



# CHALMERS

---



## **Energioptimering av Göteborgs Moské**

En studie om möjligheter till förbättring av byggnadens energiprestanda

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

EMMA KVARNEFORS  
SAMIR MAHMUDOV

---

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Byggnadsteknologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Examensarbete BOMX03-17-29  
Göteborg, Sverige 2017



# Energioptimering av Göteborgs Moské

En studie om möjligheter till förbättring av byggnadens energiprestanda

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

EMMA KVARNEFORS

SAMIR MAHMUDOV

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

Göteborg, 2017

Energioptimering av Göteborgs Moské  
En studie om möjligheter till förbättring av byggnadens energiprestanda  
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*  
*Byggingenjör*  
EMMA KVARNEFORS  
SAMIR MAHMUDOV

© EMMA KVARNEFORS, SAMIR MAHMUDOV, 2017

Examensarbete BOMX03-17-29 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:  
Göteborgs Moské, (Wikipedia, 2017).

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2017

Energioptimering av Göteborgs Moské

En studie om möjligheter till förbättring av byggnadens energiprestanda

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

EMMA KVARNEFORS

SAMIR MAHMUDOV

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Miljö och hållbar utveckling har länge varit ett av FN:s globala mål och så även i Sverige. Ett av huvudmålen är att bromsa temperaturökningen där växthusgaser med koldioxid i spetsen är ett stort problem. Fokus faller på energianvändning då det är förbränning av fossila medel som orsakar mest CO<sub>2</sub>-utsläpp.

Bostäder och lokaler står för en inte betydelselös del av energiåtgången. Kraven ökar, dock har Sverige fått kritik från EU angående otydligheter gällande beräkningar och bristen på rättsligt bindande krav. Detta är en bidragande orsak till att energiberäkningen som görs i projekteringsstadiet inte alltid stämmer överens med verkligheten. Verifieringskravet på energiförbrukning kom 2016.

Göteborgs Moské är relativt nybyggd, den stod klar 2011 och borde vara bra ur energisynpunkt. Energiberäkningen som gjordes inför byggnationen visar på bra energiprestanda. Dock ger fakturor från fjärrvärme och elförbrukning en annan bild. Syftet med rapporten är att undersöka orsakerna till den höga energiförbrukningen samt hitta alternativ som kan minska energianvändningen.

Med hjälp av material från moskéns arkiv samt mätning av temperaturen under två veckor har en ny utvärdering gjorts för att kunna jämföra resultatet med den tidigare beräkningen. Bland annat är tappvarmvattenanvändningen högre i verkligheten. I moskén är upphovet till detta den tvagningsritual som utförs före bön. Åtgärder för att minska vattenförbrukningen och värmeåtervinning från spillvatten kan vara en potentiell energibesparing. Tillägg i form av solfångare eller bergvärme kan på sikt också minska både kostnader och miljöpåverkan, men den initiala investeringskostnaden för denna typ av åtgärder är hög.

En energideklaration ska utföras senast två år efter att byggnaden tagits i bruk. Den skall bland annat innehålla förslag på optimeringsåtgärder. Av orsaker som inte är kända har ingen energideklaration gjorts. En energideklaration tillsammans med en underhållsplan för en korrekt fungerande och injusterad anläggning, bör vara moskéstyrelsens nästa två steg i arbetet för att komma till rätta med energiförbrukningen.

Nyckelord: Energiberäkning, moské

Energy optimization of the Gothenburg Grand Mosque

A study of the possibilities for improving the energy efficiency of the building

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering*

EMMA KVARNEFORS

SAMIR MAHMUDOV

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

Environment and sustainable development have long been among UN's global goals. One of the main goals is to stop global warming. The focus is on energy consumption since the main source of CO<sub>2</sub> emissions is predominantly fossil fuels.

Since residential and non-residential buildings stand for an essential part of the energy consumption, rules and regulations from the National Board of Housing (NBH) are being increasingly more stringent. Sweden has, albeit the NBH work, been criticized by EU for uncertainties regarding energy calculations and shortcomings in mandatory requirements. Requirements for efficiency verification were adopted by NBH in 2016, to tackle the discrepancy between predicted and measured energy consumption.

Gothenburg grand mosque was completed in 2011 and energy calculations made before the construction phase showed comparatively low consumption. But district heating and electricity invoices show that the energy consumption is higher than calculated and expected.

The purpose of this thesis is to investigate the reasons for the higher usage, as well as to find alternatives that can reduce the building's energy consumption. Using the materials from the archives of the mosque and measuring the temperature, a new energy evaluation has been made to compare the results.

One finding was high water usage, due to the ablution rite before each prayer. There are measures that can be taken to reduce the water consumption and a drain-water heat recovery system is a conceivable way to reduce the energy consumption in the mosque. Additional measures in the form of solar collectors or geothermal heat systems might in the long term reduce both costs and environmental impact, but the initial investment is quite high.

According to NBH an energy declaration is mandatory and shall also include proposals for energy optimization measures. For reasons unknown, such energy declaration for the mosque has not yet been made. This declaration in addition to the implementation of a maintenance plan to achieve an efficient and well balanced system, should be the next step for the board of the Mosque to address the high level of energy consumption.

Key words: Energy consumption, Mosque, Energy optimization

# Innehåll

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| SAMMANFATTNING                                              | I   |
| DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME                 | II  |
| ABSTRACT                                                    | II  |
| INNEHÅLL                                                    | III |
| FÖRORD                                                      | V   |
| BETECKNINGAR                                                | VI  |
| <br>                                                        |     |
| 1 INLEDNING                                                 | 1   |
| 1.1 Bakgrund                                                | 1   |
| 1.2 Syfte                                                   | 2   |
| 1.3 Avgränsningar                                           | 2   |
| 1.4 Metod                                                   | 2   |
| <br>                                                        |     |
| 2 MILJÖ OCH ENERGI                                          | 3   |
| 2.1 Energianvändningen och byggsektorn                      | 3   |
| 2.2 Boverkets krav                                          | 4   |
| 2.2.1 BBR 2008, Energihushållning                           | 4   |
| 2.3 Hur ser verkligheten ut?                                | 5   |
| 2.4 Faktorer som påverkar energiförluster                   | 6   |
| <br>                                                        |     |
| 3 GÖTEBORGS MOSKÉ                                           | 8   |
| 3.1 Byggnaden                                               | 8   |
| 3.2 Energiberäkningen innan byggstart                       | 9   |
| 3.3 Verklig energiförbrukning                               | 9   |
| 3.4 Ny Energiberäkning                                      | 11  |
| 3.4.1 Temperaturmätning                                     | 11  |
| 3.4.2 Uppvärmda arean                                       | 11  |
| 3.4.3 Ventilations – och luftläckageförluster               | 12  |
| 3.4.4 Förbrukning av tappvarmvatten                         | 13  |
| 3.4.5 Värmeenergi från personer                             | 13  |
| 3.4.6 Värmetillskott från belysning och apparater           | 14  |
| 3.4.7 Solinstrålning                                        | 16  |
| 3.4.8 Transmissionsförluster                                | 16  |
| <br>                                                        |     |
| 4 RESULTAT OCH FÖRSLAG                                      | 18  |
| 4.1 Vad visar beräkningar?                                  | 18  |
| 4.2 Vad borde man tänka på i planeringsskede?               | 18  |
| 4.2.1 Stora glasytor leder till energiförluster             | 18  |
| <br>                                                        |     |
| CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete BOMX03-17-29 | III |

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 4.2.2 | Tappvarmvattenbehovet är stort | 19 |
| 4.2.3 | Annan utformning               | 19 |
| 5     | MÖJLIGA ÅTGÄRDER               | 20 |
| 6     | DISKUSSION OCH SLUTSATS        | 22 |
|       | KÄLLFÖRTECKNING                | 23 |

## **BILAGOR**

Bilaga 1- BBR förklaringslista

Bilaga 2- Planlösning

Bilaga 3- Energiberäkning VVSmiljö

## Förord

Det här examensarbetet är en del i vår högskoleingenjörsutbildning till byggingenjör. Arbetet handlar om energieffektivisering av en befintlig lokal och har gett en fördjupad inblick i allt som ligger till grund för energioptimeringsarbete och Boverkets regler samt komplexiteten i en byggnad med värme- och ventilationssystem.

Vi vill tacka vår handledare tillika examinerator, Ingemar Segerholm för sitt tålamod och stöd under hela processen. Samt tacka styrelsen i Göteborgs moské för tillgång till dokument och lokaler. Även tack till Lars Nordlund för stöd och tips.

Göteborg juni 2017  
Emma Kvarnefors  
Samir Mahmudov

# Beteckningar

Förklaringslista i huvudsak med utgångspunkt i BBR 9:2 Definitioner, som ligger som bilaga 1.

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atemp                     | <i>-Den till mer än 10° uppvärmda golvarean begränsad av klimatskärmens insida.</i>                                                                                                                                                                                                                     |
| FTX                       | <i>-Ventilationssystem med till- och frånluft samt värmeåtervinning.</i>                                                                                                                                                                                                                                |
| Hushållsel                | <i>-Den el som åtgår till hushållsändamål. Som vitvaror, belysning, hemelektronik mm.</i>                                                                                                                                                                                                               |
| Klimatzon Norr            | <i>- Norrbottens län, Västerbottens län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län.</i>                                                                                                                                                                        |
| Klimatzon Söder           | <i>- Övriga län.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| LA 1 och 2                | <i>-Luftbehandlings Aggregat</i>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Normalårstemp.            | <i>-Medianvärdet av utetemperaturen under en längre period vanligen 1960-90.</i>                                                                                                                                                                                                                        |
| OVK                       | <i>- Obligatorisk Ventilations Kontroll, skall utföras med jämna mellanrum av certifierad person. Det är ägarens uppgift att se till att OVK görs och syftet är att se till att ventilationen är välfungerande och ge förslag på åtgärder som förbättrar luftkvalitén och optimerar energiåtgången.</i> |
| Specifik Energianvändning | <i>-Byggnadens energianvändning exkl. Hushålls- och Verksamhetsel.<br/>- Den energi som åtgår för att värma, kyla, ventilerar en byggnad med kwh/m2 och år med Atemp golvyta.</i>                                                                                                                       |
| U-värde                   | <i>-Byggnadsdels värmegenomgångskoefficient i (W/m²K)</i>                                                                                                                                                                                                                                               |
| Um                        | <i>-Medel U-värde för byggnaden</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Verksamhetsel             | <i>-Den el som åtgår till verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt.</i>                                                                                       |

# 1 Inledning

Detta examensarbete handlar om möjligheter till energibesparing i Göteborgs Moské.

## 1.1 Bakgrund

Miljö och hållbar utveckling har länge varit ett av FN:s globala mål och dess krav på skärpning hörs nu ännu starkare. Hela världen följer utvecklingen och Sverige är inget undantag. Boverket skärpte sina regler 2016 angående hur mycket energi olika byggnader får använda per kvadratmeter och år. Detta medför självklart ökat behov av att hitta nya energismarta lösningar i båda byggprocessen och byggtekniken. Vikten av energieffektiviseringen får extra tyngd när man tar hänsyn till att bostads- och servicesektorn står för ungefär 40 procent av den totala energianvändningen i Sverige. Sektorn består bland annat av hushåll, offentlig verksamhet, serviceverksamhet och bygg. Lägg också till att energianvändningen troligtvis kommer att öka med ungefär 1,4 TWh per år på grund av det ökade byggandet. (Energimyndigheten, 2016)

Utvecklingen av regler och krav går så fort att byggaktörer inte hinner med att tillämpa adekvata åtgärder och finna motsvarande lösningar. Mer än hälften av de byggnader som byggdes under 2007-2012 klarar inte energikraven enligt Boverket som har undersökt saken genom att granska närmare 20 000 energideklarationer. (Byggvärlden, 2014)

Göteborgs Moské, nedanför Ramberget i Brämaregården på Hisingen i Göteborg se Fig. 1, stod färdig i juni 2011. Som relativt nybyggd offentlig byggnad är den intressant ur energiperspektiv, stora ytor och högt besökarantal ställer höga krav på installationer för att skapa en god inomhusmiljö. Med en arkitektur som vill ge ett inbjudande och öppet intryck, uttryckt med stora andelar glasfasad, skapar det förutsättningar som kan kräva både kyl- och uppvärmningsbehov. Efterforskning gav indikationer på att energiförbrukningen låg högt. Göteborgs moskés styrelse var intresserad av att undersöka möjligheter att energioptimera byggnaden. Det byggs fler moskéer i Sverige och andra delar av världen och det är aktuellt med ett energieffektivt byggande.



Figur 1 Pricken visar var moskén är belägen (Eniro, 2017).

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att spåra upp orsaker till den höga energianvändningen i byggnaden och studera möjliga vägar för att förbättra byggnadens energiprestanda. Arbetet avser att göra en kartläggning över energiförluster i moskén och beräkna den totala energiförbrukningen.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet är avgränsat till Göteborgs Moské intill Ramberget på Hisingen.

## 1.4 Metod

Litteraturstudier har genomförts under hela arbetet. Det mesta av materialet rörande byggnaden har vi fått från moskéns arkiv på plats. Genom granskning av fakturor från 2016 har vi fått fram förbrukningen under året i kWh/ m<sup>2</sup>, år. Genomgång av handlingar såsom tidigare energiberäkning utförd innan byggnation (fortsättningsvis, energiberäkning 1), ritningar och bygghandlingar har gett underlag för att göra en ny utvärdering.

Kontakt, genom telefon och besök, med stadsbyggnadskontoret gav klart besked på vilken BBR som gäller för moskén då processen från första till slutgiltigt bygglov varit lång. Vi har använt oss av Boverkets svarstjänst för att få svar på frågor som uppstått vid läsning av BBR.

Med hjälp av en temperaturlogger som lånades på institutionen för bygg och miljöteknik har innetemperaturen i moskén avlästs under en period. Datan har gett en bild av värmeanvändningen. Genom att utesluta att golvvärmen är på under sommarmånaderna har vi med fjärrvärmefakturor fått en uppgift om hur mycket energi som åtgår för tappvarmvatten. Visuellt bedömning av tappvarmvattenanvändningen har gjorts för att ge en bild av hur brukare använder varmvatten. För att ytterligare styrka vår tes att det åtgår mycket vatten har vattenfakturor synats.

## 2 Miljö och Energi

Arbetet med att komma till rätta med de miljöproblem som finns i världen sker både globalt och lokalt. Globalt leder FN samarbetet, på 90-talet togs United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) fram och 2015 kom Parisavtalet som skärpning och förtydligande (Naturvårdverket, 2017).

I Sverige har regeringen, efter FN:s modell beslutat om Miljömål. De är uppdelade i 16 miljö kvalitetsmål, som täcker allt från ozonskikt till God bebyggd miljö. Delmål och ”verktyg” för hur man skall komma dit är uppsatta för alla målen. Utvärdering av arbetet görs kontinuerligt.

Ett av de största problemen idag är utsläppen av växthusgaser (bla. metan, koldioxid, dikväveoxid och ozon) vilka bidrar till en allt för snabb och stor temperaturhöjning. Arbetet med att minska dessa riktas främst mot energifrågan då koldioxid från förbränning av fossila bränslen anses vara den största boven. Den viktigaste biten är omställning från fossilbränslen till biobränsle, men det är inte möjligt om inte också energianvändningen minskar. En del i miljömålen är att förändringar ska ske med ekonomisk tillväxt. En minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen, som utgår från utsläppsmängden 1990, måste ske med 30–40 procent till 2020 och med 75–90 procent till 2050. Sverige har sänkt sina utsläpp och arbetet fortsätter (Naturvårdsverket 2017).

### 2.1 Energianvändningen och byggsektorn

Det behövs minskad energianvändning och energitillförsel med låg påverkan på miljön för att klara miljö kvalitetsmålen långsiktigt. Bostäder- och servicesektorn har under de senaste 50 åren stått för nära 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Av detta står hushåll och lokalbyggnader för 90 procent. Däremot har bostads – och servicesektorns totala energianvändning minskat med 13 procent mellan 1970 och 2015, från 165 TWh till 143 TWh (Holmström, C. 2017) och oljeprodukter som tidigare användes som energikälla för uppvärmning har ersatts av el och fjärrvärme. ”När el eller fjärrvärme ersätter olja leder det till minskade omvandlings- och överföringsförluster i sektorn, men däremot till ökade förluster hos de företag som producerar el respektive fjärrvärme.” (Energimyndighet, 2015) Det är flera faktorer som gör att byggsektorn kräver mycket energi, men först och främst är det uppvärmningen av bostäder/lokaler och tappvarmvatten som står för över hälften av energianvändningen i sektorn (Energimyndighet, 2015).

Energianvändningen väntas att öka inom sektorn bostäder och service, eftersom fler byggnader behöver byggas i framtiden. Boverket uppskattar att 426 000 nya bostäder behöver byggas till 2020. ”Det innebär att ett nytt Stockholm behöver byggas inom loppet av sex år” (Boverket, 2015:18). Det medför ett ökat krav på effektivisering av energianvändningen, det är därför Boverket har skärpt kraven på nya byggnader.

Den vanligaste uppvärmningsformen i Sverige är fjärrvärme. Det är till störst del lokaler och bostäder nära städerna som nyttjar fjärrvärmenätet. Småhus använder ofta andra typer av uppvärmningsformer antagligen på grund av avstånd från fjärrvärmenätet och investeringskostnaden. Fjärrvärme har många fördelar, branschen argumenterar på hemsidan SvenskFjärrvärme (2017) bland annat att energiförlusterna minskas och miljön bevaras från farliga utsläpp eftersom förbränning sker på ett kontrollerat sätt. Det är även lättare att fasa ut fossila bränslen för stora bolag.

Framtidens energieffektivisering innebär först och främst effektivisering av fjärrvärmesystemet och bergvärmepumpar. Dessa två uppvärmningssätt är huvudalternativen som behöver kombineras med värmeåtervinning ur frånluften och solvärme (Bröms & Wahlström, 2008).

## 2.2 Boverkets krav

Boverket har samlat äldre byggnadsregler och standarder. Byggnadsregler har funnits i olika former sedan 1874, då behovet av att förhindra spridning av brand, framförallt i städerna, ledde till utgivningen av hans "Kungliga majestäts nådiga Byggnads- och Brandstadga för rikets städer". Därefter kom en rad olika regelsamlingar med jämna mellanrum efterhand som behov uppstod. Det skulle gå ytterligare 70 år innan energiaspekten kom in i bilden (Boverket 2017).

När Babs, Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan, kom ut 1946, fanns direktiv för en byggnads värmegenomgångskoefficient (U-värde). Trettio år senare, 1976, kommer ett tillägg till Svenska byggnormen (SBN) bland annat det nya kapitlet; Energihushållning. Här nämns God Energihushållning och råd för hur värmesvinn från värmeinstallationer ska minskas. BBR, Boverkets byggregler började gälla 1994. När ändringar kom ut 2006 fanns siffror på specifik energianvändning (Boverket 2006).

Vilka krav som finns för en specifik byggnad bestäms av vilken BBR som gäller vid tidpunkten för uppbyggnaden. När nya krav införs finns en övergångsperiod i vilken både gamla och nya regler kan tillämpas. Göteborgs Moské är byggt under en period då BBR 2008 var rådande.

### 2.2.1 BBR 2008, Energihushållning

I Boverkets Byggregler, Regelsamling 2008 är Sverige uppdelat i två klimatzoner; söder och norr. I kap. 9.3 finns föreskrifter för lokaler. Den specifika energianvändningen är satt i kWh/m<sup>2</sup> golvarea (Atemp) och år och avser kylning, uppvärmning och driftsel. Driftelen är den el som åtgår till att driva installationer; luftbehandlingsaggregat, fläktar, hissar mm. Hushållsel och verksamhetsel, belysning, vitvaror, maskiner, etc. ingår ej i driftelen (Boverket 2008).

De gränser som finns för lokaler är i södra klimatzonen 100 kWh/ m<sup>2</sup> och i norra klimatzonen 120 kWh/ m<sup>2</sup>, dock finns ett tillägg som gäller då uteluftsflödet är mer än 0,35 l/s, m<sup>2</sup>. Grundflödet, 0,35 l/s m<sup>2</sup>, har syftet att ventilerar bort föroreningar från mark och komponenter i byggnaden. Därför används tillägget i stort i alla lokaler där verksamheten tillför föroreningar eller många människor vistas. Tillägget görs enligt Ekv.1 och 2 nedan, där q (l/s) står för ett genomsnittligt uteluftsflöde den period som kräver uppvärmning (BBR, 2008).

|           |                               |          |
|-----------|-------------------------------|----------|
| Zon Söder | $70(q-0,35) \text{ kWh/ m}^2$ | (Ekv. 1) |
|-----------|-------------------------------|----------|

|          |                               |          |
|----------|-------------------------------|----------|
| Zon Norr | $90(q-0,35) \text{ kWh/ m}^2$ | (Ekv. 2) |
|----------|-------------------------------|----------|

q = genomsnittligt uteluftsflöde (l/s) den period som kräver uppvärmning.

Innan ett bygglov blir godkänt måste en energiberäkning göras, baserat på tänkta förhållanden, material och värden. Beräkning ska följa riktlinjerna i BBR och påvisa att riktvärden inte överskrids. Många aspekter tas med så som var och hur byggnaden är placerad med hänsyn till normalårs utomhustemperatur, solinstrålning och inomhustemperatur. Även medtaget är klimatskalets tekniska egenskaper, ett medel U-värde med köldbryggor samt luftläckage. Vidare ska också tekniska installationer finnas med och hur värmen distribueras i byggnaden. Eftersom schablonvärden används bör en säkerhetsmarginal läggas till så att det kommer så nära verkligt brukande som möjligt (Boverket, 2008).

Verifiering av färdig byggnads energiförbrukning rekommenderas men är inget krav, dock finns krav på att Energideklaration skall göras senast två år efter att byggnaden tagits i bruk. 2006 kom lagen om energideklaration för byggnader. Denna gäller för nybygge, vid försäljning och om mer än 250 kvadratmeter av byggnaden besöks av allmänheten. En Energideklaration skall göras av certifierade personer, och behöver innehålla byggnadens energiprestanda, om Obligatorisk Ventilations Kontroll (OVK) och radonmätning har utförts samt referensvärden för att underlätta jämförelser. Utöver det även förslag på åtgärder för att förbättra energiprestandan enligt Svensk författningssamling (2006:985).

Ovan nämnda OVK skall utföras med jämna mellanrum av certifierad person, intervallen ligger på var 3:e eller 6:e år beroende på vilken typ av ventilation och byggnad. Det är ägarens uppgift att se till att OVK görs och syftet är att se till att ventilationen är välfungerande och ge förslag på åtgärder som förbättrar luftkvalitén och optimerar energiåtgången (Boverket 2008).

## 2.3 Hur ser verkligheten ut?

Sedan 2008 har ytterligare skärpningar av kravnivåer på energiförbrukning gjorts. År 2016 infördes fyra klimatzoner i Sverige och siffrorna ligger nu på 65 kWh/ m<sup>2</sup>, år på lokaler i den sydligaste zon fyra, dit Göteborg hör. Tillägget på 70(q-0,35) kWh/ m<sup>2</sup> ligger kvar. Verifieringskrav på byggnadens specifika energianvändning infördes samma år (Boverket 2016).

Det är bland annat kritik från EU som tvingat Sverige att se över kraven. Enligt Boverkets konsekvensutredning (BBR 24, 2016) gällde kritiken framförallt den otydlighet som fanns kring vad som är ”normalt brukande” och vilken metod som skall användas för att fastställa byggnadens energiprestanda. När de som utför beräkningarna kan välja värden och metoder blir det svårt att jämföra olika byggnader mot varandra. Det behövs tydliga bindande regler för processen. En ny författning har tagits fram, bestämning av en byggnads energianvändning vid normalt brukande (BEN, 2016) och här finns ”rättsligt bindande” direktiv angående ”normalt brukande” och två olika metoder för fastställande av energiprestandan efter att byggnaden tagits i bruk; beräkning eller uppmätta värden, där normalisering av värden har gjorts. Definitionen enligt Boverket (BEN, 2016);

*Normalisering*

*Korrigerig av uppmätt energi vid fastställande av byggnadens energianvändning knuten till normalt brukande och för ett normalår.*

*Normalt brukande*      *Användning av en byggnad som avspeglar antingen ett standardiserat brukande eller för lokaler den verksamhet som byggnaden är avsedd för.*

Trots den senaste teknikutvecklingen i branschen ser vi att många byggnader inte klarar de energikrav som ställs på nya byggnader. Det redovisar Boverket som har granskat 20 000 energideklarationer och har undersökt energiprestanda av byggnader uppförda under 2007-2012. Undersökningar visar att mer än hälften av nya byggnader inte lever upp till BBR:s energikrav (Bengtsson, 2014).

Problemet är att det inte finns några sanktioner som kan användas mot dem som inte följer regelverket. Det är kommunerna som ansvarar för att kraven uppfylls och att byggherren sköter sig (Fransson, 2014).

## 2.4 Faktorer som påverkar energiförluster

I en byggnad är det framför allt transmissionsförluster ( $Q_t$ ), ventilationsförluster ( $Q_v$ ), luftläckage ( $Q_l$ ) och Avloppsförluster ( $Q_{vv}$ ) som utgör byggnadens energiförluster (Petersson, 2013).

Ordet transmission betyder överföring och genomsläppning. Det syftar till att energin går genom olika byggnadsdelar. Det är temperaturskillnader mellan uteluft och inomhusmiljö som driver värmen ut genom klimatskärmen. Olika material har olika värmeledningsförmåga eller med ett annat uttryck, vissa byggmaterial har bättre värmemotstånd än andra. I byggtekniken använder man begreppet värmegenomgångskoefficient ( $U$ -värde) för att beskriva materialskiktets förmåga att isolera från kyla och med  $U$ -värde definierar man hur mycket värme som passerar genom en kvadratmeter yta från den varma sidan till den kalla när det skiljer en grad mellan utomhus – och inomhustemperaturen [ $W/m^2, ^\circ C$ ]. Ett lågt  $U$ -värde visar på god isoleringsförmåga.  $U$ -värdet bestäms av materialets tjocklek och värmeledningsförmåga (Petersson, 2013).

Ett poröst material som kan hålla stora mängder av stillastående luft i små luftfickor sägs ha god isoleringsförmåga eftersom stillastående luft leder värme långsamt. När isoleringsskiktet bryts av ett annat material med sämre isoleringsförmåga bildas en så kallad köldbrygga. Köldbryggor fungerar som ”flyktväg” för värmen genom klimatskalet. Förekomst av köldbryggor och byggnadsmaterial med hög värmeledningsförmåga och slarvigt isolerade väggar leder till stora transmissionsförluster.

Ventilationsförluster sker genom att ventilationssystemet för bort varm, förorenad inomhusluft ut ur byggnaden. Det är praktiskt omöjligt att undvika sådana energiförluster. Ventilationen är avgörande för att rena inomhusluften och skapa komfort. Ventilationssystem med från- och tilluft med återvinning av värmen, sk. FTX-system har idag god verkningsgrad på värmeåtervinningsaggregaten, upp till 85 procent, trots detta orsakar ventilationen fortfarande stora energiförluster (Warfvinge, & Dahlblom, 2010).

Luftläckaget orsakas av tryckskillnader inne och utanför byggnaden då luften vill ta sig från det högre trycket till det lägre för att jämna ut tryckdifferensen. Större tryckskillnad ger mer luftläckage. Luftläckaget är med andra ord den ofrivilliga ventilationen i byggnaden. För att förhindra läckage skall klimatskalet vara lufttätt,

det krävs att utförandet är korrekt då skarvar mellan olika byggnadsdelar utgör problemområden. Byggnader som har krav på minsta luftläckage, som passivhus och plusenergihus, trycktestas innan de tas i bruk (Warfvinge, & Dahlblom, 2010).

Avloppsförluster är den energi som med tappvarmvattenanvändning försvinner ut med spillvattnet. Av den energi som åtgår till hela uppvärmningsbehovet i flerbostadshus, går ca 20–25 % till varmvattnet (Anders Nykvist, 2012). Av detta blir en del tillägg till rumsvärmen men merparten rinner bort. Det finns möjlighet att ha värmeåtervinnare i avloppet, både på avloppsstammarna och lokalt i dusch-avloppsbrunnen (Energi och Miljö, 2013), men än så länge är det ganska ovanligt. För att minska förlusterna kan vattensparande tappvattenarmaturer sättas in, den största åtgärden är dock att brukaren tänker på hur varmvattnet används och minskar förbrukningen.

I dag är det inte bara värmeförluster man behöver tänka på, enligt en rapport som handlar om solavskärmning (Nickels, Esbjörnson, Strömberg, Pedersen, 2013) blir behovet av kylning allt större. Nybyggda hus har ofta stora fönster som gör att solinstrålningen blir hög. Det är viktigt att tänka på redan i projekteringsstadiet vilken typ av avskärmning byggnaden behöver för att minska kylbehovet.

### 3 Göteborgs moské

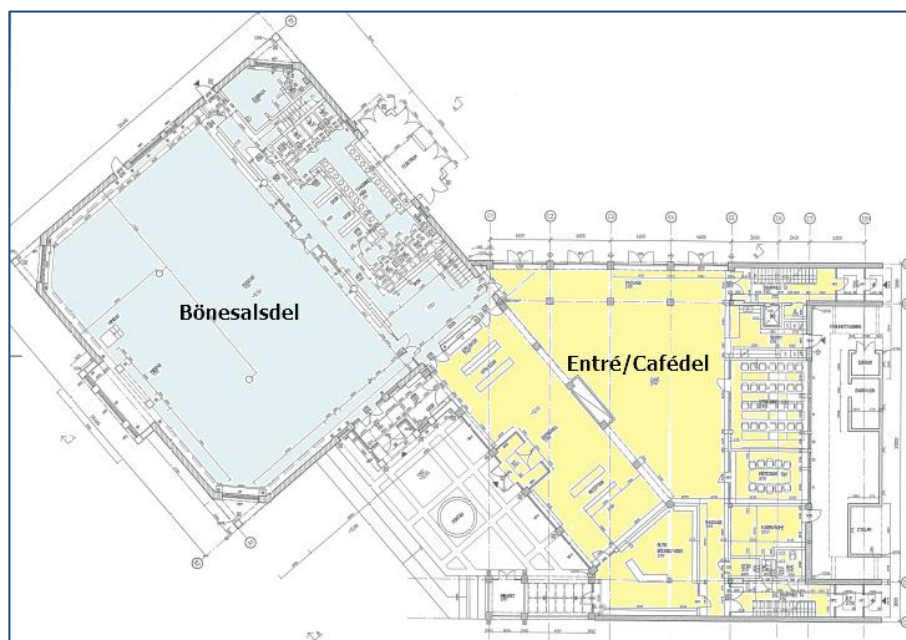
Göteborgs Moské, som ligger i Brämaregården på Hisingen, stod klar i juni 2011. Processen fram till byggstart har varit lång, redan 1993 kom första bygglovsansökan in till byggnadskontoret och därmed ändrades detaljplanen för att ge möjlighet till bygget. Efter år av planering, ändring av ritningar, överklagande och förnyade bygglov gjordes bygganmälan i maj 2010 (Stadsbyggnadskontoret, Arkiv, Brämaregården 5:2).

#### 3.1 Byggnaden

Moskén är uppdelad i en del med bönesal som är 8 meter hög, krönt av en kupol och en del med reception, samlingsyta och kontor med takhöjden 6 meter. Hela moskén är en betongkonstruktion med prefabricerade sandwichelement i ytterväggar samt stor del av fasaden i form av fönster. Taket, exkl. kupol och delar i glas, är ett håldäckstak (HDF-tak), dvs ett förspänt betongbjälklag med längsgående kanaler. Glaspartierna, både tak och fönster, är tvåglas-kassetter med argongas.

Uppvärmning av moskén görs med fjärrvärme som distribueras med vattenburen golvvärme och konvektorer. Värmen är uppdelad i två olika system, i Fig. 2 visas de olika delarna. Med fjärrvärmen värms även tappvarmvattnet.

Ventilation sker med ett FTX-system, två stycken aggregat sköter luftomsättningen. Luftbehandlingsaggregat (LA) 2 distribuerar till bönesal och intilliggande toaletter, pentry och tvättrum, ljusblå i Fig. 1. LA 1 försörjer reception, samlingslokal och kontor, ljusgult i Fig. 2.



Figur 2 Både värmen och ventilationen är uppdelade i två olika zoner som även inkluderar våningen ovanför (AF, 2010).

LA 2 stängs av nattetid och har två lägen dagtid, lågfart med 300 l/s och högfart på fredagar med 2500 l/s. Styrning med CO<sup>2</sup>- och temperaturgivare finns och går in vid ett förinställt maxvärde. Sommarnattkylning används för att använda uteluften för att sänka inomhustemperaturen. Vintertid går ett eftervärmade batteri in för de tillfällen

som tilluften inte når 15°C enbart med värmeåtervinning. LA 1 stängs även det av nattetid och har bara ett läge vid autodrift, 2550 l/s.

Tilluften i Moskén är ett så kallat deplacerande system där sval luft blåses in vid golvnivå med låg hastighet och tränger undan och uppåt den varma, förorenade luften, frånluftsdon finns placerade i taket på den övre våningen. Ett problem som uppstått i moskén är att övre plan upplevs för varmt på sommaren och kylning med luftkonditionering har tillkommit. Planlösning och ventilationsritningar finns som bilaga 2.

### 3.2 Energiberäkningen innan byggstart

BBR 9:2 ställer krav på specifik energianvändning i nya byggnader. Byggherren hålls ansvarig för att redan på projekteringsstadiet genom en energiberäkning visa att byggnaden inte använder mer energi än gränsvärdet.

En bedömning av moskéns energianvändning har gjorts den 11 juni 2010 av VVSmiljö AB, se bilaga 3. För beräkningar måste man utgå från lämpliga indata. I det här fallet ligger följande värden till grund för beräkningen:

- Atemp har bestämts vara 1710 m<sup>2</sup>.
- Byggnadens genomsnittliga värmegenomgångskoefficient (U<sub>m</sub>) till 0,311 W/ m<sup>2</sup>, K.
- Genomsnittligt specifikt uteluftsflöde beräknat till 1,67 l/s per m<sup>2</sup>.
- Energiberäkningen visar också U-värden för olika byggnadsdelar såsom platta på mark, ytterväggar, yttertak, fönster, dörrar och glastak. Fönsterytans andel i jämförelse med omslutningsarean har beräknats till att vara 14 procent.
- Genomsnittligt luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad antas till 0.9 l/s, m<sup>2</sup>.
- Luftbehandlingsanläggningen antas vara avstängd nattetid (12h/ dygn)
- Uppvärmningssäsong anges vara 7200 h/år.
- Värmeenergibehovet för tappvarmvatten förutsätts vara 9 kWh/ m<sup>2</sup>, år
- Utnyttjad energi från internlast och solinstrålning antas vara 48 respektive 54 kWh/ m<sup>2</sup>,år.

Byggnadens specifika energianvändning har beräknats till 87 kWh/ m<sup>2</sup> och år i energiberäkning 1.

### 3.3 Verklig energiförbrukning

Fakturor på fjärrvärmen och el visar moskéns energiförbrukning. Som tabell 1 och 2 visar blev det totalt under året 158 kWh/ m<sup>2</sup> respektive 153 kWh/ m<sup>2</sup> åren 2015 och 2016. Dock ingår verksamhetsel i den siffran, vilket gör det svårt att jämföra med Boverkets krav då specifik energianvändning är exklusive hushålls- och verksamhetsel.

År 2015 var medeltemperaturen i Göteborg 8,3°C och 8,5°C 2016 enligt vår sammanställning från SMHI:s data. Det är lite högre än normalårstemperaturen för Göteborg som är 7,9°C.

Att siffrorna vid fjärrvärmen är relativt höga även under sommaren när behovet av golvvärme är obefintligt indikerar att tappvarmvattenanvändningen är hög vilket också bekräftas av vattenfakturorna.

Tabell 1: Samanställning av energifakturor nov. 2014- okt. 2015. Årsmedeltemperatur 8,3°C.

| Period          | Fjärrvärme<br>[kWh] | per kvm<br>[kWh] | El<br>[kWh] | per kvm<br>[kWh] | Total<br>[kWh/kvm] |
|-----------------|---------------------|------------------|-------------|------------------|--------------------|
| November (2014) | 22600               | 13,29            | 6069,95     | 3,57             | 16,86              |
| December (2014) | 28700               | 16,88            | 6411,4      | 3,77             | 20,65              |
| Januari         | 28500               | 16,76            | 7613,84     | 4,48             | 21,24              |
| Februari        | 24700               | 14,53            | 6193,48     | 3,64             | 18,17              |
| Mars            | 22000               | 12,94            | 5679,09     | 3,34             | 16,28              |
| April           | 14800               | 8,71             | 5186,55     | 3,05             | 11,76              |
| Maj             | 14500               | 8,53             | 5463,54     | 3,21             | 11,74              |
| Juni            | 7600                | 4,47             | 5234,48     | 3,08             | 7,55               |
| Juli            | 8500                | 5,00             | 6841,34     | 4,02             | 9,02               |
| Augusti         | 3200                | 1,88             | 5527,31     | 3,25             | 5,13               |
| September       | 6300                | 3,71             | 5629,51     | 3,31             | 7,02               |
| Oktober         | 16100               | 9,47             | 6177,89     | 3,63             | 13,10              |
| Per år          | 197500              | 116,18           | 72028,38    | 42,37            | 158,55             |

Tabell 2: Sammanställning av energifakturor 2016. Årsmedeltemperatur 8,5°C.

| Period    | Fjärrvärme<br>[kWh] | per kvm<br>[kWh] | El<br>[kWh] | per kvm<br>[kWh] | Total<br>[kWh/kvm] |
|-----------|---------------------|------------------|-------------|------------------|--------------------|
| Januari   | 34700               | 20,41            | 6576,75     | 3,87             | 24,28              |
| Februari  | 26000               | 15,29            | 6153,3      | 3,62             | 18,91              |
| Mars      | 19900               | 11,71            | 6185,01     | 3,64             | 15,34              |
| April     | 15000               | 8,82             | 6058,49     | 3,56             | 12,39              |
| Maj       | 7000                | 4,12             | 5772,68     | 3,40             | 7,51               |
| Juni      | 6100                | 3,59             | 7143,87     | 4,20             | 7,79               |
| Juli      | 4700                | 2,76             | 5972,38     | 3,51             | 6,28               |
| Augusti   | 4900                | 2,88             | 5456,73     | 3,21             | 6,09               |
| September | 5100                | 3,00             | 5649,74     | 3,32             | 6,32               |
| Oktober   | 17000               | 10,00            | 6210,63     | 3,65             | 13,65              |
| November  | 22200               | 13,06            | 6733,07     | 3,96             | 17,02              |
| December  | 22600               | 13,29            | 7408,69     | 4,36             | 17,65              |
| Per år    | 185200              | 108,94           | 75321,34    | 44,31            | 153,25             |

Uppvärmd yta på ca: **1700** Kvm

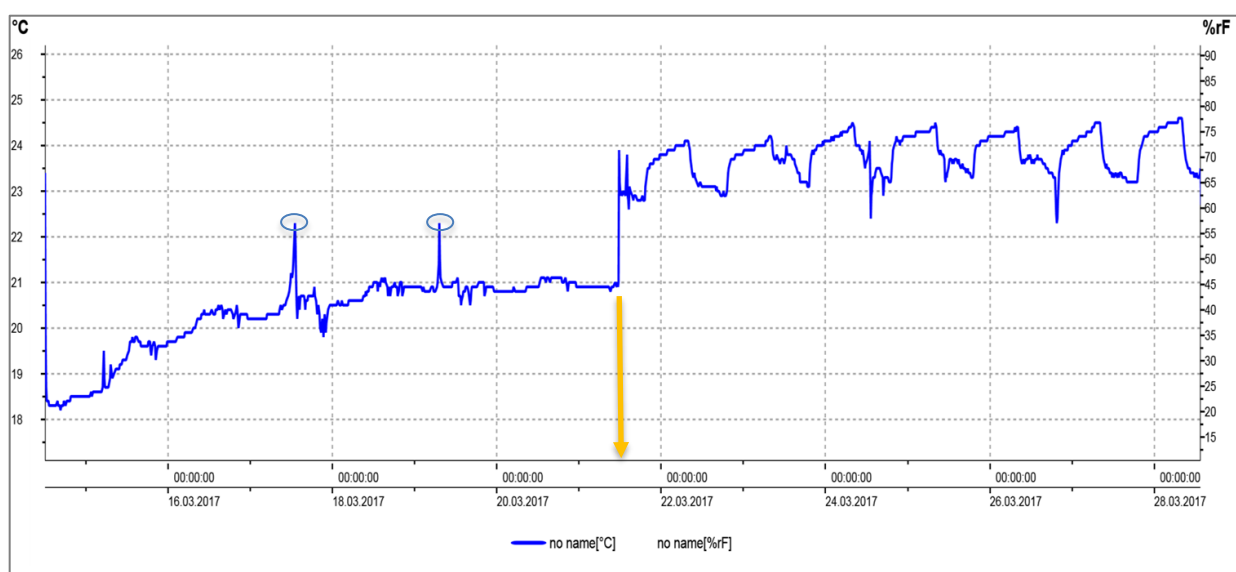
### 3.4 Ny Energiutvärdering

Med utgångspunkt från ovanstående värden i tabell 2 och följande mätning, beräkningar och antaganden samt lån av värden från energiberäkning 1 har en energiutvärdering gjorts.

#### 3.4.1 Temperaturmätning

För att få en bild av vilken temperatur det är i moskén lånades en temperaturlogger från Institutionen Bygg och miljö. Loggen av märket Testo, ställdes in för att registrera var tionde minut och sattes först upp i bönesalen där den fick sitta i 7 dagar för att sedan flyttas till kafé/samlingslokalen, där den fick sitta i ytterligare 8 dagar. Moskén är uppdelad i två delar vad gäller ventilation och värmedistribution och ovanstående lokaler representerar de största i var sin del.

Mätningen påbörjades tisdagen den 14 mars och fig. 1 visar att temperaturen ligger mellan 20–21°C. På fredagen blir det en topp under fredagsbönen och lika så söndagen under en föreläsning. Efter flytten 21 mars till Kafé/samlingslokal ökar temperatur, till mellan 23–25°C. Vid efterforskning framkom det att den höga temperaturen i Kafé/samlingslokalen beror på fel på regleringen av golvvärmen. Eftersom ventilationen är avstängd nattetid och golvvärmen ej går att stänga av så stiger temperaturen kraftigt nattetid, se Fig. 3.



Figur 3: Loggning av temperaturen i Moskén var tionde minut. Pilen visar platsbyte, första delen i bönesalen och andra i kafédelen.

#### 3.4.2 Uppvärmda arean

För energiberäkningen är det viktigt att exakt veta den uppvärmda arean av moskén. Bygghandlingsritningar användes som underlag för beräkningar. Area som upptas av innerväggar, schakt, öppningar för trappa och dylikt ingår också i arean. Dock har arean för ventilationsrum och fjärrvärmerum inte inräknats. Våra beräkningar visar att  $A_{\text{temp}}$  för moskén är 1697 m<sup>2</sup>. Enligt energiberäkning 1 var arean 1710 m<sup>2</sup>.

Den nya beräknade uppvärmda arean har minskat med mindre än 1% och kan anses ha mindre påverkan på den nya energiberäkningen. Dock har den nya lägre arean använts i den nya utvärderingen.

### 3.4.3 Ventilations – och luftläckageförluster

Ventilationssystemet består av två olika luftbehandlingsaggregat och luftkanalsystem som är avsedda för olika delar av byggnaden. Första aggregatet (LA1) behandlar luften i moskéns entréhall, café och undervisningslokaler och har konstant flöde under hela veckan. Avläsning visar att tilluften är 2,068 m<sup>3</sup>/s och frånluft är 2,171 m<sup>3</sup>/s.

Andra aggregatet (LA2) har två olika flöden. Lågfartsflöde alla dagar förutom fredagar då besökarantalet är som högst. Avläsningar från handterminal gav ett tilluftsflöde på 1,112 m<sup>3</sup>/s och frånluftsflöde på 0,333 m<sup>3</sup>/s. Resten av veckan har ventilation lågfartsläge och handterminalen visar ett tilluftsflöde på 0,633 m<sup>3</sup>/s, och att frånluftsflödet är noll. Handterminalen visar dock att det finns tryck i frånluftskanalen, vilket indikerar att det finns ett flöde.

Granskning av siffrorna och bekräftelse från Swegon support ger att avläsningen är missvisande. Eftersom avlästa värden via handterminalen ej kan anses vara tillförlitliga har de dimensionerande värden i energiberäkning 1, även använts i utvärderingen. Det vill säga att på fredagar antas flödet vara 2500 l/s och resten av veckan är det 300 l/s.

För varje luftbehandlingsaggregat görs separat beräkning, eftersom drifttider och flöde skiljer sig mellan olika aggregat och dagar. Drifttiden för LA1 är 4380 timmar. Drifttiden för LA2 med lågfartsläge är 3756 timmar, medan det är 624 timmar med högfartsläge.

För att beräkna ventilationsförluster och luftläckageförluster används följande ekvation:

$$Q_v = (uteluftsflöde_{vent}/1000) \times A_{temp} \times c_{p_{luft}} \times gradtimmar \times (1/1000)$$

$$Q_l = 0,04 \times (luftläckage_{50Pa}/1000) \times A_{om} \times c_{p_{luft}} \times gradtimmar \times (1/1000)$$

$c_{p_{luft}}$  = luftens värmekapacitet och är lika med 1200 Ws/m<sup>3</sup>K.

$A_{temp}$  = golvarean i alla våningsplan för utrymmen som uppvärms till mer än 10°C.

$A_{om}$  = byggnadens omslutningsarea

$A_{temp}$  för LA1 är 795,68 m<sup>2</sup> och 901,04 m<sup>2</sup> för LA2. Omslutningsarean för moskén är 4111 m<sup>2</sup>. För att beräkna förluster från luftläckaget behöver man göra ett antagande för det genomsnittliga luftläckaget genom klimatskärmen vid ±50 Pa tryckskillnad. Med hänsyn till byggnadens utformning, storlek och material görs här antagandet att luftläckaget vid 50 Pa tryckskillnad för den här byggnaden är 1,1 l/s, m<sup>2</sup>. Med dessa indata och ekvationer beräknas ventilationsförluster och luftläckageförluster per m<sup>2</sup> och år och resultatet är att ventilationsförluster är 167 kWh/m<sup>2</sup> och år. Luftläckageförluster är 12,7 kWh/m<sup>2</sup> och år.

### 3.4.4 Förbrukning av tappvarmvatten

Verksamheten i moskén kräver stora mängder vatten, då varje bönestund inleds med en tvagningsritual. Tvagningen grundar sig på Koranen och låter som i följande vers från Koranen:

**”Troende! När ni går till bön, två då ansikte och händer samt armarna upp till armbågarna och stryk med händerna över huvudet och (två) fötterna upp till fotknölarna.”** (Koranen, 5:6)

Ytterligare religiösa instruktioner uppmuntrar muslimer att tvätta varje kroppsdel tre gånger under tvagningen.

Tvagningen behöver inte upprepas varje gång, det finns undantag, om reglerna för att bevara den rituella renheten har följts krävs inte tvagning inför varje bön. Detta betyder att det inte är alla moskébesökare som tvättar sig när de kommer till moskén, vilket gör det svårt att bestämma antalet tvagande som kan variera väldigt mycket.

Man kan uppskatta att varje tvagningsritual varar 3 till 4 minuter och förbrukningen av varmvatten kan variera beroende på individens val av kallt respektive varmt vatten. Men majoriteten förväntas föredra att använda ljummet vatten vilket orsakar ökad förbrukning av tappvarmvatten.

Enligt uppgifter från moskéns styrelse är golvvärmen avstängd under den varma perioden på sommaren. Fjärrvärmefakturor se Tabell 1 och 2, visar att behovet av fjärrvärme finns även på sommaren. Under juni, juli och augusti 2016 är medelvärdet på energi levererad från fjärrvärmen ca 5000 kWh vilket ger 35 kWh/m<sup>2</sup>, år. Mellan oktober 2014 och september 2015 användes 1631 m<sup>3</sup> vatten i moskén det motsvarar 0,96 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> eller 4468 l per dygn. Det är svårt att jämföra med andra verksamheter, här följer några siffror på vatten- och energiförbrukning.

- 160 liter/dygn per person (Sydvatten, 2017)
- 1,91 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> i bostadsbolaget Poseidons fastigheter (2010)
- 25 kWh/ m<sup>2</sup> årsenergibehovet för lunchrestaurang inkl. kök (Sveby,2013)
- 9 kWh/m<sup>2</sup>, år är det värde som användes i energiberäkning 1.

Med ovanstående antagande och värden sätts  $Q_{tv} = 35 \text{ kWh/m}^2$ , år.

### 3.4.5 Värmeenergi från personer

Om man vet antalet människor som besöker byggnaden på bestämda tider och vistelsetiden för varje besök kan man beräkna fram energitillskottet. En moské får besök fem gånger om dagen. Första besöket är tidigt på morgonen när muslimer kommer till morgonbönen och antal besökare är då upp till 50 personer. Bönen mitt på dagen drar mer besökare, men antalet överskrider inte 100. Samma antal kan förväntas på eftermiddagen. Efter solnedgången ber man fjärde bönen och då är närvaron störst, oftast 150 deltagare men ibland upp till 200. Vid femte och sista bönen på kvällen får man runt 100 besökare. Genomsnittliga vistelsetiden för varje besök är inte längre än en timme.

Fredagsbönen mitt på dagen har en tydlig ökning av antalet besökare mitt på dagen. Högsta antalet vid detta tillfälle är uppskattningsvis 2000 människor. Vistelsetiden för dem varierar. En fjärdedel vistas inne upp till fyra timmar, medan resten av dem tillbringar en till två timmar i moskén.

Man behöver också ta hänsyn till att moskén belastas extra en hel månad varje år, eftersom muslimer samlas varje kväll för att uträtta den speciella kvällsbönen "tarawih" som pågår under ramadan. Bönen följs av som mest 1000 tillbedjare och varar vanligtvis en timme, men man behöver räkna in tiden för förberedning och avslutning, vilket innebär att vistelsetiden bör vara en och en halv timme. Under ramadan ökar även antalet besökare vid bön som utförs efter solnedgång. Värmeenergin som människor alstrar  $Q_{pers}$  kan beräknas enligt följande formeln (ekv 3):

$$Q_{pers} = q_{pers} \times n \times T / 1000 \quad (\text{ekv. 3})$$

Där

|            |                                              |
|------------|----------------------------------------------|
| $Q_{pers}$ | <i>total värmeenergi från personer, kWh</i>  |
| $q_{pers}$ | <i>värmeenergi från en person, W/person</i>  |
| $n$        | <i>antal av personer</i>                     |
| $T$        | <i>vistelsetid</i>                           |
| 1000       | <i>koefficient för att omvandla till kWh</i> |

En människa som vistas i en bostadsmiljö kan avge 50–100 W värmeenergi beroende på aktivitet och ålder. (Petersson, 2013) En vanlig besökare utför inte fysiskt arbete, utan aktiviteter skiftar mellan bokläsning, tillbedjan och att lyssna på föreläsningar. Åldern på dem som kommer till moskén varierar också kraftigt. Både ungdomar och äldre medlemmar deltar i aktiviteterna. Men majoriteten ligger över 30 år. Det är rimligt att anta att genomsnittlig värmeenergi från varje person är 80 W vilket Sveby (2009) rekommenderar som indata. Utifrån ovanstående uppgifter kan man beräkna antalet personer och vistelsetiden och sedan den totala värmeenergin.

$$(50 \times 365) + (100 \times 313) + (100 \times 365) + (150 \times 365) + (100 \times 335) + (500 \times 4 \times 52) + (1500 \times 2 \times 52) + (1000 \times 1,5 \times 30) = 479\,300 \text{ h}$$

$$Q_{pers} = 80 \times 479\,300 / 1000 = 38\,344 \text{ kWh/år}$$

$$Q_{pers}/A_{temp} = 38\,344 / 1710 = 22.42 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

### 3.4.6 Värmetillskott från belysning och apparater

Det är inte lätt att beräkna värmeenergin som belysningen och apparater i byggnaden bidrar med. Det är också svårt att hitta en referensbyggnad för att använda schablonvärde från tabeller. Om man jämför moskén med kontor och undervisningslokaler och försöker komma så nära verkligheten som möjligt kan man göra en rimlig bedömning.

Enligt Boverkets brukarindata (BFS 2016:12) är värme som genereras från belysningen i förskolor, grund – och gymnasieskolor  $5 \text{ W/m}^2$  medan det är  $15 \text{ W/m}^2$  för högskolor och universitet. Enligt Svebyprogrammets brukarindata är siffran  $7 \text{ W/m}^2$  för normala kontorslokaler.

Verksamheten i de här lokalerna är vanligtvis begränsad till dagtid. Verksamhetsperioden i moskén sträcker sig längre i jämförelse med kontor och undervisningslokaler, men till skillnad från kontor och undervisningslokaler använder moskén inte lika mycket el dagtid. Däremot utnyttjas belysningen mer kvällstid och skillnaden jämnas ut mellan verksamheterna. Göteborgsmoskéns energiförbrukning från belysningen hamnar nära förbrukningen i undervisningslokaler och kontor. Därför kan man anta att energibehovet för belysningen bör vara nära  $7 \text{ W/m}^2$ .

Tabell 3: Exempel på årsenergibehov (internlast) för belysning och apparater samt tappvarmvatten för olika verksamheter (Sveby, 2013)

| Verksamhet                | Belysning vid drift $\text{W/m}^2$ | El till apparater drift $\text{W/m}^2$ | El till apparater ej drift (natt) $\text{W/m}^2$ | Tappvarmvatten $\text{kWh/m}^2$ |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| Normalt kontor            | 7                                  | 12                                     | 2                                                | 2                               |
| Lunchrestaurang inkl. kök | 15                                 | 500                                    | 50                                               | 25                              |
| Butik                     | 40-45                              | 1-5                                    | 0,5                                              | 10                              |
| Livsmedelsbutik           | 15                                 | 55                                     | 35                                               | 10                              |
| Lager                     | 5                                  | 0                                      | 0                                                | 5                               |
| Undervisning              | 8                                  | 2                                      | 0,5                                              | 10                              |
| Lab                       | 20                                 |                                        |                                                  | 10                              |
| Motion                    | 8                                  | 15                                     | 0                                                | 25                              |
| Garage                    | 3                                  | 0                                      | 0                                                | 1                               |
| Vård dagtid               | 10                                 |                                        |                                                  | 25                              |

Värmetillskottet från utrustningen skiljer sig mellan undervisningslokaler och kontor. Skillnaden beror på att det är avsevärt mer elektronisk utrustning i en normal kontorslokal än i undervisningslokaler. I detta fall är skillnaden även tydlig mellan olika undervisningslokaler, då förskolor inte använder lika mycket utrustning som högstskolor. I Boverkets (BFS 2016:12) brukarindata för förskolor står det att utrustningen i "alla utrymmen som hör till förskolan förutom köksutrymmen samt teknikrum, förråd etc, där personer normalt ej vistas" genererar  $2 \text{ W/m}^2$  värmeenergi. Energitillskottet från apparater i undervisning och tillhörande utrymmen i grund- och gymnasieskolor och högstskolor är  $5 \text{ W/m}^2$ . Det är mindre utrustning i moskén i jämförelse med skolor, men om man tar hänsyn till köket kan man säga att  $4 \text{ W/m}^2$  är ett rimligt antagande för moskén. Köket används i väldigt liten utsträckning. Belysningen används inte heller lika lång tid som på kontor och undervisningslokaler. Vanliga dagar behöver man belysningen längst fem timmar. Under ramadan är det förmodligen sju timmar. Utifrån den här informationen kan man beräkna värmetillskottet från belysningen för ett år.

$$7 \text{ W/m}^2 \times 5 \text{ h} \times 335 + 7 \text{ W/m}^2 \times 7 \text{ h} \times 30 = 13,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ och år.}$$

Utrustningen används också under begränsad tid. Moskéns verksamhet startar kl 10:00 och utrustningen som används för lektioner och föreläsningar används inte varje dag och inte hela dagen. Man kan anta att utrustningen inte är i drift i mer än 5 timmar varje dag.

$$4 \text{ W/m}^2 \times 5 \text{ h} \times 365 = 7,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ och år.}$$

Värmetillskottet från belysningen och utrustningen är tillsammans 20.5 kWh/m<sup>2</sup> och år.

### 3.4.7 Solinstrålning

Med hänsyn till stora fönsterpartier kan antagande göras att solinstrålningen blir hög. Solinstrålning är dock svårt att beräkna utan beräkningsprogram. Därför används värden från energiberäkning 1.

### 3.4.8 Överstående förluster

Skillnaden mellan köpt energi och energiförluster från ventilation, luftläckage, tappvarmvatten, driftsel och värmetillskottet samt återvunnen energi är de energiförluster ( $Q_{\text{över}}$ ) som innefattar transmissionsförluster, kylbehov och andra förluster som är svåra att bestämma. För detta används följande ekvation:

$$\begin{aligned} Q_{\text{över}} &= Q_{\text{max}} - Q_v - Q_l - Q_{\text{tvv}} - Q_{\text{dr,el}} + Q_{\text{vå}} + Q_{\text{tillskott}} & (\text{ekv. 4}) \\ Q_{\text{max}} &= Q_{\text{fjärrvärme}} + Q_{\text{dr,el}} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{över}} = Q_{\text{fjärrvärme}} + Q_{\text{dr,el}} - Q_v - Q_l - Q_{\text{tvv}} - Q_{\text{dr,el}} + Q_{\text{vå}} + Q_{\text{tillskott}} = Q_{\text{fjärrvärme}} - Q_v - Q_l - Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{vå}} + Q_{\text{tillskott}}$$

$$Q_{\text{över}} = Q_{\text{fjärrvärme}} - Q_v - Q_l - Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{vå}} + Q_{\text{tillskott}} \quad (\text{ekv.5})$$

I den här beräkningen tas inte driftselen med då den är svår att separera från verksamhetselen.

$$Q_v = 167 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

$$Q_l = 12,7 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

$$Q_{\text{tvv}} = 35 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

$$Q_{\text{vå}} = Q_v \times 0,7 = 167 \times 0,7 = 117 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

$$Q_{\text{tillskott}} = Q_{\text{pers}} + Q_{\text{bel.app}} + Q_{\text{sol}} = 22,55 + 20,5 + 54 = 97 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

$$Q_{\text{över för 2016}} = 108 - 167 - 12,7 - 35 + 117 + 97 = 107,3 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

Transmissionsförluster, som är en del av överstående förluster, kan beräknas med hjälp av följande ekvation.

$$Q_t = Q_{\text{köldbryggor}} + \sum_j U_j \cdot A_j \quad (\text{W/}^\circ\text{C}) \quad (\text{Ekv. 6})$$

Där  $Q_{\text{köldbryggor}}$  = förlustfaktorn för köldbryggor, W/°C

$U_j$  = U-värde för yta j, W/°Cm<sup>2</sup>

$A_j$  = area för yta j, m<sup>2</sup>

Den här ekvationen använder U-värden för olika beståndsdelar och materialskikt och tar hänsyn till köldbryggor. Metoden har inte utnyttjats i utvärderingen på grund av brist på utförliga materialspecifikationer.

## 4 Resultat och förslag

I följande kapitel diskuteras resultatet från jämförelsen och ges förslag på eventuella åtgärder.

### 4.1 Vad visar resultatet?

I beräkningen blev överstående förluster  $107,3 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ . I energiberäkning 1 beräknades transmissions- och luftläckageförluster sammantaget till  $107 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ . Luftläckaget i utvärderingen i Kap. 3.4.3 blev  $12,7 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ . Utgå ifrån att värdet på transmissionsförlusterna i beräkning 1 är korrekt, så återstår ca  $13 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ , som är svårbestämda. Det kan spekuleras i att det består av bland annat vädringsförluster.

Den beräkning som är gjord på värmetillskott från belysning, apparater och människor är antaganden som är svåra att verifiera. Frågan är om mycket av tillskottet från personer blir en belastning istället för en tillgång, eftersom vädringsbehov ofta uppstår under fredagsbönen och föreläsningar.

Det som sticker ut i utvärderingen jämfört med resultatet från den beräkning som är gjord i projekteringsstadiet är tappvarmvattenanvändningen.

### 4.2 Vad borde man tänka på i planeringsskedet?

Redan i början av planeringen av en byggnad borde energifrågan finnas med och tas hänsyn till i arkitektur och tekniska installationer.

#### 4.2.1 Stora glasytor leder till energiförluster

Moskén hade inte varit samma byggnad utan sina stora glaspartier, det ger ett öppet och ljus intryck. Det gör att moskén får en välkomnande och varm karaktär. En moské med stora glaspartier bjuder på insyn, som kan motverka fördomar.

Dagsljus är viktigt för att man ska må bra och minskar behovet av belysning. I BBR finns krav på hur mkt dagsljus som ska komma in i byggnaden och BBR:s allmänna råd på andel fönsterarea ligger på minst 10 procent av golvarean.

Moskén har en fönsterarea på ca  $280 \text{ m}^2$ , exklusive glastak och entrépartier. Det motsvarar drygt 16 procent av golvarean. Glastaken finns på två ställen i moskén och har en area på  $45 \text{ m}^2$  respektive  $60 \text{ m}^2$ . Fönsterpartierna har ett U-värde på 1.1, vilket får anses bra. Fönster med ned mot 0,8 i U-värde finns på marknaden, kostnaden ökar dock radikalt.

Även om U-värdet för fönster blivit bättre, är det inte på långa vägar lika bra som väggarna i en byggnad. Mycket fönster sänker byggnadens  $U_m$ . Förutom större transmissionsförluster i form av värme under vintern och kyla på sommaren, ökar också solinstrålningen vilket kan ge höga temperaturer och kylbehov. Utsmyckning i form av träaster på bönesalsdelen ger viss solavskärmning, i övriga fall saknas solinstrålningsskydd och temperaturen under glastaken på övervåningen blir hög soliga dagar redan i maj.

Det blir en fråga om arkitektur vs. energi och att rita in solavskärmning redan från början som blir en del av arkitekturen.

#### **4.2.2 Tappvarmvattenbehovet är stort**

De blandare som finns i moskén har flödesbegränsning men rörelsefria blandare kan leda till minskad förlust, hur stor är svårt att säga. När varmvattenanvändningen förväntas bli hög är återvinning av spillvattnet något som bör tittas på i projekteringsstadiet, då installation i senare skede kan bli svårare. Det finns olika alternativ för återvinningens placering och ett bra alternativ verkar vara att sätta den på den gråvattenstam som går från dusch och tvättställen.

#### **4.2.3 Annan utformning**

Arkitektens roll i energieffektiv byggnadsutformning är oersättlig och redan i tidigt skede kan en energiintresserad arkitekt påverka byggnadens framtida energiprestanda. Det är viktigt att arkitekten tar verksamheten som byggnaden är avsedd för i beaktande och ser eventuella energirelaterade problem som uppstår på grund av verksamhetens karaktär.

Moskén är byggd för att rymma över tusen människor, men sex dagar i veckan vistas inte mer än 100–150 människor samtidigt i byggnaden. Ofta är det tomt i stora bönesalen, men ventilationen och golvvärmen fungerar ändå för att upprätthålla den termiska komforten. Det leder till en onödig ökning av energiförbrukning och värmeförluster. Dessa konsekvenser borde förutspått i början av planeringsskedet med kunskapen om byggnadens ändamål och med dagens verktyg för simuleringar och beräkningar.

Byggnadens utrymmen kan delas in i en större och en mindre bönesal. Den större kan användas under fredagsbönen och den mindre resten av veckan. Därigenom minskas behovet av uppvärmning och ventilation i stora salen. Driftkostnader för ventilation och golvvärme kan minska avsevärt med effektiv fördelning av utrymmen. Ett luftbehandlingsaggregat är tillräckligt för att hantera behovet för de människor som besöker moskén sex dagar i veckan.

## 5 Möjliga åtgärder

Energideklaration och OVK bör göras. Inte bara på grund av Boverkets krav utan för att få en teknisk genomgång av byggnaden och professionell konsultation angående energioptimering. Ventilationsbehovet ser kanske annorlunda ut idag än det gjorde 2011, till exempel har personal i moskén berättat att de på fredagar och under ramadan öppnar alla dörrar för att det blir för varmt. Att se över inställningar och styrning på ventilation och värme kanske inte är svaret på energifrågan men kan ge behagligare inomhusklimat.

I den befintliga utformningen utnyttjas inte stora delar av caféet. Det fungerar snarare som en korridor mellan kontorsrum och bönesal. En möjlighet är att designa en mindre bönesal som tar upp delar av den stora entréhallen och cafédelen. Den skulle då fungera solitärt under lördag-torsdag och även under fredagar då behovet av böneplatser är så stort att den stora bönesalen inte räcker till, många tvingas redan nu att hitta en plats på parkettgolvet i entrén och cafésalen.

Moskén har stora glaspartier som bidrar till transmissionsförluster men att byta ut fönster mot bättre är varken ekonomiskt eller miljömässigt försvarbart med tanke på att moskén är relativt nybyggd. Att titta på olika avskärningsalternativ till glaspartierna för att minska kylbehovet är dock ett alternativ.

I dagsläget finns ingen kylning av tilluften och varmvattenanvändningen är hög, om det går att kombinera bergvärme/bergkyla som värmer varmvattnet och kyler tilluften, blir det kanske en försvarbar investering.

Eftersom det åtgår ganska mycket varmvatten borde moskén titta på möjligheten att sätta in beröringsfria blandare. Som tillsammans med snålspolande teknik kan minska vattenanvändningen.

### Bergvärme

Bergvärme har blivit en väldigt populär energikälla senaste åren. Det pumpas uppskattningsvis 11-12 TWh förnybar energi varje år från mer än 400 000 brunnar runt om i Sverige. När man pratar om bergvärme menar man inte att själva berget är en värmekälla, utan det har bara en god förmåga att lagra den värmeenergi som ursprungligen kommer från solen. En fördel med bergvärme är att den kan utnyttjas året runt oavsett årstid och väder. Men det är ett förhållandevis dyrt alternativ. (Björk, 2013)

För att utvinna bergvärme borrar man oftast ett 100–250 m djupt hål och en värmeupptagande kollektor som består av två böjliga nedtill hopfogade plaströr förs ned i hålet. Ett köldmedium cirkulerar i plaströren, tar upp värmen från berggrund och grundvatten och transporterar den till värmepumpen. Köldbärarvätskan som har värmts upp några grader förångas först i förångaren, sedan komprimeras den i kompressorn, vilket leder till att köldmediet hettas upp. Värmen överförs sedan till ett vattensystem som kan vara kopplat till tappvarmvatten, golvvärme eller radiatorer.

Energimyndigheten har testat 10 olika bergvärmepumpar. Bergvärmepumpen Nibe F1255-16 vinner testet för hus med högt energibehov (34300 kWh) och golvvärme genom att spara 27 400 kWh. Den har årsvärmefaktor på 5.0 vilket betyder att den genererar 5 gånger mer energi än den förbrukar. (Energimyndigheten, 2014)

2016 betalade moskén cirka 133 200 kr för 197,5 MWh för energin från fjärrvärmeverket. Ett genomsnittligt pris blir 67 öre per kWh. Medan 72,03 MWh el har kostat 50 484 kr för 2016, vilket betyder att en kilowattimme el kostar 70 öre. Testvinnaren Nibe F1255-16 med årsvärmefaktor på 5,0 förbrukar 5480 kWh el för att spara 27 400 kWh energi. Att driva pumpen kostar då 3836 kr per år och med besparing på 27 400 kWh energi betyder det att man sparar cirka 18 400 kr per år. Värmepumpen kan hjälpa moskén att spara 14 500 kronor varje år. En sådan värmepump med nominella effekten på 16 kW kostar cirka 69 000 kr. Enligt kostnadsguiden.se kostar borrhning av 200 meter hål mellan 50 000 och 70 000 kr. Kostnaden för foderrör förväntas inte vara hög då berggrunden inte ligger djupt vid moskén. Hela bergvärmeinstallationen skulle kosta ca 135 000 kronor. Livslängden för bergvärmepumpar ligger i genomsnitt runt 20 år. Borrhålet och installationer håller sannolikt mer än 60 år. (Björk, 2013) Det visar att bergvärme kan bli lönsam om 9-10 år. Det är värt att titta närmare på möjligheten och konsultera specialisten.

## Solfångare

Solfångartekniken är inte ny i Sverige. När oljepriser gick upp på 70-talet började man satsa på solvärmeanläggningar. Solfångare är ett effektivt sätt att utnyttja solenergin. Uppvämt vatten med hjälp av solfångare lagras i lagringstankar och kan användas för att tillgodose värmebehovet.

Olika typer av solfångare har olika effekt. Det finns huvudsakligen tre typer av solfångare: plana, koncentrerande och vakuumrörsolfångare. Fördelen med vakuumrören är att de har mindre värmeförluster vilket betyder att verkningsgraden är högre. Men de är dyrare än plana solpaneler.

Det finns solfångare som ger upp till 600 kWh värmeenergi per m<sup>2</sup> och år. Men vanliga lätt tillgängliga solfångare brukar ligga strax under 500 kWh per m<sup>2</sup>. Enligt Energimyndighetens rapport (2016) som handlar om uppföljning av utvecklingen för investeringar i solenergi kostar det cirka 87 000 kronor för att installera ett färdigt solvärmesystem som genererar 4632 kWh/år vid 50 grader. För att tredubbla energieffekten behöver man investera cirka 170 000 kronor. Solfångare är ett dyrare alternativ i jämförelse med bergvärme.

## 6 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Det finns ett par slutsatser att dra från den här studien. Man kan i allmänhet säga att energieffektiviseringsprocessen går väldigt långsamt trots att tekniken utvecklas. Detta beror framför allt på att kostnader för energiförbättringar är höga och enskilda små aktörer behöver starka investeringsstimulanser för att tillämpa energismarta lösningar.

Dessutom finns det inga påföljder för dem som inte följer Boverkets regler om energikrav. Det leder till att byggherrar inte tar energikravet på allvar. Det kan också bero på att förvaltaren inte har den kunskap som krävs för att kunna vidta åtgärder. Reglerna bör ändras i detta avseende och ett effektivt system bör upprättas för att kunna följa upp teoretiska beräkningar med verkliga mätningar.

Det var svårt att göra vissa bedömningar gällande byggnadens energiförluster. För att hamna så nära verkligheten som möjligt krävs noggranna beräkningar och tillgång till exakta siffror. Ofta tvingas man att nöja sig med uppskattningar och antaganden. Installation av mätutrustning som möjliggör avläsning av byggnadens verkliga energiförbrukning skulle underlätta det här arbetet. Det skulle också varna byggherren om orsaker till eventuella brister i byggnadens energiprestanda.

Energioptimeringen skall inte behöva göras i efterhand, utan den bör diskuteras redan från början av planeringen. Byggnadens verksamhet har en betydande roll i dess energiprestanda och det är väsentligt att den designas och utformas för den optimala kombinationen av energieffektivitet, funktionalitet och tilltalande utseende. Det är viktigt att funktions – och gestaltungs-lösningar samt materialval styrs av en helhetstanke.

Under arbetets gång har det visat sig att golvvärmen i delar av moskén ej går att stänga av och problemet har pågått i över ett halvår. Ett av ventilationsaggregaten gav helt felaktiga värden, men om det är mer än bara flödesmätarproblem är inte klart i skrivande stund. I tillägg till detta så har hög temperatur på övre plan lösts med separat luftkonditionering. Detta sammantaget ger slutsatsen att en energideklaration tillsammans med framarbetning av en underhållsplan för en korrekt fungerande och injusterad anläggning, bör vara moskéstyrelsens nästa två steg i arbetet för att komma till rätta med energiförbrukningen.

Med den globaliserade världen och religionsfrihet som bakgrundsbild kan slutsatsen dras att behovet av moskéer kommer att öka i framtiden och fler moskéer kommer säkerligen att byggas i Sverige. Därför är det viktigt att byggaktörer får en klarare uppfattning av verksamheten. En moské är en offentlig byggnad som präglas av hög närvaro och särskilda seder och bruk. Den besöks av hundratals människor varje dag, vilket ställer höga krav på komfort och funktionalitet. Mer studier är önskvärt om möjligheterna att bygga en grön, öppen och funktionell moské.

## Källförteckning

Bengtsson, S. (2014). Nya hus klarar inte energikraven. *Byggvärlden*. Hämtad från <http://www.byggvarlden.se/nya-hus-klarar-inte-energikraven-76083/nyhet.html>

Boverket. (BBR. 2008): *Regelsamling för byggande, BBR 2008, Upplaga 1*.  
Boverket. Hämtad från URL <http://www.boverket.se/contentassets/b7aa3b9e97a0408a8f0f7bbeee3c27e5/regelsamling-for-byggande-bbr-2008.pdf>

Energimyndigheten, (2016). *Uppföljning av utvecklingen för investeringar i solenergi* (ER 2016:31). Statens Energimyndighet Hämtad från: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5620>

Boverket. (2015:18) *Behov av bostadsbyggande: Teori och metod samt en analys av behovet av bostäder till 2025*. (Rapport: 2015:18) Boverket  
Hämtad från <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/behov-av-bostadsbyggande.pdf>

Boverket (BEN. 2016). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN 1*, Boverket. Hämtad från URL <https://rinfo.boverket.se/BEN/PDF/BFS2016-12-BEN-1.pdf>

Boverket (BBR 24. 2016). *Konsekvensutredning BBR 24: Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR, avsnitt 9*. Hämtad från URL <http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsekvensutredning-bbr-24.pdf>

Boverket (2017). *Lag och rätt: Äldre lagar, regler och handböcker*. Hämtad från URL <http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/aldre-lagar-regler--handbocker/aldre-lagar-om-planering-och-byggande/>

Bröms, G. & Wahlström, Å. (2008) *Energianvändning i flerbostadshus och lokaler: Idag och i nära framtid* (Elforsk rapport 08:32) Elforsk Hämtad från [http://www.energy-management.se/attachments/documents/38/08\\_32\\_rapport.pdf](http://www.energy-management.se/attachments/documents/38/08_32_rapport.pdf)

Energimyndighet (2015) *Energiläget 2015*. (ET2015:08) Statens Energimyndighet Hämtad från [https://www.energimyndigheten.se/contentassets/50a0c7046ce54aa88e0151796950ba0a/energilaget-2015\\_webb.pdf](https://www.energimyndigheten.se/contentassets/50a0c7046ce54aa88e0151796950ba0a/energilaget-2015_webb.pdf)

Fransson, M. (2014). Dålig energikoll av nya hus. *Byggnadsarbetaren*. Hämtad från URL <http://www.byggnadsarbetaren.se/2014/04/kraver-battre-kontroll-av-hus/>

Holmström, C. (2017). Energianvändning per sektor – utveckling. Ekonomifakta. Hämtad från <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Energianvandning-utveckling/>

Naturvårdsverket (2017). *Miljöarbete i samhället: Sveriges miljömål*. Hämtad från URL <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/>

Naturvårdsverket (2017). *Miljökonventioner: Klimatkonventionen*. Hämtad från URL <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/>

Nykvist, A. Blomsterberg, Å. Granroth, M. Jonsson, R. (2013). Värmeåtervinning ur avloppet. Energi & Miljö, Volym (5). Hämtad från URL <http://www.energi-miljo.se/energi-miljo/varmeatervinning-ur-avloppet>

Nykvist, A. (2012). *Värmeåtervinning ur spillvatten i befintliga flerbostadshus*. (Examensarbete i installationsteknik, KTH, Arkitektur och samhällsbyggnad) Hämtad från URL [http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2013/10/Varmeatervinning\\_ur\\_spillvatten.pdf](http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2013/10/Varmeatervinning_ur_spillvatten.pdf)

SFS 2006:985. *Lag om energideklaration för byggnader*. Hämtad från URL [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006985-om-energideklaration-for\\_sfs-2006-985](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006985-om-energideklaration-for_sfs-2006-985)

SvenskFjärrvärme. (2017). *Om Fjärrvärme*. Hämtad från URL <http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/>

Petersson, B. (2013). *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

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

## Bilaga 1 - BBR Förklaringslista

Regelsamling för byggande, BBR 2008

Del 2, Boverkets byggregler, BBR

9 Energihushållning

9:1 Allmänt

### 9:12 Definitioner

*Byggnadens energianvändning:*

Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar etc.) och övrig fastighetsel.

*Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient  $U_m$ :*

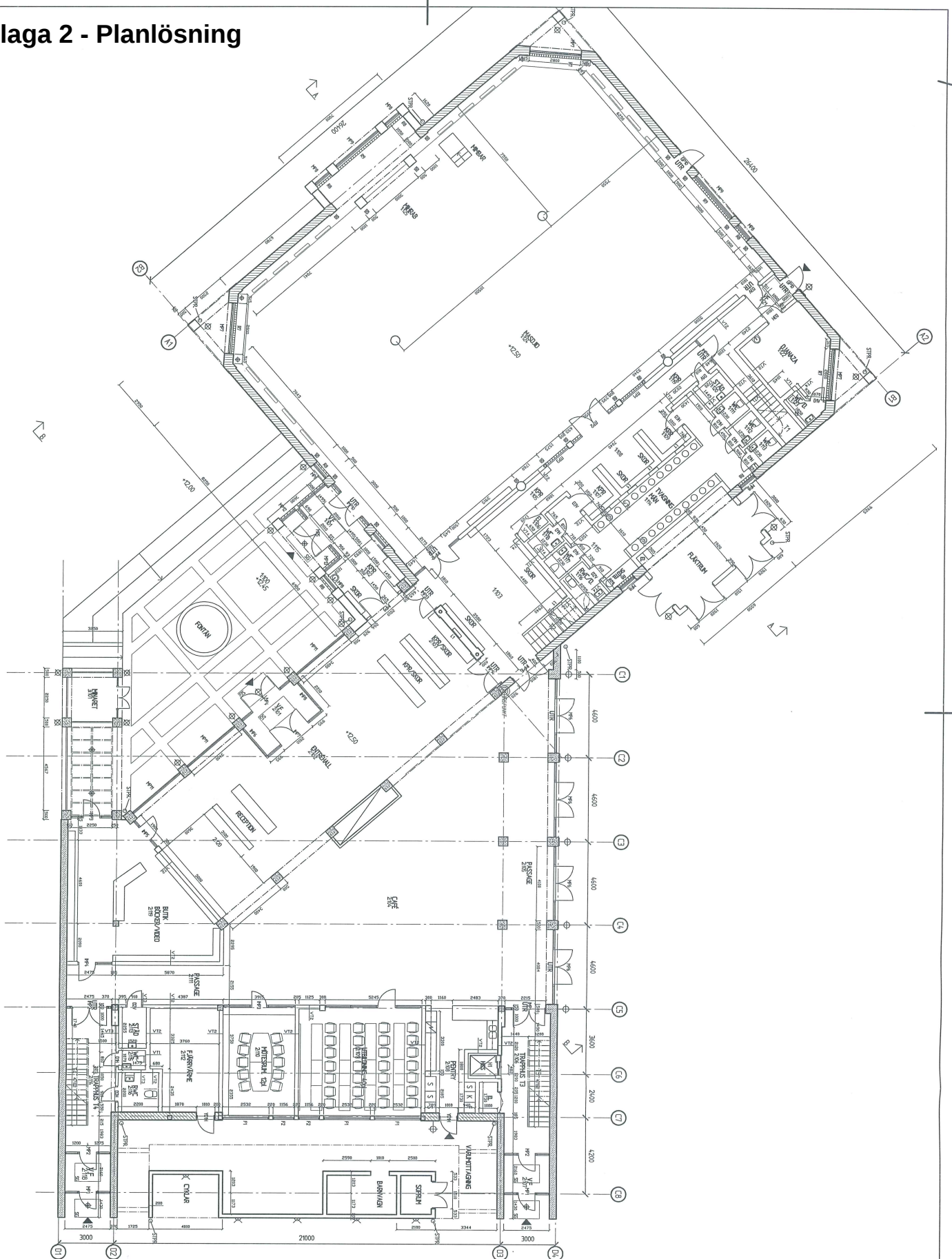
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor ( $W/m^2K$ ) bestämd enligt prEN ISO 13789 och SS 02 42 30 samt beräknad enligt nedanstående formel,

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \Psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j)}{A_{om}}$$

där

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U_i$    | Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i ( $W/m^2K$ ).                                                                                                                                                                                                      |
| $A_i$    | Arealen för byggnadsdelens i yta mot uppvärmd inneluft ( $m^2$ ). För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas $A_i$ med karmyttermått.                                                                                                                      |
| $\Psi_k$ | Värmegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan k ( $W/mK$ ).                                                                                                                                                                                          |
| $l_k$    | Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan k (m).                                                                                                                                                                                                 |
| $\chi_j$ | Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j ( $W/K$ ).                                                                                                                                                                                      |
| $A_{om}$ | Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft ( $m^2$ ). Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen. |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_f$ :                             | Sammanlagd area för fönster, dörrar, portar och dylikt ( $m^2$ ), beräknad med karmyttermått.                                                                                                                                   |
| $A_{temp}$ :                        | Golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedd att värmas till mer än 10 °C begränsade av klimatskärmens insida ( $m^2$ ).                                                                                                     |
| <i>Hushållsel</i> :                 | Den el (eller annan energi) som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändningen för spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner samt belysning, datorer, TV och annan hemelektronik och dylikt.               |
| <i>Innetemperatur</i> :             | Den temperatur som avses hållas när byggnaden brukas.                                                                                                                                                                           |
| <i>Klimatzon norr</i> :             | Norrbottnens län, Västerbottens län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län.                                                                                                        |
| <i>Klimatzon söder</i> :            | Övriga län än klimatzon norr.                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Normalårskorriger</i> ing:       | Korrigering av byggnadens uppmätta energianvändning utifrån skillnaden mellan klimatet på orten under ett normalår och det verkliga klimatet under den period då byggnadens energianvändning verifieras.                        |
| <i>Specifik fläkteffekt (SFP)</i> : | Summan av eleffekten för samtliga fläktar som ingår i byggnadens ventilationssystem dividerat med det största tilluftsflödet eller frånluftsflödet, $kW/(m^3/s)$ .                                                              |
| <i>Utetemperatur</i> :              | Den temperatur som är representativ för orten där byggnaden uppförs.                                                                                                                                                            |
| <i>Verksamhetsel</i> :              | Den el (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt. |
| <i>(BFS 2006:12).</i>               |                                                                                                                                                                                                                                 |



- ERKENNUNG**
- ☒ INFLU-IP-LEFT I MARK
  - ☐ INFLU-IP-LEFT I GOLV
  - WM WK/VGGS
  - MAERKLATOR AN BETONG
  - o STUENR
  - TEKUMITTA
  - KLINER
  - TRAGOLV
  - UTV. KOSOLU FASZIKANTIER
  - ✕ FASTFASZIKANTUR P1 MAR
  - FASTA FASZIKANTURTER
  - ✕ XL-VGGS
  - SM-VGGS
  - FLARE

|                     |     |         |       |      |     |
|---------------------|-----|---------|-------|------|-----|
| BET                 | ART | INDEXED | ANSER | DATA | SGN |
| GRANSKNINGSHANDLING |     |         |       |      |     |

151-012 GÖTEBORGS MOSKÉ

NYBYGKNAD

BRÄMAREGÅRDEN 5:1 – 5:5

**B** SVERIGES MUSLIMSKA STIFTELSE (GEN  
Box 101 06, 400 70 Göteborg  
0707

PL AF BYGG GÖTEBORG AB  
Thecette Stationsväg 2, 417 55 GÖTEB.  
031-

**MARTENSSON & HAKANSSON**  
189, Tegsölan 18, 41655 Göteborg  
031-

|    |                                   |      |
|----|-----------------------------------|------|
| A  | ARKERISUDION AB                   | 031- |
| 17 | Gröndalsgatan 11B, 41114 Göteborg |      |
|    | FIAR GÖTEBORG                     |      |

|   |                               |      |
|---|-------------------------------|------|
| K | ENG VOIEBURG                  | 031- |
| E | C.A. Rosenzweig, 19, 421 31 W |      |
|   | EMIL LUNDGREN                 |      |

|   |                                 |                                       |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| E | ENTRADA                         | Medellan 2. Box 8019. 402 77 GEO 031- |
| V | VENTILATIONSTEKNIK I KUNGSBACKA |                                       |

|     |                                 |      |
|-----|---------------------------------|------|
| V   | Montehermosa SA, 43442 Kunoščak | 0200 |
| V/S | NVS INSTALLATIONS AB            |      |

|   |                           |      |
|---|---------------------------|------|
| V | Bote 273, 40277 Göttingen | 010- |
| M | ASFALTTJÄNST AB           |      |

|         |                                               |    |
|---------|-----------------------------------------------|----|
| IV      | Oreolu Industria 27, 42336 Melazzo Koro 031-2 |    |
| OPNG NR | PIA/KONSTR AV                                 | HA |

|        |             |   |
|--------|-------------|---|
| 01-012 | A. Mellberg | B |
|--------|-------------|---|

|            |        |                 |
|------------|--------|-----------------|
| 2010-05-05 | ANSVAR | Björn Sahlqvist |
|------------|--------|-----------------|

+12 50

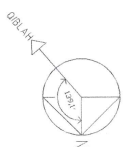
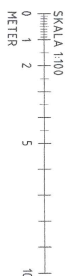
NIKE TRAINING, 712, 700  
OSKÉBYGNAN

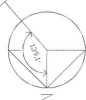
ORIGINAL

|  |      |  |
|--|------|--|
|  | WEEK |  |
|--|------|--|

A305.10

|     |         |
|-----|---------|
| 100 | ACUJ.10 |
|-----|---------|

[illegible]

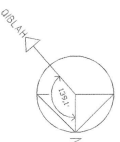
BYGGHAND

NYBYGKNAD

|            |          |
|------------|----------|
| DATAUM     | ANGABUNG |
| 2010-07-09 | Martin E |

MOSKÉBYGKNAD

|       |      |
|-------|------|
| 1:100 | V57: |
|-------|------|

[illegible]

Göteborgs moské  
Brämaregården 5:1 – 5:5

ENERGIANALYS

BEDÖMNING AV BYGGNADENS  
ENERGIANVÄNDNING

Energianalysen är utförd i projekteringsskedet

Uppdragsnummer 210028  
Göteborg den 11 juni 2010

Uppdragsledare:  
Martin Ek

Energianalysen utförd av:  
Sven Edvinsson

### Sammanfattning

Göteborgs moské har en uppvärmd yta på ca 1700m<sup>2</sup>. Byggnaden kommer värmas med fjärrvärme. Ventilationen består av två luftbehandlingsaggregat med roterande värmeväxlare.

Byggnadens specifika energianvändning är 87kWh/m<sup>2</sup>,år, kravet enligt BBR 16 är 146kWh/m<sup>2</sup>,år.

### 1.1. Nyckeltal

|                |                                                               | Förutsättning<br>BBR 16 | Resultat<br>byggnad<br>(1)+(2)+(3) |                        |
|----------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Energi         | Byggnadens <u>specifika</u> energianvändning <sup>a)</sup>    | 146                     | 87                                 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
|                | Byggnadens <u>faktiska</u> energianvändning <sup>b)</sup>     |                         | 353                                | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
|                | Byggnadens <u>totala</u> energianvändning <sup>a)</sup>       |                         | 149                                | MWh/år                 |
| U <sup>E</sup> | Genomsnittlig<br>värmegenomgångskoefficient, U <sub>m</sub>   |                         | 0,311                              | W/m <sup>2</sup> ,K    |
| σ              | Genomsnittligt specifikt uteluftsflöde,<br>q <sub>medel</sub> |                         | 1,67                               | l/s,m <sup>2</sup>     |

<sup>a)</sup>Köpt energi.

<sup>b)</sup>Bruttoanvändning.

## Förutsättningar

### 2.1. Ytor

|                                                    |      |       |
|----------------------------------------------------|------|-------|
| Beräkningarna är utförda med en $A_{temp}$ -yta om | 1710 | $m^2$ |
|----------------------------------------------------|------|-------|

### 2.2. Inomhustemperatur

|                                                              |    |             |
|--------------------------------------------------------------|----|-------------|
| Beräkningarna är utförda vid en antagen inomhustemperatur på | 21 | $^{\circ}C$ |
|--------------------------------------------------------------|----|-------------|

### 2.3. Projekterade U-värden som används i beräkningarna

| Byggnadsdel                   | U-värde |            |
|-------------------------------|---------|------------|
| Platta på mark, yttre randzon | 0,18    | $W/m^2, K$ |
| Platta på mark, inre randzon  | 0,13    | $W/m^2, K$ |
| Yttervägg - XL-vägg           | 0,20    | $W/m^2, K$ |
| Yttervägg - SW-vägg           | 0,21    | $W/m^2, K$ |
| Yttertak - HDF                | 0,26    | $W/m^2, K$ |
| Yttertak - Kupol              | 0,18    | $W/m^2, K$ |
| Fönster*                      | 1,3     | $W/m^2, K$ |
| Dörrar                        | 2,0     | $W/m^2, K$ |
| Glastak                       | 1,3     | $W/m^2, K$ |

|                                                  |       |            |
|--------------------------------------------------|-------|------------|
| $U_m$ (genomsnittlig värmegenomgångskoefficient) | 0,311 | $W/m^2, K$ |
|--------------------------------------------------|-------|------------|

|                                             |    |   |
|---------------------------------------------|----|---|
| *Andel fönsteryta (fönsteryta/ $A_{temp}$ ) | 14 | % |
|---------------------------------------------|----|---|

### 2.3. Täthetskrav som används i beräkningarna

|                                                            |     |            |
|------------------------------------------------------------|-----|------------|
| Antaget genomsnittligt luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad | 0,9 | $l/s, m^2$ |
|------------------------------------------------------------|-----|------------|

## 2.5. Värmeproduktion och värmesystem

Byggnaden försörjs med fjärrvärme från Göteborg Energi. Separata värmeväxlare för varmvattenproduktion och värmesystem installeras. Huset värms i sin helhet med golvvärme samt konvektorer via ett vattenburet värmesystem. Huvudentréer förses med luftridåvärmare. Värmevatten försörjer också värmebatterier i två ventilationsaggregat. Varmvattencirkulation installeras.

## 2.6. Luftbehandlingssystem

Byggnaden förses med två ventilationsaggregat av typen FTX, från- och tilluftsaggregat med återvinning. Luftbehandlingsaggregaten har uteluft/avluft via takhuvar och galler i fasad. Luftbehandlingsaggregat LA1 försörjer bönesalen via deplacerade ventilation i golv. Frånluft evakueras via centralt frånluftsgaller vid tak på balkong. LA1 förser också våtgrupper och tillhörande utrymmen i anslutning till bönesalen med både från- och tilluft. LA2 förser cafédelen/samling med tilluft via deplacerande väggdon. Evakuering sker via central frånluft på våning två. LA2 betjänar även utbildningssalar med möjlighet till forcering samt kontor.

LA1 - Min. flöde 300l/s, Mån-Tors, Lör-Sön: 12h/dag. Övrig tid: avstängt

LA1 - Forceringsflöde 2500l/s, Fre: 12h/dag. Övrig tid: avstängt

LA2 - Luftflöde 2550l/s, Mån-Sön: 12h/dag. Övrig tid: avstängt

Luftbehandlingsanläggningens drifttider har stor inverkan på den specifika energianvändningen. I beräkningen är antaget att anläggningen är avstängd nattetid.

|              | SFP-tal                    | Verkn.grad VVX |
|--------------|----------------------------|----------------|
| LA1 minflöde | kW/(m <sup>3</sup> /s)     | -              |
| LA1 maxflöde | 1,8 kW/(m <sup>3</sup> /s) | 80             |
| LA2          | 1,8 kW/(m <sup>3</sup> /s) | 80             |

## 2.7. Nyttjande- och drifttider för värme, luftbehandling, belysning m.m.

|                |      |      |
|----------------|------|------|
| Värme          | 7200 | h/år |
| Luftbehandling | 4380 | h/år |
| Belysning      | 4380 | h/år |
| Datorer        | 4380 | h/år |

## 2.8. Beräkningsprogram

Energianvändningen för uppvärmning av byggnaden samt uppvärmning av ventilationsluften är uträknat med beräkningsprogrammet **VIP Energy**

## 2.9. Säkerhetsmarginal

Beräkningarna är utförda utan säkerhetsmarginal.

## Energianvändning

### 3.1. Användning av värmeenergi

#### 3.1.1. Värmeenergibehov

##### Objekt

|                                       |     |                        |
|---------------------------------------|-----|------------------------|
| Transmission och luftläckage          | 107 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Luftbehandling exkl. värmeåtervinning | 205 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Tappvarmvatten                        | 9   | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Summa värmeenergibehov (1)            | 321 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |

#### 3.1.2. Återvunnen energi (anges som negativa tal)

##### Objekt

|                                         |      |                        |
|-----------------------------------------|------|------------------------|
| Utnyttjad energi från internlaster      | -48  | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Utnyttjad energi från solinstrålning    | -54  | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Återvunnen energi från värmeåtervinning | -164 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Summa återvunnen energi (2)             | -266 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |

### 3.2. Användning av elenergi

#### 3.2.1. Användning av fastighetsenergi

##### Objekt

|                            |    |                        |
|----------------------------|----|------------------------|
| Fläktar                    | 29 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Cirkulationspumpar         | 3  | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Summa fastighetsenergi (3) | 32 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |

#### 3.2.2. Användning av verksamhetsenergi (hushållsenergi)

##### Objekt

|                                              |    |                        |
|----------------------------------------------|----|------------------------|
| Belysning                                    | 39 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Pentry                                       | 2  | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Ytterbelysning                               | 5  | kWh/m <sup>2</sup> ,år |
| Summa verksamhetsenergi (hushållsenergi) (4) | 46 | kWh/m <sup>2</sup> ,år |