

Energiutvärdering och effektivisering av integrerad luftsfångare i balkong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i Maskinteknik

DAVID JOHANSSON
ELIAS OLSSON

Institutionen för Tillämpad mekanik
Avdelningen för förbränning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011
Examensarbete 2011:05

EXAMENSARBETE 2011:05

Energiutvärdering och effektivisering av integrerad luftsolångare i balkong

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet i maskinteknik

DAVID JOHANSSON

ELIAS OLSSON

Institutionen för Tillämpad mekanik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Energiutvärdering och effektivisering av integrerad luftolfångare i balkong
Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet i maskinteknik
DAVID JOHANSSON
ELIAS OLSSON

© DAVID JOHANSSON & ELIAS OLSSON, 2011

Examensarbete 2011 ISSN 1652-9901
Institutionen för Tillämpad mekanik
Avdelningen för avdelningsnamn
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Tryckeri /Institutionen för Tillämpad mekanik
Göteborg, Sverige 2011

Förord

Denna rapport är ett examensarbete genomfört av två studenter på Chalmers Tekniska Högskola i samarbete med Balco AB i Växjö. Vi som författat rapporten läser båda sista året på vår treåriga utbildning till högskoleingenjörer i maskinteknik. Examensarbetet, som startade i januari 2011 och avslutades i början av juni 2011, omfattade 15 hp och cirka 15 veckors arbete.

Vi vill tacka Balco AB och vår företagshandledare Per Carlsson som har gjort detta projekt möjligt. Vidare vill vi även tacka vår handledare på Chalmers, Karin Munch, som ställt upp med handledning och råd.



Sammanfattning

Balkongföretaget Balco AB i Växjö har tagit fram ett energibalkongkoncept, vilket innefattar en luftsolfångare som ska bidra till förbättrad uppvärmningsekonomi för fastigheter.

Projektets mål att utvärdera och förbättra den tidigare nämnda luftsolfångarens prestanda genom att se över parametrar såsom materialval, luftflöde och fläktar med tillhörande solceller. Då företaget bedriver sin verksamhet i Växjö har det blivit mycket arbete på distans i Göteborg detta har dock inte varit någon större nackdel då mycket av den research som gjorts inte kräver någon närhet till produkten.

Projektet började med teoretiska studier om luftsolfångare i allmänhet för att skapa klarhet i vilka parametrar som bör beaktas vid prestandaeffektivisering. Material med lämpliga egenskaper har studerats och jämförts med befintliga produktens material. Solfångaren innehöll från början tre stycken fläktar som drevs av externt placerade solceller. Substitut till detta fläktsystem har undersökts och resulterade i en ny fläkttyp vars solpanel kan placeras inuti luftsolfångaren. Undersökningarna av alternativa material resulterade i att det nuvarande materialet ansågs godkänt vilket delvis berodde på dess estetiska fördelar.

För att kunna få bra jämförelser mellan de olika komponentalternativen togs fyra olika prototyper fram. På tre av dessa genomfördes mätningar som visade hur bra systemen fungerade i praktiken. Problemet med att få jämförbara mätningar löstes genom att de nya prototyperna placerades intill den nuvarande lösningen som användes som en referens under de mätningar som genomfördes. Under testerna så mättes bland annat luftflödet, medeltemperatur och temperaturdifferensen mellan luftens inlopp och utlopp i luftsolfångaren.

Testerna visade att de prototyper som tagits fram är effektivare än dagens lösning. Parametrarna fläktantal och spaltbredd modifierades och gav de slutliga temperaturförbättringarna. Balco rekommenderas att fortsätta utveckla kombinationer utav fläktantal och spaltbredd samt göra mätningar på dessa för att hitta en ännu effektivare lösning.

Summary

The balcony company Balco AB in Växjö has developed an energy balcony concept. This system includes an air collector that will contribute to reduce heating costs for the house where the balcony is placed. The project's purpose is to evaluate and improve the performance of this air collector by studying factors such as material, air flow, fans and solar cells.

Although the company operates in Växjö, much of the work regarding this concept has been done off site in Gothenburg. This however has not been a major problem since much of the research that has been done did not require access to the product.

The project began with theoretical studies about air collectors in general to clarify the factors that should be considered in performance optimization. Materials with suitable properties have been studied and compared with the materials in the existing air collector. Originally the air collector contained three fans powered by solar cells located externally. Substitutions of this fan system have been investigated and resulted in a new type of fan with internal placed solar cells. Investigations of alternative materials resulted in that the material in the present air collector was approved, which partly depended on its aesthetics benefits.

To get good comparisons between the different component options four prototypes were developed. Three prototypes were tested and compared with the theoretical results. The problem of getting comparable measurements was solved by placing the new prototypes next to the current design, which was used as a reference during the tests. Examples of some factors measured were the air flow, average temperature and the temperature difference between the air inlet and outlet of the air collector.

The tests showed that the developed prototypes are more efficient than today's solution. Fan numbers and gap size were modified and gave the final results. Balco is recommended to continue developing combinations of the fan numbers and gap size and make measurements on them to find a more effective solution.

Innehållsförteckning

BETECKNINGAR.....	1
1 INLEDNING.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte.....	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen.....	2
1.5 Beskrivning av befintlig produkt.....	3
2 TEORETISK REFERENSRAM.....	4
2.1 Luftolfångare.....	4
2.2 Absorption	5
2.3 Emission	5
2.4 Transmission.....	6
2.5 Reflektion	6
2.6 Värmeövergång (konvektion, strålning och ledning).....	6
2.7 Solcellsdrivna fläktar	7
2.8 Beräkningsformler	7
2.9 Rekommenderad luftomsättning med ventilation.....	8
3 METOD.....	9
3.1 Teoretisk studie.....	9
3.2 Datainsamling om befintlig produkt.....	9
3.3 Teoretiska beräkningar	9
3.4 Mätningar på prototyp	10
4 ABSORPTIONSPÅVERKANDE MATERIAL.....	12
4.1 Material i befintlig produkt.....	12
4.2 Jämförelse med andra absorptionsmaterial.....	12

4.3 Slutsats om alternativa material.....	13
5 FLÄKTAR MED SOLCELLER.....	14
6 UPPBYGGNAD AV PROTOTYPER.....	15
6.1 Prototyp 1	16
6.2 Prototyp 2	18
6.3 Prototyp 3	19
6.4 Prototyp 4	20
7 ANALYS AV TESTER.....	21
7.1 Analys av dagens temperaturmätningar	21
7.2 Analys av mätningar på prototyper	22
7.2.1 Analys av mätningar på prototyp 1	22
7.2.2 Analys av mätningar på prototyp 2.....	23
7.2.3 Analys av mätningar på prototyp 3.....	24
7.2.4 Analys av mätningar på prototyp 4.....	25
7.2.5 Analys av mätningar på vidareutveckling av prototyp 1 och 3.....	25
8 SLUTSATS	27
REFERENSER.....	28
BILAGOR.....	29

BETECKNINGAR

η_o = optiska verkningsgraden för luftsolångaren

τ = främre glasets transmittans

α = bakre materialets absorptionsförmåga

ϵ = anger hur mycket infrarödstrålning materialet emitterar

A = solångarens yta [m^2]

V = luftvolymen inuti luftsolångaren [m^3]

T_{ute} = utelufttemperaturen [$^{\circ}C$]

\dot{m} = luftflöde [m^3/h]

n = antal fläktar

\dot{m}_F = totalt luftflöde för n stycken fläktar [$m^3/h/m^2$]

ρ = densiteten för luft [kg/m^3]

C_p = värmekapacitet för luft [$kJ/kg \cdot K$]

L = solångarens längd [m]

b = bredden på solångaren [m]

h = höjden på solångaren [m]

z = luftutbytet per timme

$T_{medel ventil}$ = medeltemperaturen i fastighetens luftintag för referensprototyp [$^{\circ}C$]

ΔT = temperaturdifferensen mellan luftens inlopp och utlopp i luftsolångaren [$^{\circ}C$]

ΔT_{max} = största temperaturdifferensen mellan luftens inlopp och utlopp i luftsolångaren [$^{\circ}C$]

v_1 = lufthastigheten ut ur solångare [m/s]

\dot{Q} = maxeffekt för solångaren [W]

1 INLEDNING

Nedan beskrivs en inledande bakgrund till projektet, problemställningen och beskrivning av den befintliga produkten.

1.1 Bakgrund

Balco AB är ett marknadsledande företag inom tillverkning och utveckling av balkongsystem. De har idag 160 anställda och omsätter 540 miljoner (2009/2010). Balco har sin huvudsakliga tillverkning och utveckling i Växjö. Förutom sin verksamhet i Sverige har Balco även bolag i exempelvis Norge, Tyskland och England.

Då det redan är känt att inglasade balkonger sparar energi och då energieffektiva system blir alltmer efterfrågade så har Balco bestämt sig för att utveckla ett helt nytt inglasningssystem. Det nya systemet ska med hjälp av en integrerad luftsolfångare spara ännu mer energi genom att tilluften till fastigheten värms upp. De har idag tagit fram en prototyp och genomför nu mätningar och tester för att se hur energieffektivt det nya systemet är jämfört med det gamla. De behöver nu hjälp att se över systemet och effektivisera det.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att utvärdera och föreslå förbättring av den luftsolfångare som ingår i deras inglasningssystem. Det är av stort intresse att öka energieffektiviteten men samtidigt hålla tillverkningskostnaderna nere.

Balco är idag även intresserade av att få solcellerna placerade på samma ramp som fläktarna sitter på, det vill säga innanför det främre glaset.

1.3 Avgränsningar

Projektet kommer endast behandla den integrerade luftsolfångaren och inte balkongsystemet i sin helhet. Förluster genom konvektion, ledning och strålning kommer inte beaktas. Jämförelser med andra typer av solfångare kommer inte att genomföras.

Då luftsolfångarens placering kommer att variera med balkongens placering på fastigheten och är en del av inglasningssystemet så kommer inte solinstrålningens vinkel för absorbatoren att beaktas. Projektet kommer inte behandla produktens ram och dess konstruktion.

1.4 Precisering av frågeställningen

Nedan följer tre frågor som projektet ska ge svar på.

- Är dagens luftflöde rimligt?
- Använder de idag rätt fläktmodell och rätt antal fläktar?
- Finns det mer lämpliga material för en luftsolfångare än dagens?

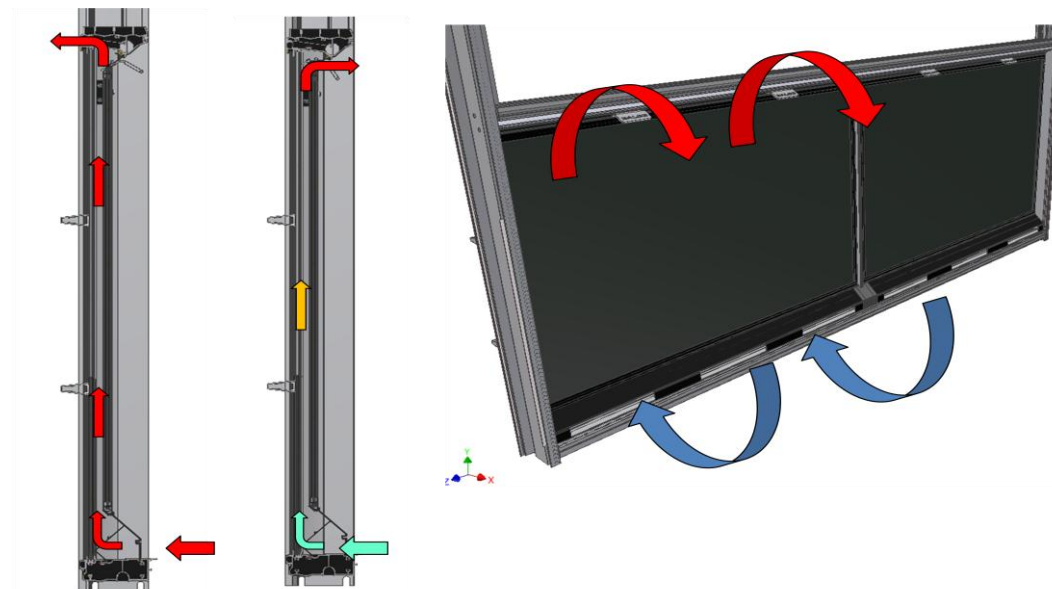
1.5 Beskrivning av befintlig produkt

Som tidigare nämnts har Balco tagit fram en prototyp av deras nya inglasningssystem med en integrerad luftsolångare. Luftsolångaren är placerad i den nedre delen av det tvådelade inglasningssystemet och är 2500 mm*1000 mm stor. Energibröstningen, det vill säga luftsolångaren, består av två parallellt placerade glasskivor varav den bakre är ett svartvalsat energiglas medans den främre är ett vanligt transparent glas. Det svartvalsade glaset har till uppgift att absorbera den instrålade solenergin som sedan avges i form utav värmeenergi till luften i spalten mellan glasskivorna.

Absorptionsplattan består utav två svartvalsade glas med tjockleken sex mm som är placerade 26,6 mm bakom det främre glaset. De svartvalsade glasen är av typen optifloat grey och det främre glaset är av modellen optiwhite, som är ett härdat lamellglas med tjockleken 6,64 mm. De levereras båda av Balcos glasleverantör GFAB. Glasen omsluts och hålls på plats av en ramkonstruktion bestående av aluminiumprofiler.

Längst upp i luftkanalen ovanpå absorptionsplattan sitter ett spjäll monterat. Detta spjäll kan ställas så att man antingen tar in den uppvärmda luften på balkongen, eller om det är varmt på balkongen så kan man välja att ställa om spjället så att den varma luften blåses ut, se figur 1.1. Det som får luften att flöda är tre stycken 12-volts fläktar som sitter monterade på en vinklad ramp längst ner i bröstningen . Fläktarnas diameter är 70 mm och har ett luftflöde på 41 m³/h. De drivs av solceller som startar fläktarna så fort de uppnår en spänning på åtta volt. Solcellerna sitter placerade under det främre glaset på utsidan av balkongen.

Produktens främsta syfte är att minska uppvärmningskostnaderna för den fastighet som balkongen sitter monterad på. Då luftintag till bostaden ofta sitter placerade inuti balkongen så eftersträvar man att höja fastighetens inluftstemperatur med hjälp av luftsolångaren som värmer upp luften på balkongen. Det är främst under höst- och vårsäsong, då utetemperaturen är låg men solinstrålningen hög som produkten är som mest effektiv och kan hjälpa till att hålla uppvärmningskostnaderna nere.



Figur 1.1 övergripande beskrivning av produktens huvudfunktion

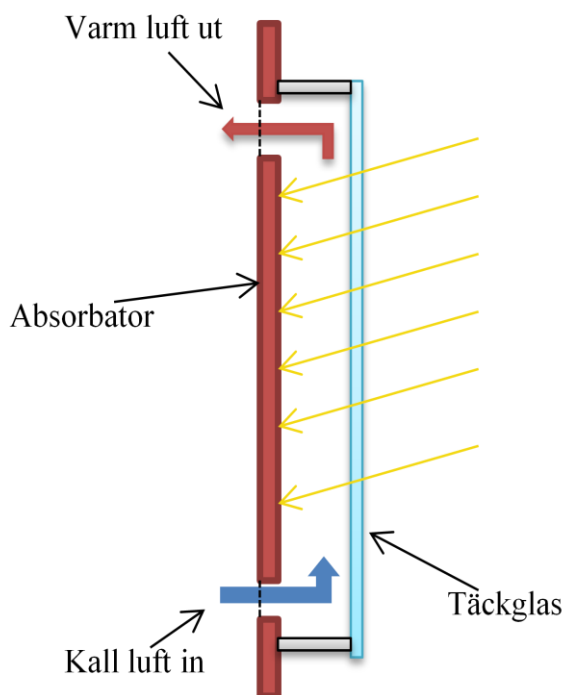
2 TEORETISK REFERENS RAM

För att kunna få förståelse i projektet görs nedan en beskrivning av den teori som berör projektet. Inledningsvis så beskrivs allmänt om luftsolångare och sedan beskrivs verkningsgradsparametrar, beräkningar, absorbator, fläktar med solceller samt luftomsättning.

2.1 Luftsolångare

En luftsolångare är ett system där man absorberar solstrålningsenergi och överför denna till en luftvärmebärare i form utav termisk energi (Ehnström 1993). Luftvärmebäraren blir då varmare och kan användas till att värma exempelvis en pool eller ett uterum (7).

I de enklaste konstruktionerna av en luftsolångare så används ett insläppsglas och ett absorberande material som är parallellt monterade så att det bildas en luftspalt mellan dem. Glasen omsluts av en ramkonstruktion som medför att luften endast har ett tillflöde och ett utflöde. Så när solen strålar igenom det främre glasets så absorberas solstrålarna av den så kallade absorbatorn som i sin tur värmer upp luften i luftspalten, se figur 2.1. För skapa ett luftflöde används ofta en fläkt som med fördel drivs av solceller, vilket medför ett oberoende av extern strömtillförsel.



Figur 2.1 Beskrivande bild av en luftsolångares funktion

Verkningsgradsparametrar

För att veta vad som påverkar hur effektiv en luftsofångare är så bör man undersöka dess verkningsgradsparametrar. Hans Johnsson och Staffan Stillesjö har genomfört en studie på luftsofångare där de fick fram att de nedanstående parametrarna är de viktigaste för verkningsgraden:

- Ökat massflöde ger ökad verkningsgrad
- Ökad lufthastighet ger högre verkningsgrad
- Minskad luftspalt ger högre verkningsgrad
- Ökad lufthastighet ger ökat tryckfall
- Solinstrålningen påverkar inte verkningsgraden
- Förändring av utetemperaturen påverkar inte verkningsgraden

Absorbator

Luftsofångarens kanske viktigaste komponent är absorbatorn, det vill säga den komponent som har till uppgift att absorbera solenergin och överföra den till luften.

Fyra parametrar som man bör känna till för absorbatorn är dess absorption, emission, transmission, reflektion och dess värmeövergång.

2.2 Absorption

Det som gör att en yta blir varm är att infraröd strålning absorberas, det vill säga upptas av materialet och värms upp. Absorptionsförmågan påverkas även av materialets ytfärg, vilket innebär att mörka ytor absorberar mer än ljusa och blanka ytor. En absorbator ska ha så hög absorptionsförmåga som möjligt och detta för att dess yta ska bli så varm som möjligt.

Absorptansen är enhetslöst och anges ofta i procent (12).

I nedanstående tabell anges exempel på olika material och färgers ungefärliga absorptans.

Tabell 2.1 Beskrivning av olika material och färgers absorptans (5)

Material/färg	Absorptans α
Aluminium	0,09-0,10
Polerad koppar	0,35
Järn	0,44
Vit färg	0,12-0,18
Svart färg	0,98

2.3 Emission

Emission är ett mått på hur mycket infrarödstrålning som ett material emitterar (sänder ut). Den högsta emissionsfaktor som finns är $\epsilon=1$, vilket är fallet när man har en idealt svart kropp (uppnås dock aldrig i praktiken). Saker som påverkar ϵ är materialet, dess ytstruktur och objektets temperatur(12).

I nedanstående tabell anges exempel på olika materials ungefärliga emittans.

Tabell 2.2 Beskrivning av olika materials emittans

Materialyta	Emittans ϵ
Glas	0,94
Papper, trä	0,80–0,90
Galvanisering	0,20–0,30
Blankt aluminium	0,05–0,08
Blanka metaller	0,04–0,05

2.4 Transmission

Transmission anger hur mycket infraröd strålning som ett material transmittar (släpper igenom). Parametrar som påverkar τ är materialets typ och dess tjocklek. Luftsolfångarens främre glasskiva bör ha hög transmittans, det vill säga hög förmåga att släppa igenom solenergin som absorbatoren sedan ska omvandla till värme, medan den bakre bör ha så låg som möjligt (12).

2.5 Reflektion

Med reflektion menas hur mycket ett material reflekterar infraröd strålning. Graden av reflektion beror på ytans egenskaper, temperatur och material typ. Då man i en solfångare vill tillgodogöra sig så mycket strålningsenergi som möjligt så bör man ha ett material med låg reflektion.

2.6 Värmeövergång (konvektion, strålning och ledning)

Konvektion är värmeövergång från en kropp, vätska eller gas till en annan kropp, gas eller vätska. Ju mer en fluid strömmar desto större blir värmeöverföringen. Man brukar skilja mellan två olika typer av konvektion, naturlig och påtvingad. Den sistnämnda innebär att man påtvingar ett flöde genom exempelvis en pump eller fläkt (Çengel 2008). Konvektion anges i W/m^2K .

För att få en uppfattning om hur stor roll fluidens rörelse påverkar värmeöverföringen när man använder luft som överföringsmedium så följer här några exempel:

- Luftrörelse $< 0,2$ m/s, ca $3,6 W/m^2K$
- Luftrörelse $3,4$ m/s, ca $19 W/m^2K$
- Luftrörelse 10 m/s, ca $45 W/m^2K$

Värme överförs även genom ledning (konduktivitet), vilket innebär att värmeenergi transporteras mellan närliggande partiklar. Energitransporten sker alltid från en varmare till en kallare partikel (14). Ledningsförmågan i glas är ca $1,0 W/m^2K$ och ledningsförmågan i luft ca $0,025 W/m^2K$.

Ett tredje sätt att överföra värme är genom strålning, som är värmeavgivning genom osynligt ljus som absorberas när det träffar ett annat material. Ett materials värmeövergång genom

strålning beror bland annat på dess emittans. Ett vanligt glas med emissionsvärde runt 0,85 ger en värmeövergång på ca 4,4 W/m²K medan ett lågemissionsglas med emissionsvärde runt 0,05 har en värmeöverföring på ca 2,0 W/m²K (6).

2.7 Solcellsdrivna fläktar

Det finns olika typer av fläktar för att skapa ett luftflöde i en luftsolfångare. Antingen så kan man välja att ha fläktar som drivs med ström från elnätet eller så kan man välja solcellsdrift. Det finns både växelströms och likströmsdrivna fläktar, men ska de drivas av solceller så begränsas man till likström då solceller endast genererar detta. En nackdel med mindre solcellsdrivna fläktar (5-15W) är att de under belastning inte ger jämn ström och är mer väderkänsliga (11). En annan sak som bör beaktas vid val av solcellsdrift är att även vid lätt molnighet så ger luftsolfångaren värme, medans solceller tappar ganska mycket ström. Vill man ändå ha en solcellsdriven fläkt så bör man välja en med extern solcell då dessa är lättare att placera på ett fördelaktigare ställe samt att de integrerade solcellerna kan täcka absorberarytan. Vid solcellsdrift så regleras fläktens varvtal vanligtvis efter den mängd ström som solcellen genererar.

Luftens massflöde är en viktig parameter då det gäller luftsolfångarens verkningsgrad och något som bör beaktas vid val av fläkt är att det ofta anges en maxluftkapacitet i specifikationer, detta motsvarar sällan det verkliga luftflödet (11).

2.8 Beräkningsformler

Nedan följer ett antal beräkningsformler som senare kommer att tillämpas för projektets luftsolfångare.

För att förstå materialens påverkan och den egentliga mängden solenergi som absorberas så beräknas den optiska verkningsgraden enligt nedanstående formel (8).

Optisk verkningsgrad= transmittans* absorptans:

$$\eta_o = \tau * \alpha$$

För att kunna jämföra olika koncept av luftsolfångaren så kan man beräkna dess effektivitet enligt nedanstående formel (Duffie & Beckman 2006).

$$\dot{Q} = \frac{c_p * \rho * \dot{m} * \Delta T}{3600} [\text{W}] \text{ där } \Delta T = (T_{inlopp} - T_{utlopp})$$

För att kunna jämföra hur mycket antalet fläktar påverkar så approximeras luftflödet enligt följande formel:

$$\frac{n * \dot{m}}{A} = \dot{m}_F$$

Det nya luftflödet sätts sedan in i effektformeln och detta för att se hur mycket antalet fläktar påverkar effekten.

Luftspaltens påverkan kan jämföras genom att beräkna luftutbytet per tidsenhet enligt följande formel:

$$\frac{\dot{m}_F}{V} = z$$

2.9 Rekommenderad luftomsättning med ventilation

I en handbok utgiven av Svensk Ventilation framgår det att luftomsättningen inte ska understiga 0,5 rumsvolymer per timme, dock ska inte ventilationen åstadkomma besvärande drag. Lufthastigheten i en lokal bör därför inte överstiga 0,15 m/s och tilluften per person ska vara över 4 liter per sekund.

3 METOD

Projektet inleder med en datainsamling om den befintliga produkten och även om luftsolångare i allmänhet, detta för att kunna jämföra Balcos luftsolångare med andra. Sedan kommer olika komponenter granskas för att se om Balco använder de som är bäst lämpade. Genom granskning av komponenternas specifikationer så kommer komponenterna först att jämföras med hjälp av teoretiska beräkningar och sedan genom tester och mätningar på olika prototyper som kommer att tas fram för att jämföras med befintlig produkt. Slutligen kommer slutsats dras och rekommendationer läggas fram till Balco.

3.1 Teoretisk studie

För att få grundläggande kunskaper om luftsolångare genomförs sökningar efter litteratur och andra källor på internet och bibliotek. Luftsolångares grundfunktioner och egenskaper erhålls via populärvetenskapliga texter på internet. I nästa steg kontaktas Jan-Olof Dalenbäck, som är biträdande professor vid Chalmers och studierektor vid Forskarskolan för Energi och Miljö. Hans bidrag med riktlinjer och avgränsningar av projektet ger förståelse för vilka parametrar som kan komma att ge ökad verkningsgrad. Ett flertal böcker och examensarbeten kommer att lånas på Chalmers bibliotek som bland annat behandlar en luftsolångares verkningsgrad, konstruktion och material.

3.2 Datainsamling om befintlig produkt

Då det är viktigt att förstå hur den befintliga produkten fungerar så skickar utvecklingsansvarig på Balco materialspecifikation, ritningar och befintliga mätresultat.

Under ett studiebesök på Balco förklaras produktionsförloppet från fräsning av aluminiumprofiler till slutmontering. Här presenteras även den befintliga prototypen och hur de genomför mätningarna idag.

För att få närmare specifikationer på exempelvis fläktar och glas så kontaktas Balcos underleverantörer OEM Electronics och GFAB. Med hjälp av den materialspecifikation som Balco och underleverantörerna bistår med så jämförs alternativa komponenter med de befintliga.

3.3 Teoretiska beräkningar

För att kunna uppskatta vad som är bra värden så kommer våra mätvärden jämföras med teoretiska beräkningar. Matematiska formler kommer tas ifrån litteratur och rapporter om tidigare forskning inom området. På varje prototyp görs först en teoretisk beräkning för att få en hypotetisk bild av mätningens resultat. De formler som används finns beskrivet i avsnitt 2.8.

3.4 Mätningar på prototyp

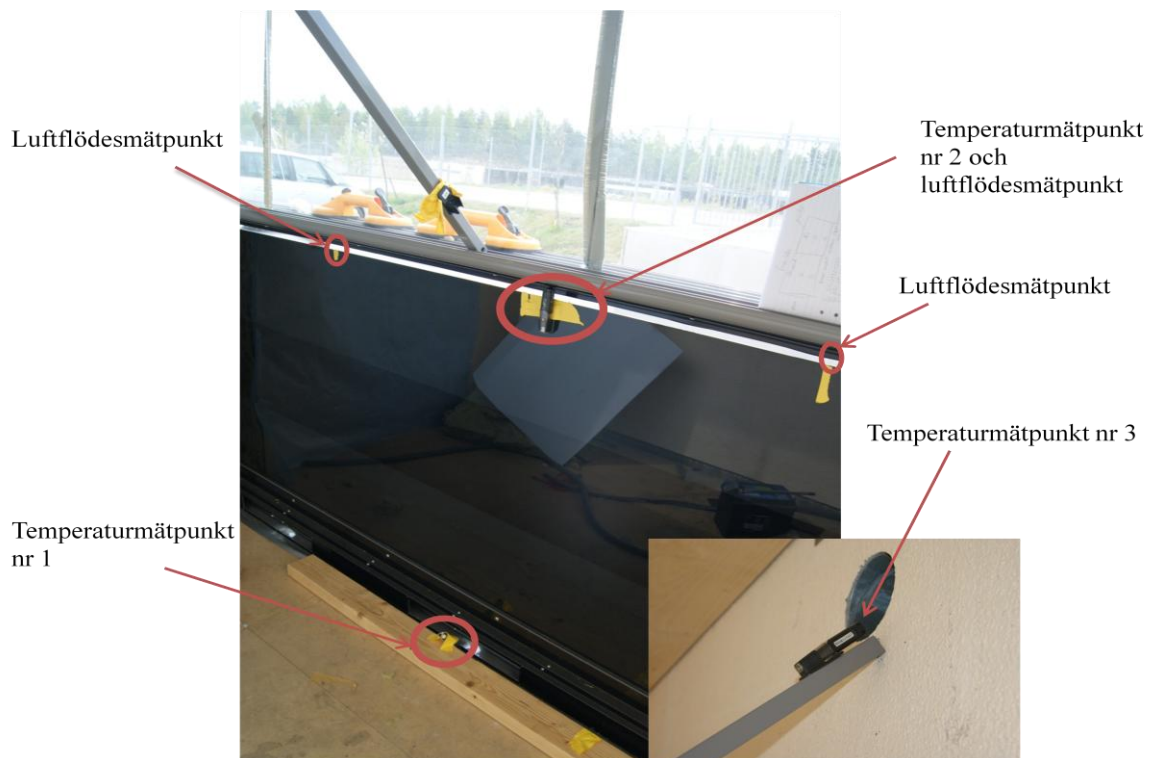
Ett flertal mätningar kommer att genomföras på olika prototyper där luftflöde, spaltbredd och fläkttyp med dess tillhörande solceller varieras. För att kunna genomföra pålitliga mätningar kommer följande parametrar att beaktas: differens mellan luftsolfångarens in- och utloppstemperatur, omgivningstemperatur, temperatur vid det simulerade fastighetsluftintaget samt luftflöde. Motsvarande parametrar kommer parallellt att mätas för den befintliga prototypen med tre fläktar som står placerad bredvid och detta för att kunna se eventuella skillnader. De olika temperaturerna för varje prototyp kommer att loggas av en givare med minne. Loggningarna sammanställs sedan i ett tillhörande program, där man kan avläsa exempelvis tider, lufttemperatur och luftfuktighet.

Placering av mätinstrument

Temperaturgivarna är av modellen Velleman DVM171THD Data logger och kommer att placeras enligt nedan:

1. Inloppstemperaturen mäts i öppningen vid inloppet innan luften har passerat fläktarna
2. Utloppstemperaturen mäts på insidan direkt efter spjället som reglerar luftriktningen
3. Temperaturen i fastighetens luftintag kommer att mätas med en givare i luftintagets öppning

Omgivningstemperaturen kommer även att mätas via en givare som är placerad i ständig skugga på taket ovanför balkongerna.



Figur 3.1 Mätpunkter i prototyp

Luftflödet kommer att mätas med en varmtrådsanemometer av modellen Mini- anemometer 405, rekommenderad utav företaget Svenska Termoinstrument. Modellen kan mäta flöden mellan 0-99990 m³/h och är anpassad för mätning i kanaler och vid frånluftsdon. Mätningen av luftflödet ges utifrån hur snabbt en varm tråd avkyls med hjälp av en luftström. Avläsningen sker på en digitaldisplay, illustreras i figur 3.2.

På varje prototyp kommer ett flertal luftmätningar att genomförs med denna mätare och sedan kommer ett medelvärde att beräknas. För att mätningarna ska vara pålitliga så kommer fasta mätpunkter att användas. Se figur 3.1.



Figur 3.2 Bild på luftflödesmätare

4 ABSORPTIONSPÅVERKANDE MATERIAL

I detta kapitel behandlas de material som påverkar luftsolångarens absorptionsförmåga. Materialen i den befintliga produkten jämförs med alternativa material och slutligen dras en slutsats där både energieffektivitet och estetik beaktas.

4.1 Material i befintlig produkt

I nedanstående tabell specificeras de material som påverkar absorptionen i den befintliga produkten.

Tabell 4.1 Specificering av material i befintlig prototyp

Beteckning	Storlek [mm]	Transmittans	Absorptans	Emittans	Pris [kr/m ²]
Optiwhite Lamell	1390x1063x6.64	0,85	-	-	350
Optifloat, Grå valsad Svart	1362x903x6	-	0,85	0,05	203

Med värden från tabell 4.1 så kan dagens luftsolångares optiska verkningsgrad beräknas enligt:

$$\eta_1 = \tau * \alpha \text{ där } \tau = \text{främre glasets transmittans} \quad (\text{ekv. 4.1})$$

$$\text{Vilket ger: } \eta_1 = 0,85 * 0,85 = 0,72$$

Något som man bör ha i åtanke är att absorptansen för optifloatglaset är ett uppskattat värde då glasleverantören endast uppger ett absorptionsvärde utan svartvalsningen, vilket förklaras senare i 4.2.

4.2 Jämförelse med andra absorptionsmaterial

För att få kunna förstå hur effektivt dagens absorptionsmaterial är jämförs det med ett flertal andra material i tabellen nedan. Värdena i tabellen kommer från olika materialförsäljare.

Tabell 4.2 Specificering av alternativa material

Beteckning	Absorptans	Emittans	Optisk verkningsgrad	Pris [kr/m ²]
Kopparplåt, svartlackerad	0,9	0,05	0,76	>1000
Solar Laserplate	0,95	0,05	0,81	550
Optifloat, Grå svartvalsat 8 mm	0,87	0,05	0,74	447
Optifloat, Grå svartvalsat 10 mm	0,89	0,05	0,76	502

Vanligaste absorptionsmaterialet i en luftsolffångare är plåt av antingen aluminium eller koppar. Som framgår av tabell 4.2 är en svartlackad kopparplåt väldigt dyr och olackad är absorptansen för plåt relativt låg. Solar laserplate är en specialframtagen plåt med hög absorptionsförmåga som är anpassad för att användas som absorbator. Emittansvariationerna mellan materialen är överlag mycket små.

Optifloatglaset som Balco köper in utav sin glasleverantör GFAB har genomgått en behandling kallad svartvalsning. Enligt Tomas Persson på GFAB så är detta en process som går till som så att man kör glaset genom ett valsverk där det ena valshjulet går i en glasemaljfärg som då trycks på glasytan. Denna process är känd som ”roller coating”. Efter att man har valsat på glasemaljfärgen så torkar den för att sedan åka vidare till härdning. Härdningen går till som så att glaset åker in i en ugn som håller en temperatur mellan 630-650°C och efter att glaset värmts upp så tar man ut glaset och kyler av det med luft ifrån en kompressor. Anledningen till att man gör en så avancerad process istället för att bara måla glaset svart med någon vanlig färg är därför att med roller coating så kan man inte skrapa bort färgen utan att använda sig utav vassa verktyg och en ordentlig kraft. Skrapar man så hårt att man tar sig igenom härdningen och färglagret så krackelerar hela glasrutan.

I tabell 4.2 jämförs även andra tjocklekar på optifloatglaset och en ökad tjocklek ger en ökad absorptionsförmåga, dock ytterst liten då svartvalsningen spelar störst roll.

4.3 Slutsats om alternativa material

Först behandlades det främre glasets transmittans, vilket resulterade i att det ansågs vara godkänt då andra glas på marknaden inte har högre transmittans. Enligt lagkrav så måste detta glaset även vara laminerat för att förhindra splitter om det skulle krossas. Då Optiwhite Lamell är ett laminerat glas ansågs detta vara ett bra val.

Med tanke på att det i tabell 2.1 framgår att den svarta färgen har väldigt stor betydelse för absorptionsförmågan så antas det att optifloatglaset har en god absorptionsförmåga. Det som spelar störst roll är den svarta färgen, vilket innebär att de två energiglas som nämns i ovanstående tabell har samma ungefärliga absorptionsvärde. Glas är bättre än en plåt både ur estetisk synvinkel och ur prissynpunkt. En plåt skulle dessutom kräva ett glas på baksidan eftersom den annars sitter placerad direkt mot balkongens insida. Glaset skulle då fungera som ett skyddsglas för att skydda användaren från värme vid kontakt och för att stå emot yttre påkänningar.

Ett annat alternativ hade varit att ha ett råglas, det vill säga ett glas med ojämn yta, då en ojämn yta bidrar till ökad värmeöverföring. Nackdelen med detta alternativ är att den ojämna ytan inte går att svartvalsa, därav utesluts detta alternativ. En annan orsak är att det vid en diskussion med Jan-Olof Dalenbäck framgick att areaökning genom användandet av flänsar skulle ge en mycket liten energivinst.

De två glas som idag sitter monterade anses därför som godkända och inga tester med andra absorptionsmaterial kommer att genomföras.

5 FLÄKTAR MED SOLCELLER

Luftsol fångaren innehåller idag tre stycken 12-volts fläktar som sitter placerade längst ner i luftsol fångaren på en ramp. Modellen är en vanlig högvarvig datafläkt med luftflödet 41,16 m³/h och har IP klassningen 22, vilket betyder att fläktarna ska tåla vattenstänk och fuktiga utrymmen.



Figur 5.1 dagens fläkt med solceller

I en telefonintervju med Fredrik Carlsen på OEM Electronics så framgick det att fläktarna startar med ett lägre varvtal så fort de uppnår en spänning på 8 volt, vilket är bra i fallet med luftsol fångaren. Dagens solceller sitter externt placerade och tappar på så sätt ingen effekt på grund av det främre glasets transmittans.

I samarbete med OEM Electronics togs det fram en fläktmodell vars tillhörande solpaneler skulle kunna placeras inuti sol fångaren och på så sätt bli mer estetiskt tilltalande. Nackdelen med denna placering är det främre glasets reducerar 15 % av den infallande solinstrålningen, dock kommer den reducerade instrålningen delvis att kompenseras då de nya fläktarna endast kräver fem volts driftspänning samtidigt som de har samma luftflöde och ljudnivå som tolvvoltsfläkten, se tabell 5.1 Mer information om fläktarna i bilaga 2.

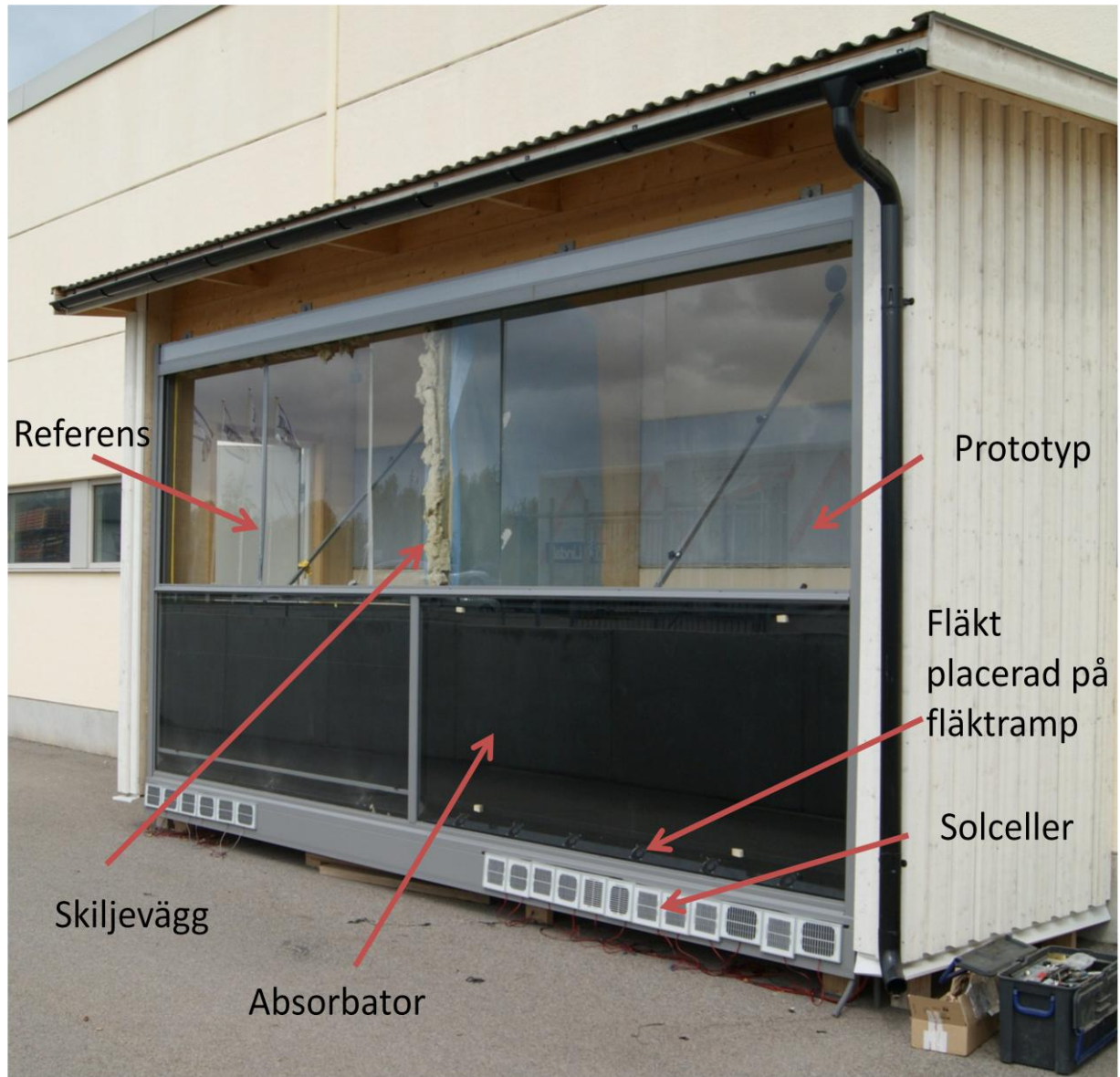
Tabell 5.1 jämförelse av fläktar

Fläkt	Spänning [V]	Luftflöde [m³/h]	Driftspänning [V]	Ljudnivå [dBA]
DC Brushless fan, 7025L12S/B/F	12	41	8-13,8	30,8
DC brushless fan, 7025L05S/B/F	5	41	4,5-5	30,8

De nya solcellerna består av en panel med måtten 300*60*10 mm och kommer kunna placeras på samma ramp som fläktarna sitter på. Storleken på solpanelen begränsar därmed maxantalet fläktar till sex stycken.

6 UPPBYGGNAD AV PROTOTYPER

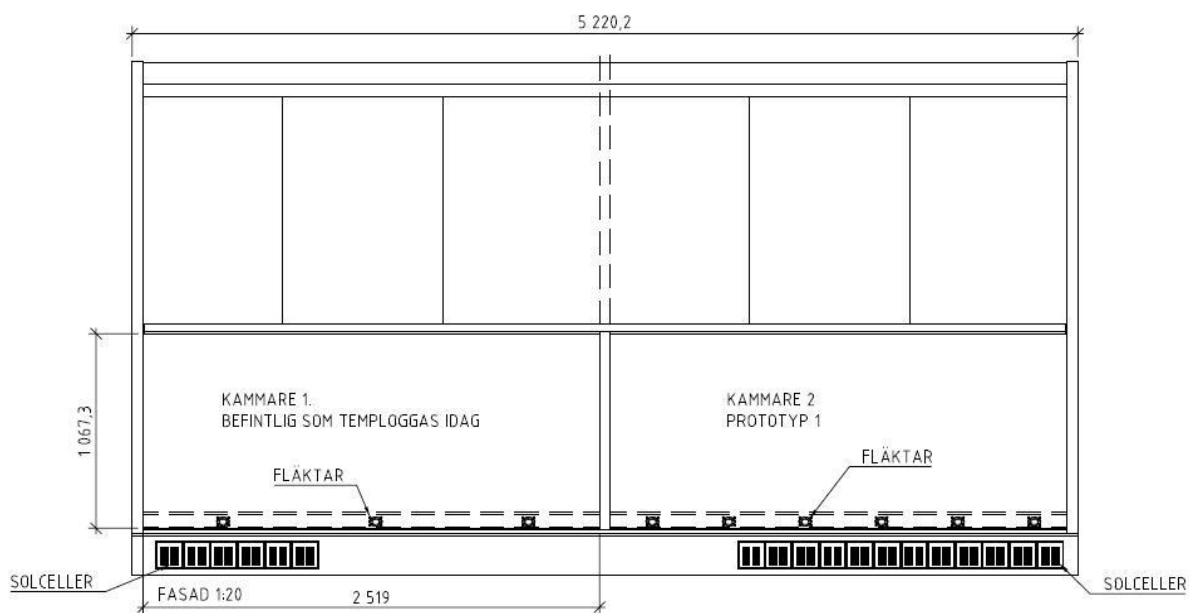
Mätningarna kommer utföras på totalt fyra stycken olika prototyper och varje kommer att jämföras med en referensprototyp som står placerad bredvid i exakt samma väderförhållanden, se figur 6.1. Referensprototypen är av samma uppbyggnad som den som beskrivs i avsnittet 1.5 beskrivning av befintlig produkt.



Figur 6.1 Övergripande bild över placeringen med referens intill prototyp

6.1 Prototyp 1

Prototyp 1 kommer bestå av sex stycken fläktar med externt placerade solceller. Fläktmodellen är av samma modell som de har testat idag. Syftet med denna prototyp är att kunna jämföra hur mycket det påverkar om man ökar luftflödet. Mätningarna kommer även att jämföras med dagens prototyp som endast har tre fläktar och detta för att kunna bedöma hur mycket fläktantalet påverkar. Ökad luftströmning kommer innebära ökad konvektion.



Figur 6.2 Överskådlig bild över prototyp 1 med placering bredvid referens

För att få en uppfattning av hur mycket effektförändring denna ändring kommer att ge så genomförs nedan en approximativ beräkning.

Luftflödet kan approximeras enligt:

$$\frac{m \cdot n}{A} = \dot{m}_F \quad (\text{ekv. 4.2})$$

Maximalt luftflöde per fläkt $\approx 40 \text{ m}^3/\text{timme}$

Totalt luftflöde per kvadratmeter solfångare med tre fläktar:

$$\frac{3 \cdot 40}{2,46} \approx 48,8 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}^2$$

Totalt luftflöde per kvadratmeter solfångare med sex fläktar:

$$\frac{6 \cdot 40}{2,46} \approx 97,6 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}^2$$

Med luftflödet kan man sedan beräkna effekten med formeln:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T \cdot \dot{m} \cdot C_p \cdot \rho}{3600} \quad (\text{ekv. 4.3})$$

Om man uppskattar att $\Delta T = 20^\circ \text{C}$, $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ och $C_p = 1007 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ och använder luftflödet från tre fläktar så kan man beräkna effekten enligt nedan:

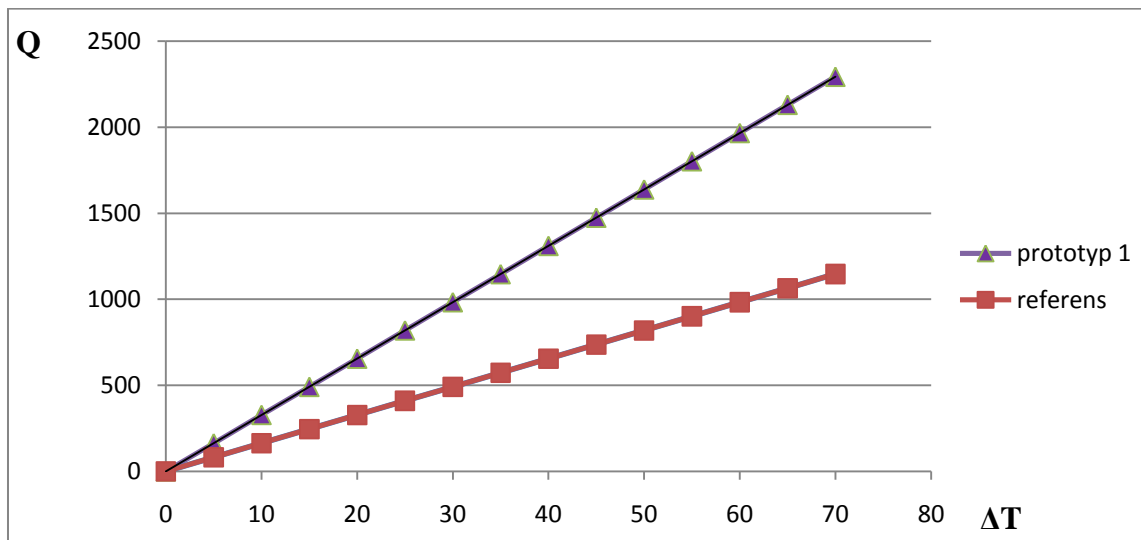
$$\dot{Q}_1 = \frac{20 \cdot 48,8 \cdot 1,2 \cdot 1007}{3600} \approx 328 \text{ W}$$

Då man ökar luftflödet med hjälp utav sex fläktar så reduceras ΔT och uppskattas till 15°C , vilket ger effekten:

$$\dot{Q}_2 = \frac{15 \cdot 97,6 \cdot 1,2 \cdot 1007}{3600} \approx 491 \text{ W}$$

Enligt beräkningarna ovan kommer en effektökning på ungefär 160 W att erhållas.

I nedanstående diagram kan man utläsa ytterligare effektskillnader vid olika ΔT för både sex och tre fläktar.



Figur 6.3 diagram över hur \dot{Q} varierar då man varierar ΔT för tre respektive sex fläktar

6.2 Prototyp 2

I nästa prototyp kommer de externt placerade solcellerna att bytas ut mot interna solceller. Även fläkten kommer vara av en annan modell med lägre driftspänning och detta för att kompensera solförlusterna. Antalet fläktar kommer förbli det samma, det vill säga sex stycken.

Då de fläktar som används i denna prototyp har samma maxluftflöde som de i prototyp 1 så kommer de approximativa beräkningarna förbli desamma enligt:

Totalt luftflöde per kvadratmeter solfångare med sex fläktar:

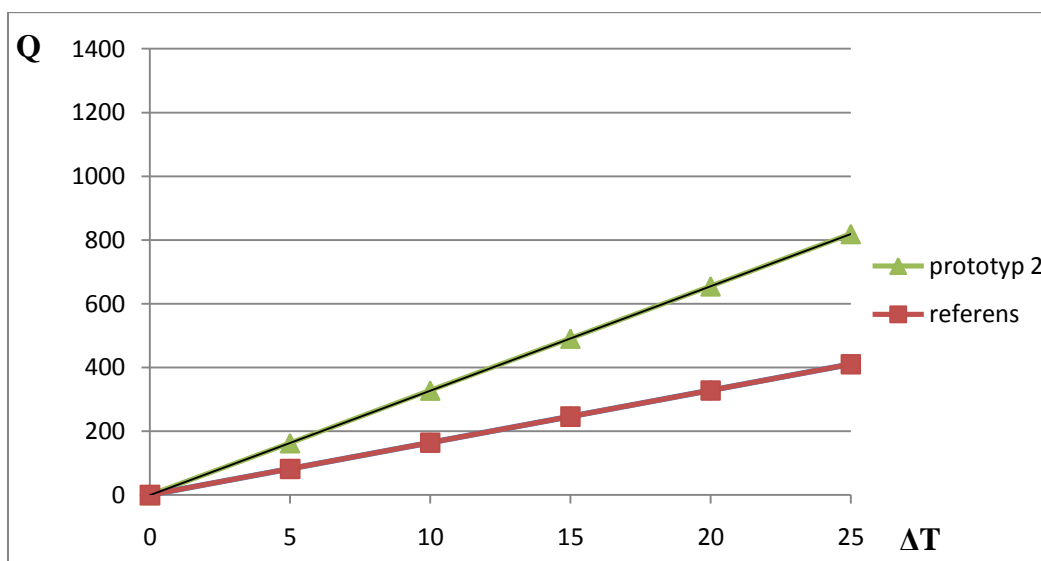
$$\frac{6 \cdot 40}{2,46} \approx 97,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$$

Även här så uppskattas $\rho=1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$, $C_p = 1007 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ och $\Delta T=15^\circ \text{C}$ och luftflödet från de sex fläktarna är samma som från fläktarna i prototyp 1.

$$\dot{Q}_3 = \frac{15 \cdot 97,6 \cdot 1,2 \cdot 1007}{3600} \approx 491 \text{ W}$$

Även här så kommer en effektökning med cirka 160W att erhållas jämfört med referensprototypen.

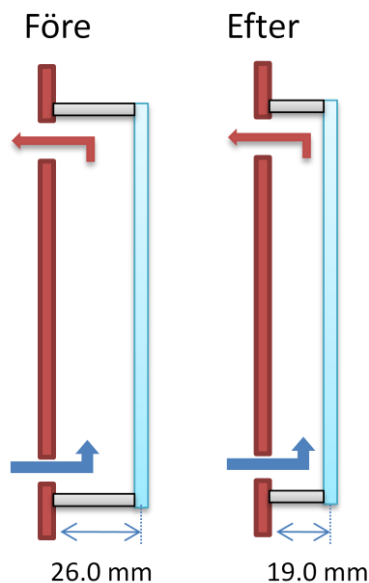
Nedanstående diagram visar likt det i prototyp 1 effektskillnaden mellan tre och sex fläktar.



Figur 6.4 diagram över hur \dot{Q} varierar då man varierar ΔT för tre respektive sex fläktar

6.3 Prototyp 3

I denna prototyp kommer avståndet mellan glaset att minskas från 26 mm till 19 mm och detta för att höja luftutbytet, alltså öka luftomsättningen i spalten och därmed verkningsgraden. Här kommer fläktsystemet bestå utav tre stycken 12- volts fläktar med externt placerade solceller och detta för att kunna jämföra med referensprototyp.



Figur 6.5 bild över framflyttningen av bakre glaset

En minskad luftspaltbredd medför minskad luftvolym, vilket ökar luftutbytet.

För att få en uppfattning av hur mycket effektförändring denna ändring kommer att ge så genomförs nedan en approximativ beräkning.

Luftvolymen beräknas med följande formel:

$$L*b*h=V \quad (\text{ekv.4.4})$$

Dagens luftvolym är: $2,832*1,051*0,026 \approx 0,0774 \text{ m}^3$

Luftvolymen nya spaltavståndet: $2,832*1,051*0,019 \approx 0,056 \text{ m}^3$

Med luftvolymerna kan nu luftutbytet per timme beräknas:

$$\frac{\dot{m}_F}{V} \quad (\text{ekv. 4.5})$$

Dagens luftutbyte:

$$\frac{48,8}{0,0774} \approx 630 \text{ luftutbyten per timme}$$

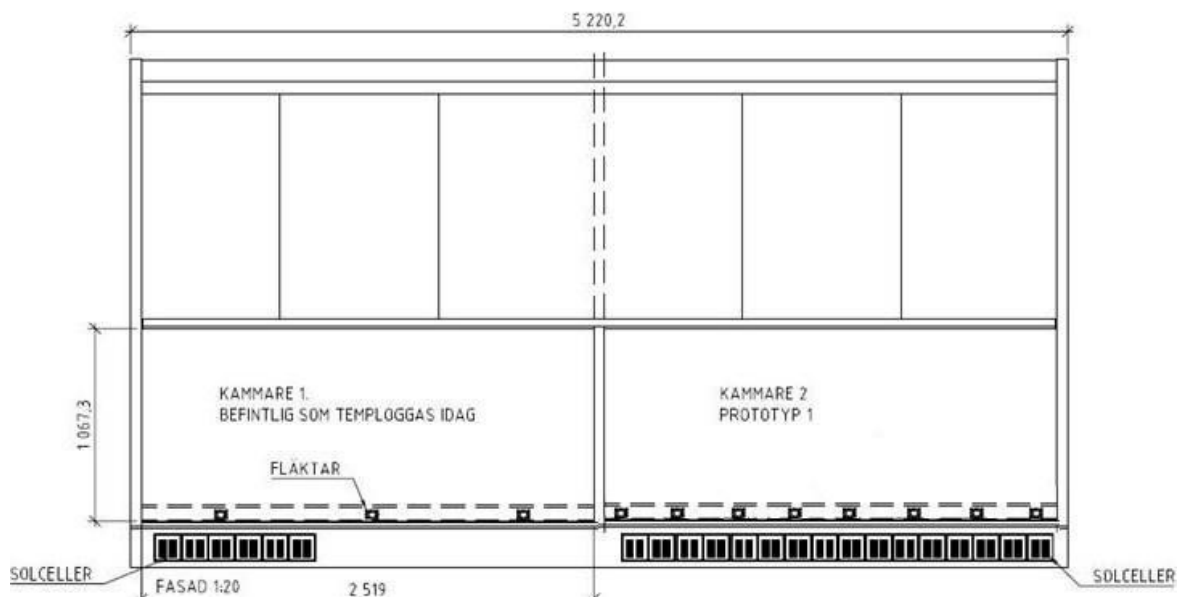
Luftutbytet med nya spaltavståndet:

$$\frac{48,8}{0,056} \approx 870 \text{ luftutbyten per timme}$$

En minskning av spaltbredden med sex mm skulle medföra en höjning av luftutbytet med cirka 40 % .

6.4 Prototyp 4

Den sista prototypen kommer att vara av samma uppbyggnad som prototyp 1 med externt placerade solceller, men istället för sex fläktar så kommer denna istället ha åtta stycken.



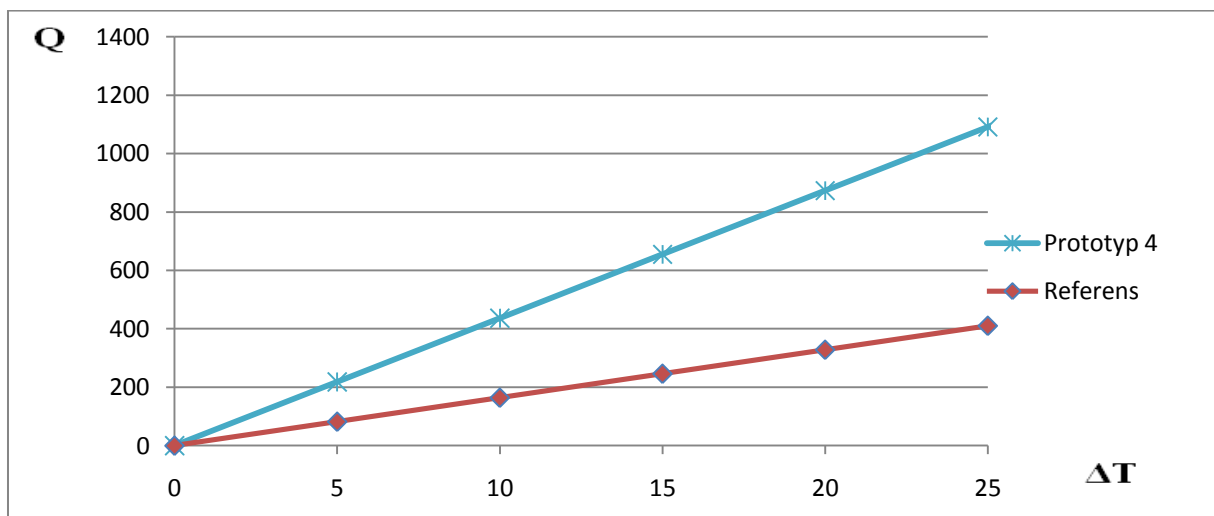
Figur 6.6 Överskådlig bild över prototyp 4 med placering bredvid befintlig prototyp

För att få en uppfattning av hur mycket effektförändring denna ändring kommer att ge så genomförs nedan en approximativ beräkning.

Totalt luftflöde per kvadratmeter med åtta fläktar: $\frac{8 \cdot 40}{2,46} \approx 130,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

$$\dot{Q}_4 \approx \frac{12 \cdot 130,1 \cdot 1,2 \cdot 1007}{3600} \approx 524 \text{ W}$$

Effekten uppskattas alltså till 524 W med åtta stycken fläktar, vilket kan jämföras med 491 W för sex fläktar. I figur 4.7 nedan så kan man utläsa ytterligare effektskillnader vid olika ΔT för både åtta och tre fläktar.



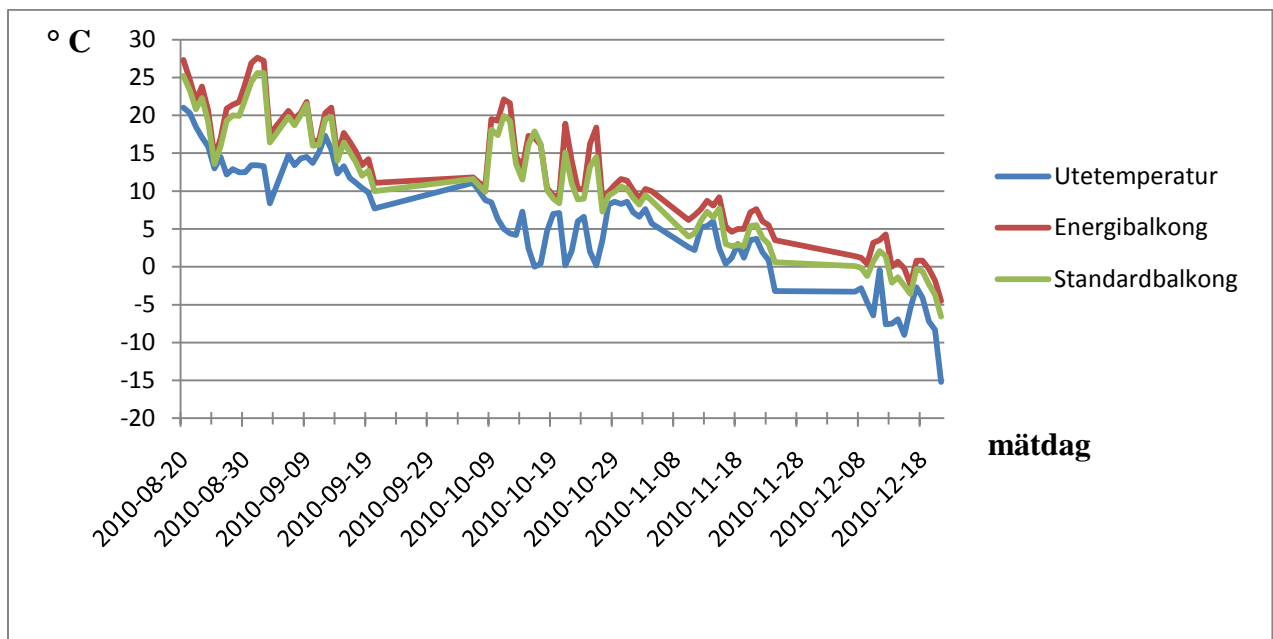
Figur 6.7 diagram över hur \dot{Q} varierar då man varierar ΔT för tre respektive åtta fläktar

7 ANALYS AV TESTER

Avsnitt sju behandlar de resultat som erhöles via mätningar av tidigare beskrivna prototyper. Inledande beskrivs de mätningar som utförts av Balco själva och sedan presenteras prototypmätningarna. Exempel på mätvärden finns dokumenterade i bilagor, se bilaga 1.

7.1 Analys av dagens temperaturmätningar

Balco har genomfört tester under perioden 2010-08-20 till och med 2010-12-21, där de jämfört två stycken olika system i söderläge. Ena balkongen är av vanlig klassisk typ där bröstningen består av ett vitfärgat enkelglas istället för luftsolfångare. Den andra är av den typ som beskrivs i produktbeskrivningen i avsnitt 1.5, det vill säga med luftsolfångare som drivs av tre fläktar. Syftet med denna mätning är att jämföra energibalkong med standardbalkong. De har bland annat loggat temperaturen i fastighetens luftintag (vilket är de värden som åskådliggörs i diagrammet nedan) och då både i energibalkongssystemet och i standardbalkongen. Mätningarna är sammanställda i nedanstående figur, där den blå kurvan symboliserar utetemperaturen i skuggan, den röda kurvan symboliserar temperaturen i energibalkongens fastighetsluftintag och den gröna kurvan symboliserar motsvarande temperatur i standardbalkongen.



Figur 7.1 Jämförelse av standardbalkong och energibalkong

Sammanställer man dessa mätningar så får man resultatet:

$T_{medel\ standardbalkong}: 10,9^{\circ}\text{C}$

$T_{medel\ energibalkong}: 12,4^{\circ}\text{C}$

Mätningarna visar att under de 89 dagar som loggats så är medeltemperaturen vid fastighetens luftintag $1,5^{\circ}\text{C}$ högre i energibalkongen än motsvarande luftintag i standardbalkongen.

7.2 Analys av mätningar på prototyper

I nedanstående avsnitt presenteras mätresultaten av de mätningarna som genomfördes på samtliga prototyper inklusive referensprototyp. Något av det första som noterades vid mätningarna var den ganska höga ljudnivå som uppkommer av systemet. Respektive beteckning finns förklarad under avsnittet beteckningar.

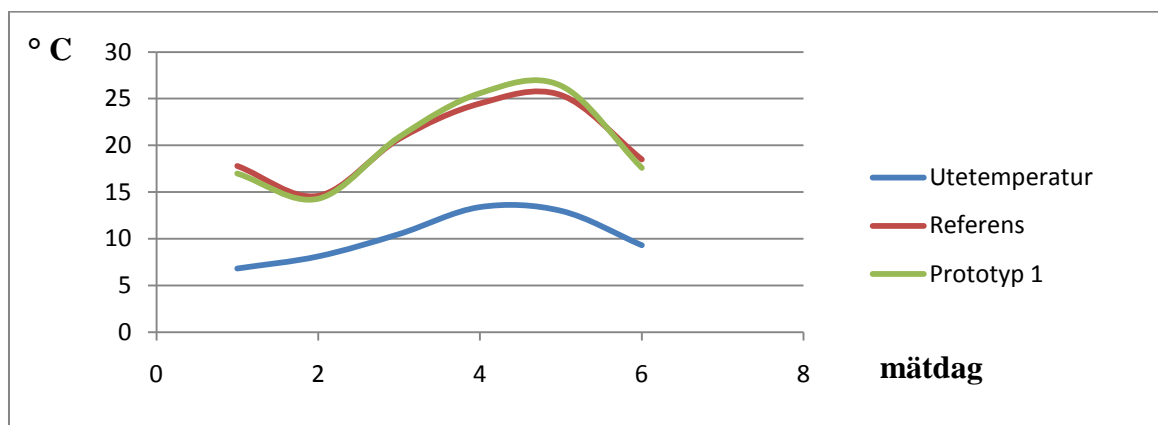
7.2.1 Analys av mätningar på prototyp 1

Mätningarna på denna prototyp genomfördes under perioden fjärde maj till och med den nionde maj. Syftet är att jämföra sex fläktar med tre och på så sätt se hur mycket luftflödet påverkar. Följande resultat erhöles under dessa mätningar.

Tabell 7.2 mätresultat från prototyp 1 och referens

Prototyp	$T_{\text{medel ventil}}$	ΔT_{max}	\dot{m}	v_1	\dot{Q}
1	21,0 °C	7,5 °C	164 m ³ /h	0,70 m/s	413 W
Referens	20,7 °C	9,5 °C	101 m ³ /h	0,43 m/s	322 W
Differensutfall	0,3 °C	-2 °C	63 m ³ /h	0,27 m/s	91 W

I ovanstående tabell framgår det att en temperaturökning vid fastighetens luftintag på 0,3 grader erhöles och en effekthöjning på cirka 91 W. Lufthastigheten överstiger de värden som rekommenderas av Svensk Ventilation, dock så gäller denna lufthastighet endast vid spjället och reduceras sedan inuti själva balkongen.



Figur 7.1 Jämförelse av referens och prototyp 1

Enligt figur 7.1 kan man se att prototyp 1 inte alltid överstiger referensens temperatur i luftintaget, vilket kan bero på att prototyperna inte är exakt likadant isolerade. Under de soliga dagarna när systemet verkar så är dock prototyp 1 effektivare än referensen. Perioden hade goda väderförhållanden med mycket sol och en medeltemperatur i skuggan på 10,7 grader.

7.2.2 Analys av mätningar på prototyp 2

Prototyp 2 kommer inte att testas under projektets verksamhetstid. Detta på grund av att de specialutformade solpanelerna som tagits fram i samarbete med OEM Electronics inte kommer att hinna produceras och leveras i tid. Balco bör dock testa detta system när solpanelerna är levererade, då det var ett starkt önskemål från Balco att få internt placerade solpaneler.

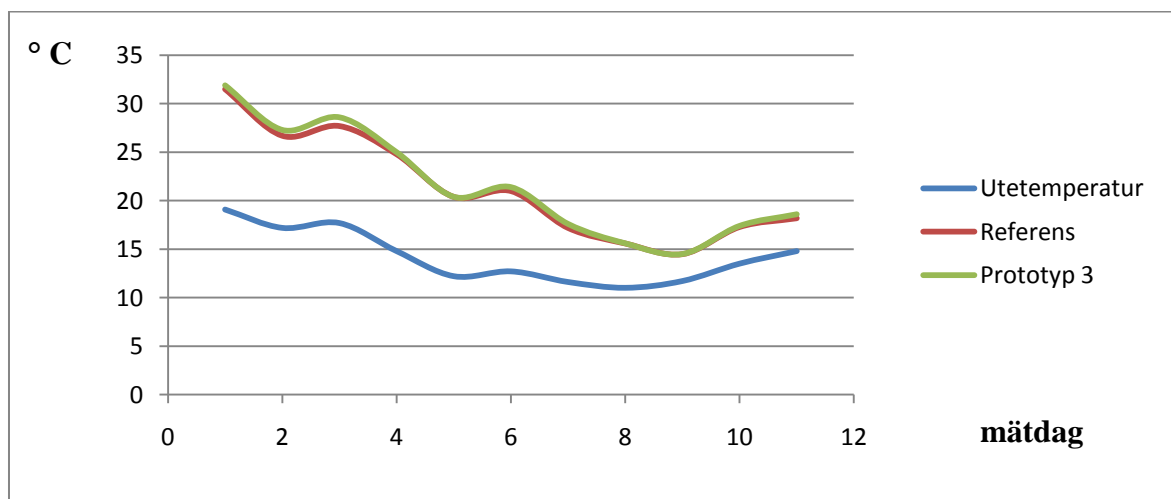
7.2.3 Analys av mätningar på prototyp 3

På den tredje prototypen genomfördes mätningar under perioden nionde maj till 19 maj. Följande resultat erhöles under dessa mätningar.

Tabell 7.3 mätresultat från prototyp 2 och referens

Prototyp	$T_{\text{medel ventil}}$	ΔT	\dot{m}	v_1	\dot{Q}
3	21,2 °C	13,7 °C	103 m ³ /h	0,6 m/s	474 W
Referens	20,9 °C	9,2 °C	101 m ³ /h	0,43 m/s	312 W
Differensutfall	0,3 °C	4,5 °C	2 m ³ /h	0,17 m/s	162 W

I tabell 7.3 ovan framgår det att blir en temperaturökning i fastighetens luftintag på 0,3 grader och en effektökning på 162 W. Precis som i prototyp 1 så överstiger lufthastigheten de rekommenderade värdena, men här gäller samma sak att detta är lufthastigheten precis vid spjället och inte ute i själva balkongen.



Figur 7.2 Jämförelse av referens och prototyp 3

I figur 7.2 kan man utläsa att prototyp 3 ofta ligger på exakt samma temperaturer eller strax ovanför referensens prototyp. Det är när det är som mest soligt som differensen blir som störst. Perioden hade växlande väder, vilket medförde att mätperioden förlängdes någon och därav den långa mätperioden. Medeltemperaturen i skuggan var 13,9 grader under mätperioden.

7.2.4 Analys av mätningar på prototyp 4

Mätningarna på prototyp 4 genomfördes aldrig då dessa inte ansågs vara relevanta av den anledningen att det aldrig kommer att få plats åtta fläktar med internt placerade solceller. Istället byggdes två andra prototyper upp där de resultat som erhöles vid mätningar på prototyp 1 och 3 används.

7.2.5 Analys av mätningar på vidareutveckling av prototyp 1 och 3

Då Balco i framtiden kommer använda sig av de interna solcellerna som sitter placerade på fläktrampen med en vinkel på 45 grader så gjordes en ytterligare förändring där de externa solcellerna har samma vinkel samt ett glas. Glaset ska representera det främre glaset i luftsofångaren som de interna solcellerna kommer att hamna bakom. I övrigt så kombinerar prototyp 1 och prototyp 3, det vill säga sex fläktar och smal spaltbredd.



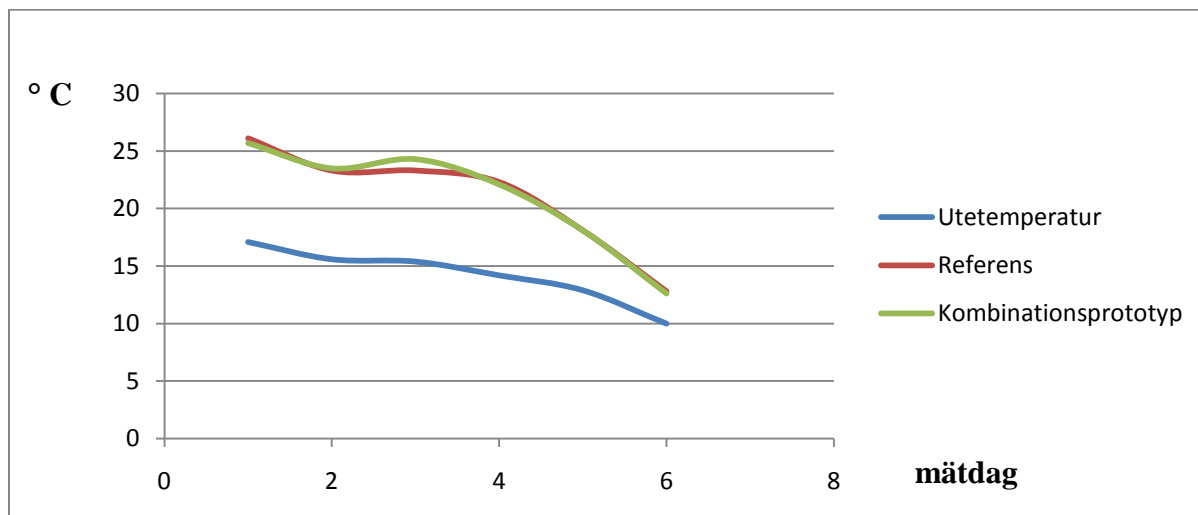
Figur 7.3 Vidareutveckling av prototyp 1 och 3 med vinklade solceller

På denna prototyp genomfördes mätningar under perioden 20 maj till 25 maj. Följande resultat erhöles under dessa mätningar.

Tabell 7.4 mätresultat från vidareutvecklad prototyp och referens

Prototyp	$T_{\text{medel ventil}}$	ΔT	\dot{m}	v_1	\dot{Q}
Kombination	21,5 °C	8,4°C	86 m ³ /h	0,50 m/s	242 W
Referens	21,3 °C	10,3 °C	101 m ³ /h	0,43 m/s	349 W
Differensutfall	0,2 °C	-1.9 °C	-15 m ³ /h	0,07 m/s	-107 W

I tabell 7.4 ovan framgår det att blir en temperaturökning i fastighetens luftintag på 0,2 grader, men däremot blir effekten 107 W lägre. Det lägre luftflödet jämfört med de andra prototyperna med sex fläktar beror troligtvis på glaset som sitter placerat framför solcellerna, vilket reducerar solinstrålningen. En teori skulle kunna vara att den vinklade solcellsrampen gör att prototypen får längre drifttid jämfört med referensprototypen. Resultaten är svårtolkade och kan bero på kort testperiod med ofördelaktigt väder.



Figur 7.3 Jämförelse av referens och kombinationen av prototyp 1 och 3

I figur 7.3 kan man utläsa att prototypen ofta ligger på exakt samma temperaturer eller strax under referensprototypens temperatur. Medeltemperaturen i skuggan var 14,3 °C under mätperioden.

8 SLUTSATS

Efter att mätningar och analyser genomförts kan man konstatera att både prototyp 1 och prototyp 3 gav en förbättring på 0,3 °C samt en effektförbättring på 91 respektive 162 W. Om man jämför dessa värden med de teoretiska så kan man utläsa att dessa stämmer relativt bra överens. Mätningar på en kombination av dessa två prototyper gav ett resultat där det en temperaturökning på 0,2 °C erhöles samt en effekt som var 107 W lägre än referensprototypen under samma mätperiod.

Slutresultatet blev att Balco bör öka luftflödet med hjälp utav ökat antal fläktar. Det finns nu möjlighet att använda sig utav internt placerade solceller med en ny fläktmodell vilket var ett önskemål från företaget. Det finns material som lämpar sig bättre för luftsolångare men med tanke på att en balkong måste vara estetiskt tilltalande så anses de redan framtagna förslagen mest lämpade. Inga av de rekommendationer som presenteras innebär några större förändringar i produktionskostnader jämfört med Balcos första energibalkong.

Då luftflödet blev olika under samma mätningar så användes ett medelvärde vilket inte gör resultaten helt exakta. Ytterligare en felkälla är de två kammare som använts som balkongprototyper. Dessa är inte helt identiska och kan vara något olika välisolerade.

Som rekommendationer till Balco så föreslås de att titta på en lösning som skulle innebära att man kan stänga av själva fläktsystemet när man sitter ute på balkongen, detta på grund utav det bakgrundsljud som kan anses irriterande. Vidare bör de även jämföra referensen med en motsvarande som har internt placerade solceller med de nya fem volts fläktarna just för att kunna se eventuella skillnader. Det svårtolkade resultatet som erhöles vid mätningarna på kombinationen utav prototyp ett och tre skulle kunna klarna om de genomförde mätningar under en längre mätperiod. De rekommenderas även att fortsätta utveckla kombinationer utav fläktantal och spaltbredd samt göra mätningar på dessa för att hitta en ännu effektivare lösning.

REFERENSER

Nedan följer de referenser som använts under projekt.

Kapitel i bok

1. Johnsson, H. och Stillesjö, S. (1979) *Uppvärmning av ventilationsluft med hjälp av solfångare*. Ss. 7-26. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
2. Çengel, Y. och Turner, R. och Cimbala, J. (2008) *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. Singapore: McGraw-Hill.
3. Westman, R.(2005) *Andnöd- en handbok om luften i våra bostäder*. Ss.95-95. Stockholm: Svensk Ventilation
4. Fall, H. och Simmons, C. (1985) *Rumsuppvärmning med enkla solfångare – mätningar, beräkningar och ekonomi*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola – institutionen för installationsteknik.
5. Duffie, J. och Beckman, W. (1980) *Solar Engineering of Thermal Processes*. New York: John Wiley & Sons.
6. Dahlen, P. (2007) *Täckglas till solfångare*. Karlstad: Karlstads Universitet

Elektronisk bok

7. Lönnqvist, A (2010) *Serviceboendet på Kronoparken - En studie om solvärme och energieffektivisering*. Karlstad: Karlstads universitet – institutionen för energi och miljö.
8. Nilsson, M., Olsson, O. (2004) *Solvärme i Augustenborg*, Institutionen för Byggnad och Arkitektur, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Muntliga källor

9. Persson, T. (Försäljare, GFAB) intervjuad av författarna den 20 april 2011.
10. Carlsen, F. (Product manager, OEM Electronics) intervjuad under upprepad telefon- och mailkonversation under projektets gång.

Webbkälla

11. *Solenergiutveckling* (2009) <http://www.solenergiutveckling.se/lsffakta.html> (2011-02-14)
12. Nordtec Instrument AB (2008) *Handbok i termografi* http://www.testosites.de/export/sites/default/thermalimager2010/se_SE/local_downloads/Poc_kethandbok.pdf (2011-02-18)

Elektronisk tidskrift/ dagstidning

13. Ehnström, K-I., Tsoi, V. (1993) *Luftsolfångarens termiska prestanda*. Centrum för solenergiforskning. (SERC, 1103-1816).

BILAGOR

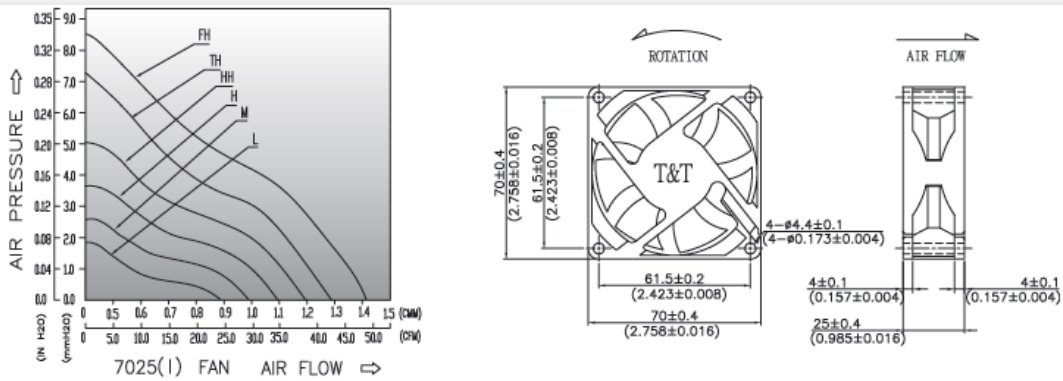
Bilaga 1

Datum	Utetemperatur i skuggan °C	Temperatur ventil i energibalkong °C	Temperatur ventil i standardbalkong °C
2010-08-20	21	27,3	25,2
2010-08-21	20,3	24,7	23,3
2010-08-22	18,5	22	20,8
2010-08-23	17,1	23,8	22,3
2010-08-24	15,9	20,7	19,2
2010-08-25	13	14,5	13,6
2010-08-26	14,5	16,9	15,9
2010-08-27	12,2	20,9	19,3
2010-08-28	12,9	21,4	20
2010-08-29	12,5	21,8	19,9
2010-08-30	12,5	24,2	22,1
2010-08-31	13,4	26,9	24,4
2010-09-01	13,4	27,6	25,6
2010-09-02	13,3	27,2	25,6
2010-09-03	8,4	17,5	16,4
2010-09-06	14,7	20,6	19,8
2010-09-07	13,4	19,6	18,7
2010-09-08	14,3	20,3	20
2010-09-09	14,5	21,8	21,5
2010-09-10	13,7	16,4	16
2010-09-11	15,2	16,8	16,1
2010-09-12	17,3	20,3	19,5
2010-09-13	15,5	21	19,8
2010-09-14	12,3	14,7	14
2010-09-15	13,3	17,7	16,4
2010-09-16	11,7	16,5	15,1
2010-09-17	11,1	15,2	13,8
2010-09-18	10,4	13,4	12
2010-09-19	9,8	14,2	12,7
2010-09-20	7,7	11,1	10
2010-10-06	11,1	11,8	11,6
2010-10-07	10	11,1	10,7
2010-10-08	8,8	10,6	9,9
2010-10-09	8,5	19,5	18,1
2010-10-10	6,3	19,3	17,4
2010-10-11	5	22,1	19,9
2010-10-12	4,4	21,6	19,3
2010-10-13	4,2	14,6	13,6
2010-10-14	7,3	13,1	11,5

2010-10-15	2,4	17,3	16,1
2010-10-16	0	17	17,9
2010-10-17	0,4	16,1	16,2
2010-10-18	4,7	10,4	10,1
2010-10-19	7	9,4	9
2010-10-20	7,1	9,4	8,4
2010-10-21	0,2	18,9	15,1
2010-10-22	2,1	14	11
2010-10-23	6	10,3	8,9
2010-10-24	6,6	10,2	9
2010-10-25	2	16,2	13,2
2010-10-26	0,2	18,4	14,5
2010-10-27	3,5	8,7	7,3
2010-10-28	8,2	9,9	9,4
2010-10-29	8,6	10,8	9,9
2010-10-30	8,3	11,6	10,6
2010-10-31	8,6	11,4	10,3
2010-11-01	7,2	10,1	9,1
2010-11-02	6,6	9	8,2
2010-11-03	7,6	10,3	9,5
2010-11-04	5,7	10	8,7
2010-11-10	2,6	6,2	4
2010-11-11	2,2	6,8	4,4
2010-11-12	5,2	7,6	6,1
2010-11-13	5,4	8,7	7,3
2010-11-14	6	8,1	6,5
2010-11-15	2,4	9,2	7,7
2010-11-16	0,4	5,3	3
2010-11-17	1,2	4,6	2,7
2010-11-18	3	5	2,9
2010-11-19	1,2	5	2,7
2010-11-20	3,5	7,2	5,4
2010-11-21	3,7	7,6	5,5
2010-11-22	1,9	6	3,8
2010-11-23	0,9	5,5	3
2010-11-24	-3,2	3,5	0,6
2010-12-07	-3,3	1,4	0,1
2010-12-08	-2,8	1,2	-0,1
2010-12-09	-4,7	0,4	-1,2
2010-12-10	-6,4	3,2	0,7
2010-12-11	-0,4	3,5	2,1
2010-12-12	-7,6	4,3	1,4
2010-12-13	-7,5	0	-2,1
2010-12-14	-6,9	0,7	-1,4
2010-12-15	-9	-0,2	-2,5

2010-12-16	-5,5	-2,3	-3,6
2010-12-17	-2,7	0,8	-0,3
2010-12-18	-4,1	0,8	-0,6
2010-12-19	-7,2	-0,3	-2,3
2010-12-20	-8,3	-1,8	-3,7
2010-12-21	-15,2	-4,5	-6,6

Bilaga 2



BRIEF SPECIFICATIONS

MODEL NO	RATED VOLTAGE V	OPERATING VOLTAGE V	RATED CURRENT A	ACTUAL CURRENT A	RATED POWER W	RATED SPEED RPM	MAX. AIR FLOW		MAX. STATIC AIR PRESSURE		NOISE LEVEL dBA
							CMM	CFM	mmH ₂ O	InH ₂ O	
7025L05S/B/F	5	4~5.5	0.25	0.19	1.25	2600	0.686	24.23	1.93	0.076	30.8
7025M05S/B/F	5	4~5.5	0.45	0.37	2.25	3200	0.826	29.19	2.64	0.104	36.6
7025H05S/B/F-	5	4~5.5	0.65	0.59	3.25	3800	0.972	34.32	3.69	0.145	41.5
7025L12S/B/F	12	8~13.8	0.13	0.08	1.56	2600	0.686	24.23	1.93	0.076	30.8
7025M12S/B/F	12	8~13.8	0.21	0.14	2.52	3200	0.826	29.19	2.64	0.104	36.6
7025H12S/B/F	12	8~13.8	0.30	0.23	3.60	3800	0.972	34.32	3.69	0.145	41.5
7025HH12S/B/F -	12	8~13.8	0.60	0.39	7.20	4400	1.113	39.31	5.04	0.198	44.8
7025TH12B-	12	8~13.8	0.85	0.64	10.20	5000	1.244	43.94	7.20	0.283	48.2
7025FH12B-	12	8~13.8	1.00	0.80	12.00	5600	1.421	50.17	8.51	0.335	51.5
7025L24S/B/F	24	12~27.6	0.10	0.06	2.40	2600	0.686	24.23	1.93	0.076	30.8
7025M24S/B/F	24	12~27.6	0.15	0.08	3.60	3200	0.826	29.19	2.64	0.104	36.6
7025H24S/B/F	24	12~27.6	0.20	0.13	4.80	3800	0.972	34.32	3.69	0.145	41.5
7025HH24S/B/F-	24	12~27.6	0.30	0.26	7.20	4400	1.113	39.31	5.04	0.198	44.8
7025TH24S/B/F-	24	12~27.6	0.40	0.33	9.60	5000	1.244	43.94	7.20	0.283	48.2
7025FH24S/B/F-	24	12~27.6	0.55	0.43	13.20	5600	1.421	50.17	8.51	0.335	51.5

Data Change Subject To Without Notice