

# Examensarbete

ET082G, Examensarbete för Högskoleingenjörsexamen

## **Hemautomation**

Automatiska persienner för nedkylning

**Jens Olovsson**



**Mittuniversitetet**

MID SWEDEN UNIVERSITY

**MITTUNIVERSITETET**  
Elektronikkonstruktion

**Examinator:** Johan Sidén, [Johan.siden@miun.se](mailto:Johan.siden@miun.se)  
**Handledare:** Stefan Haller, [Stefan.haller@miun.se](mailto:Stefan.haller@miun.se)  
**Författare:** Jens Olovsson, [jeol0702@student.miun.se](mailto:jeol0702@student.miun.se)  
**Utbildningsprogram:** Automationsingenjör, 180 hp  
**Huvudområde:** Automation  
**Termin, år:** VT, 2018

## Sammanfattning

Hur mycket värme strålar in genom fönster? Det beror på vilket håll de är vända mot och deras storlek. I den här rapporten jämförs två metoder för att hindra en temperaturhöjning. Den ena metoden är med luftvärmepump som jämförs kostnadsmässigt med den andra metoden som är automatiska persienner. Beräkningen av vad det kostar att kyla bort värmen med värmepump sker i MATLAB. Styrningen av persiennerna sker i det här fallet med hjälp av KNX. Kommunikationen sker via en buss. För att programmera styrningen används ETS5. Beräkningarna grundas på antagen att byggnaden har 8 m<sup>2</sup> fönster i sydlig riktning, 5 m<sup>2</sup> i östlig riktning och 4 m<sup>2</sup> i västlig riktning. Den tillförda värmen över hela året antas vara 10 000 kWh. Beräkningen tar inte hänsyn till yttemperatur och är därför lite missvisande. Mätdata för antal soltimmar hämtas från SMHI för att beräkna solinstrålningen genom alla fönster. Med hjälp av denna information beräknas kostnaden att kyla bort solinstrålningen till 460 kr per år. Inköpspriset för luftvärmepumpen är 20 350 kronor. Priset för en persienn är 10 000 kronor. Författaren rekommenderar luftvärmepumpen för nedkylning av byggnaden i detta fall.

**Nyckelord:** KNX, hemautomation, persienner.

## Abstract

How much heat radiates in through windows? It depends on their direction and the size of them. Two methods to prevent a temperature increase are compared in this report. The first method is by removing the heat with a heat pump, which is compared to the second method that involves automatic blinds. The cost to run the heat pump to remove the heat is calculated in MATLAB. The control of the blinds in this case is with KNX. The communication is done through a bus. ETS5 was used to program the blinds. The calculations assume that the size of the southern windows are 8 m<sup>2</sup>, the east-facing windows are 5 m<sup>2</sup>, and the west-facing windows are 4 m<sup>2</sup>. The added heat is assumed to be 10 000 kWh throughout the year. The calculations does not take outside temperature into account. Data for the amount of sunshine is taken from SMHI. With the help of this information the cost of cooling the radiated heat is calculated to 460 swedish crowns per year. The cost of buying the heat pump is 20 350 swedish crowns. One blind costs 10 000 swedish crowns to buy. The author recommends the heat pump to cool the building in this case.

**Keywords:** KNX, home automation, blinds.

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Terminologi</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund och problemmotivering.....	1
1.2 Övergripande syfte.....	1
1.3 Avgränsningar.....	1
1.4 Konkreta och verifierbara mål.....	2
1.5 Författarens bidrag.....	2
<b>2 Bakgrundsmaterial</b> .....	<b>3</b>
2.1 KNX.....	3
2.1.1 Kommunikation.....	3
2.1.2 Ventilation.....	4
2.2 Luft/luftvärmepump.....	4
2.2.1 Termodynamiska processen.....	4
2.2.2 Värmefaktor.....	4
2.3 Energi.....	5
2.4 Sensorer.....	5
2.4.1 Temperaturgivare.....	5
2.4.2 Luftfuktighetsgivare.....	6
2.4.3 Ljusdetektorer.....	6
2.5 Forskning.....	6
<b>3 Metod</b> .....	<b>7</b>
3.1 MATLAB.....	7
3.2 ETS5.....	7
3.3 Hårdvara.....	10
3.3.1 Knapp.....	10
3.3.2 Ställdon.....	10
3.3.3 Motor.....	10
3.3.4 Persienn.....	10
3.3.5 Ram.....	10
3.4 Konstruktion.....	11
<b>4 Resultat</b> .....	<b>12</b>
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>17</b>
5.1 Luftvärmepump.....	17
5.2 Persienner.....	17
5.3 Samhälleliga aspekter.....	17
5.4 Etiska aspekter.....	17
5.5 Lösningalternativ.....	18
5.6 Vidareutveckling.....	18

5.7	Slutsatser.....	18
	<b>Källförteckning.....</b>	<b>19</b>
	<b>Bilaga A: Dokumentation av egenutvecklad programkod.....</b>	<b>21</b>
	MATLAB-script för beräkningar.....	21

# Terminologi

Förkortningar som förekommer i rapporten finns med i tabellen nedan.

## Akronymer/Förkortningar

kWh	Kilowattimme, energin som går åt då effekten 1 kilowatt används i en timme.
kW	Kilowatt, enhet för effekt.
COP	Coefficient of performance, värmefaktor på svenska
FSP	Första skärningspunkten.
ASP	Andra skärningspunkten.

# 1 Inledning

Hur mycket värme strålar in genom fönster? Det beror på hur stora de är och vilket håll de är vända mot. Den här rapporten kommer att jämföra nedkylning genom att automatiska persienner blockerar solljuset med att kyla bort den instrålade värmen med en luft/luftvärmepump. En luft/luftvärmepump väljs för att beräkna kostnaden av elektriciteten som krävs för att kyla bort värmen. Beräkningar sker i MATLAB. Programmering av persiennerna sker i ETS5.

## 1.1 Bakgrund och problemmotivering

Solinstrålning kan höja temperaturen för mycket inomhus, vilket leder till problem att få bort värmen. Redan på Sokrates tid utfördes byggnation av hus för att begränsa solinstrålningen under sommaren [1]. Idag kan solstrålarna blockeras av automatiska persienner som känner av temperaturen inomhus. Denna automation skulle kunna underlätta för funktionshindrade och äldre människor. I denna studie undersöks om det blir billigare att kyla bort värmen eller blockera att den kommer in, det visar även vilken av metoderna som är energieffektivast.

## 1.2 Övergripande syfte

Projektets syfte är att jämföra automatiska persienner med luft/luftvärmepump som metod för att kyla ned en byggnad med solinstrålning. Anledningen till att luft/luftvärmepumpen väljs är för att den kostar ungefär lika mycket som automatiska persienner.

## 1.3 Avgränsningar

Studien har fokus på kostnaden att kyla ned en byggnad som har solinstrålning. Undersökningen är avgränsad till automatiska persienner och luft/luftvärmepump. Modellen avgränsas till NIBE AG-AA10-40 med inomhusenheten NIBE AG-WL-10-4. I undersökningen negligeras inverkan av tjockleken och opaciteten på fönster för att det påverkar båda metoderna lika mycket. Utomhustemperaturen påverkar även den inomhustemperaturen men det beräknas inte i denna rapport.



## 1.4 Konkreta och verifierbara mål

Den färdiga persiennen ska kunna blockera solljus utifrån inomhustemperaturen, solens position och då en projektor startas. Den ska kunna återgå till föregående läge då en projektor stängs av.

Den färdiga MATLAB-funktionen ska kunna beräkna kostnaden utifrån storlek på fönster i sydlig, västlig och östlig riktning. Den ska även kunna integrera automatiskt. Då funktionen körs ska den skriva ut kostnaden för att kyla bort energin och illustrera energin som behöver kylas bort i en graf.

Det som är intressant att veta är:

1. Hur mycket kostar en luft/luftvärmepump att köpa
2. Hur mycket kostar det att köpa automatiska persienner?
3. Hur mycket kostar det att använda luft/luftvärmepumpen?

## 1.5 Författarens bidrag

Författaren fick hjälp med idéer angående frågeställning och med inköp av delar till modellen. Programmeringen i MATLAB och ETS5 har utförts självständigt. Efterforskningen och beräkningarna har också utförts självständigt.

## 2 Bakgrundsmaterial

Antalet soltimmar varierar mellan 1100 och 1900 timmar per år, enligt SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut). Det är lägst antal soltimmar i fjällen och högst nära kuster och stora sjöar. Energin som kommer in genom fönster från solen värmer i vissa fall upp hemmet över önskad temperatur.

### 2.1 KNX

KNX är en sammanslagning av tre olika system: EIBA, EHSA och BCI. Sammanslagningen inträffade år 1999. KNX är en standard för hem- och fastighetsautomation. Det finns i skrivande stund 442 medlemmar i KNX, som tillverkar produkter. Det finns produkter inom bland annat belysningsstyrning, solskydd, värme, ventilation och hushållsapparater. [2]

#### 2.1.1 Kommunikation

KNX använder OSI-modellen för all kommunikation. Kommunikationen sker via en buss. Bussen kan dras tillsammans med de vanliga elkablarna.

Lager 1: det fysiska lagret ansluts till en "Medium Attachment Unit" som kommunicerar via ett medium. De media som är definierade enligt KNX standarden är Twisted Pair, Power Line 110, Radio Frekvenzy och KNX IP. [3]

Lager 2: Datalänklagret är ansvarigt för att bland annat bygga en ram till informationen från nätverkslagret och sedan skicka ramen, med innehåll, till det fysiska lagret. Då datalänklagret tar emot information ska den avgöra om ramen är intakt eller skadad, avgöra om informationen ska till lager 3 efter att ha kollat adressen, sedan skicka en positiv eller negativ bekräftelse. [4]

Lager 3: Nätverkslagret ger och kollar individuella adresser till informationen som kom från lager 4 respektive lager 2. [5]

Lager 4: Transportlagret ger fem olika sätt att sända information:

- *point-to-multipoint, connectionless (multicast)*
- *point-to-domain, connectionless (broadcast)*
- *point-to-all-points, connectionless (system broadcast)*
- *point-to-point, connectionless*
- *point-to-point, connection-oriented*

Det kontrollerar även om inkommande information är intakt innan vidarebefodring. [6]

Lager 5: Applikationslagret väljer vilket sätt som ska användas för att transportera informationen. [7]

### 2.1.2 Ventilation

Det finns möjlighet att mäta koldioxidhalt, luftfuktighet och temperatur med hjälp av KNX för att styra ventilationen [8]. Det betyder att systemet kan ställas in för att höja ventilationen då den känner av att någon duschar, detta skulle kunna leda till minskad risk för fuktskador i huset. Eftersom den känner av koldioxid kan ventilationen även reagera på antalet människor i huset. Det finns även enheter som kan upptäcka lättflyktiga organiska föreningar och svavelväte. Dessa ämnen är en orsak till dålig lukt. Detta betyder att systemet själv känner av dålig lukt och kan ventilerar ut den. [9]

## 2.2 Luft/luftvärmepump

En luftvärmepump tar värme från ett ställe och flyttar den till ett annat med hjälp av elektrisk energi. Den kan användas för att flytta värme utifrån och in eller tvärtom. [10]

### 2.2.1 Termodynamiska processen

De fyra termodynamiska stegen för en värmepump är

- Förångning, köldmediet förångas i en värmeväxlare vid lågt tryck med hjälp av värme från värmekällan. Detta tar värme från omgivningen.
- Kompression, det förångade köldmediet komprimeras i en kompressor till högt tryck och hög temperatur. Detta kräver elektrisk energi.
- Kondensering, den komprimerade ångan kondenseras vid hög temperatur i en värmeväxlare. Detta ger värme till omgivningen, antingen inomhus eller utomhus.
- Expansion, den kondenserade vätskan expanderar till ett lågt tryck, vilket sänker temperaturen på köldmediet. [10]

### 2.2.2 Värmefaktor

Värmepumpens effektivitet kallas värmefaktor och förkortas ofta COP som står för coefficient of performance. Värmefaktorn beräknas enligt formel 1

$$\text{Värmefaktor} = \frac{\text{Avgiven värme}}{\text{tillförd eleffekt}} \quad (1)$$

och ger ett resultat över 1. I denna studie behandlas köldfaktorn som beräknas enligt formel 2.

$$\text{köldfaktorn} = \frac{\text{kylkapacitet}}{\text{tillförd effekt}} \quad (2)$$

Den anger hur effektiv en värmepump är på att föra bort värme.

## 2.3 Energi

Temperatur motsvarar rörelse hos atomer och molekyler, ju snabbare de rör sig desto högre är temperaturen. Enligt termodynamikens första huvudsats kan inte energi skapas eller förstöras, bara omvandlas. Värme kan överföras mellan objekt på tre olika sätt: ledning, strömning och strålning. Solen för över värme till jorden genom strålning. Effekten som strålas ut från solen är i storleksordningen  $3.85 \cdot 10^{26}$  Watt. Eftersom jordens avstånd till solen är i snitt 150 miljoner kilometer träffar bara en bråkdel av den energin jorden. Effekten jorden tar emot från solen är kring  $1,7 \cdot 10^{17}$  Watt, vilket är 1350 Watt per kvadratmeter. Vid marken i Sverige är denna effekt vid optimala förhållanden ungefär 1000 Watt per kvadratmeter. [11][12][13]

## 2.4 Sensorer

Sensorer kan användas för att omvandla fysikaliska storheter som exempelvis temperatur till elektriska signaler. Det finns sensorer som kan mäta hastighet, ljusstyrka, ljudnivå och acceleration. Den som är mest intressant för denna uppgift är temperaturgivaren.

### 2.4.1 Temperaturgivare

Det finns flera olika sätt att mäta temperaturer. Ett sätt är genom att använda en metall vars resistans är temperaturberoende, till exempel platina. Även koppar och nickel används i detta syfte men inte lika ofta. PT-100 är en temperaturgivare där resistansen ökar då temperaturen ökar. Den kallas PT-100 för att den består av platina (kemiska beteckningen Pt) och resistansen är 100 ohm vid  $0^\circ$  Celsius. De är användbara i ett temperaturintervall mellan  $-260^\circ$  Celsius till ungefär  $800^\circ$  Celsius. Mellan  $800$  och  $1800^\circ$  Celsius används oftast termoelement. Dessa termoelement bygger på Seebeckeffekten som säger att det uppstår en spänningsskillnad i en ledare som placeras i en temperaturgradient. Den är inte lika linjär som en PT-100. Termistorer är temperaturgivare som är negativt temperaturberoende. De är inte linjära och de har ett litet temperaturintervall men de är billiga. De består av ett halvledarmaterial vilket gör dem snabbare än metallgivarerna. Temperaturintervallet för dessa givare ligger mellan  $-260^\circ$  och  $300^\circ$  Celsius. [15]

### 2.4.2 Luftfuktighetsgivare

Vanligtvis mäts luftfuktigheten med en kapacitiv givare. Ett tunt guldsikt finns på båda sidorna av en tunn icke-ledande folie vilket skapar en kondensator. Då folien absorberar fukt ändras dielektricitetskonstanten i kondensatorn vilket betyder att kapacitansen varierar med luftfuktigheten. Ett annat sätt att mäta luftfuktighet är med trådtöjningsgivare. Trådarna består av hårstrån som ändrar längd beroende på luftfuktigheten. Hårstråna är monterade till en fjäder som har piezoresistiva töjningsgivare. Piezokristallerna skapar en bryggspänning som är proportionell mot luftfuktigheten. [15]

### 2.4.3 Ljusdetektorer

Ett sätt att mäta ljusstyrka är med fotodioder. Dessa är dioder med transparenta höljen för att göra pn-övergången synlig. Då en foton träffar utarmningsområdet mellan p- och n-skiktet finns en möjlighet att det skapas ett elektron-hålpar vilket leder till att en diodström skapas. Fotodioden är snabb och billig men kräver ganska mycket ljus för att reagera. En annan billig ljusdetektor är fototransistorn. Den fungerar som en vanlig transistor men basströmmen är ersatt av en fotokänslig yta. Den är långsammare men känsligare än fotodioden. En till billig ljusdetektor är fotoresistansen. Det är en resistor där resistansen ändras beroende på hur mycket ljus som träffar den. Även denna sensor är långsam. [15]

## 2.5 Forskning

Hardi K. Abdullah och Halil Z. Alibaba skriver i sin artikel ”Retrofits for Energy Efficient Office Buildings: Integration of Optimized Photovoltaics in the Form of Responsive Shading Devices” att det går att sänka elförbrukningen för nedkylning av kontorsbyggnaden de räknade på med 42.7% i juli och augusti. De sänker nedkylningskostnaden genom att blockera solljuset som kommer in genom fönstren med solpaneler som vinklas mot solen. [16]

Jämfört med detta arbete har de tagit ett steg längre genom att inte bara blockera direkt solljus, utan de nyttjar det till att även skapa elektricitet. De studerar en enskild byggnad även i deras fall.

## 3 Metod

En litteraturstudie har utförts genom att söka efter relevant information i bibliotekets databas. Relevanta böcker har studerats i syfte att få en bredare kunskap inom området. Programmeringen sker i ETS5 och beräkningarna utförs i MATLAB. En modell med knapp, ställdon och motoriserad persienn byggs för test-syften.

### 3.1 MATLAB

Solinstrålningen antas vara 1000 watt per kvadratmeter. En luft/luftvärmepump väljs ur NIBEs sortiment för beräkningar angående elförbrukning. Alla fönster antas vara rakt mot väderstrecken öster, väster eller söderut. Priset på ström antas vara 1 krona per kilowattimme (här efter kWh) men går att ändra vid behov. Antalet soltimmar för Sundsvall hämtas från SMHI. Det finns statistik över antalet soltimmar per månad för varannan månad med början i februari. De månader som inte har statistik antas ha ett medelvärde med avseende på soltimmarna för de närliggande månaderna. En ekvation för den uppmätta statistiken tas fram med hjälp av verktygen polyfit och polyval i MATLAB. En ekvation approximeras för den tillförda värmen. Den tillförda värmen antas vara ungefär 10 000 kWh över hela året. Dessa ekvationer integreras från 0 till den första skärningspunkten, sedan från andra skärningspunkten till 12, som är slutet av året. Skillnaden mellan dessa integraler är den tillförda energin. Då skillnaden är 10 000 kWh integreras funktionerna mellan första skärningspunkten och den andra skärningspunkten där skillnaden blir önskad värme som ska kylas bort. Figur 1 visar dessa grafer. Kylfaktorn för värmepumpen är tagen direkt ur tillverkarens dokument. Då kylfaktorn och mängden energi känns till går det att räkna ut vad det kostar att låta värmepumpen kyla bort den önskade värmen. Hela MATLAB-koden finns i bilaga A.

### 3.2 ETS5

För att styra persiennen enligt temperatur används ”Automatic Sun Protection” som finns inbyggd i det valda ställdonet. Den ställs in för att stänga persiennerna om värmesystemet står i nedkylningsläge. Om systemet står i uppvärmningsläge öppnas persiennerna. Detta visas i bild 1.

1.1.1 JRA/S4.24.5.1 Blind/RollerShutterAct,TD,M,4f,24V > A: Automatic Sun Protection

General	Deactivation of automatic control	<input type="radio"/> Via object "Act. of automatic control" <input checked="" type="radio"/> Via object "Activation" and move command
Manual operation	Automatic reactivation of automatic control	<input checked="" type="radio"/> Deactivated <input type="radio"/> Activated
Weather alarms	Toggling to automatic control	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disable/enable via object
A: General	Toggling to direct control	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disable/enable via object
A: Safety/Weather	Position for sun = 1 (sun)	Down
A: Drive	Position for sun = 0 (no sun)	Up
A: Blinds/Shutter	Delay for sun = 1 in s [0..6,000]	0
A: Functions	Delay for sun = 0 in s [0..6,000]	0
<b>A: Automatic Sun Protection</b>		
A: Scene	Read activated automatic objects after bus voltage recovery	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No
A: Status messages	Enable automatic heating/cooling	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
B: General	Delay for presence = 1 in s [0..6,000]	0
B: Safety/Weather	Delay for presence = 0 in s [0..6,000]	0
B: Drive	Position for heating = 1 and sun = 1	Up
B: Blinds/Shutter	Use overheat control	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No
B: Functions	Position for heating = 1 and sun = 0	Up
B: Status messages	Position for cooling = 1 and sun = 1	Down
C: General	Position for cooling = 1 and sun = 0	Down
	On heating = 1 and cooling = 1 or on heating = 0 and cooling = 0	<-- Note
	the output is controlled only by automatic sun protection	

*Bild 1: Skärmsklipp ur programmeringsverktyget ETS5. Detta klipp visar hur persiennerna programmeras för att reagera på temperatur.*

För att reagera på projektorn används scenarier istället för en infraröd sensor som läser fjärrkontrollen. Bild 2 visar hur scenarierna är programmerade. Första scenariet är ett "TV-läge" och ställdonet är inställt på att stänga persiennerna då detta scenario är aktivt. Det andra scenariet är ett dagsläge som öppnar persiennerna helt.

Use 1st assignment  Yes  No

Assignment to scene number 1...64

Position Height in % [0...100]  
(0% = top; 100% = bottom)

Position Slat in % [0...100]  
(0% = open; 100% = closed)

Use 2nd assignment  Yes  No

Assignment to scene number 1...64

Position Height in % [0...100]  
(0% = top; 100% = bottom)

Position Slat in % [0...100]  
(0% = open; 100% = closed)

*Bild 2: Scenarierna programmeras i ställdonet. Dessa scenarier öppnar och stänger persiennerna.*

För att styra persiennen manuellt programmerades knappen att använda ett persienn-läge. Detta illustreras av bild 3.

Screen name (1-13 characters)

Which screen type do you use?

Function

Which screen design do you use?  Vertical design  Rotary design



*Bild 3: För att styra höjden på persiennen används den vänstra gröna symbolen och för att styra vinkeln på lamellerna används den högra gröna symbolen.*



### 3.3 Hårdvara

För att styra en persienn behövs en motor som kan kontrollera höjden på persiennen och lamellernas vinkel. Motorn styrs i sin tur av ett ställdon som bestämmer när och hur motorn ska köras. ställdonet är inkopplat till KNX-bussen och kommunicerar med all övrig KNX-hårdvara. Beroende på programmeringen lyssnar den på till exempel knappar som ger kommandon till den. Det valda ställdonet kan även lyssna på en väderstation som meddelar om det är soligt eller inte. Den utvalda ”knappen” är en tryckkänslig skärm (touchscreen) med en inbyggd temperaturgivare, en termistor enligt e-post konversation med moderbolaget schneider electric. Den kan programmeras att ha flera olika bilder. Det går att koppla in ytterligare en temperaturgivare till denna skärm för extra funktioner som till exempel styrning av golvtemperaturen.

#### 3.3.1 Knapp

Den knapp som väljs är en ”KNX Multitouch Pro” som byggs av Merten. Den väljs på grund av ett relativt lågt pris och har många funktioner, men inte infraröd sensor. Däremot har den en inbyggd termistor som sänder den aktuella temperaturen till KNX-bussen. Den har även en inbyggd funktion för att styra persienner. Den kan programmeras till att känna igen gester för styrning av exempelvis persienner eller rumstemperatur.

#### 3.3.2 Ställdon

För att styra motorn väljs ett 24 Volts ställdon från ABB. Den har inbyggda funktioner för att följa solen med lamellerna, detta kräver dock en väderstation med funktion för att hitta solens vinkel. Dessa väderstationer kostar ganska mycket och väljs därför bort. Detta ställdon har även inbyggda funktioner för att hantera larm som varnar vid ogynnsamt väder som till exempel hård vind och frost om persiennen ska hänga utomhus. Även denna funktion kräver en väderstation.

#### 3.3.3 Motor

För att kontrollera persiennen används en motor, i detta fallet är motorn en ”somfy LV25”. Det är en 24 Volts likströmsmotor som byter riktning genom att vända polaritet på strömmatningen. Motorn känner av vridmomentet och kan på detta sätt veta om persiennen är i toppen eller om den har kommit hela vägen ner. Detta enligt somfy via telefonkontakt.

#### 3.3.4 Persienn

En aluminiumpersienn väljs utifrån pris. Den är 60 centimeter bred, detta för att få plats med motorn, och 50 cm hög.

#### 3.3.5 Ram

Ramen byggs i trä för att det är billigt och enkelt.

### 3.4 Konstruktion

Själva ramen där all elektronik ska sitta byggs i trä. Bild 4 visar den tomma ramen utan elektronik.



*Bild 4: Den tomma träramen innan elektronik har installerats.*

## 4 Resultat

I nästa stycke kommer svar på fråga 3 och 1, efter det bevisas svaren i löpande text. Svaret på fråga 2 kommer i tabell 2, sist i resultatkapitlet. I den löpande texten framgår det att alla punkter under avsnitt 1.4 Konkreta och verifierbara mål för MATLAB-delen uppfylls. Persiennen kan blockera solljus utifrån inomhustemperatur, vilket uppfyller första kravet. Den uppfyller däremot inte det andra kravet angående blockering av solljus beroende på var solen befinner sig då det inte finns en väderstation. Angående det tredje och fjärde kravet uppfylls det delvis, genom att använda scenarier, men inte helt eftersom det krävs handpåläggning.

Enligt beräkningarna kostar det 460 kronor per år att kyla bort den instrålade värmen för ett hus i Sundsvall. Beräkningarna är gjorda för ett hus med 8 kvadratmeter fönster i sydlig riktning, 4 kvadratmeter i östlig riktning och 5 kvadratmeter i västlig riktning. Själva värmepumpen kostar 20 350 kronor att köpa. Delarna till modellen kostade 10 000 kronor att köpa. Själva persiennen kostade 3 600 kronor och ställdonet kan kontrollera 4 persienner. Knappen som kontrollerar persiennen har möjlighet att utföra andra funktioner också, till exempel att tända lampor eller ställa in önskad temperatur.

Den instrålade solvärmens beräknas vara 11 kilowatt enligt formel 3.

$$P_{instr\ddot{a}lad} = 1 \text{ kW} (area_{syd} * n_{syd} + area_{\ddot{o}st} * n_{\ddot{o}st} + area_{v\ddot{a}st} * n_{v\ddot{a}st}) \quad (3)$$

,där area är storleken på fönstren och n är en konstant faktor beroende på väderstreck [17]. Konstanten för söderläget är 75% av det maximala, i östlig och västlig riktning är det 56% av det maximala. 1 kilowatt (härefter kW) är den instrålade effekten från solen i Sverige vid optimala förhållanden. Tabell 1 visar antalet soltimmar i Sundsvall enligt SMHI och de approximerade värdena som används för beräkningarna. [18]

Månad	Uppmätta soltimmar	Beräknade soltimmar
Januari		37
Februari	80	78
Mars		137
April	180	195
Maj		238
Juni	280	257
Juli		249
Augusti	220	215
September		162
Oktober	90	101
November		50
December	30	31

Tabell 1 visar värden tagna ur den approximerade funktionen för de uppmätta soltimmarna och de uppmätta soltimmarna.

Den approximerade funktionen är representerad av formel 4.

$$y = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E \quad (4)$$

Där A, B, C, D och E är beroende på soltimmarna.

Den gula linjen i figur 1 approximerades till att ha det konstanta värdet 2350 kWh, detta för att få 10 000 kWh inköpt värme över hela året. Dessa funktioner integrerades enligt ekvationer 5, 6 och 7. Integreringen sker för att hitta arean under ekvationernas linjer som motsvarar hur mycket energi det handlar om. Första skärningspunkten och den andra skärningspunkten förkortas FSP respektive ASP i integralerna då dessa är variabler.

$$Q_{total} = \int_0^{FSP} (2350) dx + \int_{ASP}^{12} (2350) dx \quad (5)$$

$$Q_{sol1} = \int_0^{FSP} (Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E) dx \quad (6)$$

$$Q_{sol2} = \int_{ASP}^{12} (Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E) dx \quad (7)$$

Med hjälp av dessa integraler beräknas den tillförda energin enligt ekvation 8.

$$Q_{tillförd} = Q_{total} - Q_{sol1} - Q_{sol2} \quad (8)$$

Vilket ger att den tillförda energin är ungefär 10 000 kWh. Eftersom den tillförda energin stämmer med det antagna värdet integreras funktionerna mellan skärningspunkterna enligt funktionerna 9 och 10

$$Q_{sol} = \int_{FSP}^{ASP} (Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E) dx \quad (9)$$

$$Q_{total} = \int_{FSP}^{ASP} (2350) dx \quad (10)$$

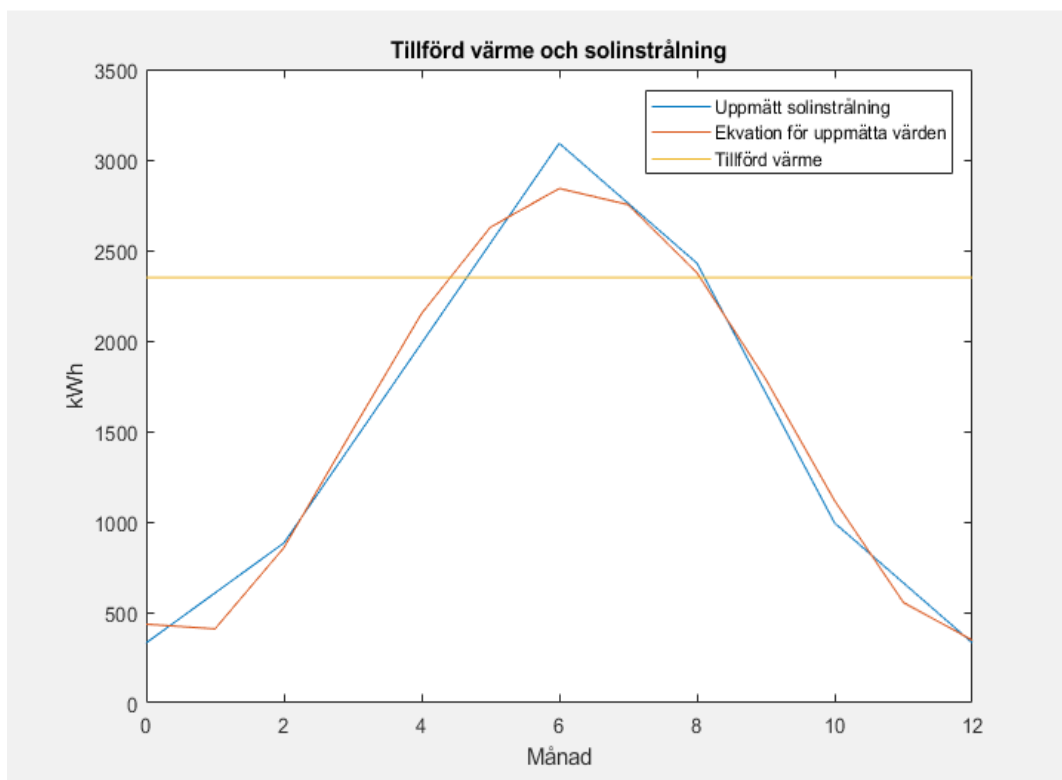
för att sedan beräkna den bortförda energin enligt funktion 11.

$$Q_{bortkyld} = Q_{sol} - Q_{total} \quad (11)$$

Detta ger att ungefär 1200 kWh ska kylas bort. Kostnaden för att kyla bort denna energi beräknas enligt formel 12

$$Kylkostnad = \frac{Q_{bortkyld}}{COP} \cdot \text{elpriset} \quad (12)$$

där COP är 2.62 enligt tillverkaren och elpriset antas vara 1 kr per kWh vilket ger en kostnad på 460 kr per år.



Figur 1: Graf som visar de uppmätta solinstrålningen i blått, den approximerade ekvationen för solinstrålningen i rött och den tillförda värmen i gult.

Arean mellan den gula linjen, som representerar värmebehovet för bostaden, och den röda linjen, som representerar den instrålade värmen från solen, beskriver hur mycket energi som tillförs för att hålla en jämn temperatur. Den gula linjen anpassades för att få denna area till 10 000 kWh. Arean där den röda linjen ligger ovanför den gula är då solinstrålningen överstiger värmebehovet för bostaden, det är detta som ska kylas bort. I detta fall beräknas arean till 1200 kWh.

Tabell 2 visar vad det kostar att köpa en automatisk persienn. Ställdonet har möjlighet att styra fyra olika persienner, det finns även andra ställdon för styrning av ännu fler persienner. Priset för persiennen kan variera utifrån storlek och vilken typ av persienn som väljs.

Beskrivning	Artikelnummer	Pris [svenska kronor]
Persienn med motor		3 600
Ställdon	ABB JRA/S 4.24.5.1	2 200
Knapp	MEG6215-0310	2 900
Strömförsörjning	Siemens N125/02	1 100
Temperatursensor	MEG 616790	200
<b>Totalt</b>		<b>10 000</b>

*Tabell 2: priser för automatiska persienner.*

Tabell 3 jämför priserna för båda teknikerna. Priset för persienner varierar beroende på deras storlek. Motorn för varje persienn kostar 1600 kronor.

Beskrivning	Driftkostnad [kr/år]	Inköpspris [kr]
Luftvärmepump	460	20 350
Persienn	0	3600
Styrning av persienn	0	6400

*Tabell 3: Prisjämförelse mellan persienner och luftvärmepump.*

## 5 Diskussion

Eftersom utomhustemperaturen inte tas med i beräkningarna stämmer inte resultaten helt. Det skulle antagligen kosta mer att kyla bort värmen om hänsyn togs till utomhustemperaturen. Samtidigt kanske det inte räcker att stänga persiennerna om det är 30 grader Celsius utomhus för att hålla en bekväm temperatur inomhus. Resultatet av denna rapport förväntas inte ha påverkan på framtida inköp eller utveckling av produkter, däremot förväntas modellen användas i framtida utbildningssyften för studenter inom automationsingenjörsprogrammet.

### 5.1 Luftvärmepump

Luftvärmepumpen kostar ungefär 460 kr per år för att kyla bort värmen i det här fallet. Beroende på hur värmesystemet ser ut i dagsläget kan det hända att luftvärmepumpen sänker den totala elförbrukningen över året och blir därmed billigare än att inte ha luftvärmepump. Detta trots att den används för att kyla bort överflödigt värme på sommaren. Om det enda syftet är att kyla bort värme rekommenderas luftvärmepumpen i detta fall.

### 5.2 Persienner

Persiennerna kan hjälpa till att sänka värmen inomhus men de kan även göra det mörkare. Elektronik för styrningen och själva persiennerna är relativt dyra. Fördelen med de automatiska persiennerna är att de kan ställas in för att göra ett rum mörkt om till exempel en TV eller projektor startas. Om KNX installeras i ett hem kan det styra annat också, till exempel ventilationen. Ventilationssystemet skulle kunna ställas in att ventileras ut fukten efter att någon har duschat. Det skulle kunna leda till lägre risk för fuktskador. Priset för att enbart installera automatiska persienner är för högt för att få en rekommendation av författaren. Däremot skulle KNX som helhet rekommenderas vid nybyggnation.

### 5.3 Samhälleliga aspekter

Ett automatiserat hem skulle kunna hjälpa med ventilation, temperatur- och ljusstyrning samt kontroll av hemelektronik. En luftvärmepump kräver mer energi för att hålla temperaturen låg än att ta bort anledningen till temperaturhöjningen. Detta kan påverka elförbrukningen, vilket i sin tur kan påverka elproduktionen. Mindre elproduktion skulle kunna leda till lägre koldioxidutsläpp och i förlängningen lägre global medeltemperatur.

### 5.4 Etiska aspekter

Att automatisera ett hem kan underlätta livet för de flesta människor men är kanske ännu bättre för funktionshindrade och äldre människor. Det kan även



underlätta för personalen på äldreboenden genom att de slipper mörklägga rummen själva på kvällen. Fler äldre människor hade kanske klarat av att bo kvar hemma längre om hemautomation hjälper dem, vilket leder till färre att ta hand om för den personal som finns på äldreboenden idag.

## 5.5 Lösningalternativ

Problemet hade kunnat lösas med hjälp av automatiserade markiser. Det finns även andra sätt att blockera solljus, till exempel gardiner, rullgardiner och lamellgardiner. Alla dessa kan automatiseras och skulle kanske kunna passa bättre till stora fönster.

## 5.6 Vidareutveckling

Det hade varit intressant att ta med utomhustemperaturen i beräkningarna. Det skulle kunna antas att medeltemperaturen följer grafen för medelsoltimmarna ganska bra. Det skulle betyda att mycket mer solinstråling ska kylas bort för att hålla konstant inomhustemperatur under sommaren. Det skulle antagligen leda till ett annat resultat än vad den här rapporten kom fram till.

## 5.7 Slutsatser

Beräkningarna hade behövt vara noggrannare för att kunna ge ett klart besked om vilken metod som är billigast. Det strålar in mest värme i sydliga fönster, det skulle därför kunna vara lönsamt att sätta in automatiska persienner i dessa fönster. Det skulle kunna kombineras med en luftvärmepump. Det kan bli dyrt med persienner till stora fönster men samtidigt blir det dyrare att använda luftvärmepumpen.

## Källförteckning

- [1] Karasu A. Concepts for Energy Savings in the Housing Sector of Bodrum, Turkey. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin. 2010. [Doktorsavhandling]
- [2] KNX association. Introduktion [Internet]. Bryssel: KNX association; 2015 [citerad 2018-05-14]. Hämtad från: <https://www.knx.org/se/knx/association/introduction/index.php>
- [3] ISO 14543-3, KNX Standard 03-03-01 Physical Layer
- [4] ISO 14543-3, KNX standard 03-03-02 Data Link Layer
- [5] ISO 14543-3, KNX Standard 03-03-03 Network Layer
- [6] ISO 14543-3, KNX standard 03-03-04 Transport Layer
- [7] ISO 14543-3, KNX Standard 03-03-07 Applicaton Layer
- [8] KNX association. Heating, Cooling, Ventilation with KNX Solutions and products. [Broschyr]. Hämtad från: [https://www.knx.org/knx-en/Microsites/docs/brochure\\_en.pdf](https://www.knx.org/knx-en/Microsites/docs/brochure_en.pdf)
- [9] KNX association. Journal. [Broschyr]. Hämtad från: [https://www.knx.org/media/knx-journal/2015/docs/KNX-Journal-1-2015\\_en.PDF](https://www.knx.org/media/knx-journal/2015/docs/KNX-Journal-1-2015_en.PDF)
- [10] Högström C, Sandström B. Certifierad installatör RES Värmepumpar. Version 2.0. Under utgivning 2018.
- [11] Dahlin, J-E. Hållbar utveckling : en introduktion för ingenjörer. Upplaga 1:4. Lund: Studentlitteratur AB; 2014. Kapitel 3
- [12] Dahlin, J-E. Hållbar utveckling : en introduktion för ingenjörer. Upplaga 1:4. Lund: Studentlitteratur AB; 2014. Kapitel 5
- [13] Högström C, Sandström B. Certifierad installatör RES Solel. Version 1.21. Under utgivning 2018.
- [14] Bengtsson, L. Elektriska mätsystem och mätmetoder. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur AB; 2012. Kapitel 1
- [15] Bengtsson, L. Elektriska mätsystem och mätmetoder. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur AB; 2012. Kapitel 2

- [16] Abdullah H, Alibaba H. Retrofits for Energy Efficient Office Buildings: Integration of Optimized Photovoltaics in the Form of Responsive Shading Devices. Sustainability. 2017; 9(11): 20.
- [17] Högström C, Sandström B. Certifierad installatör RES solvärme. Version 1.6. Under utgivning 2018. s. 15-16.
- [18] SMHI Öppna data [Internet] Hämtad från: <http://opendata-catalog.smhi.se/explore/>

# Bilaga A: Dokumentation av egenutvecklad programkod

## MATLAB-script för beräkningar

```
% Beräkna hur mycket värme som kommer in genom fönster och vad
det kostar
% att kyla bort
clc; clear;

% Sätt in värden för hur stora dina fönster är
window_south = 8; % [m^2]
window_east = 5; % [m^2]
window_west = 4; % [m^2]

y=2350; % ändra denna för att ändra den inköpta värmen

% Värden för en luft/luftvärmepump
% NIBE AG-AA10-40
% https://www.nibe.se/assets/documents/21161/639591-7.pdf
kylkapacitet = 4.060; % [kW] Enligt tillverkaren
tillf_effekt = 1.550; % [kW] Enligt tillverkaren
COP = kylkapacitet / tillf_effekt; % Kylfaktor

elpris = 1.00; % [kr / kWh]

% konstanter
sol = 1; % [kW/m^2] i Sverige
south = 1-0.25; % sydlig riktning ger en minskning med 25%
east = 1-0.44; % östlig riktning ger en minskning med 44%
west = 1-0.44; % västlig också, detta enligt solvärmeboken.

heating = sol*( window_south*south + window_east*east +
window_west*west );
% heating ger ett resultat i kilowatt

februari = 80; % [h] Värde från SMHI
april = 180; % [h] Värde från SMHI
juni = 280; % [h] Värde från SMHI
augusti = 220; % [h] Värde från SMHI
oktober = 90; % [h] Värde från SMHI
december = 30; % [h] Värde från SMHI

januari = mean([december februari]); % Uppskattat värde
mars = mean([februari april]); % Uppskattat värde
maj = mean([april juni]); % Uppskattat värde
juli = mean([juni augusti]); % Uppskattat värde
september = mean([augusti oktober]); % Uppskattat värde
november = mean([oktober december]); % Uppskattat värde

year = [december januari februari mars april maj juni juli
augusti september oktober november december];
```

```
months = [0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];

kWh = heating .* year; % solinstrålning i [kWh]

y=[y y y y y y y y y y y y y]; % detta för att få en rak linje

% här skapas ekvationer för integrering senare
p = polyfit(months,kWh,4);
f = polyval(p, months);

% ekvation för den raka linjen
py = polyfit(months, y , 1);
fy = polyval(py, months);

% figur för visning av energin
plot(months, kWh, months, f, months, fy)
axis([0 12 0 4500])
legend('Uppmätt solinstrålning', 'Ekvation för uppmätta värden',
'Tillförd värme')
xlabel('Månad')
ylabel('kWh')
title('Tillförd värme och solinstrålning')

% skapa funktioner av ekvationerna för att integrera dessa
fun = @(x) p(1).* x.^4 + p(2).*x.^3 + p(3).*x.^2 + p(4).*x +
p(5);
func = @(x) py(1).*x + py(2);

% Två stycken for-loopar för att hitta den första och den andra
% skärningspunkten.

m = 0.1; % marginalen för ekvationerna, får inte vara för liten,
då hittas ingen skärningspunkt.

% hittas ingen skärningspunkt fungerar inte programmet
% detta är en begränsning som inte hann lösas

for x = 0 : 0.0001:6
    s = fun(x)-func(x);
    if s < m && s > -m
        SP1 = x;
    end
end

for x = 6: 0.0001 : 12
    s = fun(x) - func(x);
    if s < m && s > -m
        SP2 = x;
    end
end

% här integreras funktionerna
added_heat = integral(func,0,SP1) + integral(func,SP2,12);
sol_kWh = integral(fun,0,SP1) + integral(fun,SP2,12);

% här beräknas hur mycket energi som är tillfört
Q_tillf = added_heat - sol_kWh;

% här beräknas hur mycket energi som ska kylas bort
```

```
Q_bortkyld = integral(func,SP1,SP2) - integral(func,SP1,SP2);  
kylkostnad = Q_bortkyld ./ COP .* elpris; % [kr/år]  
  
% här skrivs resultaten ut  
disp([ num2str(round(Q_tillf)) ' kWh värme har köpts.' ])  
disp([ num2str(round(Q_bortkyld)) ' kWh behöver kylas bort för  
att hålla önskad temperatur.'])  
disp(['Det kostar ' num2str(round(kylkostnad)) ' kr per år att  
kyla bort det med luftvärmepump.'])
```