalent to 12 cm Concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

R value 0.4 equivalent to 12 cm Concrete, 8 cm of slope concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

R value 0.6 equivalent to 30 cm Hollow Blocks 8 cm of slope concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

(b) R Values for typical Wall construction are equivalent to:

R value 0.4 equivalent to 12 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

R value 0.6 equivalent to 25 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

R value 0.8 equivalent to 38 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

(c) R value for typical insulation material without R_{ai} & R_{so} are equivalent to:

R value 0.59 = 2 cm expanded polystyrene insulation

R value 1.18 = 3 cm expanded polystyrene insulation

R value 1.75 = 6 cm expanded polystyrene insulation

R value 2.35 = 8 cm expanded polystyrene insulation

if insulation is placed to the inside the wall the R value is reduced by 30%

R value of 100 mm non vented Cavities in the wall is considered 0.16 m².°C/W

Out door surface Thermal resistance = 0.04 m².°C/W

In door surface Thermal resistance = 0.123 m².°C/W

Fenestration Requirements: Compliance is achieved if one of the following are met for all applicable orientation:

(a) Maximum SHGC (In columns 8-11), or

(b) Minimum SGR (in columns 12-15), or

(c) An adjusted SHGC reduced by applying the SGR factor as indicated in part (B) to the SHGC of the glazing to achieve an SHGC less than the required maximum

Windows with shutters have no requirement for either SHGC or SGR.

* if WWR exceeds 30% SGR must be not less than 0.9

* for exposed glass windows should meet the min SHGC

* shaded windows should meet the min SGR in 21 Sept.

If not, the glazing shall meet the SHGC requirement.

These SHGC values are calculated including window frames

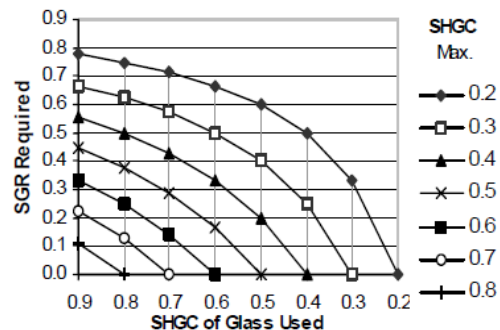
0.27 = reflective single glazing CLR 20%

0.75 = Clear single glazing

SGR = percentage of glazing surface shaded from 9 am to 5 pm on 21 September.

Part B: SGR Values and adjusted SHGC Values

SHGC Max Allowed	SHGC of Glazing Used							
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
0.2	0.78	0.75	0.71	0.67	0.60	0.50	0.33	0.00
0.3	0.67	0.63	0.57	0.50	0.40	0.25	0.00	
0.4	0.56	0.50	0.43	0.33	0.20	0.00		
0.5	0.44	0.38	0.29	0.17	0.00			
0.6	0.33	0.25	0.14	0.00				
0.7	0.22	0.13	0.00					
0.8	0.11	0.00						



Figur 8. Kravtabell för icke luftkonditionerade bostadshus i Kairo⁶⁵

⁶⁵ Huang Joe, Deringer Joe, Moncef Krarti, Masud Jamil, (2003), *The Development of Residential and Commercial Building Energy Standards for Egypt*, <http://gundog.lbl.gov>, 2011-04-13

Table 3.2

Building Envelope

Conditioned Buildings in Cairo

Part A : requirements

CDD 25 = 297

HDD18.5 = 364

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Orientation		External Surface Absorptivity		Required Min R values of Insulation for external walls and roofs ($m^2 \cdot C/W$)						Max SHGC Values for Fenestration						or Min. SGR Values for Shading Devices													
				Min R-value of assembly		R-value of assembly only				WWR																			
						0.4	0.6	0.8	$\leq 10\%$		10-20%		20-30%		$\geq 30\%$		$\leq 10\%$		10-20%		20-30%		$\geq 30\%$						
		Min. R-value of Insulation						SHGC						SGR															
Roof		0.7		2.7		2.3		2.1		1.9																			
Walls	N	0.38		0.70		0.30		NR		NR		NR		NR		0.71		0.67		NR		NR		60%		70%			
		0.5		0.74		0.34		0.14		NR		NR		NR		0.71		0.67		NR		NR		60%		70%			
		0.7		0.82		0.42		0.22		NR		NR		NR		0.71		0.67		NR		NR		60%		70%			
	NE/NW	0.38		0.89		0.49		0.29		NR		0.65		0.5		0.45		0.35		60%		80%		90%		90%			
		0.5		1.00		0.60		0.40		0.20		0.65		0.5		0.45		0.35		60%		80%		90%		90%			
		0.7		1.18		0.78		0.58		0.38		0.65		0.5		0.45		0.35		60%		80%		90%		90%			
	E/W	0.38		1.07		0.67		0.47		0.27		0.5		0.4		0.35		0.27		70%		80%		90%		90%			
		0.5		1.23		0.83		0.63		0.43		0.5		0.4		0.35		0.27		70%		80%		90%		90%			
		0.7		1.50		1.10		0.90		0.70		0.5		0.4		0.35		0.27		70%		80%		90%		90%			
	SE/SW	0.38		0.97		0.57		0.37		0.17		0.5		0.4		0.35		0.27		60%		80%		90%		90%			
		0.5		1.10		0.70		0.50		0.30		0.5		0.4		0.35		0.27		60%		80%		90%		90%			
		0.7		1.32		0.92		0.72		0.52		0.5		0.4		0.35		0.27		60%		80%		90%		90%			
S	0.38		0.82		0.42		0.22		0.02		0.71		0.64		0.55		0.5		60%		70%		90%		90%				
	0.5		0.90		0.50		0.30		NR		0.71		0.64		0.55		0.5		60%		70%		90%		90%				
	0.7		1.04		0.64		0.44		0.24		0.71		0.64		0.55		0.5		60%		70%		90%		90%				

R values for Building materials are indicated in Appendix (B)

(a) R Values for typical Roof construction are equivalent to:

R value 0.3 equivalent to 12 cm Concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

R value 0.4 equivalent to 12 cm Concrete, 8 cm of slope concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

R value 0.6 equivalent to 30 cm Hollow Blocks 8 cm of slope concrete, 6cm of sand, 2 cm of mortar, 2 cm of tiles

(b) R Values for typical Wall construction are equivalent to:

R value 0.4 equivalent to 12 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

R value 0.6 equivalent to 25 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

R value 0.8 equivalent to 38 cm clay brick 2cm of Plaster on both sides

(c) R value for typical insulation material without R_{si} & R_{se} are equivalent to:

R value 0.59 = 2 cm expanded polystyrene insulation

R value 1.18 = 3 cm expanded polystyrene insulation

R value 1.75 = 6 cm expanded polystyrene insulation

R value 2.35 = 8 cm expanded polystyrene insulation

if insulation is placed to the inside the wall the R value is reduced by 30%

R value of 100 mm non vented Cavities in the wall is considered $0.16 m^2 \cdot C/W$

Out door surface Thermal resistance = $0.04 m^2 \cdot C/W$

In door surface Thermal resistance = $0.123 m^2 \cdot C/W$

Fanstration Requirements: Compliance is achieved if one of the following are met for all applicable orientation:

- (a) Maximnm SHGC (In columns 8-11), or
- (b) Minimum SGR (in columns 12-15), or
- (c) An adjusted SHGC reduced by applying the SGR factor as indicaed in part (B) to the SHGC of the glassing to achieve an SHGC less than the required maximum

Windows with shutters have no requirement for either SHGC or SGR.

- * if WWR exceeds 30% SGR must be not less than 0.9
- * for exposed glass windows should meet the min SHGF
- * shaded windows should meet the min SGR in 21 Sept.

If not, the glazing shall meet the SHGC requirement. These SHGC values are calculated including window frames

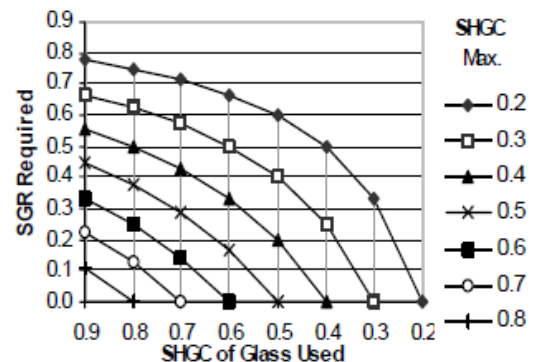
0.27 = reflective single glazing CLR 20%

0.75 = Clear single glazing

SGR = percentage of glazing surface shaded from 9 am to 5 pm on 21 September.

Part B: SGR Values and adjusted SHGC Values

SHGC Max Allowed	SHGC of Glazing Used							
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
0.2	0.78	0.75	0.71	0.67	0.60	0.50	0.33	0.00
0.3	0.67	0.63	0.57	0.50	0.40	0.25	0.00	
0.4	0.56	0.50	0.43	0.33	0.20	0.00		
0.5	0.44	0.38	0.29	0.17	0.00			
0.6	0.33	0.25	0.14	0.00				
0.7	0.22	0.13	0.00					
0.8	0.11	0.00						



Figur 9. Kravtabell för luftkonditionerade bostadshus i Kairo⁶⁶

⁶⁶ Huang Joe, Deringer Joe, Moncef Krarti, Masud Jamil, (2003), *The Development of Residential and Commercial Building Energy Standards for Egypt*, <http://gundog.lbl.gov>, 2011-04-13

Bilaga 3 - Indata MIT Design Advisor 1.1

Indata scenario 1

Setup Information:

Building

Location Egypt – Cairo

Building length, side A 17 m

Building length, side B 12 m

Simulation Type

Simulation Type four_sided_unmixed

Window Description

Typology sgu_nb

Glazing Type Clear

Window Area 30%

Wall Description

Insulation R-Value 1 m²-K/W

Occupancy

Type Low-rise Residential

Occupancy Load 0.025 people per m²

Lighting Requirements 500 lux

Equipment Load 5.00 W/m²

Room Ventilation

Air Change Rate per Occupant 5.0 liters / sec per person

Total Air Change Rate 0.2 roomfuls per hour

Lighting Control

Lighting Control lights respond to sunlight: all lights controlled by a single dimming switch

Representative Room

Orientation East

Room Depth 4 m

Room Width 4 m

Room Height 3 m

Thermal Mass

Thermal Mass High

Overhang

Overhang Depth 0 m

Roof

Roof Type	bitumen roof
Roof Insulation R-Value	1 m ² -K/W
Roof Insulation Location	top of roof slab
Number of Floors	4 floor(s)

Indata scenario 2**Setup information:****Building**

Location	Egypt – Cairo
Building length, side A	17 m
Building length, side B	12 m

Simulation Type

Simulation Type	four_sided_unmixed
-----------------	--------------------

Window Description

Typology	Dgu
Glazing Type	low-e
Window Area	30%

Blind Parameters

Blind Width	25 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	75 degrees
Blind Color	White Plastic
Blind Emissivity	0.77
Blind Absorptivity	0.38

Wall Description

Insulation R-Value	2 m ² -K/W
--------------------	-----------------------

Occupancy

Type	Low-rise Residential
Occupancy Load	0.025 people per m ²
Lighting Requirements	500 lux

Equipment Load 5.00 W/m²

Room Ventilation

Air Change Rate per Occupant 5.0 liters / sec per person

Total Air Change Rate 0.2 roomfuls per hour

Lighting Control

Lighting Control lights respond to sunlight: all lights controlled by a single dimming switch

Representative Room

Orientation East

Room Depth 4 m

Room Width 4 m

Room Height 3 m

Thermal Mass

Thermal Mass High

Overhang

Overhang Depth 0 m

Roof

Roof Type bitumen roof

Roof Insulation R-Value 2 m²-K/W

Roof Insulation Location top of roof slab

Number of Floors 4 floor(s)

Indata Scenario 3

Setup information:

Building

Location Egypt – Cairo

Building length, side A 17 m

Building length, side B 12 m

Simulation Type

Simulation Type four_sided_unmixed

Window Description

Typology sgu_nb

Glazing Type Clear

Window Area 30%

Wall Description

Insulation R-Value 1 m²-K/W

Occupancy

Type Low-rise Residential

Occupancy Load 0.025 people per m²

Lighting Requirements 500 lux

Equipment Load 5.00 W/m²

Room Ventilation

Air Change Rate per Occupant 5.0 liters / sec per person

Total Air Change Rate 0.2 roomfuls per hour

Lighting Control

Lighting Control lights respond to sunlight: all lights controlled by a single dimming switch

Representative Room

Orientation East

Room Depth 4 m

Room Width 4 m

Room Height 3 m

Thermal Mass

Thermal Mass High

Overhang

Overhang Depth 0 m

Roof

Roof Type bitumen roof

Roof Insulation R-Value 1 m²-K/W

Roof Insulation Location top of roof slab

Number of Floors 4 floor(s)

Indata Scenario 4**Setup information:****Building**

Location Egypt – Cairo

Building length, side A 17 m

Building length, side B 12 m

Simulation Type

Simulation Type four_sided_unmixed

Window Description

Typology Dgu

Glazing Type low-e

Window Area 30%

Blind Parameters

Blind Width 25 mm

Blind Schedule (daytime) responds to temperature

Blind Schedule (nighttime) always open

Blind Angle when closed 75 degrees

Blind Color White Plastic

Blind Emissivity 0.77

Blind Absorptivity 0.38

Wall Description

Insulation R-Value 2 m²-K/W

Occupancy

Type Low-rise Residential

Occupancy Load 0.025 people per m²

Lighting Requirements 500 lux

Equipment Load 5.00 W/m²

Room Ventilation

Air Change Rate per Occupant 5.0 liters / sec per person

Total Air Change Rate 0.2 roomfuls per hour

Lighting Control

Lighting Control lights respond to sunlight: all lights controlled by a single dimming switch

Representative Room

Orientation East

Room Depth 4 m

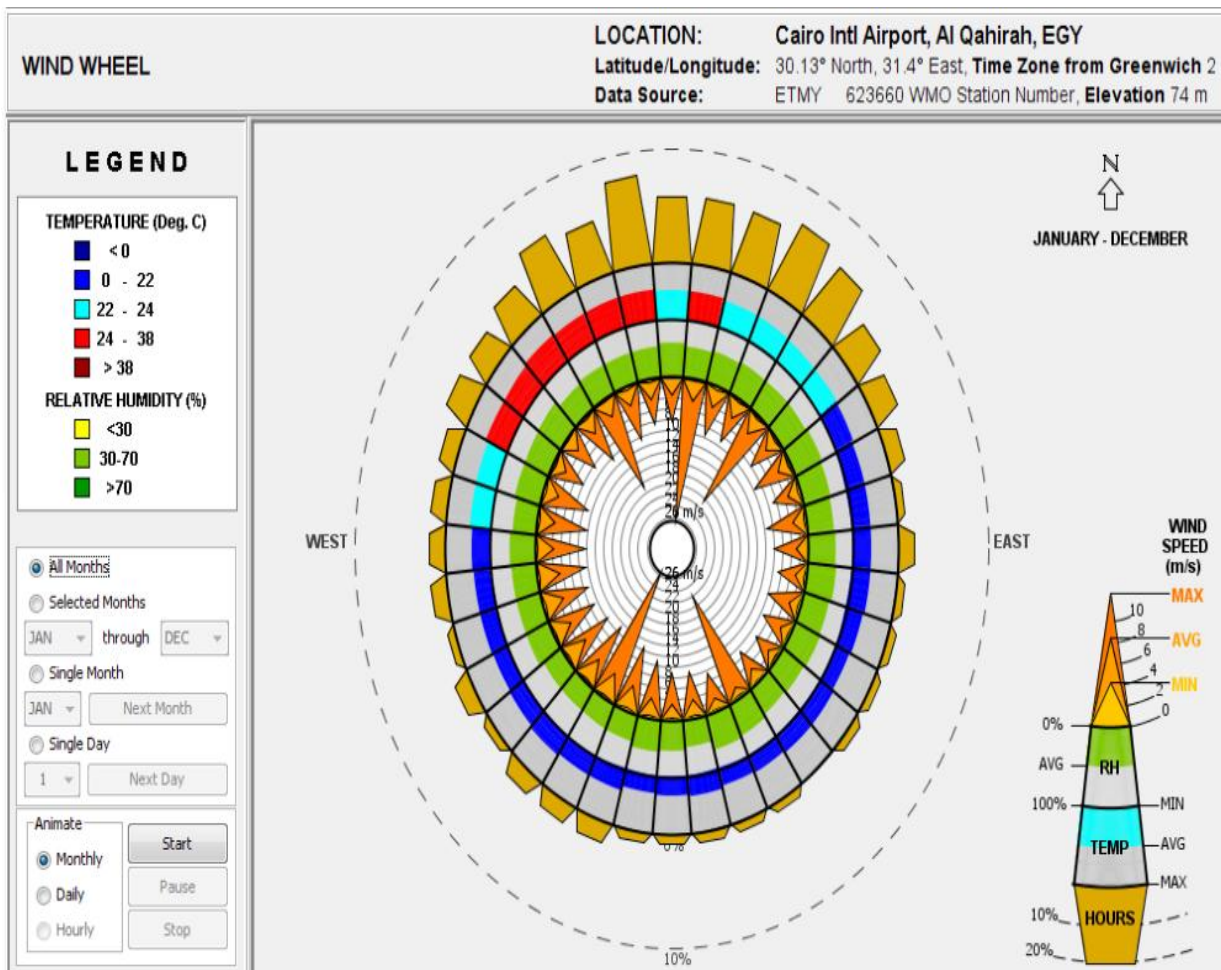
Room Width 4 m

Room Height 3 m

Thermal Mass

Thermal Mass	High
<i>Overhang</i>	
Overhang Depth	0 m
<i>Roof</i>	
Roof Type	bitumen roof
Roof Insulation R-Value	2 m ² -K/W
Roof Insulation Location	top of roof slab
Number of Floors	4 floor(s)

Bilaga 4 – Vindros från Climate Consultant 5.0



Bilaga 5 – Indata VIP Energy

INDATA

Allmänt

Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	10.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:0 SV:0 V:0 NV:0 N:0 NO:0 O:0 SO:0
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:0 N:0 NO:0 O:0 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	0
Ventilationsvolym	1188.0 [m³]
Golvarea	440.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand , dränerat grus.	1.4 [W/m*K]

Klimatdata

CAIRO-2008	Latitud	30.0	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	36.8	21.3	4.0	°C
Vindhastighet	9.6	3.8	0.2	m/s
Solstrålning global	999.9	244.8	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	82.6	58.3	17.8	%

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
Egypten	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	0.10	0.10	0.10	0.10

Aktuellt Hus

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m ² K	Delta- U-värde W/m ² K	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²
Yttervägg	Kalksandsten	0.030	0.930	1800	840	1.329	0.000	0.80
	A-Bruk	0.020	1.000	1800	800			
	Murtegel poröst	0.250	0.600	1500	840			
	Gipsskiva	0.025	0.220	900	1100			
Källarvägg	A-Bruk	0.020	1.000	1800	800	1.061	0.000	0.10
	Murtegel poröst	0.120	0.600	1500	840			
	Asfalt	0.004	0.180	1300	920			
	Murtegel poröst	0.250	0.600	1500	840			
	Gipsskiva	0.025	0.220	900	1100			

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m ² K	Delta- U-värde W/m ² K	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²
Tak	Betong Torr	0.020	0.800	2300	800	0.698	0.000	0.50
	Dränerad sand	0.070	1.400	1800	1000			
	Cellplast 36	0.030	0.036	25	1400			
	A-Bruk	0.030	1.000	1800	800			
	Asfalt	0.004	0.180	1300	920			
	Betong Torr	0.150	0.800	2300	800			
	Gipsskiva	0.025	0.220	900	1100			
Grund	Kalksandsten	0.020	0.930	1800	840	1.893	0.000	0.10
	A-Bruk	0.020	1.000	1800	800			
	Dränerad sand	0.080	1.400	1800	1000			
	A-Bruk	0.050	1.000	1800	800			
	Asfalt	0.004	0.180	1300	920			
	Betong Torr	0.150	0.800	2300	800			

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghelstyp	Orien- tering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
Vägg	Källarvägg	SÖDER	33.5m ²	-2.2	1.0		0	1.061 W/m ² K
Vägg	Källarvägg	VÄSTER	33.5m ²	-2.2	1.0		0	1.061 W/m ² K
Vägg	Källarvägg	NORR	33.5m ²	-2.2	1.0		0	1.061 W/m ² K
Vägg	Källarvägg	ÖSTER	33.5m ²	-2.1	1.0		0	1.061 W/m ² K
Vån 1-3	Yttervägg	SÖDER	100.5m ²	1.0	9.3		0	1.329 W/m ² K
Vån 1-3	Yttervägg	NORR	100.5m ²	1.0	9.3		0	1.329 W/m ² K
Vån 1-2	Yttervägg	VÄSTER	91.0m ²	1.0	6.4		0	1.329 W/m ² K
Vån 1-2	Yttervägg	ÖSTER	91.0m ²	1.0	6.4		0	1.329 W/m ² K
Vån 3	Yttervägg	ÖSTER	15.0m ²	6.4	9.3		0	1.329 W/m ² K
Vån 3	Yttervägg	VÄSTER	15.0m ²	6.4	9.3		0	1.329 W/m ² K
Grund	Grund	KG 0-6 m	190.9m ²	-2.7	-2.0		0	0.243 W/m ² K
Tak	Tak	TAK	190.9m ²	9.3	9.6		0	0.698 W/m ² K

Solskyddstyper

Benämning	Gränstemp. °C	Gränseffekt W/m ²	Reduktion av Total %	Reduktion av Direkt %	Vinkel Underkant	Vinkel Överkant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vindhastighet m/s
Solskydd indraget fö	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0	90.0	90.0	45.0	45.0	90.0	50.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdels typ	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägstnivå m	Högstnivå m	Otätthetsfaktor q50 l/s.m ²	Solskydd
fönster1	2-Glas fönster norr	NORR	12.8	80	62	50	1.80	2.0	8.0	0.80	Solskydd indraget fö
balkongdörr	balkongdörr	NORR	12.6	80	0	0	2.40	2.0	4.0	1.40	
ytterdörr	ytterdörr	NORR	4.3	0	0	0	1.80	1.0	3.5	1.00	
balkongdörr	balkongdörr	SÖDER	10.4	80	0	0	2.40	1.0	3.0	1.40	

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdels typ	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägstnivå m	Högstnivå m	Otätthetsfaktor q50 l/s.m ²	Solskydd
fönster1	2-Glas fönster	SÖDER	8.6	80	62	50	1.80	2.0	6.0	0.80	
fönster1	2-Glas fönster	ÖSTER	14.5	80	62	50	1.80	2.0	8.0	0.80	
WC fönster	WC-fönster	ÖSTER	1.1	80	62	50	2.50	2.0	8.0	0.80	
balkongdörr	balkongdörr	ÖSTER	8.4	80	0	0	2.40	-2.1	0.0	1.40	
fönster1	2-Glas fönster	VÄSTER	6.5	80	62	50	1.80	2.0	8.0	0.80	
ventilation sfönst	ventilation sfönster	VÄSTER	6.7	80	0	0	2.70	2.0	8.0	0.80	
ytterdörr	ytterdörr	VÄSTER	2.1	0	0	0	1.80	1.0	3.2	1.00	
fönster	takfönster	TAK	4.0	80	62	50	2.70	9.6	11.5	0.80	

Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m ²	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m ²	Fastighetsenergi rumsluft W/m ²	Fastighetsenergi extern W/m ²	Personvärme W/m ²	Tappvarmvatten W/m ²	Tappvarmvatten W/lgh	Högst rums-temp °C	Lägst rums-temp °C
lågenergihus	2.74	0.00	0.70	0.20	0.00	0.00	2.00	0.00	30.00	23.00

Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
lågenergihus	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Värme & kyla

Solfångare

Solfångararea	2.0	[m ²]
Absorptionsfaktor	0.930	[%]
Värmeförlustfaktor 1	0.0000	[W/m ² K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0000	[W/m ² K ²]
Södervinkel	0.0	Grader
Lutning	30.0	Grader
Akkumulatorvolym	0.1	[m ³]
Lägsta arbetstemperatur	0.0	[°C]
Högsta arbetstemperatur	100.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

Bilaga 6 – Mahoney Table

Location	Giza Kairo	
Longitude	°	
Latitude	°	
Altitude	m	

You have to fill out temperature, humidity and rainfall data for all months before you can make the evaluation!

Air temperature °C	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	High	AMT	(annual mean temp)
Monthly mean max.	20,2	21,7	24,4	28,7	32,7	34,8	35,8	35	32,4	30,6	26,2	21,6	35,8	28,2	
Monthly mean min.	6,1	6,6	8,7	11,7	15,6	18,6	20,5	20,5	18,4	16,1	12,2	8,1	20,5	####	
Monthly mean range	14,1	15,1	15,7	17	17,1	16,2	15,3	14,5	14	14,5	14	13,5	Low	AMR	(annual mean range)

Relative humidity %	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Monthly mean max am	80	78	72	70	66	67	67	66	69	73	77	80	1 <30% 2 30–50% 3 50–70% 4 >70%
Monthly mean min pm	43	38	34	28	25	29	30	35	40	38	43	46	
Average	61,5	58	53	49	45,5	48	48,5	50,5	54,5	55,5	60	63	
Humidity group	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	

Rain and wind	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Rainfall mm	3	4	2	1	2	0	0	0	0	4	3	6	25
Wind, prevailing	NW	NW	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N, NE, E, SE, S, SW, W, NW
Wind, secondary	N	N	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	

Diagnosis °C	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	AMT
Monthly mean max	20,2	21,7	24,4	28,7	32,7	34,8	35,8	35	32,4	30,6	26,2	21,6	28,2
Day comfort, upper	29	29	29	31	31	31	31	29	29	29	29	29	
Day comfort, lower	23	23	23	25	25	25	25	23	23	23	23	23	
Thermal stress, day	C	C	O	O	H	H	H	H	H	H	O	C	H = Hot O = Comfort C = Cold
Monthly mean min	6,1	6,6	8,7	11,7	15,6	18,6	20,5	20,5	18,4	16,1	12,2	8,1	
Night comfort, upper	23	23	23	24	24	24	24	23	23	23	23	23	
Night comfort, lower	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Thermal stress, night	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C	

Comfort limits	AMT >20°C				AMT 15–20°C				AMT <15°C				For AMT = 28,2			
	Day		Night		Day		Night		Day		Night		Day		Night	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
1	26	34	17	25	23	32	14	23	21	30	12	21	26	34	17	25
2	25	31	17	24	22	30	14	22	20	27	12	20	25	31	17	24
3	23	29	17	23	21	28	14	21	19	26	12	19	23	29	17	23
4	22	27	17	21	20	25	14	20	18	24	12	18	22	27	17	21

Meaning	Indicator	Thermal stress		Rainfall	Humidity group	Monthly mean range
		Day	Night			
Air movement essential	H1	H			4	
Air movement desirable	H2	O			2–3	<10°C
Rain protection necessary	H3			>200mm		
Thermal capacity necessary	A1				1–3	>10°C
Outdoor sleeping desirable	A2	H			1–2	
Protection from cold	A3	C				>10°C

Indicators	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
H1													0
H2													0
H3													0
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
A2						1	1						2
A3	1	1										1	3

You have to fill out temperature, humidity and rainfall data for all months before you can make the evaluation!

Indicator totals from data sheet					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	12	2	3

Giza Kairo

Layout

			0-10				Orientation north and south (long axis east-west)
			11-12		5-12		
					0-4		X

Spacing

11-12							Open spacing for breeze penetration
2-10							As above, but protection from hot and cold wind
0-1							X Compact layout of estates

Air movement

3-12							Rooms single banked, permanent provision for air movement
1-2			0-5				
			6-12				Rooms double banked, temporary provision for air movement
0	2-12						
	0-1						X No air movement requirement

Openings

			0-1		0		Large openings, 40-80%
			11-12		0-1		Very small openings, 10-20%
Any other conditions							X Medium openings, 20-40%

Walls

			0-2				Light walls, short time-lag
			3-12				X Heavy external and internal walls

Roofs

			0-5				Light, insulated roofs
			6-12				X Heavy roofs, over 8h time-lag

Outdoor sleeping

					2-12		X Space for outdoor sleeping required
--	--	--	--	--	------	--	---------------------------------------

Rain protection

		3-12					Protection from heavy rain necessary
--	--	------	--	--	--	--	--------------------------------------

Size of opening

			0-1		0		Large openings, 40-80%
						1-12	
			2-5				
			6-10				Small openings, 15-25%
			11-12		0-3		X Very small openings, 10-20%
						4-12	

Position of openings

3-12							In north and south walls at body height on windward side
1-2			0-5				
			6-12				
0	2-12						X As above, openings also in internal walls

Protection of openings

					0-2		Exclude direct sunlight
		2-12					Provide protection from rain

Walls and floors

			0-2				Light, low thermal capacity
			3-12				X Heavy, over 8h time-lag

Roofs

10-12			0-2				Light, reflective surface, cavity
0-9			3-12				Light, well insulated
			0-5				
			6-12				X Heavy, over 8h time-lag

External features

					1-12		X Space for outdoor sleeping
		1-12					Adequate rainwater drainage