



## Växthus på Vaksala Eke

### *Greenhouse in Vaksala Eke*

Karin Berg, Erik Brené, Lukas Dahlström, Victor Lanner,  
Emanuel Larsson, Raffaello Ljungqvist Baldesi, Safwat Majid,  
Jonas Söderberg

Kandidatuppsats i teknik

Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Examensarbete 2018:08  
ISSN 1654-9392  
Uppsala 2018



# Växthus på Vaksala Eke

Greenhouse in Vaksala Eke

*Karin Berg, Erik Brené, Lukas Dahlström, Victor Lanner,  
Emanuel Larsson, Raffaello Ljungqvist Baldes, Safwat Majid,  
Jonas Söderberg*

**Handledare:** Anders Larsolle, institutionen för energi och teknik, SLU

**Examinator:** Sven Smårs, institutionen för energi och teknik, SLU

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå, fördjupning och ämne:** Grundnivå, G2E, teknik

**Kurstitel:** Självständigt arbete i energisystem

**Kurskod:** EX0759

**Program/utbildning:** Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Översiktsbild över växthuset och delar av caféet, skapad i Autodesk Revit av Victor Lanner 2018

**Serietitel:** Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

**Delnummer i serien:** 2018:08

**ISSN:** 1654-9392

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** självförsörjande, växthus, café, värmeförsörjning, värmeflöde, elförsörjning

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för energi och teknik



## **Abstract**

This project has been carried out on the behalf of IHUS and the aim was to find a solution to a greenhouse with an associated café on Vaksala Eke just north of Uppsala. This complex is intended to be self-sufficient on heat, electric power and crops. In the project we have created a greenhouse that fully supplies the café with crops during the summer, while during the winter the greenhouse only provides 8-16% of the café's demand of crops. Six different scenarios were created to cover the heat demand of the greenhouse and the café. The following scenarios for the heat supply were considered: ground heat; solar thermal energy and ground heat; geothermal energy; solar thermal energy and geothermal energy; bioenergy; solar thermal energy and bioenergy. These six scenarios were compared to one another to obtain the most profitable system. The results showed that the scenario with the shortest payback period for heat generation, is the ground heat scenario. Photovoltaic solar panels is the only source of electric power examined for the small-scale operation on Vaksala Eke. All the scenarios, except for the scenarios with bioenergy, were fully self-sufficient on heat, on the other hand all the scenarios were self-sufficient on electricity over a year.

## **Sammanfattning**

Detta arbete har genomförts på uppdrag av IHUS och har gått ut på att ta fram en lösning för ett växthus med tillhörande café på Vaksala Eke, norr om Uppsala. Anläggningen avsågs att vara självförsörjande på energi och grödor. I projektet har det skapats ett växthus som förser caféet till 100% med grödor under sommaren och på vintern med 8-16%. Sex olika scenarier skapades vilka alla skulle täcka värmebehovet till växthuset och caféet. Följande scenarier för värmeförsörjningen undersöktes: jordvärme; solvärme och jordvärme; bergvärme; solvärme och bergvärme; bioenergi; solvärme och bioenergi. Dessa sex scenarier jämfördes för att ta fram det mest lönsamma systemet. Resultatet visar att scenariot med kortast återbetalningstid är det när värmeförsörjningen enbart kommer från jordvärme. Solceller bedömdes som det enda rimliga alternativet för den småskaliga verksamheten på Vaksala Eke varför endast denna elkraftkälla undersöktes. De scenarier som ej innehöll bioenergi blev helt självförsörjande på värme, och över ett år blev alla scenarier självförsörjande på elkraft.



# Innehåll

<b>1 Inledning</b>	<b>4</b>
1.1 Bakgrund . . . . .	4
1.2 Syfte . . . . .	4
1.3 Mål . . . . .	4
1.4 Metod . . . . .	4
<b>2 Utförande</b>	<b>5</b>
2.1 Dimensionering av växthus och cafébyggnad . . . . .	5
2.2 Energiförbrukning för växthus och cafébyggnad . . . . .	5
2.2.1 Värmeflöden i växthus . . . . .	6
2.2.2 Värmeflöden i cafébyggnaden . . . . .	6
2.2.3 Elförbrukning i växthus . . . . .	7
2.2.4 Elförbrukning i cafébyggnaden . . . . .	7
2.3 Elförsörjning . . . . .	8
2.4 Värmeförsörjningsscenarier . . . . .	8
2.4.1 Jordvärme . . . . .	8
2.4.2 Solvärme och jordvärme . . . . .	9
2.4.3 Bergvärme . . . . .	9
2.4.4 Solvärme och bergvärme . . . . .	9
2.4.5 Bioenergi . . . . .	9
2.4.6 Solvärme och bioenergi . . . . .	10
2.5 Ekonomi . . . . .	10
2.6 Känslighetsanalys . . . . .	10
<b>3 Resultat</b>	<b>10</b>
3.1 Dimensionering av växthus och café . . . . .	10
3.2 Elförbrukning . . . . .	11
3.3 Värmeförsörjningsscenarier . . . . .	11
3.4 Självförsörjningsgrad . . . . .	13
3.5 Säsongsöppet . . . . .	13
3.6 Priskalkyl . . . . .	14
3.7 Känslighetsanalys . . . . .	14
<b>4 Diskussion</b>	<b>15</b>
4.1 Dimensionering av växthus och café . . . . .	15
4.2 Värmeförsörjning . . . . .	15
4.3 Elförsörjning . . . . .	16
4.4 Känslighetsanalys . . . . .	16
4.5 Felkällor . . . . .	17
4.6 Fortsatta studier . . . . .	17
<b>5 Slutsats</b>	<b>17</b>
<b>Referenser</b>	<b>19</b>

<b>A</b>	<b>Matlabkod</b>	<b>20</b>
A.1	Huvudkod . . . . .	20
A.1.1	Tillhörande funktioner . . . . .	26
A.1.2	Känslighetsanalys . . . . .	33
A.2	Värmeflödet i köket och caféet . . . . .	34
A.2.1	Kod för avloppsvärmeåtervinning . . . . .	35
A.3	Solvärme . . . . .	39
A.4	Växthus . . . . .	40
A.5	Odling . . . . .	45
A.6	Biodrivmedel . . . . .	46
A.7	Elförbrukning och solceller . . . . .	48
<b>B</b>	<b>Flygbild över det planerade växthuset</b>	<b>50</b>
<b>C</b>	<b>Delrapport - Odling</b>	<b>52</b>
<b>D</b>	<b>Delrapport - Växthus</b>	<b>60</b>
<b>E</b>	<b>Delrapport - Värmeflödet i köket &amp; caféet</b>	<b>64</b>
<b>F</b>	<b>Delrapport - Kök och ventilation</b>	<b>69</b>
<b>G</b>	<b>Delrapport - Solvärme</b>	<b>74</b>
<b>H</b>	<b>Delrapport - Bergvärme/Jordvärme</b>	<b>77</b>
<b>I</b>	<b>Delrapport - Biodrivmedel</b>	<b>82</b>
<b>J</b>	<b>Delrapport - Elförbrukning och solceller</b>	<b>84</b>
<b>K</b>	<b>Delrapport - Energilagring</b>	<b>89</b>



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Följande rapport täcker ett arbete av åtta studenter på uppdrag av *STUNS Energi* där fastighetsförvaltaren *IHUS* är beställaren av projektet.

*Vaksala Eke* är ett område tre km nordöst om Uppsala centrum. Området består av en företagspark inriktad på innovativa och hållbarhetsorienterade industriföretag. Beställaren *IHUS* är intresserade av att placera ett växthus med närliggande café på området som ska fungera som en plats där arbetare inom företagsparken kan äta lunch, samt erbjuda mat eller fika till människor som är på området av diverse anledningar. Nedanstående text är tagen direkt från uppdragsgivarens projektbeskrivning.

*”Det kommunala fastighetsbolaget IHUS äger en fastighet med namnet Vaksala Eke. De önskar nu att anlägga ett växthus med tillhörande café vid fastigheten, tanken är att caféet ska använda de grödor som produceras i växthuset. Hur gör de detta på bästa sätt? Hur stort borde växthuset vara och vilka grödor borde de producera? Till detta kommer ett önskemål om att både café och växthus ska vara självförsörjande på el och värme – hur kan man uppnå det?”*

## 1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att utarbeta ett attraktivt och inspirerande koncept för ett växthus med tillhörande café, där växthuset ska vara självförsörjande året om med hänsyn till grödor, värme- och elkraft. Givet bestämmelser av modellens och verksamhetens dimensioner, skall behov och försörjning av elkraft och värme beräknas och undersökas. Undersökningen ska leda till att olika scenarier på hur hela verksamheten ska gå runt i termer av energi arbetas fram, där alla energiflöden avses som de intressanta variablerna. Syftet med olika förslag är att sätta samtliga lösningar i relation till varandra så att en övervägning mellan dem kan göras.

## 1.3 Mål

Målet för detta projekt är att för beställaren *IHUS* presentera ett inspirerande förslag där systemet är helt självförsörjande på årsbasis. För att uppnå detta behövs en kartläggning av alla energiflöden och dimensioner i gällande system samt jämförelser mellan olika alternativ för att tillfredsställa värme- och elbehovet.

## 1.4 Metod

Arbetets utförande bestod av studiebesök, litteraturstudier och beräkningar samt modelleringar. Syftet är att ge tillräckligt underlag för att skapa ett åtråvärt lösningsförslag inom projektets ramar.

## 2 Utförande

### 2.1 Dimensionering av växthus och cafébyggnad

Vid dimensionering av växthuset gav beställaren restriktioner om en maximal bygghöjd på fyra meter. Flertalet designförslag på växthuset diskuterades men till slut beslutades att ett halvsfäriskt växthus ska modelleras. Geometrin medför optimerat ljusinsläpp och är således fördelaktig för ett jämnt energiflöde och ventilation. En halvsfärisk geometri ansågs även ge den innovativa anda som projektet ämnar till att skapa. Med given maxhöjd innebär detta en maxradie på fyra meter i markplan. Vidare beräknades det om uppsamlande av regnvatten från anläggningarna kan täcka bevattningsbehovet i växthuset. Se bilaga D för vidare resonemang kring val av växthusmodell och beräkningar.

Enligt beställaren skulle caféet dimensioneras för 25 cafégäster per arbetsdag. Antalet arbetsdagar bestämdes till 225 dagar per år. Genom att modellera växthuset med en radie på fyra meter kunde ett exakt värde ges på hur mycket odlingsbar yta som finns. Denna yta subtraherat med växthusets gångar och den underjordiska entrén gav dess totala odlingsarea. Med tillgänglig statistik på odlingskörd kunde ett uppskattat uttag av grönsaker per person och arbetsdag beräknas (se bilaga C). Då denna mängd ansågs tillräcklig för 25 gäster beslutades att växthusets storlek var adekvat. Den slutgiltiga designen kan ses i figur 1.



Figur 1: 3D-bild på växthuset, modellerad i datorprogrammet *Autodesk Revit 2018*

### 2.2 Energibehov för växthus och cafébyggnad

Hela byggnadskomplexet har ett in- och utflöde av värmeenergi. Vissa månader är det tillräckligt varmt för att hela värmebehovet ska förses av enbart solen, ur ett statistiskt perspektiv. Andra månader uppstår en brist på värmeenergi som måste tillföras för att upprätthålla en konstant inomhustemperatur. Genom att anta att värme kan pumpas reversibelt mellan växthus och cafébyggnad kunde överskottsvärme från köket användas för att värma växthuset. Värmebehovet i växthuset varierade och har beräknats dagvis

över året samt enbart för sommarperioden, detta för att ge en överskådlig bild. Genom att införa ett diagram över det totala värmeflödet under ett år illustrerades hur många dagar per år som värmeenergi måste tillföras från externa källor, se figur 2. Behovet av elkraft var konstant, så när som på förbrukningen för uppvärmningssystemet, vilken illustreras i tabell 2. I följande avsnitt kartläggs vilka värmeflöden och vilken elförbrukning som finns.

### 2.2.1 Värmeflöden i växthus

Ett växthus har flera parametrar som påverkar värmeflödena. Temperaturen i växthuset är satt till konstant  $20^{\circ}\text{C}$  på sommarhalvåret och  $10^{\circ}\text{C}$  på vinterhalvåret. När sommarhalvåret börjar är inte vedertaget, men odlingssäsongen för tomat och gurka kan antas börja vecka 14 (se bilaga C) och därför sattes datumet till första dagen i vecka 14 (den 8e april) och säsongen antogs vara 140 dagar lång. För att hålla de bestämda innetemperaturerna konstanta har några processer tagits i beaktande för att sedan beräkna energibehovet i växthuset under året. Naturliga värmeflöden in och ut ur växthuset är direkt solinstrålning, värmestrålning ut, värmeöverföring genom glaset som beror på utomhustemperaturen (konduktion) och värmeläckage ur material och sprickor et cetera (infiltration). Infiltrationen försumrades i beräkningarna på grund av brist på data och att byggnationen antas vara välisolerad och tät. Förklaringar och beräkningar av dessa värmeflöden ses i bilaga D och A.

Medräknat är också processerna evapotranspiration och ventilation, vilka är viktiga för att växterna ska trivas i växthuset. Evapotranspiration är samlingsnamnet för delprocesser som avdunstning och transpiration från växter och ger upphov till latent värme. För att växterna ska trivas i avseende på luftfuktighet och koldioxidhalt måste också växthuset ventileras, vilket leder till betydande värmeförluster. Den relativa luftfuktigheten måste ligga i ett specifikt intervall (se bilaga C) och sattes i beräkningarna till 65%. För att minimera dessa förluster används ett så kallat FTX-system, vilket står för ett fläktstyrt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Funktionen är att luften som byts ut värmer upp den inkommande luften i aggregatet. Med ett sådant system kan över 80% av värmen i luften som ventileras återvinnas (Östberg u.å[a]). Beräkningar för dessa processer finns i bilaga A.

### 2.2.2 Värmeflöden i cafébyggnaden

Värmeflödet i caféet skiljer sig till stor del från det i växthuset eftersom isoleringen är betydligt bättre, vilket huvudsakligen leder till att konduktionen minskar. Köksutrustningen alstrar stora mängder värme, 70% av all elkraft konsumerad inom ett hushåll omvandlas till spillvärme vilket med ett väl designat hus kan leverera en stor del av den efterfrågade värmen (se bilaga F). Utöver detta tillkommer även värme alstrad från människor och direkt solinstrålning. Parametrarna som bidrar till värmeförluster är ventilation, varmvattenberedning, konduktion och värmestrålning.

Ventilationens värmeförluster minimeras genom ett FTX-system enligt samma princip som i växthuset. Ventilationen går dessutom på tre olika hastigheter under dagen beroende på behov. Om luftutbytet per tidsenhet ökar behövs mer energi för att värma upp

lokalen. Systemet som används i caféet kommer därför anpassas efter behovet och bara arbeta när det är nödvändigt.

Värmestrålningen ut ur cafébyggnaden antas vara konstant genom alla fönster. I de scenarier med solfångare sker all vattenuppvärmning via dem, medan i resterande scenarier sker vattenuppvärmning via värmepumpar eller förbränningspannor.

Värmeförlusterna via konduktion som beräknas sker via väggarna, taket samt fönsterna. För att minska värmeförlusterna valdes isoleringen i väggarna till mineralull och alla fönster till typen treglasfönster. Solinstrålningens effekt bidrar till uppvärmning och beror av transmittansen på glaset i fönstret vid synligt ljus (det synliga spektrumet) samt vinkeln mellan solinstrålningen och fönstret. Strålningen som går ut ur huset beror av transmittansen vid infrarött ljus samt strålningen från olika objekt. Ekvationer och beräkningar finns i bilaga E.

### 2.2.3 Elförbrukning i växthus

Den kartlagda elförbrukningen i växthuset kommer från belysning för den hydroponiska odlingen, bevattningspumpar och ventilationssystem (se bilaga C och D). För att inte belasta grundvattnet gjordes beräkningar baserade på att en pump förser den traditionella odlingen med regnvatten. Den hydroponiska odlingen behöver fem små pumpar, vilket leder till ett ytterligare bidrag till elförbrukningen i lokalen. Beräkningarna för FTX-systemet baseras på ett generiskt aggregat som förbrukar olika mycket elkraft beroende på luftflöde, och därmed har en mycket lägre förbrukning på vintern än på sommaren.

Utöver den ovan nämnda elförbrukningen tillkommer en variabel förbrukning kopplad till vilket uppvärmningssystem som väljs. Vidare kommer dessa elförbrukningar att benämnas som den *konstanta* samt den *variabla* elförbrukningen.

### 2.2.4 Elförbrukning i cafébyggnaden

Den kartlagda konstanta elförbrukningen i cafébyggnaden utgörs av belysning och vilken köksutrustning som används. För att uppskatta förbrukningen från köket hittades specifikationer för alla hushållsapparater som tros behövas i ett cafékök. Genom att uppskatta användningstiden per arbetsdag och år kunde denna förbrukning beräknas. Elförbrukningen för belysningen gjordes på liknande sätt. Genom att uppskatta antalet lampor och hur länge de är tända kunde dess förbrukning beräknas utifrån specifikationer för de antagna lamporna. Utöver detta finns en variabel elförbrukning kopplad till uppvärmningen av byggnaden och kranvattnet.

Givet att 70% av samtliga elektriska apparaters förbrukade elkraft kommer att omvandlas till spillvärme i byggnaden (se bilaga F) bidrar elförbrukningen till spillvärme. Denna spillvärme kan tillvaratagas och detta beskrivs vidare i följande avsnitt om värmeflödet i hela cafébyggnaden.

## 2.3 Elförsörjning

De självförsörjande elgenereringsteknikerna som undersöktes var solceller och vindkraft. Även lagringsmöjlighet av elkraft genom batterier, svänghjul, pumpkraft och kondensatorer undersöktes. Ett småskaligt vindkraftverk är enligt beställaren inte ett alternativ på Vaksala Eke och de olika lagringsmetoderna visade sig inte vara lämpliga på grund av de omfattande kostnaderna samt dess begränsade kapaciteter (se bilaga K). Därav bestämdes att solceller är den enda elkraftkällan.

Utan elkraftslagring är det omöjligt att med solceller producera tillräckligt mycket elkraft för att förse hela elbehovet på nätter och under vintern. Istället beslutades att dimensionera solcellsparken för att över ett år producera lika mycket elkraft som förbrukas. På sommaren innebär detta en överproduktion och försäljning av elkraft. På vintern innebär det en underproduktion, och inköp av elkraft är nödvändigt. Detta system definierades som självförsörjande över ett år.

Solcellerna bestämdes vara statiska och därmed inte röra sig efter solen; samtliga är riktade i söderläge och kommer byggas på egen mark avskild från växthus samt cafébyggnad. Solcellsparken dimensionerades som ovan nämnt efter årsförbrukningen av elkraft från caféet och växthuset, vilket gjorde att de olika värmescenarierna fick storleken av parken att variera. Valet av solcellspaneler och strömväxlare gjordes utifrån två undersökningar genomförda av Energimyndigheten (Energimyndigheten 2015a; Energimyndigheten 2015c) där olika produkter har samlats in och deras verkningsgrader jämförts. Från dessa tester valdes produkten med den bästa verkningsgraden oavsett pris, både för växlare och solcellspaneler.

## 2.4 Värmeförsörjningsscenarier

Nedan följer de sex scenarier som valdes att försörja anläggningen med värme. Solvärme har inte valts som ett eget scenario då solen inte värmer tillräckligt bra för att kunna försörja byggnaderna med värme varje dag över ett helt år. Solvärmens värmer därför enbart kranvattnet. Jord- och bergvärme har valts för att de är energieffektiva och etablerade i samhället, dessa scenarier medför att byggnaderna blir helt självförsörjande på värme. Att elda biobränsle i en brännare är ett vanligt alternativ för att värma växthus och har därför också undersökts.

### 2.4.1 Jordvärme

Vid installation av ett jordvärmesystem grävs ett hundratal meter slang ned i marken på ett djup av cirka 1-1,5 meter. Här placeras slangen i slingor över en yta på cirka 600 kvadratmeter. (Greenmatch 2014a). Genom slangen pumpas en vätska som absorberar den lagrade värmen i marken som sedan utvinns av en värmepump. Systemet fungerar året runt, men den utnyttjade ytan får ej bebyggas efter installation (Bårtås 2013a). Detta för att möjliggöra fri väg för solinstrålningen mot mark, vilket i sin tur höjer värmepotentialen som kan utvinnas.

## 2.4.2 Solvärme och jordvärme

Cafétaketets södra sida utnyttjas för solfångare. En diskussion fördes rörande hur stor yta som skall beläggas med solfångare. Genom att simulera solfångarytan över ett år med given soldata på Vaksala Eke noterades att solfångarna ger ett stort värmetillskott på sommaren och ett betydligt mindre på vintern. Därför konstaterades det att ytan som skulle behövas för att utgöra värmeförsörjning på vintern skulle bli för stor. Det ansågs därför rimligt att dimensionera solvärmesystemet till att kunna försörja värmebehovet för kranvatten under de kallaste vintermånaderna (se bilaga G). Jordvärme i kombination med solfångare skulle fungera precis som nämnt i 2.4.1, skillnaden blev att de tillagda solfångarna kommer värma upp kranvattnet.

## 2.4.3 Bergvärme

Bergvärmerna kan användas året runt eftersom energikällan är djupt ner i berggrunden och temperaturen på marknivån inte har någon påverkan på den levererade effekten. Vid användande av bergvärme överförs energi från berggrunden till vatten som flödar ner i berggrunden via rör. Efter uppvärmning pumpas vattnet tillbaka till byggnaderna där det via en värmepump förser byggnaderna med värme. Vid beräkningar nåddes resultatet att det skulle krävas två borrhål på minst 191,7 meters djup vardera för att klara av att försörja byggnaderna med värme när det är som kallast ute. För varje meter som borrar utvinns 30 W värme. Värmepumpen som pumpar runt vattnet samt överför värmen till byggnadens vattensystem är det som kostar att ha i drift, eftersom pumpen är eldriven. För mer information se bilaga H.

## 2.4.4 Solvärme och bergvärme

Samma kriterier gäller för solfångare som vid kombinationen solvärme och jordvärme. Skillnaden för systemet blir att livslängden på värmelagret i berggrunden förlängs samt att livslängden och verkningsgraden på värmepumpen blir längre respektive högre. Installationskostnaden kommer fortfarande vara samma för bergvärmerna som tidigare, däremot tillkommer också en kostnad för solfångarna.

## 2.4.5 Bioenergi

Majoriteten av Sveriges uppvärmda växthus använder sig utav ett förbränningssystem för uppvärmning (Persson 2015). De biobränslen som valdes var följande; HVO-bioolja, biogas och pellets. Valet föll på dessa tre då de är etablerade biodrivmedel och befintliga på marknaden. Parametrarna som jämfördes var bränslepris, kostnaden på en generisk panna och volymen bränsle som förbrukas per år. Även torrefierad pellets undersöktes vilka har högre energidensitet och därför kräver mindre lagringsutrymme än vanliga pellets. (Aronsson 2015). Inga säkra källor på priset för torrefierad pellets hittades vilket ledde till att priskalkylen uteblev. Utöver detta undersöktes också återbetalningstiden för biobränslen.

## 2.4.6 Solvärme och bioenergi

Med solfångare installerade kommer biodrivmedlen inte behövas till samma grad och mängden bränsle kan reduceras. Precis som i scenariot med enbart biodrivmedel undersöktes även återbetalningstiden.

## 2.5 Ekonomi

Tre aspekter har undersökts ekonomiskt men endast utifrån scenarierna; driftkostnad, installationskostnad samt återbetalningstid. I driftkostnaden ingår kostnad för att driva pumpen vid berg- och jordvärme, ventilationen i pannan för bioenergi samt bränslet som eldas. I installationskostnaden för samtliga scenarier ingår allt från inköp av komponenter till borrning av hål. Återbetalningstiden baseras på hur många år det tar innan scenariets totalkostnad är lägre än den totalkostnad som hade funnits om systemet hade värmts upp med direktverkande elvärme. Beräkningen för återbetalningstiden visas i ekvation 1.

$$T = \frac{I_{scenario} - I_{el}}{D_{el} - D_{scenario}} \quad (1)$$

där  $T$  är återbetalningstiden [*år*],  $I_{scenario}$  är installationskostnaden för det valda scenariet [*kr*],  $I_{el}$  är installationskostnaden för elvärme [*kr*],  $D_{el}$  är driftkostnaden för elvärme [*kr/år*] och  $D_{scenario}$  är driftkostnaden för det valda scenariet [*kr/år*].

## 2.6 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys gjordes på nio utvalda parametrar som bedömdes vara de mest relevanta och troliga att ändra resultatet vid en variation. Känslighetsanalysen gjordes genom att parametrar varierades med  $\pm 10\%$ , kördes igenom systemet och procentuell skillnad i utparametern för totalt värmebehov [*kWh*] avlästes. Utvalda parametrar var odlingsyta, växthusets radie, solinstrålning [*W/m<sup>2</sup>/dag*], inomhustemperaturen i caféet samt växthuset, vilken dag sommarperioden startar, verkningsgraden på ventilationens värmeväxlare, värmeinstrålning ut ur växthuset samt U-värdet på växthusets (glas)vägg. För växthusets radie räknas också med att odlingsytan förändras med ändrad totalyta, förhållandet är första bestämda odlingsytan genom första bestämda golvytan. Även solinstrålningen, luftflödet, konduktionen och utstrålningen beror på växthusets radie. För parametern för när sommarperioden börjar räknas det istället med  $\pm 10$  dagar (29 mars – 18 april). Med värmeinstrålning ut ur växthuset menas en förändring i emissiviteten.

# 3 Resultat

## 3.1 Dimensionering av växthus och café

Den maximala årliga skörden som kan odlas från ett halvsfäriskt växthus efter krav gällande bygghöjd beräknades, se bilaga C. Detta ger caféet 170 g grönsaker per per-

son och måltid under sommaren respektive 16 g under vintern. Därför fastslogs den storlek på växthuset, se dimensioner i tabell 1. Rekommendationer på hur mycket grönsaker som bör ätas per portion ligger runt 500 g per person och dag (Livsmedelsverket 2018) vilket då kan uppskattas till 100-200 g per lunchportion. Caféet kan då ses vara 100% självförsörjande på grödor under sommaren men bara 8-16% under vintern. Det beräknades även att anläggningarnas yta samlar upp tillräckligt med regnvatten för att förse odlingen, även under ett år med ovanligt lite nederbörd (se bilaga C).

Tabell 1: Växthusets dimensioner (se bilaga C).

Växthus	Värde
Radie [m]	4,00
Höjd [m]	4,00
Markarea [m <sup>2</sup> ]	50,27
Odlingsarea 1(traditionell ekologisk) [m <sup>2</sup> ]	30,32
Odlingsarea 2 (hydroponisk i hängamplar) [m <sup>2</sup> ]	3,93
Volym [m <sup>3</sup> ]	134,04

## 3.2 Elförbrukning

Den konstanta elförbrukningen i växthuset är 10 086 kWh. Den konstanta elförbrukningen i cafébyggnad är 16 432 kWh. Det medför en total konstant elförbrukning på 26 518 kWh, se bilaga J.

Den årliga elförbrukning som respektive uppvärmningsscenario medför redovisas i tabell 2. Resultatet blev att pellets har den avsevärt minsta elförbrukningen. Bergvärme och jordvärme har den högsta elförbrukningen. Resultatet är också att elförbrukningen för jord- och bergvärme minskas avsevärt om uppvärmningssystemet kombineras med solfångare men för pellets är den så gott som oförändrad.

Tabell 2: Energiförbrukning för olika scenarier samt solcellsarean som krävs för årsbehovet och kostnad med strömväxlare inkluderat.

Scenario	Direkt årsförbrukning [kWh]	Total årsförbrukning [kWh]	Area solceller [m <sup>2</sup> ]	Pris solceller med växlare [kr]
1. Jordvärme	12 818	39 336	200,6	645 037
2. Sol- och jordvärme	8 597	35 115	181,9	586 941
3. Bergvärme	12 818	39 336	200,6	645 037
4. Sol- och bergvärme	8 597	35 115	181,9	586 941
5. Pellets	277	26 795	147,2	477 749
6. Solvärme och pellets	238	26 756	147,0	477 231

## 3.3 Värmeförsörjningsscenarier

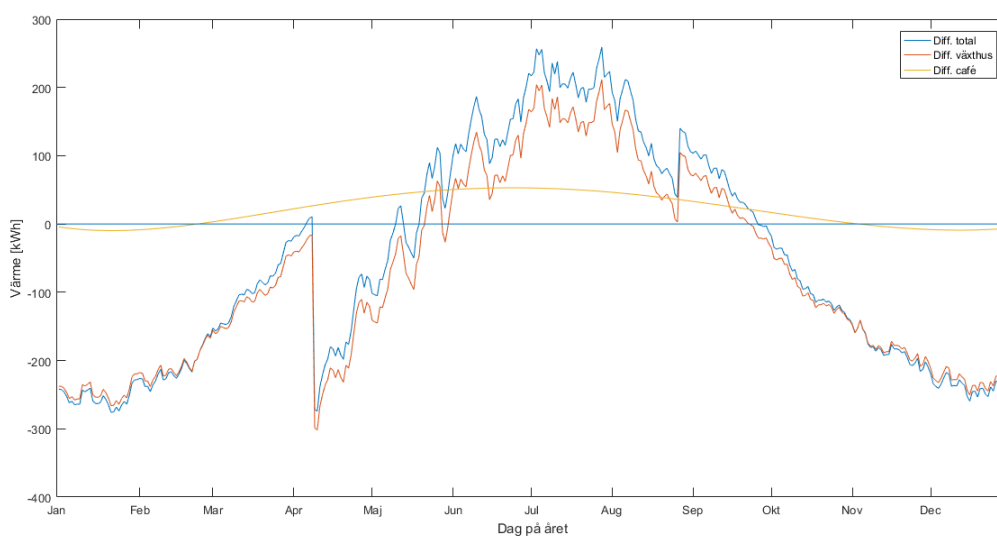
Samtliga värmeförsörjningsscenarier behöver uppfylla samma värmebehov; 37 172 kWh per år. För att värma kranvattnet med solvärme beräknades solfångarytan till 24 m<sup>2</sup> (se bilaga A och G).

Figur 2 visar värmeffödet i hela byggnadskomplexet över ett år. Beräkningarna baseras på att det behövs en konstant inomhustemperatur i samtliga byggnader. Då differensen



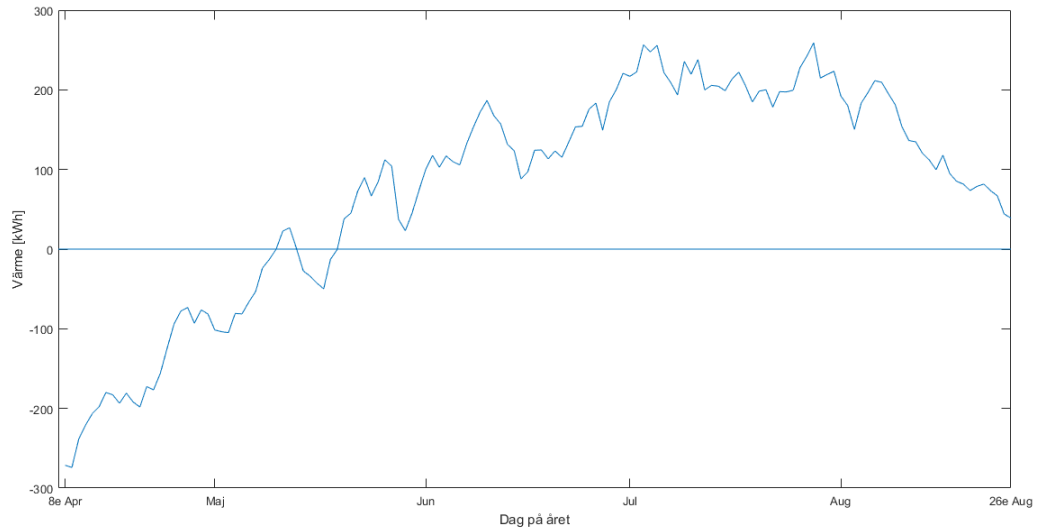
ligger under nollvärdet behövs det att extra värme tillförs och när den är över nollvärdet finns ett överskott av värme.

Den gula linjen i figur 2 korresponderar till värmeflödet i cafébyggnaden. Från mars till november är cafébyggnaden självförsörjande på värme och genererar 8 135 kWh mer värme än lokalerna behöver, detta beroende på spillvärme från kök i kombination med bra isolering i byggnaden. Den röda linjen korresponderar till värmeflödet i växthuset. Växthuset har även två säsongberoende inomhustemperaturer. På vintersäsongen hålls en lägre temperatur varför den röda linjen kraftigt sjunker vid skiftet till april. Den blå linjen visar det totala värmeflödet i hela anläggningen. Linjen illustrerar att cafébyggnadens värmeöverskott används för att värma upp växthuset under de månader som cafébyggnaden går plus på värme men inte växthuset.



Figur 2: Värmeflöden i café, kök och växthus under ett år.

Som jämförelse är den totala differensen under sommarperioden 10 607 kWh, alltså är systemet självförsörjande sett till värmeflöden under sommaren.



Figur 3: Totalt värmefflöde i café, kök och växthus under sommarperioden.

### 3.4 Självförsörjningsgrad

Sett över ett år är systemet självförsörjande gällande elkraft. Scenario 1-4 är också 100% självförsörjande på värme då värmekällan finns lokalt. Pellets (scenario 5) måste köpas in och därför betraktas inte detta värmesystem som självförsörjande. När pellets istället kombineras med solvärme (scenario 6) kan självförsörjningsgraden höjas till 12%. Procentskillnaden ges av att det behövs 12% mindre pellets i detta scenario.

Under sommarsäsongen beräknades skörden motsvara den rekommenderade mängd grönsaker per portion, således betraktas självförsörjningsgraden gällande grödor som 100%. På vintern är skörden mindre än den rekommenderade mängden per portion, och självförsörjningsgraden beräknades till 8-16% beroende på hur stora portionerna är. Systemet är 100% självförsörjande på regnvatten för bevattning året om.

### 3.5 Säsongöppet

Samma beräkningar för energibehov gjordes även för enbart sommarperioden. Om växthuset endast är i drift under sommarens odlingsperiod beräknas det totala värmebehovet till 4 500 kWh och behovet av elkraft innan värmeförsörjning till 16 400 kWh. För beräkningar till bestämning av både värme- och elbehov under sommarsäsongen, se bilaga A och J.

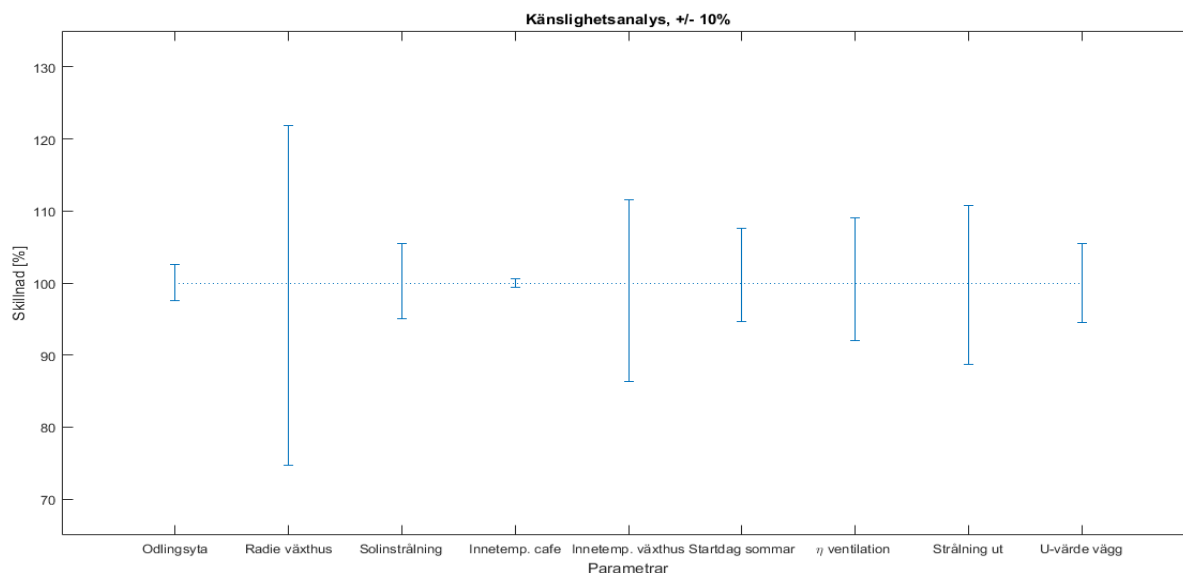
### 3.6 Priskalkyl

Tabell 3: Priskalkyl för olika scenarier

Scenario	Energislag	Bränslekostnad [kr/kg]	Mängd bränsle [kg/år]	Installation [kr]	Bränslekostnad [kr/år]	Elkostnad [kr/år]	Total kostnad efter 20 år [kr]	Återbetalningstid [år]
Scenario 1	Jordvärme	-	-	110 000	-	3 269,76	175 395,20	6,23
Scenario 2	Solvärme och jordvärme	-	-	120 000	-	2 156,44	306 372,36	14,93
Scenario 3	Bergvärme	-	-	150 000	-	3 269,76	215 395,20	8,74
Scenario 4	Solvärme och bergvärme	-	-	160 000	-	2 156,44	344 372,36	17,15
Scenario 5	Pellets	1,82	8 580	76 000	15 616	144,14	391 194,80	18,83
	HVO	9,90	3 270	29 000	32 360	404,04	684 527,72	-
	Biogas	12,33	3 190	54 118	39 326	65,52	842 075,97	-
Scenario 6	Solvärme och pellets	1,82	7 554	229 400	13 748	123,76	506 840,76	40,79
	Solvärme och HVO	9,90	2 880	182 400	28 500	347,36	759 575,84	-
	Solvärme och biogas	12,33	2 800	207 518	34 518	56,16	899 116,04	-

Totalt pris beräknas under 20 år utan försörjning från solceller. I tabell 3 redovisas inte pris per enhet eller mängd för scenario 1-4, detta för att det enbart sker en installation till skillnad från de olika biobränslena som har en mängd bränsle vilken köps in med jämnt mellanrum. HVO (biodiesel) och biogas har ingen återbetalningstid då priset vid drift blir dyrare än intäkterna. För vidare information, se bilaga H och I.

### 3.7 Känslighetsanalys



Figur 4: Känslighetsanalys för nio utvalda parametrar

Vid beräkning av känslighetsanalys erhöles värden på förändringen av utparametern [kWh] vid en 10%-ig förändring av flera inparametrar. Den uträknade förändringen uttrycks i procent, med 100% som referensvärde, och presenteras i figur 4. För beräkningar se bilaga A.

## 4 Diskussion

### 4.1 Dimensionering av växthus och café

Då växthuset inte kunde byggas större med hänsyn till höjdbegränsningen och designen kunde inte odlingsarean väljas fritt. Däremot kan den uppskattade arean för entré och gångar vara inadekvat. Att gångarna har en bredd på 0,5 m var en uppskattning som gjordes men kompetens inom odlingsteknik saknas.

### 4.2 Värmeförsörjning

**Jordvärme** har den kortaste återbetalningstiden men upptar stor markyta. Denna yta kan inte användas för någon annan fast installation som skuggar marken. Nackdelen är att den ockuperade marken kan behövas i framtiden om företagsparken vill expandera och exempelvis bygga nya fastigheter där.

**Bergvärme**, till skillnad från jordvärme, kräver en mycket liten area då rören installeras på djupet och inte längs med marken. Bergvärme har den näst kortaste återbetalningstiden men detta gäller inte för ett mer småskaligt värmebehov. Det finns ett minsta borrhjup för att installationen ska vara ekonomiskt försvarbar och detta borrhjup motsvarar en viss värmemängd. När denna värmemängd är avsevärt större än värmebehovet blir värmesystemet inte ekonomiskt försvarbart.

**Pellets** som bränsle skulle innebära ett inköpsberoende och medför därför inte ett självförsörjande värmesystem. Trots att det strider mot projektets syfte bedömdes pellets vara ett bra alternativ då det är miljövänligt, förnybart och relativt närproducerat (om inhemskt). Pellets pannor är också ett etablerat värmesystem inom växthusbranschen vilket gör det till en bra referenspunkt för de andra scenarierna, varför pellets ingår som ett icke förnybart uppvärmningsscenario. Pellets pannan har den billigaste installationskostnaden men är dyr i drift vilket ger systemet den längsta återbetalningstiden. Relativt de andra värmescenarierna har pelletsystemet den lägsta energiförbrukningen, se figur 2. De övriga bibränslena, HVO och biogas, var så pass mycket dyrare i drift att dessa förkastades helt som alternativ.

Tillkommande arbeten som hantering och lagring av pelleten är något som inte tas till hänsyn i kalkylen men är något som bör betänkas. Det kan göra de två alternativen mindre attraktiva jämte resterande scenarier med värmepump.

**Solfångare** är mycket dyrt och genererar som minst värme när det behövs som mest. Solfångare i kombination med jord- och bergvärme sänker elförbrukningen då värmepumpen kan gå mer sällan (se tabell 2) men medför också en mycket längre återbetalningstid. Solfångare i kombination med pellets minskar elförbrukningen knappt då pelletsinmatningen går konstant oavsett hur mycket eller lite pellets som matas in. Däremot minskar mängden pellets som behövs. En minskning av elförbrukningen kan vara intressant av ekonomiska skäl då installation av solceller är mycket kostsamt, men detta har inte tagits hänsyn till i ekonomiberäkningarna.

Enligt siffror från avsnitt 3.5 går det att spara cirka 30 000 kWh värme genom att ha öppet enbart mellan maj och september. Orsaken är att verksamheten enbart har öppet under de varmaste månaderna.

Alla värden är uträknade baserat på att växthuset är öppet dygnet runt. För att spara energi dygnsvis finns det flera åtgärder utanför våra beräkningar. Exempelvis att ett täcke eller en markis täcker glaset under natten, detta så att värmeisoleringen blir bättre och därmed sparar energi genom minskad konduktion och värmestrålning.

### 4.3 Elförsörjning

Beroende på vilket scenario som valdes ändrades behovet av elkraft och därmed även mängden solcellspaneler som krävdes. Fördelen blir då att färre solceller behöver installeras och därmed hålls kostnaderna nere. Solcellspanelernas yta kan ses i tabell 2 och de båda scenarierna baserade på pellets krävde minst area, vilket beror på att de inte behöver utnyttja en värmepump.

Eftersom systemet är designat utan energilagring betyder det att elkraft behöver köpas även på sommaren, detta för att ventilation och köksmaskiner med mera är aktiva under natten. En lösning som undersöktes var batterier, men dessa var dyra och skulle endast ha som funktion att driva systemet nattetid. Därför bedömdes lösningen vara kostsam, men alternativet hade kunnat lösa energiunderskottet nattetid och därför är det upp till beställaren att avgöra om batterilagring skulle vara ekonomiskt försvarbart.

Elförbrukningen minskar vid säsongöppet men eftersom ventilationen och kökvitvaror fortfarande måste vara i bruk, oavsett tid på året, kommer systemet ändå ha en relativt hög elförbrukning. Enligt siffror från avsnitt 3.5 sparar vi cirka 10 000 kWh elkraft vid säsongöppet.

### 4.4 Känslighetsanalys

Som illustrerat i figur 4 så är växthusets radie den parameter som påverkar mest (25,3%) vid en tioprocentig förändring. De flesta andra parametrar påverkar mellan 4,9-13,7% vid en förändring men odlingsytan påverkar relativt lite (2,5%) och caféets inomhustemperatur bara med 0,6%.

Att växthusets radie var den parameter som påverkade resultatet mest vid förändring beror troligen på att så många olika flöden är beroende av radien. Då växthuset är sfäriskt blir andelen volym mot odlingsyta mycket sämre med ökad radie om det fortfarande bara odlas i markplan. En energismartare lösning hade då kunnat vara att odla i fler våningsplan, eller att behålla höjden och vidga radien för att öka markarean. Då andra testade parametrar bara förändrade resultatet med max 13,7% vid en tioprocentig förändring antas de inte vara signifikant känsliga för att kunna äventyra modellen.

## 4.5 Felkällor

Då projektet är presenterat som en vision och främst baserat på antaganden, given data och medelvärden så finns det många felkällor. Också kan fel i inparametrar eller räknefel i huvudsakliga värmeffödesberäkningar resultera i stora fel när nästan alla beräkningar bygger på samma grund. Projektet är menat att främst ge en uppskattning på hur konceptet skulle fungera samt grundläggande jämförelser och därför är inte faktiska siffror lika viktiga. Vidare kan ändå flera felkällor pekas ut som mer relevanta i projektet.

Exempelvis har antaganden gjorts; byggnaderna kommer vara lufttäta, förluster från rör i värmesystemet har försumrats och alla system kommer fungera idealt med given verkningsgrad. Sommar- och vinterperiod är radikalt olika snarare än en gradvis förändring och oavsett grödor antas hela odlingen ge samma skörd och ha samma vattenbehov som gurkor och tomater. Priskalkylen är också gjord på generiska produkter och offerter samt att det kan tillkomma många dolda kostnader. Den kan därför vara missvisande.

## 4.6 Fortsatta studier

Stora osäkerheter ligger i växthusets faktiska funktion gällande främst grödorna. I ett verkligt scenario hade flera parametrar behövt modelleras, exempelvis luftfuktigheten. Behövs mer eller mindre luftfuktighet kommer ventilationen och temperaturen att justeras. Detta kan göras med simuleringar och genom att installera ett datorreglerat system i växthuset. Ibland behövs även koldioxid tillsättas externt vilket skulle kunna förändra energiflödena i systemet och även gynna scenarierna med pellets som gör detta på egen hand.

I de presenterade lösningarna kommer all överproduktion från solcellerna säljas direkt till marknaden och eftersom överproduktionen är som störst under sommarmånaderna, då försäljningspriset är som lägst, blir vinsten låg. En lösning på detta problem hade varit att installera ett lokalt likströmsnät kopplat till intilliggande fastigheter. På detta sätt kan den alstrade soleffekten ledas direkt till de fastigheterna som behöver den. Vinsten skulle bli att elkraften inte behöver säljas vidare till ett lågt pris och istället ledas direkt till det lokala likströmsnätet för konsumtion. Med denna lösning skulle inte de fastigheter som är en del av det lokala likströmsnätet behöva köpa in lika mycket av sin elkraft utifrån utan istället bruka en större del självgenererad ström. Vinsten blir på så sätt dubbel.

## 5 Slutsats

I detta projekt har det visats möjligt att konstruera ett växthus med tillhörande café på Vaksala Eke som tillfredsställde projektets mål.

På sommarsäsongen är uttaget av grödor tillräckligt stort för att förse caféet med hela dess behov, men inte på vintersäsongen. På vintern är också energibehovet så högt att ett självförsörjande system blir ohållbart, men på sommaren är systemet självförsörjande. Jord- och bergvärme samt dessa i kombination med solvärme medför till skillnad från

pellets ett helt självförsörjande värmesystem. Således kan uppvärmningssystemet väljas så att det blir helt självförsörjande. Gällande ekonomi var pellets det billigaste alternativet att installera, men kortast återbetalningstid hade jordvärme följt av bergvärme.

Sammantaget är det i alla avseenden mest fördelaktigt att endast driva växthuset under sommarsäsong, då det medför att verksamheten blir helt självförsörjande på både energi och grödor.

## Referenser

- Aronsson, Ulf (2015). *Skogens svarta guld - Pellets 2.0*. URL: <http://www.bioendev.se/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Skogs%C3%A4garna.pdf> (hämtad 2018-05-16).
- Bärtås, Lars (2013a). *Jämförelse av bergvärme och jordvärme*. URL: <https://www.byggahus.se/varme/jamforelse-jordvarme-bergvarme> (hämtad 2018-04-12).
- Energimyndigheten (2015a). *Solceller moduler*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-moduler/?productTypeVersionId=1792> (hämtad 2017-05-15).
- (2015c). *Solceller växelriktare*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/?productTypeVersionId=1797> (hämtad 2017-05-15).
- Greenmatch (2014a). *Jordvärme - till vilket pris?* URL: <https://www.greenmatch.se/blogg/2014/06/jordvaerme-till-vilket-pris> (hämtad 2018-04-12).
- Livsmedelsverket (2018). *Frukt, grönt och baljväxter*. (Hämtad 2018-05-18).
- Persson, Jörgen (2015). *Energianvändning i växthus 2014*. (Hämtad 2018-05-18).
- Östberg (u.å[a]). *Montage-/installationsanvisning*. URL: [https://www.delat.ws/download/Heru\\_installationsanvisning.pdf](https://www.delat.ws/download/Heru_installationsanvisning.pdf) (hämtad 2018-05-15).



# A Matlabkod

För beräkningar och visualiseringar inom projektet användes datorprogrammet och skriptspråket MATLAB (version R2016b, utvecklat av Mathworks inc.). Här presenteras huvudsakligt script med tillhörande funktioner samt mindre script och funktioner för beräkningar och grafer främst till olika delrapporter, se bilagor. Svenska bokstäver (å,ä,ö) är utbytta.

## A.1 Huvudkod

```
1 %MASTERSCRIPT
2 %Huvudsakligt script for de flesta in- och utparametrar i systemet.
3 %Ger plottar och uträknade varden for alla varmeffoden och alla fem ...
   scenarion.
4 clear all
5 x=1:1:365;
6 xm=1:1:12;
7
8 %Inparametrar fran resten av systemet
9 %Q_heat_in
10 run Heat_flux.m
11 H=[ones(1,31)*Q_buy(1)/31 ones(1,28)*Q_buy(2)/28 ...
     ones(1,31)*Q_buy(3)/31 ones(1,30)*Q_buy(4)/30 ...
     ones(1,31)*Q_buy(5)/31 ones(1,30)*Q_buy(6)/30 ...
     ones(1,31)*Q_buy(7)/31 ones(1,31)*Q_buy(8)/31 ...
     ones(1,30)*Q_buy(9)/30 ones(1,31)*Q_buy(10)/31 ...
     ones(1,30)*Q_buy(11)/30 ones(1,31)*Q_buy(12)/31];
12 P=polyfit(x,H,5);
13 Q_cafe=polyval(P,x); %kWh/dag
14 %Ventilation
15 run Ventilation.m
16 Q=Sammanlagd_Forlust_Monad;
17 H=[ones(1,31)*Q(1)/31 ones(1,28)*Q(2)/28 ones(1,31)*Q(3)/31 ...
     ones(1,30)*Q(4)/30 ones(1,31)*Q(5)/31 ones(1,30)*Q(6)/30 ...
     ones(1,31)*Q(7)/31 ones(1,31)*Q(8)/31 ones(1,30)*Q(9)/30 ...
     ones(1,31)*Q(10)/31 ones(1,30)*Q(11)/30 ones(1,31)*Q(12)/31];
18 P=polyfit(x,H,5);
19 Q_vent_cafe=polyval(P,x); %kWh/dag
20 Q_spill=957*12/365; %Spillvarme kok kWh/dag
21 Q_vatten=1345.5/365; %Varmvatten varmebehov kWh/dag
22 Q_tot_cafe=Q_cafe+Q_spill-Q_vatten-Q_vent_cafe;
23
24 %Bestamda inparametrar
25 G=[0.4 1.12 2.43 3.9 5.36 5.51 5.26 4.18 2.75 1.29 0.57 0.25]; ...
     %solinstralning varje manad [kWh/m^2/dag] ref (1)
26 month=[31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31];
27 RH=65; %Relativ luftfuktighet, skall vara minst 65 for att vaxterna ...
     skall ma bra
28 Ts=20; %Sommartemperatur, medel for tomat och gurka,ref(2)
29 Tv=10; %Vintertemperatur
```

```

30 sommarstart=98; %startdag for sommaren, sommaren 140 dagar lang, ref ...
    dag 98
31 dagar=[sommarstart 140 365-sommarstart-140];
32 T_inne=[Tv*ones(1,dagar(1)) Ts*ones(1,dagar(2)) ...
    Tv*ones(1,dagar(3))]+273.15; %innetemperatur
33 eta=0.85; %verkningsgrad varmevaxlare ventliation
34 r=4; %vaxthusets radie
35 A=pi*r^2; %golvyta
36 A_mantel=(4*pi*r^2)/2; %mantelarean
37 V=((4/3)*pi*r^3)/2; %Luftvolym inuti
38
39 A_odling_start=34.249;
40 A_start=pi*4^2; %start 4m radie
41 kvot=A_odling_start/A_start; %Forhallande mellan odlings- och golvarea
42 A_odling=kvot*A %Odlingsarea
43
44 T_inne_C=T_inne-273.15; %funktionen maste ha Celsius
45 [Q_ut, Q_cond,T_medel]=f_vaxthus(T_inne_C,r); ...
    %kWh/m^2/manad,kWh/dag,kWh/dag,grader C
46 T_ute=T_medel+273.15;
47
48
49
50 %%
51 %Varme in
52
53 %Q_in Solinstralning in [kWh/dag]
54 Q_in_2=A*[ones(1,31)*G(1) ones(1,28)*G(2) ones(1,31)*G(3) ...
    ones(1,30)*G(4) ones(1,31)*G(5) ones(1,30)*G(6) ones(1,31)*G(7) ...
    ones(1,31)*G(8) ones(1,30)*G(9) ones(1,31)*G(10) ones(1,30)*G(11) ...
    ones(1,31)*G(12)];
55 %kWh/dag
56 P=polyfit(x,Q_in_2,6);
57 Q_in_fit=polyval(P,x);
58
59 %Q_evap evapotranspiration rate
60 %medel under aret 1-3 mm/dag lagsasong, 2-4 hogs. -> (1.5+3)/2=2.25 over
61 %aret -> *2.45 MJ/mm ref (3)
62 Ev=1.5*2.45; %MJ/m2/dag
63 Es=3*2.45;
64 E=[Ev*ones(1,dagar(1)) Es*ones(1,dagar(2)) Ev*ones(1,dagar(3))];
65 Q_evap=(E*A_odling/3.6); %kWh/dag,
66
67 %%
68 %Varme ut
69
70 %Q_ut Stralning ut [kWh/dag]
71 %given
72
73 %Q_cond
74 %given
75
76 %Ventilation
77 %ref (4)
78

```

```

79 p=101325;
80 Cp=1.01e3; %J/kg*K
81 L=2.45e6; %J/kg
82 rho=1.292;
83 for i=1:365
84
85 p_ute(i)=(exp(77.345+0.0057*T_ute(i)-(7235/T_ute(i))))/T_ute(i)^8.2; ...
      %Pa, ref (5)
86 x1(i)=0.62198*p_ute(i)/(p-p_ute(i));
87 %Saturated vapour pressure
88 p_inne(i)=(exp(77.345+0.0057*T_inne(i)-(7235/T_inne(i))))/T_inne(i)^8.2; ...
      %Pa
89 %Actual v.p.
90 %RH=(avd/svd)*100 ->
91 avp(i)=(RH/100)*p_inne(i);
92
93 x2(i)=0.62198*avp(i)/(p-avp(i)); %mixing ratio vaxthus
94 dq(i)=x2(i)-x1(i);
95 end
96
97 %Luftflode
98 h=2;
99 V_luft=V-((pi*h^2/3)*(3*r-h)); %Volym for vaxthusets nedre 2 m
100
101 Fs=V_luft/60; %m^3/s, sommar - hela volymen pa en minut (60 v/h), ...
      ref (6)
102 Fv=Fs/20; %m^3/s, vinter - 3 v/h
103 F=[Fv*ones(1,dagar(1)) Fs*ones(1,dagar(2)) Fv*ones(1,dagar(3))];
104
105 for i=1:365
106 Q_vent_W(i)=(Cp*(T_inne(i)-T_ute(i))+L*dq(i))*rho*F(i);%W
107 end
108
109 Q_vent=Q_vent_W*24/1000; %kWh/dag, nu ar ventilationen pa hela tiden
110 %Varmevaxlare FTX-ventilation, eta=0.85;
111 Q_vent_loss=(1-eta)*Q_vent;
112
113 %-----
114 %Summering
115
116 Q_gain=Q_in_fit+Q_evap;
117
118 Q_lost=Q_cond+Q_ut+Q_vent_loss;
119
120 Q_diff=Q_gain-Q_lost+Q_tot_cafe;
121 Q_diff_month=[sum(Q_diff(1:31)) sum(Q_diff(32:59)) ...
      sum(Q_diff(60:90)) sum(Q_diff(91:120)) sum(Q_diff(121:151)) ...
      sum(Q_diff(152:181)) sum(Q_diff(182:212)) sum(Q_diff(213:243)) ...
      sum(Q_diff(244:273)) sum(Q_diff(274:304)) sum(Q_diff(305:334)) ...
      sum(Q_diff(335:365))];
122 Q_diff_tot=sum(Q_diff);
123
124 %%
125 %Energibehov
126

```

```

127 %Bioenergi
128 [Pellets, Torr_pellets, HVO, Biogas]=f_pellets(Q_diff_month);
129 %Solfangare
130 eta_s=0.6;
131 sol=G.*month; %kWh/m2/man
132 Area=((1345.5/12)./sol)/(eta_s);
133 Q=(max(Area))*sol*eta_s; %kWh/man
134 Q_solf=[ones(1,31)*Q(1)/31 ones(1,28)*Q(2)/28 ones(1,31)*Q(3)/31 ...
        ones(1,30)*Q(4)/30 ones(1,31)*Q(5)/31 ones(1,30)*Q(6)/30 ...
        ones(1,31)*Q(7)/31 ones(1,31)*Q(8)/31 ones(1,30)*Q(9)/30 ...
        ones(1,31)*Q(10)/31 ones(1,30)*Q(11)/30 ones(1,31)*Q(12)/31];
135 Q_diff_month_2=Q_diff_month+Q;
136 %Bergvarme
137 W=0.03; %kW/m borrdjup
138 djup=max((-Q_diff/24)/0.03)/2; %2 hal
139 %Sol+berg
140
141 %Sol+pellets
142 [Pellets2, Torr_pellets2, HVO2, Biogas2]=f_pellets(Q_diff_month_2);
143 %Jordvarme
144 COP=2.9;
145
146 for i = 1:365
147 if Q_diff(i) < 0;
148
149 Q(i)=Q_diff(i);
150 else
151     Q(i) = 0;
152 end
153 end
154
155 Q_behov=-sum(Q);
156 El=Q_behov/COP; %kWh/ar elforbrukning
157
158 %Elforbrukning varmpump nar solpaneler ar installerade
159
160 Q_diff2=Q_diff+Q_solf;
161 COP2=3.78;
162
163 for i = 1:365
164 if Q_diff2(i) < 0;
165
166 Q(i)=Q_diff2(i);
167 else
168     Q(i) = 0;
169 end
170 end
171
172 Q_behov_sol=-sum(Q);
173 El2=Q_behov_sol/COP2; %kWh/ar elforbrukning
174
175
176 %%
177 %Scenarion Presentation
178

```

```

179 %Grunddata
180
181 figure
182 plot(x,Q-in-2,x,Q-in-fit,x,Q-evap,x,Q-cond,x,Q-ut,x,Q-vent-loss,x,
183 Q-tot-cafe)
184 legend('Solinstralning','Solinstr. ...
           polynomfit','Evapotranspiration','Konduktion','Varmestralning ...
           ut','Ventilation','Varmeflode cafeet')
185 refline(0,0)
186 xlim([0 365])
187 xticks([0 32 60 91 121 152 182 213 244 274 305 335])
188 xticklabels({'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', ...
               'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Okt', 'Nov', 'Dec'})
189 xlabel('Dag pa aret')
190 ylabel('Varme [kWh]')
191 title('Varmefloden i vaxthuset')
192
193 figure
194 plot(x,Q-gain,x,Q-lost)
195 legend('Varme in vaxthus','Varme ut vaxthus')
196 refline(0,0)
197 xlim([0 365])
198 xticks([0 32 60 91 121 152 182 213 244 274 305 335])
199 xticklabels({'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', ...
               'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Okt', 'Nov', 'Dec'})
200 xlabel('Dag pa aret')
201 ylabel('Varme [kWh]')
202 title('Totalt varme flode i vaxthuset')
203
204 figure
205 plot(x,Q-diff)
206 xlim([0 365])
207 xticks([0 32 60 91 121 152 182 213 244 274 305 335])
208 xticklabels({'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', ...
               'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Okt', 'Nov', 'Dec'})
209 refline(0,0)
210 text=['Total differens under aret: ',num2str(Q-diff-tot),' kWh'];
211 legend(text)
212 xlabel('Dag pa aret')
213 ylabel('Varme [kWh]')
214 title('Varmedifferens i vaxthuset')
215
216 %Scenario 1 Bioenergi
217 figure
218 y=[Pellets Torr_pellets HVO Biogas];
219 bar(xm,y)
220 xticks([1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12])
221 xticklabels({'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', ...
               'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Okt', 'Nov', 'Dec'})
222 title('Scenario 1 - Bioenergi')
223 xlabel('Manad')
224 ylabel('Ton')
225 legend('Pellets','Torrefierad pellets','HVO','Biogas')
226
227 %Scenario 2 Bergvarme

```

```

228 text=['For att tacka maximalt varmebehov med bergvarme kravs tva ...
      | borrrhal pa minst ', num2str(djup), ' meters djup vardera.'];
229 disp(text)
230 %Scenario 3 Sol-och bergvarme
231 %Se nedan
232
233 %Scenario 4 Jordvarme
234 text=['Varmepumpen som anvands till berg- och jordvarme kommer dra ...
      | ', num2str(E1), ' kWh per ar.'];
235 disp(text)
236
237 %Scenario 5 Solvarme och pellets
238 Sum=sum(Pellets);
239 Sum2=sum(Pellets2);
240
241 y=[E1 E12 0 0];
242 y2=[0 0 Sum Sum2];
243 figure
244 yyaxis left
245 b=bar(y, 'k');
246 ylabel('Elforbrukning berg-/jordvarmepump [kWh]')
247 yyaxis right
248 b2=bar(y2, 'g');
249 legend([b b2], {'Bergvarme', 'Pellets'})
250 ylabel('Pellets [ton/y]')
251 xticklabels({'Utan', 'Med', 'Utan', 'Med'})
252 xlabel('Med/utan solfangare')
253 title('Scenario 3 och 5 - System med adderad solvarme')
254
255 text=['Behov = ' num2str(Q_behov)];
256 disp(text)
257
258 %%
259 %Olika varmeffoden
260 Q=Q_gain-Q_lost;
261 figure
262 plot(x, Q_diff, x, Q, x, Q_tot_cafe)
263 xlim([0 365])
264 xticks([0 32 60 91 121 152 182 213 244 274 305 335])
265 xticklabels({'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', ...
      | 'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Okt', 'Nov', 'Dec'})
266 refline(0,0)
267 legend('Diff. total', 'Diff. vaxthus', 'Diff. cafe')
268 xlabel('Dag pa aret')
269 ylabel('Varme [kWh]')
270 title('Varmedifferenser')
271
272 %Floden bara under sommaren
273 figure
274 %sommarderioden dag 99 till 98+140=238
275
276 for i = 99:238
277 if Q_diff(i) < 0;
278
279 Q2(i)=Q_diff(i);

```

```

280 else
281     Q2(i) = 0;
282 end
283 end
284 behov=sum(Q2);
285
286 x2=1:1:140;
287 plot(x2,Q_diff(99:238))
288 xlim([0 140])
289 xticks([99 121 152 182 213 238]-98)
290 xticklabels({'8e Apr', 'Maj', 'Jun', 'Jul', 'Aug', '26e Aug'})
291 refline(0,0)
292 text=['Totalt behov under sommaren: ',num2str(behov),' kWh'];
293 legend(text)
294 xlabel('Dag pa aret')
295 ylabel('Varme [kWh]')
296 title('Varmedifferens i vaxthuset under sommaren')

```

### A.1.1 Tillhörande funktioner

```

1 %Heat_flux
2 %Varmefloden i cafeet
3
4 %-----Output-----
5
6 % Daglig temperatur baserat pa manaderna over ett ar (NASA)
7 T_out_jan = -3.43;
8 T_out_feb = -3.18;
9 T_out_mar = 0.06;
10 T_out_apr = 5.05;
11 T_out_may = 11.04;
12 T_out_jun = 15.18;
13 T_out_jul = 17.73;
14 T_out_aug = 16.61;
15 T_out_sep = 11.72;
16 T_out_oct = 6.68;
17 T_out_nov = 1.26;
18 T_out_dec = -2.39;
19
20 % Skapar en vector
21 T_out_vec = [T_out_jan, T_out_feb, T_out_mar, T_out_apr, T_out_may, ...
              T_out_jun, T_out_jul, T_out_aug, T_out_sep, T_out_oct, T_out_nov, ...
              T_out_dec];
22 % Gor om till SI-enheter
23 T_out = 273.15+T_out_vec;
24
25
26 % Minsta temperaturen baserat pa rekommationer fran ...
   Folkhalsomyndigheten
27 T_in = 22+273.15;
28
29

```

```

30 % Fenster
31 U_windows= 0.8; % Treglasfonster
32 A_windows= 10*(1*1); % 100 cm * 100 cm och 10 fonster
33
34 % Vaggarnas dimensioner
35 L = 8;
36 W = 5;
37 H = 3;
38 Long_walls = 2*(L*H); % 2 vaggar
39 Short_walls = 2*(W*H); % 2 vaggar
40 A_walls = Long_walls + Short_walls;
41 A_walls = A_walls - A_windows;
42
43 % Fakta om vaggarna
44 lambda_gips = 0.25;
45 lambda_OSB = 0.14;
46 lambda_mineralull = 0.037;
47 lambda_luft = 0.026;
48 lambda_panel = 0.14;
49 L_panel = 0.022;
50 L_luft = 0.028;
51 L_mineralull = 0.400;
52 L_OSB = 0.012;
53 L_gips = 0.013;
54 A_OSB = A_walls;
55 A_mineralull = A_walls;
56 A_gips = A_walls;
57 A_luft = A_walls;
58 A_panel = A_walls;
59
60 % Vaggarna (resistance)
61 R_panel = L_panel/(lambda_panel*A_panel);
62 R_luft = L_luft/(lambda_luft*A_luft);
63 R_mineralull = L_mineralull/(lambda_mineralull*A_mineralull);
64 R_OSB = L_OSB/(lambda_OSB*A_OSB);
65 R_gips = L_gips/(lambda_gips*A_gips);
66
67 R_tot = R_gips+R_OSB+R_mineralull+R_OSB+R_gips;
68
69 % Taket
70 A_roof = 40; % Takets area ar samma ...
    som golvets
71 U_roof = 0.07; % Rekommendation av ...
    Energimyndigheten
72
73 % Varmefloden
74 Q_walls = ((T_in-T_out)./(R_tot));
75 Q_windows = (U_windows*A_windows*(T_in-T_out));
76 Q_roof = (U_roof*A_roof*(T_in-T_out));
77 Q_tot = Q_windows+Q_walls+Q_roof; % Enhet = W
78 Q_tot=Q_tot./1000; % Gor om till kW
79 Q_cond = Q_tot.*(24*(365/12)); % Gor om till kWh/manad
80
81
82 t=1:12;

```



```

83
84 %-----Input-----
85
86 % Manniskor
87 Pv = 80; % 80 W fran en person
88 Personal = 1.5*7*Pv; % Varmer fran 1.5 personer (1 jobbar 7 timmar ...
    och 1 jobbar 3.5 timmar)
89 Customers = 5*1*Pv; % 5 personer sitter 1 timme (5 timmar => 25 ...
    personer)
90 Heat_from_humans = Personal+Customers;
91 Heat_from_humans = Heat_from_humans/1000; % kWh
92 Q_pv = Heat_from_humans*(225/12); % kWh/manad
93 Q_pv = [Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv ...
    Q_pv]; % Skapar en vector
94
95
96 % Sun (Solinstralningen i Uppsala fordelat over ett ar)
97 G_jan_m = 0.40;
98 G_feb_m = 1.12;
99 G_mar_m = 2.43;
100 G_apr_m = 3.90;
101 G_may_m = 5.36;
102 G_jun_m = 5.51;
103 G_jul_m = 5.26;
104 G_aug_m = 4.18;
105 G_sep_m = 2.75;
106 G_oct_m = 1.29;
107 G_nov_m = 0.57;
108 G_dec_m = 0.25; % kWh/m2/dag
109
110 G_jan = G_jan_m*31;
111 G_feb = G_feb_m*28.25;
112 G_mar = G_mar_m*31;
113 G_apr = G_apr_m*30;
114 G_may = G_may_m*31;
115 G_jun = G_jun_m*30;
116 G_jul = G_jul_m*31;
117 G_aug = G_aug_m*31;
118 G_sep = G_sep_m*30;
119 G_oct = G_oct_m*31;
120 G_nov = G_nov_m*30;
121 G_dec = G_dec_m*31; % kWh/m2
122
123 % Q_ut
124 Tao_infra = (0.2); % Fran grafen i ...
    smek-boken (tao for fonstret vid infrarott)
125 ems = 1; % Raknas som enn svart ...
    yta (vid samma vaglangd ar alfa = epsilon)
126 bolt = 5.67040*10^-8; % Boltzmanz konstant
127 T_m = 22+273.15; % Inomhustemperaturen
128 A_floor = L*W; % Golvarean
129 Q_rad_out = Tao_infra*ems*bolt*(T_m)^4; % W/m2
130 Q_rad_out = (Q_rad_out*(24*(365.25/12)))/1000; % kWh/m2/manad
131 Q_rad_out = Q_rad_out*A_windows; % kWh/manad

```

```

132 Q_rad_out = [Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out ...
              Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out ...
              Q_rad_out];
133
134
135 % Q_in
136 Tao_glass = (0.9); % Fran grafen i ...
                  stromningsmekanik-boken (tao for fonstret vid synligt ljus)
137 G_in = [G_jan G_feb G_mar G_apr G_may G_jun G_jul G_aug G_sep G_oct ...
          G_nov G_dec];
138 Q_rad_in = Tao_glass.*G_in*A_windows; % kWh/manad
139
140 Q_rad_tot = Q_rad_in-Q_rad_out;
141
142 Q_tot_out = Q_rad_out + Q_cond;
143 Q_tot_in = Q_rad_in + Q_pv;
144
145 Q_buy = Q_tot_in - Q_tot_out; %Utparameter energidifferens

```

```

1 function [Q_ut, Qcond,T_medel]=f_vaxthus(T_inne, r)
2 %Funktion for att berakna varmeledning ut ur vaxthuset och ...
   medeltemperatur
3 %baserat pa hamtad temperaturdata
4
5 %T_inne i Celsius
6
7 A = (4*pi*r^2)/2; % Mantelarean pa vaxthuset[m^2].
8 A_golv=pi*r^2;
9
10 %Q_cond
11
12 T_ute = fopen('uppsala_tm_1722-2016.txt', 'r'); % Anropar fil, kalla ...
   pa medeltemperaturer i Uppsala.
13
14 T1 = fscanf(T_ute, '%f'); % Ta ut varden
15
16 % Har nedan hamtas medeltemperaturer for aren 2006-2016.
17 T_ute2006 = T1(4:6:365*6);
18 T_ute2007 = T1(365*6+4:6:365*12);
19 T_ute2008 = T1(365*12+4:6:365*18);
20 T_ute2009 = T1(365*18+4:6:365*24);
21 T_ute2010 = T1(365*24+4:6:365*30);
22 T_ute2011 = T1(365*30+4:6:365*36);
23 T_ute2012 = T1(365*36+4:6:365*42);
24 T_ute2013 = T1(365*42+4:6:365*48);
25 T_ute2014 = T1(365*48+4:6:365*54);
26 T_ute2015 = T1(365*54+4:6:365*60);
27 T_ute2016 = T1(365*60+4:6:365*66);
28
29 T_medel=(T_ute2006+T_ute2007+T_ute2008+T_ute2009+T_ute2010+T_ute2011
30 +T_ute2012+T_ute2013+T_ute2014+T_ute2015+T_ute2016)/11;
31
32 U_glas24 = 4.0; % U-varde for glas
33 % Nedan beraknas den energi via varmeledning varje dag for

```

```

34 % de olika aren.
35 for i=1:365
36 Q2006(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2006(i));
37
38 Q2007(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2007(i));
39
40 Q2008(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2008(i));
41
42 Q2009(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2009(i));
43
44 Q2010(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2010(i));
45
46 Q2011(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2011(i));
47
48 Q2012(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2012(i));
49
50 Q2013(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2013(i));
51
52 Q2014(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2014(i));
53
54 Q2015(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2015(i));
55
56 Q2016(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2016(i)); %[W]
57 end
58 % Nedan summeras de olika aren och ett medelvarde tas fram for att ...
    skapa en
59 % enklare graf att forsta.
60 for i=1:365
61     Q2006_2016(i) = ...
        (Q2006(i)+Q2007(i)+Q2008(i)+Q2009(i)+Q2010(i)+Q2011(i)+Q2012(i) ...
        +Q2013(i)+Q2014(i)+Q2015(i)+Q2016(i))/11; %[W]
62 end
63 % Summerar det totala energiutslappet over ett ar.
64 Qcond=Q2006_2016*24/1000; %[kWh/dag]
65
66 %Q_ut
67
68 for i=1:365
69 Q_ut(i) = (0.2*5.67040*10^(-8)*(T_inne(i)+273.15)^4)/1000; % Energi ...
    som stralar ut [kW/m2]. Detta varde ar konstant da markens ...
    temperatur halls konstant.
70 end
71 Q_ut=Q_ut*A*24; %[kWh/dag]
72
73 end

```

```

1 %Ventilation
2 %Ventilationsforluster for cafeet
3
4 T_in = 22+273.15; %kelvin
5 m_luft = 1.2041; %kilo per m^3
6 Cp = 1.005; %kJ/kg*K varmekapacitet for luft i joule
7 kvot = 0.83; %effektivitet i procent
8 k = 273.15+[-3.43 -3.18 0.06 5.05 11.04 15.18 17.73 16.61 11.72 6.68 ...

```

```

1.26 -2.39]; %temperatur for varje manad i snitt
9 manader = [1:1:12]; %vektor for antalet manader
10
11 %%
12
13 kubik1 = ((15-4.356)*3+4.356)*10+31.5; %kubik luft per timme, i vart ...
    fall kommer siffran fran: ((15-4.356)*3+4.356)*10+31.5
14 m_flodel1 = (kubik1*m_luft)/3600; % flode m^3/s
15 Q_11 = m_flodel1*Cp.*(T_in-k); %varmeenergi utflode
16 Q_12 = kvot.*Q_11; %varmeenergi inflode
17 t_ut1 = (Q_12./(m_flodel1*Cp)+k); %ger siffran temperaturen far vid ...
    inforsel i vaxthuset utan extra uppvarmning per manad
18 skillnad1 = T_in - t_ut1; %Delta-varde av onskad temp och inluftsvarde
19 forlust1 = kubik1*m_luft*Cp*(skillnad1); %Ger forlusten i kJ/h
20
21 FoRLUST_MaNAD1 = (forlust1/3600)*24*(225/12); %Totala forlusten over ...
    varje manad
22 %TOTAL_FORLUST1 = sum(forlust1)/24*(225/365); %Ger alla manaders ...
    forlust summerad till ett varde raknat i per dag over aret
23
24 %%
25
26 kubik2 = 40*0.35*3600/1000 ; %kubik luft per timme, fran ...
    40*0.35*3600/1000
27 m_flode2 = (kubik2*m_luft)/3600; %m^3/s
28 Q_21 = m_flode2*Cp.*(T_in-k);
29 Q_22 = kvot.*Q_21;
30 t_ut2 = (Q_22./(m_flode2*Cp)+k);
31 skillnad2 = T_in - t_ut2;
32 forlust2 = kubik2*m_luft*Cp*(skillnad2);
33
34 FoRLUST_MaNAD2 = (forlust2)*(24/3600)*(225/12); %Totala forlusten ...
    over varje manad
35 %TOTAL_FORLUST2 = sum(forlust2)/24*6*(225/365); %Ger alla manaders ...
    forlust summerad till ett varde raknat i per dag over aret
36
37 %%
38
39 kubik3 = 40*0.1*3600/1000 ; %kubik luft per timme, fran ...
    40*0.35*3600/1000
40 m_flode3 = (kubik3*m_luft)/3600; %m^3/s
41 Q_31 = m_flode3*Cp.*(T_in-k);
42 Q_32 = kvot.*Q_31;
43 t_ut3 = (Q_32./(m_flode3*Cp)+k);
44 skillnad3 = T_in - t_ut3;
45 forlust3 = kubik3*m_luft*Cp*(skillnad3);
46
47 FoRLUST_MaNAD31 = (forlust3)*(17/3600)*(225/12)
48 FoRLUST_MaNAD32 = (forlust3)*(24/3600)*(140/12);
49 FoRLUST_MaNAD3 = FoRLUST_MaNAD31 + FoRLUST_MaNAD32;
50
51
52
53 %%
54

```

```
55 Sammanlagd_Forlust_Monad =(FoRLUST_MaNAD1 + FoRLUST_MaNAD2 + ...  
    FoRLUST_MaNAD3); %Ger alla manaders forlust individuellt
```

```
1 function [Ton_pellets_per_manad,Ton_torr_pellets_per_manad, ...  
    Ton_HVO_per_manad, ton_Biogas_per_manad]=f_pellets(manader)  
2  
3 verkningsgrad_pellets= 0.895; % verkningsgrad  
4 verkningsgrad_HVO= 0.92;  
5 verkningsgrad_Biogas= 0.98;  
6  
7 Biogas = 9.700; %kWh/m^3  
8 HVO = 9440; %kWh/m^3  
9 pellets = 4730; % kWh/ton, 4000 per ton  
10 per_manad_HVO = zeros(12,1);  
11 per_manad_Pellets = zeros(12,1);  
12 per_manad_Biogas = zeros(12,1);  
13 %%  
14  
15 for i = 1:1:12  
16 if manader(i) < 0;  
17  
18 per_manad_Pellets(i) = (manader(i)/pellets)/verkningsgrad_pellets;  
19 elseif manader > 0  
20     per_manad_Pellets(i) = 0;  
21 end  
22 end  
23 Ton_pellets_per_manad = per_manad_Pellets.*(-1);  
24 Ton_torr_pellets_per_manad=Ton_pellets_per_manad/1.1839;  
25  
26 %%  
27  
28 for i = 1:1:12  
29 if manader(i) < 0;  
30  
31 per_manad_HVO(i) = (manader(i)/HVO)/verkningsgrad_HVO;  
32 elseif manader > 0  
33     per_manad_HVO(i) = 0;  
34 end  
35 end  
36 kubik_HVO_per_manad = per_manad_HVO.*(-1);  
37 densitet=782.5; %kg/m3  
38 Ton_HVO_per_manad=densitet*kubik_HVO_per_manad/1000;  
39 %%  
40  
41 for i = 1:1:12  
42 if manader(i) < 0;  
43  
44 per_manad_Biogas(i) = (manader(i)/Biogas)/verkningsgrad_Biogas;  
45 elseif manader > 0  
46     per_manad_Biogas(i) = 0;  
47 end  
48 end  
49 kg_Biogas_per_manad = per_manad_Biogas.*(-1)./(1.2);  
50 ton_Biogas_per_manad=kg_Biogas_per_manad/1000;
```

```
51
52 end
```

```
1 %Varmetillförsel
2 %Kraver att Masterscript korts
3
4 stralning=sum(Q_in_fit)+sum(Q_tot_in);
5 vent=sum(Q_vent_loss)+sum(Q_vent_cafe);
6 rad=sum(Q_ut)+ sum(Q_rad_out);
7 konduktion=sum(Q_cond)+sum(kond);
8 inputs=[stralning; 0; 0; sum(Q_evap)];
9 outputs=[rad; konduktion; vent; 0];
10 y=[inputs outputs]
11 figure
12 bar(y)
13 xticks([1 2 3 4])
14 xticklabels({'Stralning', 'Konduktion', ...
              'Ventilation', 'Evapotranspiration'})
15 legend('Inputs', 'Outputs')
16 ylabel('kWh')
17 xlabel('Processer')
18 title('Varmetillförsel')
```

## A.1.2 Känslighetsanalys

```
1 clear all
2 start=37171.5222; %kWh/ar, startvarde
3
4 %korda resultat, parametrar 1-9, fran Excel-ark
5 neg_res=[36252.6208 46581.2187 35338.6619 37378.1664 42272.9913 ...
          35204.766 34208.2962 41378.0822 39230.7438];
6 pos_res=[38115.6485 29028.338 39201.214 36965.8641 32867.9913 ...
          39973.0283 40537.2751 33168.1199 35140.2388];
7 neg_skillnad=-(neg_res-start);
8 pos_skillnad=pos_res-start;
9 fel_neg=(neg_skillnad/start)*100; %procent
10 fel_pos=(pos_skillnad/start)*100;
11
12 x=1:1:9;
13 y=100*ones(1,9);
14 errorbar(x,y,fel_neg, fel_pos, ':')
15 xlim([0 10])
16 ylim([65 135])
17 xticks([1 2 3 4 5 6 7 8 9])
18 xticklabels({'Odlingsyta', 'Radie ...
              vaxthus', 'Solinstralning', 'Innetemp. cafe', 'Innetemp. ...
              vaxthus', 'Startdag sommar', '\eta ventilation ', 'Stralning ...
              ut', 'U-varde vagg'})
19 title('Känslighetsanalys, +/- 10%')
20 xlabel('Parametrar')
```

```
21 ylabel('Skillnad [%]')
```

## A.2 Värmeflödet i köket och caféet

```
1 T_in = 22+273.15; %kelvin
2 m_luft = 1.2929; %kilo per m^3
3 Cp = 1005; %varmekapacitet for luft i joule
4 kvot = 0.83; %effektivitet i procent
5 k = 273.15+[-3.43 -3.18 0.06 5.05 11.04 15.18 17.73 16.61 11.72 6.68 ...
   1.26 -2.39]; %temperatur for varj manad i snitt
6 manader = [1:1:12]; %vektor for antalet manader
7
8 %%
9
10 kubik1 = ((15-4.356)*3+4.356)*10+31.5; %kubik luft per timme, i vart ...
   fall kommer siffran fran: ((15-4.356)*3+4.356)*10+31.5
11 m_flodel = (kubik1*m_luft)/3600; % flode m^3/s
12 Q_11 = m_flodel*Cp.*(T_in-k); %varmeenergi utflode
13 Q_12 = kvot.*Q_11; %varmeenergi inflode
14 t_ut1 = (Q_12./(m_flodel*Cp)+k); %ger siffran temperaturen far vid ...
   inforsel i vaxthuset utan extra uppvramning per manad
15 skillnad1 = T_in - t_ut1; %Delta-varde av onksad temp och inluftsvarde
16 forlust1 = kubik1*m_luft*Cp*(skillnad1); %Ger forlusten i joule
17
18 ForLUST_MaNAD1 = (forlust1)/24*(225/365); %Totala forlusten over ...
   varje manad
19 TOTAL_FORLUST1 = sum(forlust1)/24*(225/365); %Ger alla manaders ...
   forlust summerad till ett varde raknat i per dag over aret
20
21 %%
22
23 kubik2 = 40*0.35*3600/1000 ; %kubik luft per timme, fran ...
   40*0.35*3600/1000
24 m_flode2 = (kubik2*m_luft)/3600; %m^3/s
25 Q_21 = m_flode2*Cp.*(T_in-k);
26 Q_22 = kvot.*Q_21;
27 t_ut2 = (Q_22./(m_flode2*Cp)+k);
28 skillnad2 = T_in - t_ut2;
29 forlust2 = kubik2*m_luft*Cp*(skillnad2);
30
31 ForLUST_MaNAD2 = (forlust2)/24*6*(225/365); %Totala forlusten over ...
   varje manad
32 TOTAL_FORLUST2 = sum(forlust2)/24*6*(225/365); %Ger alla manaders ...
   forlust summerad till ett varde raknat i per dag over aret
33
34 %%
35
36 kubik3 = 40*0.1*3600/1000 ; %kubik luft per timme, fran ...
   40*0.35*3600/1000
37 m_flode3 = (kubik3*m_luft)/3600; %m^3/s
38 Q_31 = m_flode3*Cp.*(T_in-k);
39 Q_32 = kvot.*Q_31;
```

```

40 t_ut3 = (Q_32./(m_flode3*Cp)+k);
41 skillnad3 = T_in - t_ut3;
42 forlust3 = kubik3*m_luft*Cp*(skillnad3);
43
44 FoRLUST_MaNAD31 = (forlust3)/24*17*(225/365);
45 FoRLUST_MaNAD32 = (forlust3)*(140/365);
46 FoRLUST_MaNAD3 = FoRLUST_MaNAD31 + FoRLUST_MaNAD32;
47
48 TOTAL_FORLUST31 = sum(forlust3)/24*17*(225/365); %Totala forlusten ...
    over de dagarna ventilationen varierar med koksventilationen
49 TOTAL_FORLUST32 = sum(forlust3)*(140/365); %Totala forlusten over de ...
    dagarna da enbart ventilationen jobbar
50 TOTAL_FORLUST3 = TOTAL_FORLUST32 + TOTAL_FORLUST31; %Totala ...
    forlusten over varje manad
51
52
53 %%
54
55 Sammanlagd_Forlust = TOTAL_FORLUST1 + TOTAL_FORLUST2 + ...
    TOTAL_FORLUST3 %Ger alla manaders forlust summerad till ett varde ...
    raknat i per dag over aret
56 Sammanlagd_Forlust_Monad = (FoRLUST_MaNAD1 + FoRLUST_MaNAD2 + ...
    FoRLUST_MaNAD3)./1000 %Ger alla manaders forlust induviduellt
57
58
59 figure
60 plot(manader,Sammanlagd_Forlust_Monad);
61 xlabel('Manad')
62 ylabel('Temperatur ventilationsluft')
63 title('Temperatur for ventilationsluft per manad')

```

## A.2.1 Kod för avloppsvärmeåtervinning

```

1 function [Q, T_C_ut]=VV(V_H, V_C, T_H_in, T_H_ut, T_C_in)
2 eta=0.547; %ref
3
4 Cp_H=XSteam('CpL-T', T_H_in); %kJ
5 rho_H=XSteam('rhoL-T', T_H_in);
6
7 Q1=V_H*rho_H*Cp_H*(T_H_in-T_H_ut); %kJ
8 Q=Q1*eta/3600; %kWh
9
10 Cp_C=XSteam('CpL-T', T_C_in);
11 rho_C=XSteam('rhoL-T', T_C_in);
12 Tdiff=Q/(V_C*rho_C*Cp_C);
13 T_C_ut=Tdiff+T_C_in;
14
15 text=['Q=', num2str(Q), ' kWh/dag, kallvattnets ...
    utetemperatur=', num2str(T_C_ut), ' grader C'];
16 disp(text)
17
18

```



```
19
20 end
```

```
1  %-----Output-----
2
3  % Daglig temperatur baserat pa manaderna over ett ar (NASA)
4  T_out_jan = -3.43;
5  T_out_feb = -3.18;
6  T_out_mar = 0.06;
7  T_out_apr = 5.05;
8  T_out_may = 11.04;
9  T_out_jun = 15.18;
10 T_out_jul = 17.73;
11 T_out_aug = 16.61;
12 T_out_sep = 11.72;
13 T_out_oct = 6.68;
14 T_out_nov = 1.26;
15 T_out_dec = -2.39;
16
17 % Skapar en vector
18 T_out_vec = [T_out_jan, T_out_feb, T_out_mar, T_out_apr, T_out_may, ...
              T_out_jun, T_out_jul, T_out_aug, T_out_sep, T_out_oct, T_out_nov, ...
              T_out_dec];
19 % Gor om till SI-enheter
20 T_out = 273.15+T_out_vec;
21
22
23 % Minsta temperaturen baserat pa rekommendationer fran ...
    Folkhalsomyndigheten
24 T_in = 22+273.15;
25
26
27 % Fönster
28 U_windows= 0.8;                % Treglasfönster
29 A_windows= 10*(1*1);          % 100 cm * 100 cm och 10 fönster
30
31 % Vaggarnas dimensioner
32 L = 8;
33 W = 5;
34 H = 3;
35 Long_walls = 2*(L*H);          % 2 vagnar
36 Short_walls = 2*(W*H);        % 2 vagnar
37 A_walls = Long_walls + Short_walls;
38 A_walls = A_walls - A_windows;
39
40 % Fakta om vaggarna
41 lambda_gips = 0.25;
42 lambda_OSB = 0.14;
43 lambda_mineralull = 0.037;
44 lambda_luft = 0.026;
45 lambda_panel = 0.14;
46 L_panel = 0.022;
47 L_luft = 0.028;
48 L_mineralull = 0.400;
```

```

49 L_OSB = 0.012;
50 L_gips = 0.013;
51 A_OSB = A_walls;
52 A_mineralull = A_walls;
53 A_gips = A_walls;
54 A_luft = A_walls;
55 A_panel = A_walls;
56
57 % Vaggarna (resistance)
58 R_panel = L_panel/(lambda_panel*A_panel);
59 R_luft = L_luft/(lambda_luft*A_luft);
60 R_mineralull = L_mineralull/(lambda_mineralull*A_mineralull);
61 R_OSB = L_OSB/(lambda_OSB*A_OSB);
62 R_gips = L_gips/(lambda_gips*A_gips);
63
64 R_tot = R_gips+R_OSB+R_mineralull+R_OSB+R_gips;
65
66 % Taket
67 A_roof = 40; % Takets area ar samma ...
    som golvets
68 U_roof = 0.07; % Rekommendation av ...
    Energimyndigheten
69
70 % Varmefloden
71 Q_walls = ((T_in-T_out)./(R_tot));
72 Q_windows = (U_windows*A_windows*(T_in-T_out));
73 Q_roof = (U_roof*A_roof*(T_in-T_out));
74 Q_tot = Q_windows+Q_walls+Q_roof; % Enhet = W
75 Q_tot=Q_tot./1000; % Gor om till kW
76 Q_cond = Q_tot.*(24*(365/12)); % Gor om till kWh/manad
77
78
79 t=1:12;
80
81 figure(1)
82 plot(t,Q_cond)
83 title('Varmeforlusterna via konduktion over ett ar');
84 xlabel('Manad');
85 ylabel('Varmemangd [kWh]');
86 xlim([1 12])
87
88
89
90
91
92
93 %-----Input-----
94
95 % Manniskor
96 Pv = 80; % 80 W fran en person
97 Personal = 1.5*7*Pv; % Varme fran 1.5 personer (1 jobbar 7 timmar ...
    och 1 jobbar 3.5 timmar)
98 Customers = 5*1*Pv; % 5 personer sitter 1 timme (5 timmar => 25 ...
    personer)
99 Heat_from_humans = Personal+Customers;

```

```

100 Heat_from_humans = Heat_from_humans/1000;           % kWh
101 Q_pv = Heat_from_humans*(225/12);                   % kWh/manad
102 Q_pv = [Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv Q_pv ...
          Q_pv];           % Skapar en vector
103
104
105 % Sun (Solinstralningen i Uppsala fordelat over ett ar)
106 G_jan_m = 0.40;
107 G_feb_m = 1.12;
108 G_mar_m = 2.43;
109 G_apr_m = 3.90;
110 G_may_m = 5.36;
111 G_jun_m = 5.51;
112 G_jul_m = 5.26;
113 G_aug_m = 4.18;
114 G_sep_m = 2.75;
115 G_oct_m = 1.29;
116 G_nov_m = 0.57;
117 G_dec_m = 0.25;           % kWh/m2/dag
118
119 G_jan = G_jan_m*31;
120 G_feb = G_feb_m*28.25;
121 G_mar = G_mar_m*31;
122 G_apr = G_apr_m*30;
123 G_may = G_may_m*31;
124 G_jun = G_jun_m*30;
125 G_jul = G_jul_m*31;
126 G_aug = G_aug_m*31;
127 G_sep = G_sep_m*30;
128 G_oct = G_oct_m*31;
129 G_nov = G_nov_m*30;
130 G_dec = G_dec_m*31;           % kWh/m2
131
132 % Q_ut
133 Tao_infra = (0.2);           % Fran grafen i ...
          smek-boken (tao for fonstret vid infrarott)
134 ems = 1;           % Raknas som enn svart ...
          yta (vid samma vaglangd ar alfa = epsillon)
135 bolt = 5.67040*10^-8;           % Boltzmanz konstant
136 T_m = 22+273.15;           % Inomhustemperaturen
137 A_floor = L*W;           % Golvarean
138 Q_rad_out = Tao_infra*ems*bolt*(T_m)^4;           % W/m2
139 Q_rad_out = (Q_rad_out*(24*(365.25/12)))/1000;           % kWh/m2/manad
140 Q_rad_out = Q_rad_out*A_windows;           % kWh/manad
141 Q_rad_out = [Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out ...
          Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out Q_rad_out ...
          Q_rad_out];
142
143
144 % Q_in
145 Tao_glass = (0.9);           % Fran grafen i smek-boken ...
          (tao for fonstret vid synligt ljus)
146 G_in = [G_jan G_feb G_mar G_apr G_may G_jun G_jul G_aug G_sep G_oct ...
          G_nov G_dec];
147 Q_rad_in = Tao_glass.*G_in*A_windows;           % kWh/manad

```

```

148
149 Q_rad_tot = Q_rad_in-Q_rad_out;
150
151 figure(2)
152 plot(t,Q_rad_tot)
153 ylabel('Varmemangd [kWh]');
154 xlabel('Manad');
155 title('Varmetillforseln fran stralning over ett ar');
156 xlim([1 12])
157
158 Q_tot_out = Q_rad_out + Q_cond;
159 Q_tot_in = Q_rad_in + Q_pv;
160
161 Q_buy = Q_tot_in - Q_tot_out;
162
163 figure(3)
164 plot(t,Q_tot_out,t,Q_tot_in)
165 title('Energibalans');
166 ylabel('Energi [kWh]');
167 xlabel('Manad');
168 xlim([1 12])
169 legend('Q-{ut}','Q-{in}');

```

### A.3 Solvärme

```

1 function [E] = vattenheatflow(A)
2 G=[0.4 1.12 2.43 3.9 5.36 5.51 5.26 4.18 2.75 1.29 0.57 0.25];
3
4 eta_s=0.6;
5 sol=G.*month; %kWh/m2/manad
6 month=[31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31];
7 Area=((1345.5/12)./sol)/(eta_s);
8 Q=(max(Area))*sol*eta_s; %kWh/manad
9 Q_solf=[ones(1,31)*Q(1)/31 ones(1,28)*Q(2)/28 ones(1,31)*Q(3)/31 ...
        ones(1,30)*Q(4)/30 ones(1,31)*Q(5)/31 ones(1,30)*Q(6)/30 ...
        ones(1,31)*Q(7)/31 ones(1,31)*Q(8)/31 ones(1,30)*Q(9)/30 ...
        ones(1,31)*Q(10)/31 ones(1,30)*Q(11)/30 ones(1,31)*Q(12)/31];
10 Q_diff_month_2=Q_diff_month+Q;
11 %Sol+pellets
12 [Pellets2, Torr_pellets2, HVO2, Biogas2]=f_pellets(Q_diff_month_2);
13 %Jordvarme
14 COP=2.9;
15
16 for i = 1:365
17 if Q_diff(i) < 0;
18
19 Q(i)=Q_diff(i);
20 elseif manader > 0
21     Q(i) = 0;
22 end
23 end
24

```

```

25 Q_behov=-sum(Q);
26 El=Q_behov/COP; %kWh/ar elforbrukning
27
28 %Elforbrukning varmpump nar solpaneler ar installerade
29
30 Q_diff2=Q_diff+Q_solf;
31 COP2=3.78;
32
33 for i = 1:365
34 if Q_diff2(i) < 0;
35
36 Q(i)=Q_diff2(i);
37 elseif manader > 0
38     Q(i) = 0;
39 end
40 end
41
42 Q_behov_sol=-sum(Q);
43 El2=Q_behov_sol/COP2; %kWh/ar elforbrukning
44
45
46 x=[1:12];
47 figure(1)
48 plot(x,Q_diff_month-2)
49 xlabel('manader')
50 ylabel('Energiflode [kWh]')
51 set(gca, 'xtick', 1:12, ...
52     'xticklabel', {'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', 'May', 'Jun', 'Jul', 'Aug', 'Sep', 'Oct',
53     'Nov', 'Dec'})
54 refline(0,0)
55 grid on

```

## A.4 Växthus

```

1 function [Q_in, Q_ut, Q_cond, T_medel]=f_vaxthus(T_inne)
2
3 %Emanuel och Raffaellos script minus plottar gjord till funktion
4 %T_inne i Celsius, over 365 dagar
5
6 % varmeledning fran vaxthuset.
7
8 r = 4; % Radien pa vaxthuset [m].
9
10 A = (4*pi*r^2)/2; % Mantelarean pa vaxthuset [m^2].
11 A_golv=pi*r^2;
12
13 %Q_cond
14
15 T_ute = fopen('uppsala_tm_1722-2016.txt', 'r'); % Anropar filen.
16
17 T1 = fscanf(T_ute, '%f'); % Ta ut varden
18

```

```

19 % Har nedan hamtas medeltemperaturer for aren 2006-2016.
20 T_ute2006 = T1(4:6:365*6);
21 T_ute2007 = T1(365*6+4:6:365*12);
22 T_ute2008 = T1(365*12+4:6:365*18);
23 T_ute2009 = T1(365*18+4:6:365*24);
24 T_ute2010 = T1(365*24+4:6:365*30);
25 T_ute2011 = T1(365*30+4:6:365*36);
26 T_ute2012 = T1(365*36+4:6:365*42);
27 T_ute2013 = T1(365*42+4:6:365*48);
28 T_ute2014 = T1(365*48+4:6:365*54);
29 T_ute2015 = T1(365*54+4:6:365*60);
30 T_ute2016 = T1(365*60+4:6:365*66);
31
32 T_medel=(T_ute2006+T_ute2007+T_ute2008+T_ute2009+T_ute2010+T_ute2011
33 +T_ute2012+T_ute2013+T_ute2014+T_ute2015+T_ute2016)/11;
34
35 U_glas24 = 4.0; % U-varde for glas
36 % Nedan beraknas den energi via varmeledning varje dag for
37 % de olika aren.
38 for i=1:365
39 Q2006(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2006(i));
40
41 Q2007(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2007(i));
42
43 Q2008(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2008(i));
44
45 Q2009(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2009(i));
46
47 Q2010(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2010(i));
48
49 Q2011(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2011(i));
50
51 Q2012(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2012(i));
52
53 Q2013(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2013(i));
54
55 Q2014(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2014(i));
56
57 Q2015(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2015(i));
58
59 Q2016(i) = U_glas24*A*(T_inne(i)-T_ute2016(i)); %[W]
60 end
61 % Nedan summeras de olika aren och ett medelvarde tas fram for att ...
62 % skapa en
63 % enklare graf att forsta.
64 for i=1:365
65     Q2006_2016(i) = ...
66         (Q2006(i)+Q2007(i)+Q2008(i)+Q2009(i)+Q2010(i)+Q2011(i)+Q2012(i)
67         +Q2013(i)+Q2014(i)+Q2015(i)+Q2016(i))/11; %[W]
68 end
69 % Summerar det totala energiutslappet over ett ar.
70
71 Qcond=Q2006_2016*24/1000; %[kWh/dag]
72
73 %Q_ut

```

```

72
73 for i=1:365
74 Q_ut(i) = (0.2*5.67040*10^(-8)*(T_inne(i)+273.15)^4)/1000; % Energi ...
    som stralar ut [kW/m2]. Detta varde ar konstant da markens ...
    temperatur halls konstant.
75 end
76 Q_ut=Q_ut*A*24; %[kWh/dag]
77
78 %Q_in
79
80 % Solinstralningen [kWh/m^2/dag*dag/manad=kWh/m^2/manad]
81 G_jan_m = 0.40*31;
82 G_feb_m = 1.12*28;
83 G_mar_m = 2.43*31;
84 G_apr_m = 3.90*30;
85 G_maj_m = 5.36*31;
86 G_jun_m = 5.51*30;
87 G_jul_m = 5.26*31;
88 G_aug_m = 4.18*31;
89 G_sep_m = 2.75*30;
90 G_okt_m = 1.29*31;
91 G_nov_m = 0.57*30;
92 G_dec_m = 0.25*31;
93
94 % Nedan foljer utrackningar for varje manad under aret och hur mycket
95 % energi som fas via solinstralningen. Alla varden ar delade pa 13 ...
    da det
96 % antas att det finns 13 vinklar solen traffar med och att dessa ...
    varar en
97 % trettondel av tiden. Sedan gors samma sak for de olika vinklarna pa
98 % vaggarna, men har divideras resultatet pa fem eftersom det finns fem
99 % olika lutningar.
100
101 T_glas = 0.9; % Glas transmission.
102 % Stralningsenergi
103 % Hur mycket solljus som tas upp vid olika lutning pa vaggarna ...
    beroende pa
104 % vart solen ar. Dar L10 star for lutningen pa vaggen.
105 L10 = [0.82 0.84 0.87 0.88 0.89 0.89 0.9 0.9 0.89 0.89 0.87 0.85 0.82];
106 L30 = [0.78 0.85 0.91 0.96 0.97 0.98 0.98 0.98 0.98 0.96 0.92 0.86 ...
    0.79];
107 L50 = [0.73 0.83 0.9 0.96 0.98 0.99 0.99 0.99 0.98 0.97 0.91 0.84 0.75];
108 L70 = [0.66 0.75 0.83 0.89 0.9 0.92 0.92 0.92 0.91 0.98 0.84 0.77 0.63];
109 L90 = [0.57 0.64 0.71 0.75 0.76 0.77 0.77 0.77 0.77 0.75 0.71 0.65 ...
    0.57];
110
111 for i = 1:13
112     Q_Jan10(i) = (G_jan_m*T_glas*L10(i))/13;
113     Q_Jan30(i) = (G_jan_m*T_glas*L30(i))/13;
114     Q_Jan50(i) = (G_jan_m*T_glas*L50(i))/13;
115     Q_Jan70(i) = (G_jan_m*T_glas*L70(i))/13;
116     Q_Jan90(i) = (G_jan_m*T_glas*L90(i))/13;
117 end
118 for i = 1:13
119 Q_Jan(i) = (Q_Jan10(i)+Q_Jan30(i)+Q_Jan50(i)+Q_Jan70(i)+Q_Jan90(i))/5;

```

```

120 end
121
122 for i = 1:13
123     Q_Feb10(i) = (G_feb_m*T_glas*L10(i))/13;
124     Q_Feb30(i) = (G_feb_m*T_glas*L30(i))/13;
125     Q_Feb50(i) = (G_feb_m*T_glas*L50(i))/13;
126     Q_Feb70(i) = (G_feb_m*T_glas*L70(i))/13;
127     Q_Feb90(i) = (G_feb_m*T_glas*L90(i))/13;
128 end
129 for i = 1:13
130 Q_Feb(i) = (Q_Feb10(i)+Q_Feb30(i)+Q_Feb50(i)+Q_Feb70(i)+Q_Feb90(i))/5;
131 end
132
133 for i = 1:13
134     Q_Mar10(i) = (G_mar_m*T_glas*L10(i))/13;
135     Q_Mar30(i) = (G_mar_m*T_glas*L30(i))/13;
136     Q_Mar50(i) = (G_mar_m*T_glas*L50(i))/13;
137     Q_Mar70(i) = (G_mar_m*T_glas*L70(i))/13;
138     Q_Mar90(i) = (G_mar_m*T_glas*L90(i))/13;
139 end
140 for i = 1:13
141 Q_Mar(i) = (Q_Mar10(i)+Q_Mar30(i)+Q_Mar50(i)+Q_Mar70(i)+Q_Mar90(i))/5;
142 end
143
144 for i = 1:13
145     Q_Apr10(i) = (G_apr_m*T_glas*L10(i))/13;
146     Q_Apr30(i) = (G_apr_m*T_glas*L30(i))/13;
147     Q_Apr50(i) = (G_apr_m*T_glas*L50(i))/13;
148     Q_Apr70(i) = (G_apr_m*T_glas*L70(i))/13;
149     Q_Apr90(i) = (G_apr_m*T_glas*L90(i))/13;
150 end
151 for i = 1:13
152 Q_Apr(i) = (Q_Apr10(i)+Q_Apr30(i)+Q_Apr50(i)+Q_Apr70(i)+Q_Apr90(i))/5;
153 end
154
155 for i = 1:13
156     Q_Maj10(i) = (G_maj_m*T_glas*L10(i))/13;
157     Q_Maj30(i) = (G_maj_m*T_glas*L30(i))/13;
158     Q_Maj50(i) = (G_maj_m*T_glas*L50(i))/13;
159     Q_Maj70(i) = (G_maj_m*T_glas*L70(i))/13;
160     Q_Maj90(i) = (G_maj_m*T_glas*L90(i))/13;
161 end
162 for i = 1:13
163 Q_Maj(i) = (Q_Maj10(i)+Q_Maj30(i)+Q_Maj50(i)+Q_Maj70(i)+Q_Maj90(i))/5;
164 end
165
166 for i = 1:13
167     Q_Jun10(i) = (G_jun_m*T_glas*L10(i))/13;
168     Q_Jun30(i) = (G_jun_m*T_glas*L30(i))/13;
169     Q_Jun50(i) = (G_jun_m*T_glas*L50(i))/13;
170     Q_Jun70(i) = (G_jun_m*T_glas*L70(i))/13;
171     Q_Jun90(i) = (G_jun_m*T_glas*L90(i))/13;
172 end
173 for i = 1:13
174 Q_Jun(i) = (Q_Jun10(i)+Q_Jun30(i)+Q_Jun50(i)+Q_Jun70(i)+Q_Jun90(i))/5;

```



```

175 end
176
177 for i = 1:13
178     Q-Jul10(i) = (G-jul_m*T_glas*L10(i))/13;
179     Q-Jul30(i) = (G-jul_m*T_glas*L30(i))/13;
180     Q-Jul50(i) = (G-jul_m*T_glas*L50(i))/13;
181     Q-Jul70(i) = (G-jul_m*T_glas*L70(i))/13;
182     Q-Jul90(i) = (G-jul_m*T_glas*L90(i))/13;
183 end
184 for i = 1:13
185 Q-Jul(i) = (Q-Jul10(i)+Q-Jul30(i)+Q-Jul50(i)+Q-Jul70(i)+Q-Jul90(i))/5;
186 end
187
188 for i = 1:13
189     Q-Aug10(i) = (G-aug_m*T_glas*L10(i))/13;
190     Q-Aug30(i) = (G-aug_m*T_glas*L30(i))/13;
191     Q-Aug50(i) = (G-aug_m*T_glas*L50(i))/13;
192     Q-Aug70(i) = (G-aug_m*T_glas*L70(i))/13;
193     Q-Aug90(i) = (G-aug_m*T_glas*L90(i))/13;
194 end
195 for i = 1:13
196 Q-Aug(i) = (Q-Aug10(i)+Q-Aug30(i)+Q-Aug50(i)+Q-Aug70(i)+Q-Aug90(i))/5;
197 end
198
199 for i = 1:13
200     Q-Sep10(i) = (G-sep_m*T_glas*L10(i))/13;
201     Q-Sep30(i) = (G-sep_m*T_glas*L30(i))/13;
202     Q-Sep50(i) = (G-sep_m*T_glas*L50(i))/13;
203     Q-Sep70(i) = (G-sep_m*T_glas*L70(i))/13;
204     Q-Sep90(i) = (G-sep_m*T_glas*L90(i))/13;
205 end
206 for i = 1:13
207 Q-Sep(i) = (Q-Sep10(i)+Q-Sep30(i)+Q-Sep50(i)+Q-Sep70(i)+Q-Sep90(i))/5;
208 end
209
210 for i = 1:13
211     Q-Okt10(i) = (G-okt_m*T_glas*L10(i))/13;
212     Q-Okt30(i) = (G-okt_m*T_glas*L30(i))/13;
213     Q-Okt50(i) = (G-okt_m*T_glas*L50(i))/13;
214     Q-Okt70(i) = (G-okt_m*T_glas*L70(i))/13;
215     Q-Okt90(i) = (G-okt_m*T_glas*L90(i))/13;
216 end
217 for i = 1:13
218 Q-Okt(i) = (Q-Okt10(i)+Q-Okt30(i)+Q-Okt50(i)+Q-Okt70(i)+Q-Okt90(i))/5;
219 end
220
221 for i = 1:13
222     Q-Nov10(i) = (G-nov_m*T_glas*L10(i))/13;
223     Q-Nov30(i) = (G-nov_m*T_glas*L30(i))/13;
224     Q-Nov50(i) = (G-nov_m*T_glas*L50(i))/13;
225     Q-Nov70(i) = (G-nov_m*T_glas*L70(i))/13;
226     Q-Nov90(i) = (G-nov_m*T_glas*L90(i))/13;
227 end
228 for i = 1:13
229 Q-Nov(i) = (Q-Nov10(i)+Q-Nov30(i)+Q-Nov50(i)+Q-Nov70(i)+Q-Nov90(i))/5;

```

```

230 end
231
232 for i = 1:13
233     Q_Dec10(i) = (G_dec_m*T_glas*L10(i))/13;
234     Q_Dec30(i) = (G_dec_m*T_glas*L30(i))/13;
235     Q_Dec50(i) = (G_dec_m*T_glas*L50(i))/13;
236     Q_Dec70(i) = (G_dec_m*T_glas*L70(i))/13;
237     Q_Dec90(i) = (G_dec_m*T_glas*L90(i))/13;
238 end
239 for i = 1:13
240 Q_Dec(i) = (Q_Dec10(i)+Q_Dec30(i)+Q_Dec50(i)+Q_Dec70(i)+Q_Dec90(i))/5;
241 end
242
243 % Har summeras energin for varje manad for att kunna jamfora i grafer.
244 Jan = sum(Q_Jan);
245 Feb = sum(Q_Feb);
246 Mar = sum(Q_Mar);
247 Apr = sum(Q_Apr);
248 Maj = sum(Q_Apr);
249 Jun = sum(Q_Jun);
250 Jul = sum(Q_Jul);
251 Aug = sum(Q_Aug);
252 Sep = sum(Q_Sep);
253 Okt = sum(Q_Okt);
254 Nov = sum(Q_Nov);
255 Dec = sum(Q_Dec);
256
257 Q_in = [Jan Feb Mar Apr Maj Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dec]; %kWh/m^2/manad
258
259 end

```

## A.5 Odling

```

1 %snitt-vattenbehov for ekologiska gurkor April-Oktober
2 gurka_tid=(41-14)*7; %[dagar]
3 gurka_vattenbehov=(200/300)/gurka_tid*[m^3{vatten} / m2 och dag]
4
5 dagar_i_maj=31; %[dagar]
6 dagsvattenbehov_i_majperyta_gurka =4/1000; %[m^3/m^2 dag]
7 totvattenbehov_gurkor_maj=
8 dagsvattenbehov_i_majperyta_gurka*odlingsyta_bevattning*dagar_i_maj; ...
   %[1]

```

```

1 %Dimensionering av takyta som behovs for att forse odlingen med ...
   regnvatten
2 %som tackar bevattningsbehovet i Maj dar x ar takarean:
3 tot_regn_maj=0.030; %[m]
4 takyta_maj=totvattenbehov_gurkor_maj/tot_regn_maj*[m^2]
5
6 %Dimensionering av takyta som kravs for att tacka vattenbehovet fran

```

```

7  %april-Oktober:
8
9  tot_regn_year=0.04+0.03+0.03+0.03+0.03+0.04+0.07+0.07+0.06+0.05+0.06+0.045;
10 % [m]
11  totvattenbehov_gurkor_AprilNovember=
12  gurka_vattenbehov*gurka_tid*odlingsyta_bevattning% [m^3]
13  takyta_year= totvattenbehov_gurkor_AprilNovember/tot_regn_year % [m^2]
14
15  %Approximering av regnvattenscisternens storlek.
16  dagar_year=365; % [st]
17  Maxregn_year= 1.866% [m]
18  takyta_cafe_vaxthus= 50.2655+40; % [m^2]
19  regninkomst_year_maxregn=Maxregn_year*takyta_cafe_vaxthus % [m^3]
20  vattenbuffert_max=
21  regninkomst_year_maxregn-totvattenbehov_gurkor_AprilNovember % [m^3]
22
23  Minregn_year=tot_regn_year/2;% [m]
24  regninkomst_year_minregn=Minregn_year*takyta_cafe_vaxthus % [m^3]
25
26  % (maxnederb0rd*maxyta)-arsforbrukning av vatten i vaxthus.
27  %-----

```

```

1  %Elforbrukning regnvattenpump.
2  dagsbevattningsbehov=gurka_vattenbehov*odlingsyta_bevattning; % [m^3]
3  pumpkapacitet=4; % [m^3/h]
4  pumptid_dag=dagsbevattningsbehov*3600/4 % [s/dag]
5  pumpeffekt=500; % [W]
6  pumpelforbrukning_year=pumpeffekt*pumptid_dag*gurka_tid ...
   ./ (3600*1000) % [kWh/y]

```

## A.6 Biodrivmedel

```

1  verkningsgrad_pellets= 0.83; % verkningsgrad
2  verkningsgrad_HVO= 0.92;
3  verkningsgrad_Biogas= 0.98;
4
5  Biogas = 9.700; % kWh/nm^3
6  HVO = 9440; % kWh/m^3
7  pellets = 4000; % kWh/ton, 4000 per ton
8  per_manad_HVO = zeros(12,1);
9  per_manad_Pellets = zeros(12,1);
10 per_manad_Biogas = zeros(12,1);
11
12 jan = -4376;
13 feb = -2785;
14 mar = 381;
15 apr = -1516;
16 maj = 571;
17 jun = 5996;
18 jul = 8823;

```

```

19 aug = 5567;
20 sep = -832;
21 okt = -8019;
22 nov = -3250;
23 dec = -3867;
24
25 manader = [jan feb mar apr maj jun jul aug sep okt nov dec]
26 %%
27
28 for i = 1:1:12
29 if manader(i) < 0;
30
31 per_manadPellets(i) = (manader(i)/pellets)/verkningsgrad_pellets;
32 elseif manader > 0
33     per_manadPellets(i) = 0;
34 end
35 end
36 Ton_pellets_per_manad = per_manadPellets.*(-1)
37 Energi_per_manad = ...
    Ton_pellets_per_manad.*pellets.*verkningsgrad_pellets;
38 TOTAL_summa_energi = sum(Energi_per_manad);
39 TOTAL_summa_pellets = sum(Ton_pellets_per_manad)
40 Pris_Pellets = TOTAL_summa_pellets*3000
41 %pannan har en effekt pa (15*1000*24/31) 11613 kWh per manad
42
43 %%
44
45 for i = 1:1:12
46 if manader(i) < 0;
47
48 per_manad_HVO(i) = (manader(i)/HVO)/verkningsgrad_HVO;
49 elseif manader > 0
50     per_manad_HVO(i) = 0;
51 end
52 end
53 kubik_HVO_per_manad = per_manad_HVO.*(-1)
54 Energi_per_manad_HVO = kubik_HVO_per_manad.*HVO.*verkningsgrad_HVO;
55 TOTAL_summa_energi_HVO = sum(Energi_per_manad_HVO);
56 TOTAL_summa_HVO = sum(kubik_HVO_per_manad)
57 Pris_HVO = TOTAL_summa_HVO.*15.81*1000
58 %%
59
60 for i = 1:1:12
61 if manader(i) < 0;
62
63 per_manad_Biogas(i) = (manader(i)/Biogas)/verkningsgrad_Biogas;
64 elseif manader > 0
65     per_manad_Biogas(i) = 0;
66 end
67 end
68 kg_Biogas_per_manad = per_manad_Biogas.*(-1)./(1.2)
69 Energi_per_manad_Biogas = ...
    kg_Biogas_per_manad.*Biogas.*verkningsgrad_Biogas.*1.2;
70 TOTAL_summa_energi_Biogas = sum(Energi_per_manad_Biogas);
71 TOTAL_summa_Biogas = sum(kg_Biogas_per_manad) % kg

```

```

72 Pris_Biogas = TOTAL_summa_Biogas.*15.41
73
74 %782.5000 kg per liter

```

## A.7 Elförbrukning och solceller

```

1 Forbrukning_ar = 26917.49,29; %kWh/y behovs
2 Forbrukning_dag = Forbrukning_ar/365; %kWh/y behovs
3 Verkningsgrad = 0.19;
4 Verkningsgrad_vaxlare = 0.951
5 G=[0.4 1.12 2.43 3.9 5.36 5.51 5.26 4.18 2.75 1.29 0.57 0.25]; ...
   %manadssnitt i kWh per m^2
6 kWh_dag=[ones(1,31)*G(1) ones(1,28)*G(2) ones(1,31)*G(3) ...
   ones(1,30)*G(4) ones(1,31)*G(5) ones(1,30)*G(6) ones(1,31)*G(7) ...
   ones(1,31)*G(8) ones(1,30)*G(9) ones(1,31)*G(10) ones(1,30)*G(11) ...
   ones(1,31)*G(12)];
7 kWh_manad= G;
8 solstralning=sum(kWh_dag); %kWh per m^2 per ar uppsala
9
10 Area = 150; %147.9 area valbar sjalv beroende pa vad som onskas i m^2
11
12 inkommande = kWh_dag.*Verkningsgrad.*Verkningsgrad_vaxlare; ...
   %Anvandbar effekt per m^2
13 %inkommande = kWh_manad.*Verkningsgrad.*Verkningsgrad_vaxlare; ...
   %Anvandbar effekt per m^2
14 Summa_dag = (Area.*inkommande);%-Forbrukning_dag; %varje enskild ...
   dags el-nettovarde
15 %Summa_manad = (Area.*inkommande);%-Forbrukning_dag; %varje enskild ...
   dags el-nettovarde
16 xx=[1:365];
17 plot(xx,Summa_dag)
18
19 dagar = [1:1:365];
20 P=polyfit(dagar,Summa_dag,7);
21 SummaFit=polyval(P,dagar);
22 plot(dagar,SummaFit)
23 reffline(0,0)
24 grid on
25 Dagar_minus = find(SummaFit < 0); %Ger hur manga dagar som ar ...
   negativa i vektor
26 [m,Dagar_negativa] = size(Dagar_minus); %Ger en summa av av de ...
   dagarna fran vektorn
27 Dagar_negativa % Visar antalet dagar dar netto ar minus
28 TOTALT_NETTO_EFFEKT=sum(Summa_dag) % Totala netto-effekten over ett ar

```

## Referenser

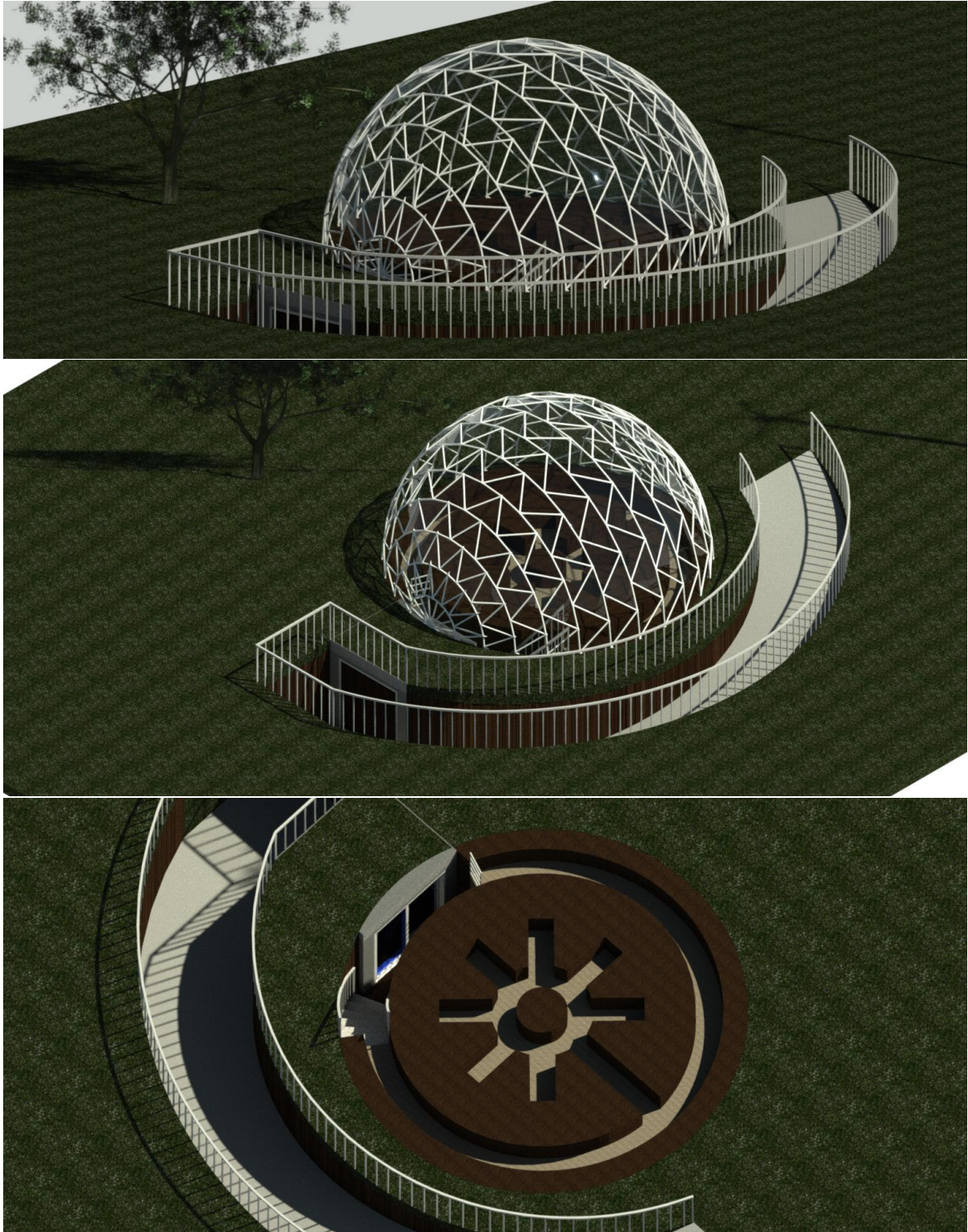
Externa referenser som inte beskrivits i rapporten eller andra bilagor har använts till beräkningar i koden. Dessa har skrivits ut i koden som *ref*(1 – 6) och listas här som fullständiga referenser.

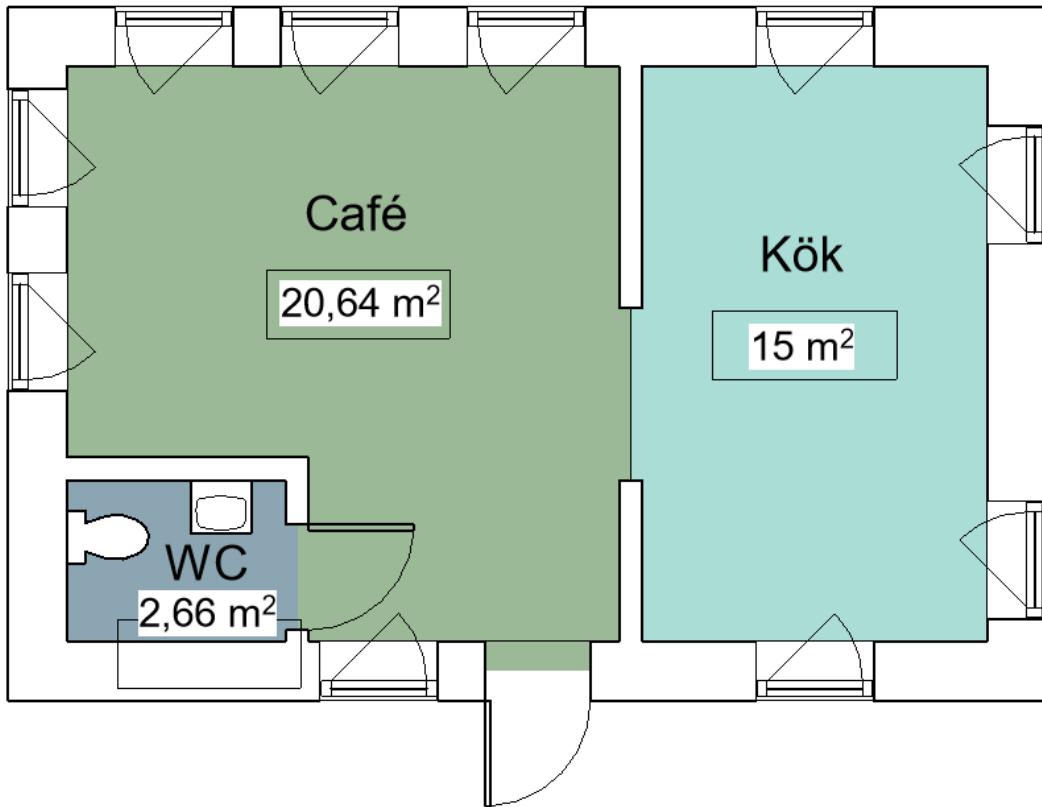
- (1) (National Aeronautics and Space Administration (NASA) 2018a)
- (2) (Åkerstedt 2018)
- (3) (Richard G. Allen et.al. 1998)
- (4) (American Metrological Society (AMS) 2018)
- (5) (The Engineering Toolbox 2018)
- (6) (Hopper 2012)



## B Flygbild över det planerade växthuset

Figur 5: Översikt över växthuset med närliggande café







## C Delrapport - Odling

*Karin Berg*  
*Lukas Dahlström*

### Grödor

Vad som odlas i växthuset under sommarperioden bestämdes efter vad som traditionellt odlas i svenska växthus och vad som utefter det kan odlas i ett växthus med samma innetemperatur. Med en standard innetemperatur på 20° så är basgrödorna satta till att vara tomat, gurka, paprika, chilifrukt, melon och zucchini. Grödor som också kan odlas beroende på platstillgång är till exempel bönor, ärtor, citrusfrukter samt jordgubbar och andra bär. En hydroponisk odling är också planerad i växthuset. Hydroponik kallas odling där växter odlas direkt i vatten istället för i jord. Där passar att odla bladväxter och örter av bladtyp så som sallad, basilika, persilja, dill och koriander samt olika typer av groddar. Hydroponik möjliggör för mycket odling på liten yta, samt att avsaknaden av jord gör att odlingen inte behöver vara på marknivå. På vintern är standardtemperaturen satt till 10° och då passar det att odla till exempel svamp och svenska traditionella höst/vintergrödor så som potatis och andra rotsaker. Den hydroponiska odlingen kan även drivas på vintern.

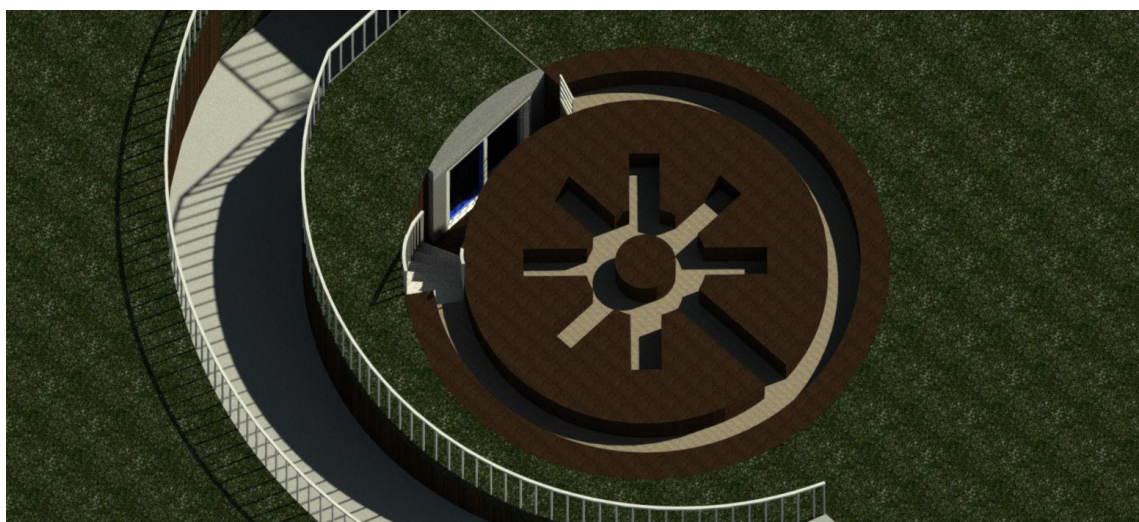
Att ha rätt luftfuktighet är viktigt för att växterna skall må bra, de behöver till exempel ett optimalt värde på den s.k. Vapour Pressure Deficit. För att uppnå ett idealt värde 8-10 mbar (British Columbia Ministry of Agriculture 2015) bör den relativa luftfuktigheten ligga mellan ca. 55 till 65% för en temperatur på 20°, se fig 6. Då växthus i regel oftare är för fuktiga än för torra valdes den övre gränsen (65%) för vidare beräkningar.

Temp °C	Relative Humidity										
	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
15	0.0	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	0.0	0.9	1.8	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1
17	0.0	1.0	2.0	2.9	3.9	4.9	5.8	6.8	7.8	8.8	9.7
18	0.0	1.0	2.0	3.1	4.1	5.1	6.2	7.2	8.2	9.3	10.3
19	0.0	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0
20	0.0	1.2	2.4	3.5	4.7	5.9	7.0	8.2	9.4	10.6	11.7
21	0.0	1.2	2.4	3.7	4.9	6.2	7.4	8.6	9.9	11.1	12.4
22	0.0	1.3	2.6	3.9	5.3	6.6	7.9	9.2	10.5	11.9	13.2
23	0.0	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1
24	0.0	1.5	3.0	4.5	5.9	7.4	8.9	10.4	11.9	13.4	14.9
25	0.0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9
26	0.0	1.7	3.4	5.1	6.7	8.4	10.1	11.8	13.4	15.1	16.8
27	0.0	1.8	3.5	5.3	7.1	8.9	10.7	12.4	14.2	16.0	17.8
28	0.0	1.9	3.8	5.7	7.6	9.5	11.4	13.3	15.1	17.0	18.9
29	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
30	0.0	2.1	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	14.8	17.0	19.1	21.2

Figur 6: Vapour Pressure Deficit mot relativ luftfuktighet (British Columbia Ministry of Agriculture 2015)

## Odlingsareal

Gruppen ville bygga ett halvsfäriskt växthus, och då höjdbegränsningar var tvungna att tas hänsyn till gavs en maxradie på 4 m. Totala markytan är då drygt  $50m^2$  med en radie på 4 m men hela ytan är ej odlingsbar då det behövs gångar för att kunna komma åt och sköta all odling. Entrén till växthuset är dessutom belägen underjord för att minimera värmeförluster, och denna entré minskar den odlingsbara ytan ytterligare. Gångarna är placerade enligt figur 7 och de har en bredd på 0,5 m.



Figur 7: Illustration av entré och markplan i växthuset

I mitten av kupolen hänger runda hängamplor från taket med hydroponisk odling vilket gör att mer odlingsyta utvinns från den totala volymen, detta syns dock inte i figur 7. Cirkeln i mitten har en radie på 0,5 m och takhöjden i mitten av kupolen är 4 m. För att beräkna hur många hängamplor som kan praktiskt få plats användes att all odlingsyta måste få tillgång till sol, och att solens maxvinkel i Uppsala är  $55^\circ$  (SMHI 2018). Höjden mellan varje hängampel blir då  $h = \tan(55^\circ) = 0.71m$  och antalet blir  $\frac{4}{0.71} = 5.63$  vilket ger att det får plats fem hängamplor med ett djup på drygt 1 dm. Odlingsarean blir då  $5 * \pi * 0.5^2 = 3.93m^2$  När gångytan har dragits bort från cirkelytan är denna odlingsbara yta  $30.319m^2$  och denna siffra togs från ritprogrammet CAD där 3D skissen figur 7 skapades. När ytan från hängamplorna adderats beräknades den totala odlingsarealen till  $34.249m^2$ . Men eftersom det endast är på marken som traditionell odling tillämpas är det denna yta som används i beräkningar för t.ex bevattning.

## Skörd

För en liten ekologisk tomat- och gurkodling i mellansverige produceras per kvadratmeter och år 25 kg gurkor respektive 28 kg tomater, se fig 8. Under vintern beräknas skörden på en typisk odling av potatis och morötter och ger  $1,2 - 3,4 kg/m^2$  (Husbehov.se 2014). Med en odlingsareal på  $30.319m^2$  av ekologisk traditionell odling och genomsnitt av grödorna

innebär detta  $30,319 * \frac{25+28}{2} = 803,45$  kg grönsaker per år och motsvarande för vintern ger 69,73 kg. Utöver detta ger den hydroponiska odlingsytan ytterligare skörd men utöver kryddor styckvis i fig 8 saknas källa för denna mängd. Om sommarens odlingssäsong sätts till 189 dagar (vecka 14-41, se fig 8) och med 25 gäster per dag blir det  $\frac{803,45}{189*25} = 0,17$ . Detta innebär att skörden från växthuset räcker till ca. 170 g grönsaker per lunchtallrik. På vintern blir det på samma sätt istället ca 16 g per person och portion.

Figur 8: Ekonomiska kalkyler för grönsaksodling i växthus (Håkansson 2015)

Växthus	Läge	Kultur	Emballage	kulturtid	Skörd	Produktions pris
<b>Konventionellt odlade tomater</b>						
50 000 m <sup>2</sup> Venlo	Södra Götaland	Runda 100 g/st	Returback	v. 4-45	55 kg/m <sup>2</sup>	12,11 kr/kg
10 000 m <sup>2</sup> Venlo	Södra Götaland	Runda 100 g/st	Returback	v. 4-45	55 kg/m <sup>2</sup>	13,33 kr/kg
2 000 m <sup>2</sup> Venlo	Mellan- sverige	Miniplommon 25 g/st	Trågpäckas	v. 6-44	30 kg/m <sup>2</sup>	36,28 kr/kg
<b>Ekologiskt odlade tomater</b>						
10 000 m <sup>2</sup> Venlo	Södra Götaland	Runda 100 g/st	Returback	v. 4-45	42 kg/m <sup>2</sup>	17,02 kr/kg
2 000 m <sup>2</sup> Venlo	Mellan- sverige	Runda 100 g/st	Returback	v. 6-44	38 kg/m <sup>2</sup>	24,38 kr/kg
2 000 m <sup>2</sup> Venlo	Mellan- sverige	Miniplommon 25 g/st	Trågpäckas	v. 6-44	22 kg/m <sup>2</sup>	48,07 kr/kg
300 m <sup>2</sup> Sadeltak	Mellan- sverige	Runda 100 g/st	Returback	v. 10-43	33 kg/m <sup>2</sup>	36,45 kr/kg
300 m <sup>2</sup> Båghus	Mellan- sverige	Runda 100 g/st	Returback	v. 12-43	28 kg/m <sup>2</sup>	30,74 kr/kg
<b>Konventionellt odlad gurka</b>						
10 000 m <sup>2</sup> Venlo	Södra Götaland	300-400 g/st	Returback	v. 4-44 3 omg.	75 kg/m <sup>2</sup>	10,57 kr/kg
<b>Ekologiskt odlad gurka</b>						
10 000 m <sup>2</sup> Venlo	Södra Götaland	300-400 g/st	Returback	v. 4-44 2 omg.	39 kg/m <sup>2</sup>	19,45 kr/kg
300 m <sup>2</sup> Båghus	Mellan- sverige	300-400 g/st	Returback	v. 14-41 1 omg.	25 kg/m <sup>2</sup>	30,75 kr/kg
<b>Ekologiskt odlade kryddor i kruka (olika sorter)</b>						
300 m <sup>2</sup> Sadeltak	Mellan- sverige	11,5 cm kruka	Papplåda	v. 4-52	267 st/m <sup>2</sup>	12,48 kr/st

## Bevattning

### Vattenbehov för gurkodling

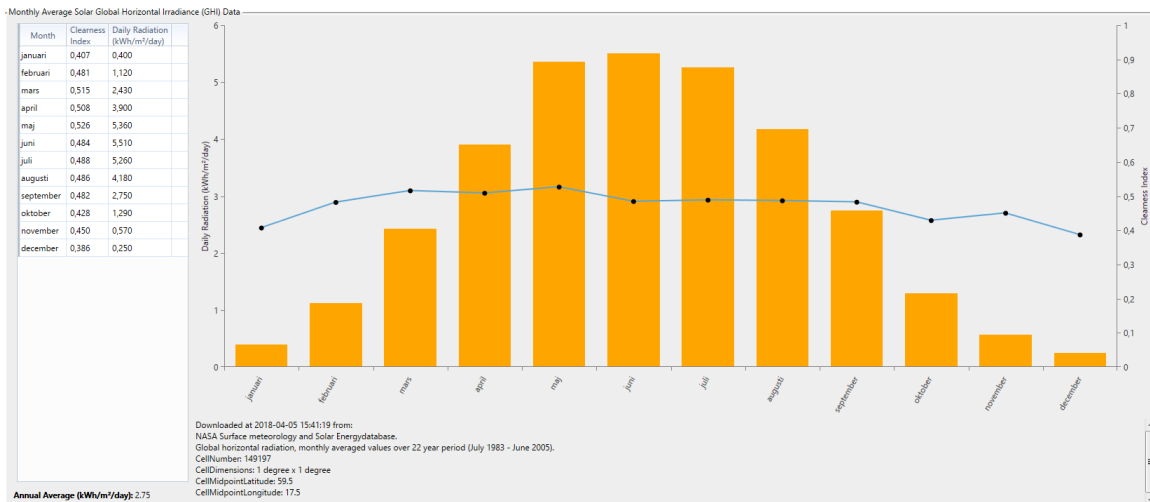
Eftersom en gurkas massvikt till största del består av vatten antas att alla andra grödor kommer ha ett lägre vattenbehov. Genom att undersöka hur mycket vatten som behövs om den totala odlingsarealen utgörs av gurkor borde dessa beräkningar vara i överkant för den tänkta odlingen, som alltså bara delvis består av gurkor. Med given statistik för liten ekologisk gurkodling fås att det i snitt behövs 3,5 liter vatten per dag och  $m^2$  över en säsong från vecka 14-41. Detta motsvarar alltså en period från ca. april till oktober. (Jordbruksverket 2017a). För att dimensionera den takyta som behövs för att täcka vattenbehovet med regnvatten beräknas först den takyta som behövs för den mest kritiska månaden, d.v.s den med mest sol och minst regn.

Normal månadsvis vattenförbrukning i Uppsala enligt SMHI redovisas i tabell 4.

Tabell 4: Normal vattenförbrukning i Uppsala mätt över åren 1961-1990 av SMHI.

Månad	Normal nederbörd [mm]
Januari	40
Februari	30
Mars	30
April	30
Maj	30
Juni	40
Juli	70
Augusti	70
September	60
Oktober	50
November	60
December	45

(Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) 2017) I fig 9 illustreras soltimmar månadsvis för Vaksala Eke (den plats i Uppsala där växthuset planeras byggas).



Figur 9: Soltimmar på Vaksala Eke (Uppsala)

Den mest kritiska månaden verkar vara maj då det är mycket sol och lite nederbörd. I fig 9 visas att antalet soltimmar i maj är fler än årssnittet eftersom stapeln i diagrammet är en av de högsta, vilket borde innebära att snittbevattningsbehovet i maj är större än snittbevattningsbehovet över hela gurksäsongen. Givet att en riktigt varm sommardag kan en gurkodling dra 5 l/dag och  $m^2$  (Jordbruksverket 2017b) och att snittvattenförbrukningen från april-oktober är 3,5 liter per dag och  $m^2$  uppskattas att snittvattenförbrukningen i maj är 4 liter per dag och  $m^2$  för en liten ekologisk gurkodling.

## Dimensionering av takyta

Den takyta som krävs för att samla upp tillräckligt med vatten under maj för att täcka månadens vattenbehov beräknades till  $125.3185m^2$ . (se appendix A.5.2) Då detta är avsevärt mycket större än växthusets yta beräknades istället hur stort taket bör vara för att under ett år samla upp en hel årsförbrukning av vatten. Takytan behöver då endast vara  $36.4192m^2$ . Eftersom växthuset är drygt  $50m^2$  plus en extra yta för café+kök så får vi ytterligare takyta att samla vatten från. På så vis kommer växthuset vara självförsörjande på regnvatten ett normalår.

## Dimensionering av regnvattencistern

Eftersom det ofta är låga grundvattennivåer är syftet med regnbevattning att inte slösa på det rena grundvattnet. Således behöver regnvattencisternen dimensioneras så att den är tillräckligt stor för att samla upp en vattenbuffert ett år med mycket regn som skall räcka till växthusets vattenbehov ett år med lite regn. Beräkningar gjordes på hur mycket regnvatten som hade lagrats upp med en årsnederbörd motsvarande Sveriges högst uppmätta och den bestämda ytan för växthus + café- och köksbyggnad (SHMI 2018). Då beräknades skillnaden mellan totala årsuppsamlingen av regnvatten och årsvattenförbrukningen för gurkor till  $148.2228m^3$ . Detta är orimligt stort i förhållande

till att en årsvattenförbrukning för en ekologisk gurkodling på  $30.319m^2$  är endast  $20.2127m^3$ .

Torka kan uppstå då det är ovanligt lite nederbörd under vinterhalvåret så grundvattennivå inte får chans att återhämta sig efter sommarhalvårets avdunstning och ökad vattenförbrukning av växtligheten. Uppsala kommun uppger att under en vinter med låg nederbörd kan det vara så lite nederbörd som 50% av den normala nederbörden (Länsstyrelsen Uppsala län 2016). Om beräkningar görs på ett extremår där det antas att bara hälften av den normala nederbörden sker över hela året kan  $25.0487m^3$  regnvatten samlas upp från växthuset + café- och köksanläggning. Alltså skulle totala ytan från växthuset + café- och köksanläggning samla upp drygt vad växthuset drar i bevattning. Däremot är inte nederbörden och vattenförbrukningen jämt fördelat över året vilket medför att det ändå behövs en relativt stor regnvattencistern för att kunna samla upp en stor andel vatten ifall en stor andel av årsnederbörden skulle falla under ena halvåret. Om ett extremt scenario approximeras där årsnederbörden är 25.0487 och allt faller under vinterhalvåret måste cisternen vara tillräckligt stor för att lagra hela sommarförbrukningen. Med antagande om att gurkodlingen i snitt kräver  $3,5l/dag$  och  $m^2$  (drar egentligen lite mer under sommarhalvåret) blir det alltså halva årsförbrukningen =  $21.9661/2m^3 === 11m^3$ . En cistern på 11 kubik kommer alltså med extremt stor sannolikhet täcka vattenbehovet för en sommar med extremt låg nederbörd och med extremt nederbörd. Men under en normal sommar räcker det antagligen med  $5m^3$ . Då  $5m^3$  är en mer rimlig dimension av cistern antogs detta under priskalkylen för bevattningssystemet, då priser hittades för en cistern på  $5,7m^2$ .

Eftersom det finns en potential för uppsamlande av regnvatten som är större än vattenbehovet skulle detta regnvatten kunna användas till ytterligare saker, t.ex toalettspolningsvatten. Detta hamnar utanför vårt projekts systemgränser, men det är en mycket god idé för att göra byggnaderna ytterligare hållbara.

## Elförbrukning för bevattningssystem

### Pump för regnvatten

För att uppskatta elförbrukning för att pumpa regnvatten från cisternen till odlingen användes en produktbeskrivning för en godtycklig regnvattenpump, se fig 10

BESKRIVNING	SPECIFIKATIONER	FILER
Motoreffekt, max (W)	500	
Pumpkapacitet, max (l/tim)	4000	
Tryckhöjd (m)	20	
Max. tryck (bar)	2	
Max. nedsänkingsdjup (m)	7	
Temperatur, max. (°C)	35 °	
Vikt utan tillbehör (kg)	5	
Elkabel	10 m	

Figur 10: Produktspecifikationer regnvattenpump

(Entreprenadbutiken 2018-04-23) Utifrån en ekologisk gurkodlings snittvattenbehov från v.14-41 beräknades pumpens dagskörningstid till att vara 96.2508 s vilket gav en årsenergiförbrukning (säsongsförbrukning) på 9.0957 MJ dvs 2.527 kWh.

## Hydroponisk odling

blir då För den hydroponiska odlingen förutsattes minsta möjliga vattenpump som räcker för att blanda om vattnet. En typisk sådan ligger på 4,5 W (Anself 2018) och används ca 4 h per dygn vilket då ger en förbrukning på 32,85 kWh per år då 5 st används. Belysning behövs under vintern, och då används LED-lampor. Ett referensvärde är 30 W/m<sup>2</sup> (Impecta 2016) 12-16 h per dag där 30 W i LED-lampor motsvarar lite mindre än 6 W. Det blir då  $6W * 0,785m^2 * 14h = 65,97Wh/dag \rightarrow 14.8432kWh$  på ett år.

## Referenser

- Anself (2018). *Anself Ultra-quiet DC12V 4.2W Water Oil Pump Waterproof Submersible for Pond Fountain Circulating*. URL: <https://www.anself.com/p-h16867.html> (hämtad 2018-04-24).
- British Columbia Ministry of Agriculture (2015). *Greenhouse factsheet - Understanding Humidity Control in Greenhouses*. URL: [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/animal-and-crops/crop-production/understanding\\_humidity\\_control.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/animal-and-crops/crop-production/understanding_humidity_control.pdf) (hämtad 2018-04-05).
- Entreprenadbutiken (2018-04-23). *Vattenpump 4000/2 GARDENA Comfort (1742)*. URL: <https://www.entreprenadbutiken.se/gardena-tradgardsprodukter/bevattning/vattenpumpar/comfort-regnvattentank-40002-automatisk-gardena.html> (hämtad 2018-04-23).



- Husbehov.se (2014). *Skörd på en kvadratmeter*. URL: <http://www.husbehov.se/odling/skord-pa-en-kvadrat/> (hämtad 2018-05-17).
- Håkansson, Bengt (2015). *Ekonomiska kalkyler för grönsaksodling i växthus*. URL: <https://www.jordbruksverket.se/download/18.7f08fd501508f7e12786c4e6/1445607984930/F%C3%B6rklarande%20text%20v%C3%A4xthuskalkyler%2020150525.pdf> (hämtad 2018-05-15).
- Impecta (2016). *Vinterodla med belysning*. URL: <https://www.impecta.se/sv/info/vinterodla-med-belysning.html> (hämtad 2018-04-23).
- Jordbruksverket (2017a). *Kalkyl för liten uppvärmd ekologisk gurkodling*. URL: <http://www.jordbruksverket.se/download/18.7f08fd501508f7e12785aad8/1445592527487/Liten%20uppv%C3%A4rmd%20ekologisk%20gurkodling.pdf> (hämtad 2018-04-20).
- (2017b). *Växtnäring och bevattning av grönsaker i växthus*. URL: <http://www.jordbruksverket.se/annesomraden/odling/tradgardsodling/gronsakerivaxthus/vaxtnaringochbevattning.4.32b12c7f12940112a7c800035983.html> (hämtad 2018-04-20).
- Länsstyrelsen Uppsala län (2016). *Grundvatten*. URL: <http://www.lansstyrelsen.se/uppsala/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/grundvatten/Pages/default.aspx> (hämtad 2018-04-23).
- SMHI (2018). *Svenska nederbördsrekord*. URL: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/svenska-nederbordsrekord-1.6660> (hämtad 2018-05-16).
- SMHI (2018). *Stockholm-kontur*. URL: [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.32097.1490011598!/image/stockholm\\_kontur.png\\_gen/derivatives/Original/image/stockholm\\_kontur.png](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.32097.1490011598!/image/stockholm_kontur.png_gen/derivatives/Original/image/stockholm_kontur.png) (hämtad 2018-04-24).
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) (2017). *Månads-, årstids- och årskartor*. URL: <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/monYrTable.php?myn=4&par=normNbd> (hämtad 2018-04-23).



## D Delrapport - Växthus

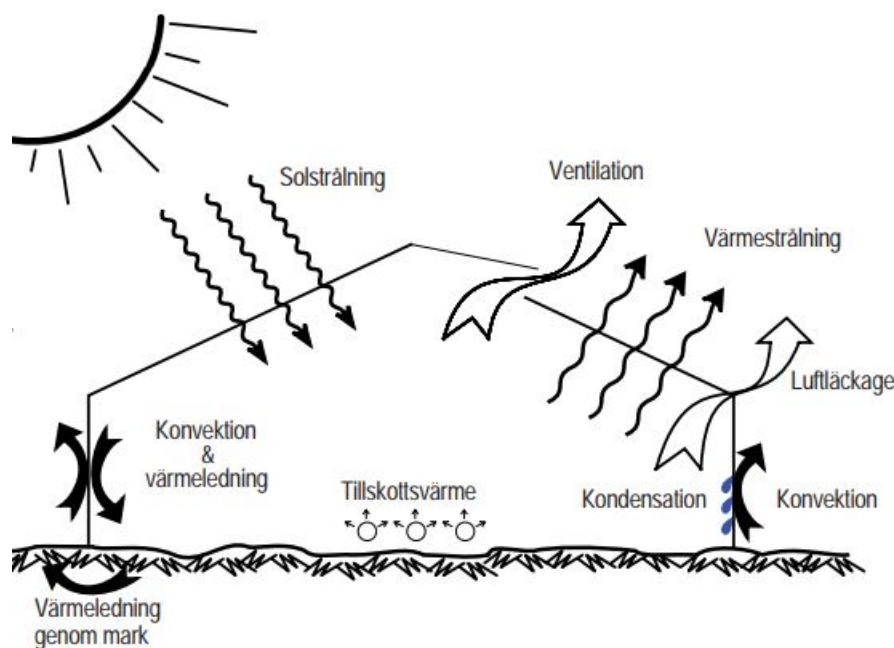
*Emanuel Larsson*  
*Raffaello Ljungqvist Baldesi*

### Inledning

Idag används växthus för att skapa en artificiell miljö där växter kan leva för ett större del av året än i naturen. Det som ofta glöms bort är tekniken bakom växthuset, till exempel hur det fungerar och hur man bygger upp det på ett så energismart sätt som möjligt.

### Hur fungerar ett växthus?

Växthuset släpper in solljus, i form av kortvågstrålning, genom transparenta väggar som kan bestå av olika material. Solljuset värmer i sin tur upp växthuset samtidigt som värme försvinner genom till exempel infraröd strålning från marken eller värmeledning mellan väggarna och den omkringliggande miljön runt växthuset. Beroende på vilka delar av året som växthuset är i bruk så behöver även extra värme tillföras utöver det solljuset värmer upp med. Denna värme kan komma från olika typer av källor så som en värmepump. (Jordbruksverket 2008)



Figur 11: Alla tänkbara energiflöden som sker i ett växthus.

## Material och form

En viktig del som påverkar växthusets energibalans är materialet som det är byggt av. Det vanligaste är att använda sig av glas då det släpper in mycket solljus samtidigt som den inte släpper ut så mycket infraröd värme som kommer från marken. Glas är också billigt i förhållande till många andra material så som polykarbonat och akryl.

Eftersom det är viktigt att hålla en jämn temperatur i växthuset är det bra att ha koll på energin som går in och ut. Det kan hända att till exempel dörren in till växthuset inte är helt tät så att det släpps ut värme via läckage, därför är det många små saker som vid konstruktionen av ett växthus som bör ses över. Det finns ofta enkla lösningar så som att dörren är av ett material som inte leder värme så bra samt är tätad med lister. (Jordbruksverket 2008)

Formen för växthuset har stor betydelse gällande energiflödet. Det är fördelaktigt att ha en halvsfär då mantelarean blir mindre vilket leder till minskade värmeförluster genom konduktion. Stabiliteten hos ett växthus ökar också om det är format som en halvsfär då vind smidigare kan ta sig förbi. Vid ett test gjort av Growing Dome nåddes resultatet att ett halvsfäriskt växthus kunde klara av vindhastigheter på upp till 130 miles/h vilket motsvarar ungefär 58 meter/s. Denna form på växthuset följer även solen oavsett var solen står på himlen. Den halvsfäriska formen gör också att det blir en jämn och bra luftcirkulation eftersom det finns mindre kanter, vilket leder till en mer homogen temperatur i växthuset. (Dome 2015)

## Energi

Vid beräkningar av den energin som behöver tillsättas eller bortförs i ett växthus används följande formel:

$$\text{Varmebehov} = \sum Q_{ut} - Q_{in} \quad (2)$$

I denna formel är  $Q_{in}$  solinstrålningens energi och  $Q_{ut}$  är den energi som går ut ur växthuset via till exempel konduktion och strålning. Formeln beskriver enbart naturliga energiflöden, ej det människan påverkar med. (Nilsson 2015)

Konduktionen beräknas med formeln

$$Q_{cond} = UA(T_{inne} - T_{ute}) \quad (3)$$

I denna formel står A för den area som exponeras mot luften utanför byggnaden vilket motsvarar mantelarean på växthuset.  $T_{inne}$  och  $T_{ute}$  representerar inomhustemperaturen och utomhustemperaturen. U-värdet är ett värde som är beroende på vilket material det är och hur tjockt det är och som beskriver hur bra ett material leder värme. Lägre U-värde fås alltså vid tjockare glas vilket betyder att det inte läcker ut lika mycket värme som vid tunnare glas.

Följande formel beskriver solinstrålningen.

$$Q_{in} = G\tau \quad (4)$$

$G$  är med vilken intensitet solen strålar med och transmittensen,  $\tau$ , beskriver hur mycket av solljuset som går igenom glaset. Solinstrålningens intensitet beror på vilken tid på dygnet och vilken tid på året det är.

Den infraröda strålningens energi bestäms med formel 4.

$$Q_{ut} = \tau\epsilon\sigma(T_{inne})^4 \quad (5)$$

$\sigma$  är Stefan Boltzmanns konstant och  $\epsilon$  beskriver hur mycket av den strålningen marken fångar in som reflekteras tillbaka som infraröd strålning. Strålningen som går ut ur växthuset beror också på temperaturen som är inuti växthuset. (Jordbruksverket 2008)

## Ventilation och läckage

Eftersom många växter kräver en specifik temperatur samt en specifik luftfuktighet så är det bra med en väl fungerande ventilation. Ventilationen i ett sort växthus är oftast det som är den mest energikrävande processen. I vissa växthus används endast takluckor som öppnas och stängs beroende på temperaturer och fuktighet, men vid större växthus används ofta ett mer komplicerat ventilationssystem, så som ett FTX-system, som känner av om ny luft behöver skjutas till eller om det behöver vara samma luft som hållas kvar.

Vid ventilation av takluckor beror inflödet till stor del av vindriktning samt vindhastighet. Vid otätheter ses läckaget som en typ av ofrivillig ventilation. För att undvika läckage och få bättre insyn i hur energibalansen ser ut i växthuset är det viktigt att täta de områden som det annars riskeras att läcka ut värme från. (Borg 2015)

## Tillskottsvärme

I ett växthus i Sverige är det svårt att hålla en stabil och varm temperatur över vintern, därför krävs det att värme tillförs från ett externt system. Ett alternativ till tillskottsvärme är att låta vatten flöda genom rör som går igenom växthuset vilket i sin tur värmer upp omgivningen via konduktion, det varma vattnet i rören kan fås på olika sätt så som bergvärme eller förbränning av pellets.

Ett annat alternativ för tillskottsvärmen är att värma marken under växterna. Detta kan ske via att skjuta in varmluft i marken som sedan sprider sig uppåt och värmer både luften och växterna. Ett annat alternativ är att ha vattenledande rör i marken som mestadels värmer växterna och inte höjer temperaturen på luften i växthuset. (Jordbruksverket 2008)

## Referenser

- Borg, Mats (2015). *ENERGIMODELLERING AV VÄXTHUS*. URL: [file:///D:/Downloads/R-8.2015-Borg-Porn-Westo-Modellering-av-vaxthus%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/R-8.2015-Borg-Porn-Westo-Modellering-av-vaxthus%20(1).pdf) (hämtad 2018).
- Dome, Growing Space Growing (2015). *9 Reasons a Growing Dome is better than a greenhouse*. URL: <https://geodesic-greenhouse-kits.com/9-reasons-growing-dome-better-greenhouse/> (hämtad 2018).
- Jordbruksverket (2008). *Växthusteknik*. URL: <file:///C:/Users/Manne/Desktop/universitet/%C3%85r%203/Kandidatarbete/v%C3%A4xthus%20teknik.pdf> (hämtad 2018).
- Nilsson, Ulla (2015). *Förnybar energi i svensk växthusodling - Kunskapsunderlag för fortbildning*. URL: [https://pub.epsilon.slu.se/12740/7/nilsson\\_u\\_et\\_al\\_151102.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/12740/7/nilsson_u_et_al_151102.pdf) (hämtad 2018).

# E Delrapport - Värmeflödet i köket & caféet

*Victor Lanner*

## Antaganden

Alla antaganden som har gjorts för att genomföra alla beräkningar hittas i tabell 5 tillsammans med data för olika byggnadsmaterial och byggnadskomponenter. Värmeförlusterna genom golvet försummas då golvet anses som en perfekt isolator.

Tabell 5: Antaganden för caféet tillsammans med data för olika byggnadsmaterial och byggnadskomponenter.

Storhet	Värde	Enhet	Källa
Längd	8	$m$	Uppskattning
Bredd	5	$m$	Uppskattning
Höjd	3	$m$	Uppskattning
Arean på ett fönstren	1.0	$m^2$	Uppskattning
Arean på taket	40	$m^2$	Uppskattning
Antal fönster	10		Uppskattning
Antal personer som jobbar sju timmar	1,5		Uppskattning
Antal gäster	25		Uppskattning
Besökstid för fem gäster	1	$timme$	Uppskattning
U-värde för tak	0,07	$W/m^2K$	(Blomsterberg 2012)
U-värde för treglasfönster	0,80	$W/m^2K$	(Blomsterberg 2012)
k-värde för träpanel	0,140	$W/mK$	(Energihandbok 2018)
k-värde för luft	0,026	$W/mK$	(Carl Nordling, Jonny Österman 2014)
k-värde för mineralull	0,037	$W/mK$	(Energihandbok 2018)
k-värde för OSB	0,140	$W/mK$	(Energihandbok 2018)
k-värde för gips	0,250	$W/mK$	(Energihandbok 2018)
tjocklek för träpanel	0,022	$m$	(Svenska PassivHus 2018)
tjocklek för luft	0,028	$m$	(Svenska PassivHus 2018)
tjocklek för mineralull	0,400	$m$	(Svenska PassivHus 2018)
tjocklek för OSB	0,012	$m$	(Svenska PassivHus 2018)
tjocklek för gips	0,013	$m$	(Svenska PassivHus 2018)

## Teori

Värmeförlusterna via konduktion byggs på *Fourier's law of heat conduction* (Yunus A.Çengel 2017) och hittas i ekvation 6 samt i omskriven form i ekvation 7.

$$\dot{Q}_{cond} = UA(T_{in} - T_{ut}) = kA \frac{(T_{in} - T_{ut})}{L} \quad (6)$$

Där  $A$  är arean,  $T_{in}$  är temperaturen inomhus,  $T_{ut}$  är temperaturen utomhus,  $k$  är värmeledningsförmågan och  $L$  är tjockleken.

$$\dot{Q}_{cond,wall} = \frac{T_{in} - T_{ut}}{R_{wall}} \quad (7)$$

Där  $T_{in}$  är temperaturen inomhus och  $T_{ut}$  är temperaturen utomhus.

$$R_{wall} = \frac{L}{kA} \quad (8)$$

Där  $L$  är väggens tjocklek,  $k$  är väggens värmeledningsförmåga och  $A$  är väggens area.

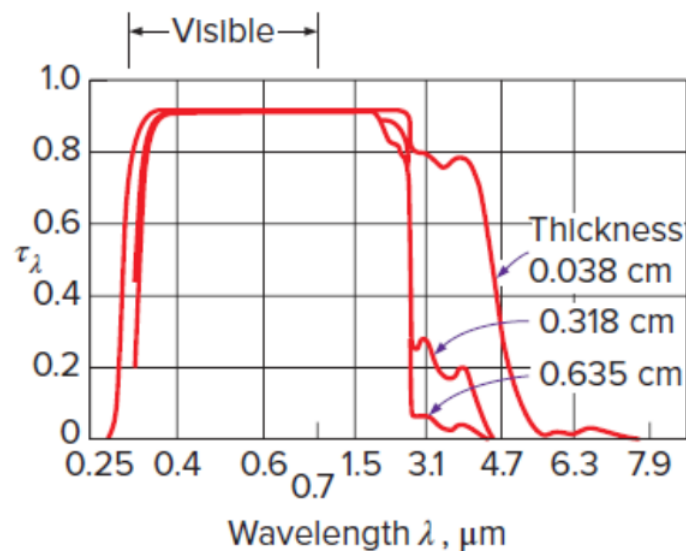
Beräkningarna för strålningsvärme byggs på *Kirchhoff's law of thermal radiation* och ekvationen för strålningsvärme presenteras i ekvation 9 samt i omskriven form i ekvation 10.

$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma A_s T_m^4 \quad (9)$$

Där  $\epsilon$  är emisiviteten,  $\sigma$  är Stefan-Boltzmann konstant,  $T_m$  är temperaturen på fönstrets yta som estimeras till rummets temperatur.

$$\dot{Q}_{rad} = \tau G \quad (10)$$

Där  $\tau$  är transmittansen för glaset och  $G$  är instrålningen från solen.



Figur 12: Den spektrala transmissiviteten av lågjärnglas vid rumstemperatur för olika tjockleker (Yunus A.Çengel 2017).

Tabell 6: Medeltemperaturen [ $^{\circ}C$ ] i Uppsala under ett år (NASA 2018).

Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni
-3,43	-3,18	0,06	5,05	11,04	15,18
Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
17,73	16,61	11,72	6,68	1,26	-3,39

Tabell 7: Medelinstrålningen från solen [ $kWh/m^2$ ] i Uppsala under ett år (National Aeronautics and Space Administration (NASA) 2018b).

Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni
12,40	31,64	75,33	117,00	166,16	165,30
Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
163,06	129,58	82,50	39,99	17,10	7,75

## Värmeförluster via konduktion

### Väggar

Väggen består av fem skikt. Ytterst sitter en panel av trä, följt av en spalt luft, isolering (mineralull), en OSB-skiva och sist sitter en gipsskiva. Tjocklekarna och värmeledningsförmågan för varje material finns i tabell 5.

R-värdet för varje material beräknas med ekvation 8. Väggens area beräknas med dimensionerna på huset (tabell 5) subtraherat med den arean som alla fönster tar upp (tabell 5). Efter att ha beräknat R-värdet för de fem olika materialen så summeras de och sedan används i ekvation 7 där inomhustemperaturen sätts till 22 grader celsius (Folkhälsomyndigheten 2016) och utomhustemperatur hittas i tabell 6.

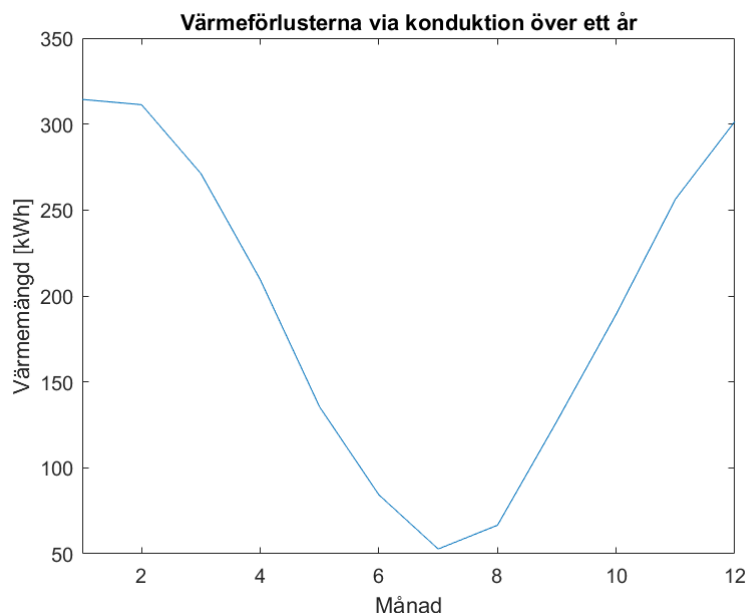
### Tak och fönster

Värmeförlusterna genom fönstren beräknas via ekvation 6 med U-värdet för treglasfönster (tabell 5), arean för alla fönster (tabell 5) och temperaturskillnaden där inomhustemperaturen sätts till 22 grader celsius (ibid.) och utomhustemperatur hittas i tabell 6.

Värmeförlusterna genom taket beräknas på samma sätt med ekvation 6 med U-värdet för tak (tabell 5), arean för taket (tabell 5) och temperaturskillnaden där inomhustemperaturen sätts till 22 grader celsius (ibid.) och utomhustemperatur hittas i tabell 6.

## Totala värmeförluster via konduktion

Summeringen av alla värmeförluster via konduktion presenteras i figur 13. Figuren visar tydligt att värmeförlusterna är som störst under vintern och lägst under sommaren.



Figur 13: De totala värmeförlusterna via konduktion i väggar, fönster och tak plottas över ett år.

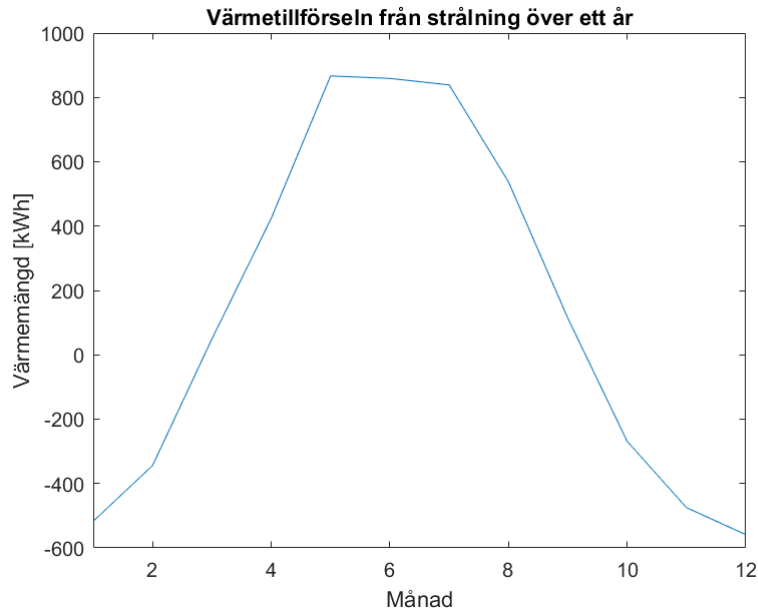
## Värmetillförsel från människor

Personvärmen har en effekt på 80 W (Levin 2009). Med antagandet att det är 1,5 personer som jobbar sju timmar och att vi har fem gäster åt gången som sitter i caféet i en timme (tabell 5) får vi en årstillförsel av värme på 23,25 kWh/år.

## Strålningsvärme

Värmestrålningen som går in i huset beräknas med ekvation 10 där transmittansen för glas vid synligt ljus är 0,9 (figur 12) och instrålningen hittas i tabell 7. Värmestrålningen som går ut ur huset kommer vara konstant och beräknas med ekvation 9. Transmittansen för glaset vid infrarött uppskattas till 0,2 (figur 12), emittansen uppskattas till en black body med numeriska värdet 1,0, arean är 40 [m<sup>2</sup>] och inomhustemperaturen är konstant på 22 grader celsius. Värmemängden från strålning över ett år plottas i figur 14. Figuren visar att under sommaren kommer strålningen generera värme och under vintern kommer det bli värmeförluster.





Figur 14: Värmemängden från strålning som går in i huset plottas mot värmemängden från strålning som går ut ur huset.

## Referenser

- Blomsterberg, Åke (2012). *D3.1a utmärkande drag för lågenergibygnader och lågenergirenoveringar*. WSP.
- Carl Nordling, Jonny Österman (2014). *Physics Handbook*. Studentlitteratur, s. 36–37.
- Energihandbok (2018). *Värmeledningsförmåga och U-värden för olika material*. URL: <http://www.energihandbok.se/konstanter/varmeledningsformaga-och-u-varden-for-olika-material> (hämtad 2018-04-20).
- Folkhälsomyndigheten (2016). *Så varmt ska det vara inomhus*. URL: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/nyheter-och-press/nyhetsarkiv/2016/januari/sa-varmt-ska-det-vara-inomhus/> (hämtad 2018-05-14).
- Levin, Per (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Sveby.
- NASA (2018). *Meteorology (Temperature)*. URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/project/sse/sse-data-parameters-meteorology-temperature> (hämtad 2018-04-04).
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2018b). *Solar Geometry*. URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/project/sse/sse-data-parameters-solar-geometry> (hämtad 2018-04-04).
- Svenska PassivHus (2018). *Klimatskal*. URL: <http://www.svenskapassivhus.com/klimatskal/> (hämtad 2018-04-24).
- Yunus A.Çengel John M.Cimbala, Robert H. Turner (2017). *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. McGraw-Hill.

## **F Delrapport - Kök och ventilation**

*Karin Berg*

*Erik Brené*

*Safwat Majid*

*Jonas Söderberg*

### **Inventering**

#### **Köksutrustning**

För att ta reda på de olika energiflödena till/från köket så skapades ett excel-ark där samtliga tänkta maskiner och apparater listades. Processen att välja vilken köksutrustning som ska användas i köket gjordes via uppskattning på hemsidor på både vanliga vitvarubutiker och för företag som erbjuder större köksutrustning till restauranger och café m.m. Denna utrustning är gjord för större kapacitet än ”vanlig”köksutrustning som kan köpas på godtyckliga butiker. Utöver det så inkluderades också ett FTX-ventilationssystem med kapacitet att byta ut den mängd luft som enligt riktlinjer från Boverket skall bytas ut per tidsenhet. FTX-systemet gäller för hela caféet och köket.

#### **Värmeåtervinning från avlopp i caféköket**

##### **Idé**

När varmt vatten spolats ner i avloppet försvinner användbar energi. Det finns en potential i det varma avloppsvattnet eftersom värmeenergin kan återföras till byggnaden och på så vis minskas behovet av ytterligare uppvärmning. I ett cafékök förekommer regelbundet att varmt vatten försvinner ner i avloppet, till exempel från diskmaskiner och uttömning av kokvatten från kastruller. Genom att separera varmt avloppsvatten som sammankopplas med det övriga avloppssystemet via en värmeväxlare kan uttag av värme göras som sedan kan återledas till caféet.

##### **Separering av varmt avloppsvatten**

I praktiken föreslås att det finns två separata diskhoar. I den ena diskhon finns endast en kallvattenkran monterad och i den andra diskhon finns en kran som går att reglera från ljummet till hett. På så vis undviks att kallt vatten körs igenom värmeväxlaren. Medan dricksvatten och påfyllnad av kokkärl sker vid kallvattenkranar sker all handtvätt och

handdisk vid varmvattendiskhon. Diskmaskinens avlopp ansluts tillsammans med den varmvattendiskhon till en värmeväxlare.

### Antaganden om de kontinuerliga varma avloppsflödena

För beräkningar på potentiellt värmeuttag från varmt avloppsvatten gjordes några uppskattningar. Bland annat antogs att diskmaskinen körs i 4 gånger per arbetsdag med ett diskprogram på 80 °C med 9,5 l vatten per körning. Ett annat antagande var att det töms 10 l kokande vatten från matlagning/arbetsdag och att 40l vatten/arbetsdag kommer från handdisk och har en temperatur av 40 grader när det töms i avloppet. Dessa antaganden kommer i sin tur från ett tidigare antagande om att caféet omsätter 25 gäster/arbetsdag som köper lunch. Den beräknade värmeåtervinningen beräknades utifrån dessa vattenflödesantaganden som redovisas i tabell 8

Tabell 8: Antagna varma avloppsflöden från cafékök

Varmvattenkälla	Dagsvattenmängd [ $m^3$ /dag]	Temperatur [°C]	Arbetsdagar
Handdisk	0,04	40	225
Diskmaskin	0.038	80	225
Kokvattentömning	10	100	225

Samtliga beräkningar kommer göras under ideala förhållanden eftersom det är svårt att uppskatta rörförluster o.s.v.

### Värmeväxlare

För att återvinna spillvärme från diverse värmefflöden i ett system brukar man traditionellt använda sig av värmeväxlare. Värmeväxlare förekommer i olika varianter, med syftet att vara till en större fördel beroende på tillämpning. I bilar används exempelvis mindre varianter av korsflödessort, medans större av parallellflödessort förekommer i större system av bebyggelse som exempelvis hus eller större lokaler (Värmeväxlare 2015). Samtliga varianter följer samma huvudprincip; varmvatten leds genom ett rör som ligger i kontakt med ett närliggande rör där kallvatten flödar. Värmeöverföringen sker därmed därmed genom väggen som skiljer de två rören åt, vars belopp beror på bl.a. respektive flödeshastighet, fluidernas karaktäristiska egenskaper (viskositet  $\mu$ , densitet  $\rho$  etc.) samt på temperaturdifferensen mellan den kalla och varma fluiden (Engineering360 2016). Eftersom temperaturdifferensen per längdenhet är större hos en motflödesvärmeväxlare medför detta att värmeåterföringsgraden förbättras. Således valdes denna variant som beräkningar skulle göras på.

## Värmemängd

För att beräkna värmemängden som flödar genom systemet utnyttjades kända samband för värmeöverföring i värmeväxlare:

$$Q = mc_p\eta_{vv}(T_2 - T_1) = \rho Vc_p\eta_{vv}(T_2 - T_1) \quad (11)$$

där  $Q$  svarar mot värmemängden som ska återvinnas,  $m$  är massan på vätskemängden som flödar genom rörsystemet, som kan uppdelas till densiteten  $\rho$  samt volymen  $V$ . Den specifika värmekapaciteten för vatten betecknas  $c_p$ ,  $\eta_{vv}$  är verkningsgraden för värmeväxlaren och slutligen svarar  $T_2$  och  $T_1$  mot temperaturerna i varm- respektive kallvattnet.

Matlabs egna databas **XSteam** för termodynamiska egenskaper hos vatten utnyttjas för att få ut värmekapaciteten  $c_p$  samt densiteten  $\rho$  vid de rådande varmvattenstemperaturerna. Efter noggrann sökning görs sedan en uppskattning av värmeväxlarens verkningsgrad  $\eta_{vv} \approx 54,7\%$ , samt ett antagande om att samtliga flöden av varmvatten kommer ut med samma temperatur som tappvattnet dvs  $T_1 = 38^\circ\text{C}$ . Varmvattenstemperaturerna  $T_2$  är listade i tabell 8. Ekvation 11 ger slutligen ett maximumvärde på värmemängden  $Q$  som kan återföras till lokalen.

## Resultat

### El- och värmefflöde från köksutrustning

All data sammanställdes i 9, där erhöles ett värde för årsförbrukningen av el från köket, samt genomsnittet för varje dag. Ungefär 70 % av el-effekten som används i byggnader kommer att sluta som spillvärme i byggnaden, enligt siffror från en rapport från Boverket (Boverket 2007). Denna spillvärme kommer sedan tas hänsyn till i värmesystemet då detta är värme som kommer indirekt från källor som måste användas i köket för att verksamheten ska fungera. Areal för samtlig köksutrustning noterades också för att eventuellt undersöka ifall arean i köket är tillräcklig för att få plats med den tänkta utrustningen. Areal för köksutrustningen var dock försumbar i jämförelse med caféets area så den inkluderades ej i nedanstående tabell.

Tabell 9: Relevanta specifikationer för effektförbrukande köksutrustning och tillbehör

Produkt	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Arbetsdagar per år	Årsförbrukning [kWh]
Induktionshäll	20	1	225	4500
Kaffemaskin	2.4	1	225	540
Microvågsugn	0.8	0.5	225	90
Kylskåp	0.19	24	365	1689.95
Frysskåp	0.17	24	365	1514.75
Värmskåp	2.6	5	225	2925
Ugn	2.2	1	225	495
Fläkt (FTX)	0.260	24	225	2452.8
Belysning	0.0775	7	225	122.06
Diskmaskiner	0.25	13	225	738
Varmvatten	0.25	24	225	1345.5
Summa	29.23	-	-	16413.06
Per dag	-	-	-	44.97
Spillvärme per dag	20.46	24	-	31.48

För att ta reda på ventilationens värmeläckage från caféet behövdes innertemperaturen, utetemperaturen och verkningsgraden för systemet. Det antogs att caféet använder sig utav ett FTX-system och med en temperaturverkningsgrad på 83% (Östberg u.å[b]), effektgraden baserades på ett existerande system under liknande typ av belastning. Innetemperaturen antogs vara 22 grader celsius och utetemperaturen delades upp månadsvis baserat på siffror från *National Aeronautics and Space Administration* (NASA 2018). Luftflödet behövde också definieras från de förutsättningar caféet gav. Boverkets riktlinjer säger att luften i ett rum med människor i måste ersättas med en hastighet av 0,35 liter per sekund per kvadratmeter. Det kravet sjunker när människorna lämnar lokalen och då räcker det med 0,1 liter per sekund per kvadratmeter (Webbredaktionen, Boverket 2017). Caféet kommer utnyttja detta för att minska sin förbrukning. I en köksmiljö med spisfläkt aktiv kunde inga klara siffror bestämmas, de siffror som fanns att tillgå var mindre erkänt etablerade men angav att 10 gånger volymen av rummet rekommenderas att tömmas per timme (Elgiganten 2018). Med alla dessa variabler kunde sedan en ekvation ställas upp där vi kunde ta reda på energiförlusten både över år och dag för ventilationen, se bifogad matlabkod. I uträkningen antogs värmeöverföringen vara ideal och den förlusten som uppstår kommer helt från FTX-systemet, detta för att möjliggöra beräkningen.

## Värmeåtervinning från avlopp

Värmemängden  $Q$  beräknades slutligen till  $Q \approx 300$  kWh per år. Efter sammanställningen av samtliga beräkningar på värmeflöden konstaterades att den potentiella värmeåtervinningsmängden är helt försumbar i förhållande till totala värmebehovet (se tabell 9). Då det är orimligt att investera pengar i ett system som påverkar värmebehovet försumbart, förkastades denna idé om värmeåtervinning från avloppet.

## Diskussion

Valet av utrustning till köket uppskattades utefter bästa förmåga, detta eftersom kunskap saknas om vilket behov av elektronik som krävs för att tillgodose caféts behov. Det kan därför tänkas att det finns en större elförbrukning än den som kartlagts.

En stor felkälla vid beräkningar på värmeåtervinningen är att information saknas om den verkliga verkningsgraden efter installation. Det innebär att den verkliga värmemängden som fås ut är ännu mindre än den som beräknats i appendix 8. Men då detta system försummas spelar det ingen roll att det finns en stor felkälla i dessa beräkningar.

## Slutsats

Via källor kunde ett antagande göras om energiflödet i café- och köksbyggnaden. Det är dessa flöden som används när simuleringar görs på totala energiflödet för växthus, café och kök.

Idén om att återanvända värme från avloppsvattnet i caféköket kunde helt förkastas efter beräkningar som gav ett försumbart resultat.

## Referenser

- Boverket (2007). *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus*. URL: [https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/indata\\_for\\_energiberakning\\_i\\_kontor\\_och\\_smahus.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/indata_for_energiberakning_i_kontor_och_smahus.pdf) (hämtad 2018).
- Elgiganten (2018). *Välj rätt köksfläkt*. URL: <https://www.elgiganten.se/cms/valj-ratt-koksflakt/> (hämtad 2018-05-14).
- Engineering360 (2016). *Heat exchanger information*. URL: [https://www.globalspec.com/learnmore/processing\\_equipment/heat\\_transfer\\_equipment/heat\\_exchangers](https://www.globalspec.com/learnmore/processing_equipment/heat_transfer_equipment/heat_exchangers) (hämtad 2018-04-21).
- Webbredaktionen, Boverket (2017). *Luft och ventilation i bostäder*. URL: <https://www.boverket.se/sv/byggnade/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/> (hämtad 2018).
- Värmeväxlare (2015). *Olika typer av värmeväxlare*. URL: <http://www.xn--vrmevxlare-q5ae.nu/index.php> (hämtad 2018-04-20).
- Östberg (u.å[b]). *Montage-/installationsanvisning*. URL: [https://www.delat.ws/download/Heru\\_installationsanvisning.pdf](https://www.delat.ws/download/Heru_installationsanvisning.pdf) (hämtad 2018-05-15).

## G Delrapport - Solvärme

*Karin Berg*  
*Raffaello Ljungqvist Baldesi*

### Inledning

Solfångare är ett effektivt sätt att utnyttja solinstrålning för att värma vatten som används till att värma lokaler och täcka varmvattenbehovet. Eftersom det största värmebehovet är på vintern sammanfaller det med att solintensiteten är som lägst då. En lösning skulle vara att lagra värmen från sommarhalvåret till vintern med olika metoder som tas upp i denna rapport, men vi hittade ingen metod som var tillräckligt bra för ett café- och växthuskomplex i vår storlek. Det vi gjorde istället var att beräkna hur många kvadratmeter som skulle behövas för att täcka varmvattenbehovet och använda värmeöverskottet på sommarhalvåret till att minska värmebehovet från de andra värmekällorna i projektet som till exempel bergvärme och pellets.

### Solvärme

Beräkningar gjordes på vilken värmemängd som kan fås ut per takarea. Flera förenklingar gjordes i dessa beräkningar. En solpanels verkningsgrad inte är fix utan beror på den temperaturgradient som råder mellan panelens värmeabsorbator och den omgivande luften, och ju lägre gradient desto högre verkningsgrad. Det innebär att en solvärmepanel har högre verkningsgrad på sommaren än på vintern. Den värmemängd som fås ut av en solpanel beskrivs av ekv 12 där  $S$  är den instrålade solintensiteten, d.v.s solintensiteten  $I$  multiplicerat med den optiska verkningsgraden.  $U$  är en värmeförlustskoefficient och  $\Delta t$  är den nämnda temperaturgradienten (Gajbert 2002).

$$Q = S - U\Delta t \quad (12)$$

I brist på kunskap om hur solpanelens värmeabsorbatorer temperatur kan uppskattas utifrån given klimatdata (månadsvis temperatur och solintensitet) gjordes en förenkling. Från ekv 13 ses att den nyttiga värmemängden  $Q$  kan lösas ut givet att man har den momentana totala verkningsgraden (som är temperaturberoende). Här är  $Q$  den värmemängd som utvinns från panelen och  $I$  den totala inkommande värmemängden (solintensiteten)(ibid.).

$$\eta = \frac{Q}{I} \Rightarrow Q = I\eta \quad (13)$$

Genom att räkna med ett årsmedelvärde för verkningsgraden hos en vakuumsolfångaremodell försumrades den årliga variationen i verkningsgrad vilket blir en felkälla som är svår att avgöra hur stor den är. Ett årsmedelvärde för verkningsgraden är 60% i södertakläge i stockholmsområdet med en taklutning på 30-45 ° (Enberg 2010). Med given data för solintensiteten  $I$  gjordes beräkningar i Matlab (se appendix ??).

Cafébyggnaden har en total takarea på  $56,4m^2$  och detta är således den maximala ytan som kan beläggas med solpanel. Om hela takytan utnyttjas innebär detta att solpanelerna producerar ett stort överskott av värme på sommaren medan det gör en ganska liten skillnad under vintermånaderna. Således bedömdes det som olämpligt att utnyttja hela takytan till solpanel. I slutändan bestämdes att solvärmens ska dimensioneras så att varmvattenbehovet i köks- och cafébyggnaden täcks året om. Denna yta är  $24,1m^2$  för att täcka varmvatten behovet för månaden (december) som har den lägsta solinstrålningssintensitet. Detta ledde till att vi skulle få en varmvattenöverskott på alla andra månader som vi kan använda till att minska värme behovet från pellets scenarion eller bergvärme scenarion.

## **Solvärmelagring**

### **Kortvarig värmelagring**

#### **Akkumulatortank**

Ett enkelt sätt att lagra värme som kan täcka ett värmebehov på några dagar är att använda en ackumulatortank med vatten. En tumregel är ca 70 – 100 liter ackumulatorvolym per  $m^2$  solfångare (Solar region Skåne 2015).

### **Säsongslagring av solvärme**

#### **Borehole Thermal Energy Storage**

Vi kollade på en teknik för att lagra värmeöverskott från sommarperioden till vinterperioden där vi har ett stort värmebehov. Denna teknik är använd i Drake landing community, Alberta, Canada. Tekniken var ett system av 144 rör med 2.25 meters avstånd från varandra som går 37 meter djup i marken som heter Borehole Thermal Energy Storage (BTES). Hela BTES systemet har en diameter på 35 meter. Idén med detta är att allt värmeöverskott från spillvärme och solfångare på sommar halvåret kan sparas igenom att leda varmvatten i rören djupt ner i marken som då värmer jord och sten runt rören. Det är som en stor jordvärmebank som är isollerad och behåller värmen till vinterhalvåret när det finns ett stort värmebehov. På vintern reverseras processen så att man skickar in kallvatten igenom BTES systemet som blir uppvärmd av jorden och kan sedan värma upp byggnader. Problemet med tekniken var att det tar 3 år att värma upp BTES systemet tillräckligt för att försörja hela vintern. BTES tekniken som användes i drake landing solar community var väldigt stor och skulle lagra värme från 800 solpaneler till 52 hus. När vi kollade på om det skulle funka i en mindre skala såg vi att det inte var lönsamt eller applicerbart. (Drake Landing Solar Community u.å)



## Saltlagring

Saltlagring är en annan teknik för att säsongslagra värmeenergi i en natriumacetat lösning. När saltlösningen innehåller låga mängder energi är den i kristallform och när man tillsätter energi eller värmer lösningen med värmeöverskott från olika källor på sommaren sker det en fasomvandling till flyttande form. Man kan då lagra energin i den flytande saltlösningen tills man vill få ut energin igen på vintern genom att leda kallvatten igenom lösningen som sedan kristalliseras igen. Eftersom denna teknik inte är etablerad i dagens samhälle så har den bristande mängden på fakta gjort att vi ej implementerat den på vårt projekt. (Arnesson, Haglund och Nielsen 2011)

## Referenser

- Arnesson, T., J. Haglund och D. Nielsen (2011). "Säsongslagring av termisk energi". Examensarb. Lunds Universitet.
- Drake Landing Solar Community (u.å). *Drake Landing Solar Community*. URL: <https://www.dlsc.ca/contact.htm> (hämtad 2018-05-15).
- Enberg, Jonny (2010). *Utnyttjande av solvärme för att värma tappvarmvatten i projekt Betesgatan 6, Borlänge*. URL: [https://stud.epsilon.slu.se/1327/1/enberg\\_j\\_100610.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/1327/1/enberg_j_100610.pdf) (hämtad 2018-05-04).
- Gajbert, Helena (2002). *Koncentrerande solenergihybrider för byggnadsintegrering*. URL: <http://www.bkl.lth.se/fileadmin/byggnadskonstruktion/publications/TABK-5000/Report5026.pdf> (hämtad 2018-05-04).
- Solar region Skåne (2015). *Hur fungerar ett solvärmesystem?* URL: <https://solarregion.se/om-solenergi/solfangare/hur-installeras-solfangare/> (hämtad 2018-05-14).

## H Delrapport - Bergvärme/Jordvärme

*Emanuel Larsson*  
*Erik Brené*

### Inledning

Bergvärme är en av de vanligaste energikällorna i villor idag. Den används även vid vissa större byggnader, i detta fall finns oftast mer än ett borrarat hål. Det finns även jordvärme vilket är en mindre använd metod. Med ett utav de båda alternativen i sin villa blir huset självförsörjande på värme. För att driva pumpen krävs dock el, men i förhållande till att elda i panna med pellets så blir kostnaden över ett år nästan hälften så stor.

### Hur fungerar det?

Bergvärme tar energi från berggrunden via ett nerborrat hål på mellan 120 och 200 meter djupt. Först skickas en kall vätska, vanligtvis R410a ner i hålet, när det sedan kommer längre ner så värms det upp via värmen som är lagrad i berget. Efter att vattnet har värmts upp så skickas det tillbaka upp till huset där det passerar genom en värmepump, där värmen från vätskan överförs till vattnet i byggnaden via konduktion, som sedan förser huset med värme och varmvatten.

Vid större behov av värme kan det borrar två hål istället för ett väldigt djupt hål. Kriteriet för att detta skall fungera är att hålen är minst 20 meter från varandra då de annars riskerar att ta värme från varandra och då minska livslängden på bergvärmen. (Bergvärmeinstallation 2015)

Jordvärme fungerar på ett liknande vis med värmepump men utan det djupa borrhålet. En stor villa kräver cirka 600 meter slang på ett djup av 1-1,5 meter ned i marken. Rören ligger inbördes med cirka 80-150 centimeters mellanrum i ett slingrande mönster (Greenmatch 2014b). För att jordvärme ska göra sig som bäst är vissa typer av förhållanden mer fördelaktiga än andra. Vid optimala förhållanden ska marken inte vara för porös och istället vara kompakt, typiska bra jordar ska även kunna hålla mycket vatten till exempel lerjord (Bärtås 2013b).



Figur 15: Illustrering av ett bergvärmenät (Bärtås 2013b).

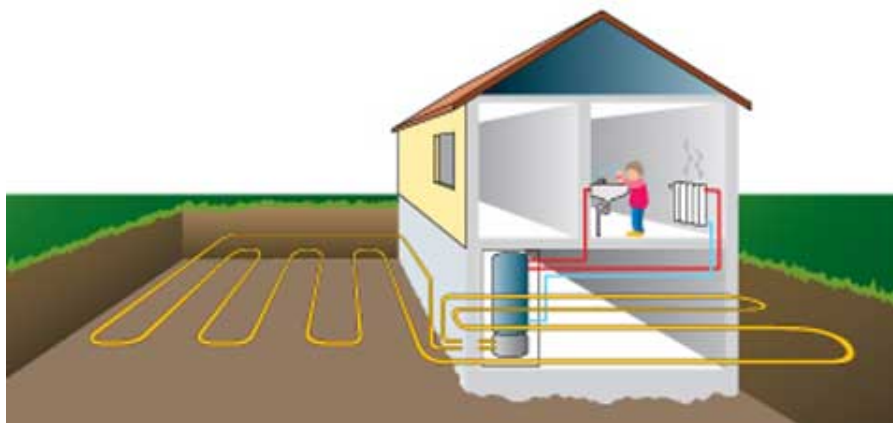
## Energi och kostnad

Vid beräkningar på hur mycket energi som fås ut av bergvärmen brukar de antas att för varje meter som borrats i berggrunden så fås det ut 30 W. Detta betyder alltså att ett hål som borrats 100 meter ner i berggrunden ger 3 kW värme. (Karlsson 2012)

Värmepannan, som för över värmen från vätskan som pumpas ner i hålet till vattnet som cirkulerar i byggnaden, är en viktig del av hela systemet. Det är viktigt att värmepumpen är reglerbar så att den inte pumpar ut max effekt då det kanske inte behövs så mycket värme.

Kostnaden för att installera bergvärme varierar mycket beroende på hur stor byggnad som skall försörjas. Energiborrningen brukar ha ett pris som ligger mellan 200 och 300 kr per borrad meter samt fasta kostnader för till exempel en container där skräp skall slängas. Extra kostnader kan tillkomma vid borrningen då vissa byggnader är mer lättillgängliga än andra eller att marken är mer eller mindre optimal att borra i. Kostnaden för energiborrningen brukar hamna någonstans mellan 40 000 och 60 000 kr. Värmepumpen som sedan ska in brukar ha en kostnad mellan 40 000 och 70 000 kr. Detta resulterar i en total kostnad på mellan 80 000 och 130 000 kr, denna summa kan variera ännu mer på grund av det som nämnts tidigare så som olika typer av mark. (Svensson 2017) Elpriset för att driva värmepumpen brukar oftast antas ligga på 10 000 kr/år om elpriset ligger på 100 öre/kWh.

För jordvärme är driftkostnaderna liknande den som är för bergvärmen, en värmepump som skall inhandlas och även drivas under året. Installationskostnaderna är dock lägre för systemet. Ett system med en längd på cirka 600 meter kan uppskattas till ett pris på runt 30000 kr, utöver detta tillkommer även återställningsarbeten för tomten vilket drar upp summan med ett par tusen kronor (Bärtås 2013b).



Figur 16: Illustrering av ett jordvärmenät (Bärtås 2013b).

## För- och nackdelar

Den största fördelen med bergvärme är att byggnaden blir självförsörjande på värme, även om det behövs el för att driva pumpen. Det är också en relativt kort återbetalningsperiod

på mellan 5-10 år. Till detta kommer även att det är ett underhållsfritt alternativ till skillnad från eldning då det krävs sotning och liknande. Det går också att ta ut värme när det behövs oavsett tid på dygnet eller årstid till skillnad från solfångare.

En nackdel med bergvärme är den stora installationskostnaden. Det går inte heller att reparera varken problem med rören i marken eller problem med värmepumpen. (Bergvarmepris 2014)

Precis som vid bergvärme leder jordvärmessystemet också till ett självförsörjande hus med hjälp av en värmepump som står för energikostnaden. Jordvärme har även fördelen att metoden generellt sätt är billigare än bergvärme att installera och att möjliga fel på rören är enklare att åtgärda. Nackdelarna jämte bergvärme är dock många. Ett problem är stora markingrepp där det översta jordlagret grävs bort vilket sedan måste återställas på egen bekostnad. Värmeupptaget kan dessutom vara så stort från marken att det bildas tjäle djupt ned, vilket skadar växtlighet och kan leda till att marken börjar sjunka ihop (Bärtås 2013b). Utöver detta går det inte att bygga något med gjuten grund på det använda området, denna area kan vara på över 600 m<sup>2</sup> för en fastighet med högre energibehov (Greenmatch 2014b).

## Bergvärme i kombination med solfångare

Eftersom värmen som ligger lagrad i berggrunden hela tiden förs över till vätskan som finns i rören så kommer värmen tids nog att ta slut. Därför kan det vara ett alternativ att kombinera bergvärmens med solfångare. Solfångarna kan, då det är varmt, föra ner varmvatten för att återvärma berggrunden men också för att vara ett komplement vid uppvärmningen utav byggnaden. Förhoppningarna med att kombinera kan vara att det inte behövs borrar lika djupt som utan solfångare, dock så kommer det krävas stora mängder solfångare för att det ska hjälpa eftersom att det är på vintern som bergvärmens behöver leverera på full effekt samt att det är då solfångarna levererar som minst. Man kan däremot minska elkostnaden betydligt då solfångarna ser till att medeltemperaturen i värmepumpen ökar vilket leder till en högre verkningsgrad och en minskning av användandet av el.

Med kombinationen bergvärme och solfångare blir installationskostnaden större om man jämför med bara bergvärme då det fortfarande kommer att behövas ett lika djupt borrhål samt att det ska installeras solfångare, men driftkostnaden minskar då verkningsgraden blir högre vilket betyder att det sparas mer pengar varje år men med en högre engångskostnad. (Bärtås 2010). Liknande slutsatser kan även dras för jordvärmens gällande systemets verkningsgrad och kostnad. En skillnad värd att notera är att ett mindre effektkrav från fastigheten leder till att jordvärmes anläggningens rör inte behöver vara lika långa och därmed göra den specifika installationen billigare, även om systemet jordvärme + solfångare blir dyrare sammanlagt än enbart det större jordvärmesystem. Fördelen med denna lösning blir också att mindre markyta behöver användas och det därmed finns mer plats att bygga annat på.

## Referenser

- Bergvarme-pris (2014). *8 för- och nackdelar med bergvärmepumpar*. URL: [https://www.bergvarme-pris.se/blogg/2014/08/20\\_foer-\\_och\\_nackdelar\\_med\\_bergvarmepumpar](https://www.bergvarme-pris.se/blogg/2014/08/20_foer-_och_nackdelar_med_bergvarmepumpar) (hämtad 2018).
- Bergvärmeinstallation (2015). *Placering av din bergvärmepump*. URL: <http://www.bergvarmeinstallation.nu/placering-av-din-bergvarmepump> (hämtad 2018).
- Bärtås, Lars (2010). *Solfångare ger värmepumpen stöd*. URL: <https://www.byggahus.se/varme/solfangare-ger-varmepumpen-stod> (hämtad 2018-05-13).
- (2013b). *Jämförelse av bergvärme och jordvärme*. URL: <https://www.byggahus.se/varme/jamforelse-jordvarme-bergvarme> (hämtad 2018-04-12).
- Greenmatch (2014b). *Jordvärme - till vilket pris?* URL: <https://www.greenmatch.se/blogg/2014/06/jordvaerme-till-vilket-pris> (hämtad 2018-04-12).
- Karlsson, Annelie (2012). *borrhåls- och grundvattenlager*. URL: [https://www.sp.se/sv/index/research/eu-project/interreg/geopower/Documents/Borrhals%20och%20grundvattenlager\\_praktisk%20handbok%20om%20geoenergi.pdf](https://www.sp.se/sv/index/research/eu-project/interreg/geopower/Documents/Borrhals%20och%20grundvattenlager_praktisk%20handbok%20om%20geoenergi.pdf) (hämtad 2018).
- Svensson, Daniel (2017). *Prislista Energiborrning Företag 2017*. URL: <http://www.bergvarmeinstallation.nu/placering-av-din-bergvarmepump> (hämtad 2018).

# I Delrapport - Biodrivmedel

*Erik Brené*

## Beräknings metod av biodrivmedel

För att beräkna den totala mängden bränsle för de olika biodrivmedlen krävdes vetskap om deras energiinnehåll. Dessa siffror togs från Energimyndighetens datalager från 2017 (Harryson 2017) och (Energimyndigheten 2009). Från dessa källor fastslogs att 4730 kWh per ton kunde utvinnas ur pellets, 9700 kWh per  $\text{nm}^3$  biogas (siffran skrevs sedan om till kg-gas eftersom det är värdet som anges internationellt) och HVO-bioolja vilken hade ett energiinnehåll på 9440 kWh per kubik meter. Med dessa siffror kunde sedan kvantiteten av varje bränsle sammanställas då energiunderskottet för växthuset/caféet var känt. Priserna hämtades ifrån diverse olika återförsäljare för var och en av bränslena (ibid.), (Circle-k 2018) och (e-on 2018). Med alla värden kända kunde sedan det totala priset för var och en beräknas. Alla uträkningar gjordes med hjälp matlab och kan ses i den bifogade koden.

## Volym och möjliga alternativ

3 olika scenarior framställdes för att ta reda på potentiella kostnader och problem för uppvärmningen av systemet. Ett av dessa var att biodrivmedel skulle ge systemet dess uppvärmningsenergi. I den här rapporten analyserades tre olika biodrivmedel för att ta reda på deras olika kostnader och volymkrav. De tre var: HVO-bioolja, pellets och biogas. Torrifierad pellets var också tänkt att ingå, men eftersom inga tydliga priser kunde hittas så lämnades det alternativet utanför priskalkylen. Det är dock värt att nämna att dess energieffektivitet är betydligt högre än standard pellets och de kan brukas i samma typ av panna. Detta skulle minska förvaringsplatserna betydligt och även energiförbrukningen vid malningen av pelletsen.

## Pris på pannor

För att slutföra kostnadsanalysen fastställdes priset för de olika typerna av pannor. Priserna togs från specifika produkter med tillhörande verkningsgrader. Produkterna som valdes var sådana som hade hög verkningsgrad och därmed inte alltid var det billigaste alternativet. Pelletsbrännaren togs direkt från energimyndighetens sida. De hade genomfört en undersökning där de tittade hur effektiva olika pannor på marknaden var och från dessa tester togs den effektivaste. Här kunde självklart en billigare panna valts men verkningsgraden prioriterades och priset blev därmed lidande (Energimyndigheten 2014). Bio-Oljepannan och gaspannan hämtades på annorlunda sätt. Den bestämda gaspannan med angiven verkningsgrad gick inte att få priser på, detta då de företag som sålde dessa inte utgav priser och inte svarade på de mail som skickades. Därmed togs priserna från

den internationella marknaden, en amerikansk återförsäljare fick därför vara källan till gaspannans pris (Swanson Distributing 2018). Eftersom den amerikanska marknaden är en annan är den svenska så finns det en osäkerhet kring priset. Sista pannan var oljepannan, denna hade samma problem som gaspannan, dock tillkom ett till problem och det var att inga självklara priser fanns på den internationella marknaden heller. De som fanns var från ryska återförsäljare och dessa priser var väldigt låga. Dessa ansågs som missvisande och användes därför ej. Problemet löstes så att en annan oljepanna valdes, denna var i samma storlek som den ursprungliga och antogs ha ett jämbördigt pris (Direct heating supplies 2018)

## Referenser

- Circle-k (2018). *Aktuella priser*. URL: [https://m.circlek.se/m/sv\\_SE/pg1332347381321/pg1334077249884/Priser.html](https://m.circlek.se/m/sv_SE/pg1332347381321/pg1334077249884/Priser.html) (hämtad 2017-05-02).
- Direct heating supplies (2018). *Oil Combi Boilers*. URL: <https://www.directheatingsupplies.co.uk/oil-combi-boilers> (hämtad 2017-05-14).
- Energimyndigheten (2009). *Pellets kvalitet*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/pellets-kvalitet/?productTypeVersionId=37> (hämtad 2017-05-15).
- (2014). *Pellets pannor*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/pellets-pannor/?productTypeVersionId=1609> (hämtad 2017-05-14).
- e-on (2018). *Vad kostar det med biogas?* URL: <https://www.eon.se/privat/for-bilen/koera-pa-biogas/vad-kostar-det.html> (hämtad 2017-05-02).
- Harryson, Johan (2017). *Värmevärden från Energimyndigheten datalager (DW)*. URL: [https://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/branslen/varmevarden-och-emissionsfaktorer/varmevarden\\_2017.xlsx](https://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/branslen/varmevarden-och-emissionsfaktorer/varmevarden_2017.xlsx) (hämtad 2017-05-14).
- Swanson Distributing (2018). *Viessmann Boilers*. URL: <https://www.swansond.com/storefrontCommerce/subcategorybrowse.do?subcategory-name=Vitocrossal+300+CU3A+Boilers&path=Swanson+HeatCat%2f%2f%2f%2fViessmann+Boilers#> (hämtad 2017-05-14).



## J Delrapport - Elförbrukning och solceller

*Safwat Majid*  
*Erik Brené*

### Elförbrukning

Det modellerade systemet har ett värmebehov som uppfylls av värmekällor som tas i beaktning i scenarioräkningarna (se huvudrapport). Förutom värmebehovet har systemet även ett elbehov som måste tas i beaktning i beräkningar. Det förekommer komponenter som fyller annat syfte än värmehantering i systemet. Köksapparatur och bevattningssystemet i växthuset är exempel på sådana komponenter. För att få en uppfattning om hur stort elbehovet är måste således en uppskattning på systemets elförbrukning göras.

### Fast elförbrukning

Systemet utgörs av ett växthus och en byggnad där köks- och caféverksamhet delar lokal. Samtliga verksamheter utom caféverksamheten uppskattas, innan beräkning, ha en betydande elförbrukning som gör avtryck i kostnader. Eftersom elförbrukningen i caféet främst utgörs av belysning kommer verksamhetens elbruk vara försumbar i förhållande till övriga verksamheter. En inventering görs därför över systemet totala elbehov. Inventeringen sammanställs i följande tabeller

Tabell 10: Relevanta specifikationer för effektförbrukande köksutrustning och tillbehör

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Induktionshäll	20	1	225	4500
Kaffemaskin	2,4	1	225	540
Microvågsugn	0,8	0,5	225	90
Kylskåp	0,19	24	365	1689,95
Frysskåp	0,17	24	365	1514,75
Värmeskåp	2,6	5	225	2925
Ugn	2,2	1	225	495
Fläkt (FTX)	0,260	24	225	2452,8
Belysning	0,0775	7	225	122,06
Diskmaskiner	0,25	13	225	738
Varmvatten	0,25	24	225	1345,5
Summa	29,23	-	-	16413,06

Tabell 10 redovisar vilka apparater i köksverksamheten som bidrar till elbehovet, hur ofta de är i drift samt hur mycket el dessa drar totalt över ett år. Den totala årsförbrukningen för köksverksamheten räknades sedan fram genom att multiplicera de mittersta kolumnerna vilket resulterar i en årsförbrukning i kWh. Årsförbrukningen bestämdes slutligen till  $E_{kok} \approx 16413$  kWh/år. Notera att vissa produkter behövs i större kvantiteter än bara 1, men detta framgår inte i tabellen utan bara den totala effektkonsumtion som samtliga enheter drar tillsammans. Samtliga siffror för användning per dag och dagar i drift

per år” har uppskattats och bedömdes vara rimliga antaganden. Se bilaga F för vidare resonemang kring användning, dagar i drift och val av samtliga produkter i köket.

Tabell 11: Relevanta specifikationer för effektförbrukande apparatur i växthus

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Ventilation FTX under sommar	2,765	24	140	9290,4
Ventilation FTX under vinter	0,138	24	225	745,2
Vattenpump för hydroponisk odling	0,0225	4	365	32,85
Vattenpump för traditionell odling	0,5	0,027	189	2,75
Lampor för hydroponisk odling under vinter	0,0047	14	225	14,84
Summa	2,93	-	-	10086,04

Likt tabell 10 redovisar tabell 11 vilken utrustning som använts samt årsförbrukningen för verksamheten i växthuset. Den totala årsförbrukningen för verksamheten räknades ut enligt samma princip som föregående tabell. Årsförbrukningen bestämdes slutligen till  $E_{vaxt} \approx 10086$  kWh/år. Notera att vissa produkter behövs i större kvantiteter än bara 1, men detta framgår inte i tabellen utan bara den totala effektkonsumtion som samtliga enheter drar tillsammans. Samtliga siffror för användning per dag och arbetsdagar per år har uppskattats enligt samma princip som föregående tabell. Se bilaga C för vidare resonemang kring användning, arbetsdagar och val av samtliga apparaturer i växthuset.

Tabell 12: Relevanta specifikationer för effektförbrukande apparatur i café

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Belysning	0,0170	5	225	19,125
Summa	0,0170	-	-	19,125

Som nämnt bedömdes årsförbrukningen för caféverksamheten endast utgöras av belysning, vilket bestämdes till  $E_{cafe} \approx 19$  kWh/år. Notera att belysningen räknar med fler lampor än bara 1, men detta framgår inte i tabellen utan bara den totala effektkonsumtion som samtliga enheter drar tillsammans. För belysningen användes LED-lampor då dessa är mer effektiva än vanliga glödlampor (Elgiganten u.å).

Summeras årsförbrukningen för samtliga verksamheter erhålls det totala elbehovet för hela systemet, vilket bestäms till  $E_{tot} = E_{kok} + E_{vaxt} + E_{cafe} \approx 26518$  kWh/år. Detta elbehov täcker endast elförbrukningen innan värmeförsörjningen introduceras till systemet, och är således en fast elförbrukning som gäller oberoende av värmeförsörjningen. Se huvudrapport för att se det totala elbehovet med värmeförsörjningen inräknat i olika scenarion.

## Elbehov vid sommarsäsong

Om verksamheten endast är öppet under sommaren innebär det besparingskostnader som följs av bl.a. ett mindre elbehov. Denna besparing kan räknas ut som elbehovet under sommarperioden, som definieras i bilaga C som 103 arbetsdagar och 140 dagar lång. Detta innebär att antalet dagar i drift ändras för samtliga apparaturer, vilket ger oss följande resultat i köket:

Tabell 13: Relevanta specifikationer för effektförbrukande köksutrustning och tillbehör under sommarsäsong

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Induktionshäll	20	1	103	2060
Kaffemaskin	2,4	1	103	247,2
Microvågsugn	0,8	0,5	103	41,2
Kylskåp	0,19	24	140	648,2
Frys-skåp	0,17	24	140	581
Värme-skåp	2,6	5	103	1339
Ugn	2,2	1	103	226,6
Fläkt (FTX)	0,260	24	103	940,8
Belysning	0,0775	7	103	55,8775
Diskmaskiner	0,25	13	103	337,84
Varmvatten	0,25	24	103	615,94
Summa	29,23	-	-	7093

Likt tabell 10 visar tabell 13 nu årsförbrukningen i köket under sommarsäsongen. Elbehovet i köket under denna period bestämdes till  $E_{kok,sommar} \approx 7093$  kWh/år.

Tabell 14: Relevanta specifikationer för effektförbrukande apparatur i växthus under sommarsäsong

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Ventilation FTX under sommar	2,765	24	140	9290,4
Vattenpump för hydroponisk odling	0,0225	4	140	3,56
Vattenpump för traditionell odling	0,5	0,027	53	0,717
Summa	2,93	-	-	9294,67

Likt tabell 11 visar tabell 14 nu årsförbrukningen i växthuset under sommarsäsongen. Elbehovet i växthuset under denna period bestämdes till  $E_{vaxthus,sommar} \approx 9295$  kWh/år.

Tabell 15: Relevanta specifikationer för effektförbrukande apparatur i café under sommarsäsong

Apparatur	Effektkonsumtion [kW]	Användning/dag [h]	Dagar i drift per år	Årsförbrukning [kWh]
Belysning	0,0170	5	140	11,9
Summa	0,0170	-	-	11,9

Likt tabell 12 visar tabell 15 nu årsförbrukningen i caféet under sommarsäsongen. Elbehovet i växthuset under denna period bestämdes till  $E_{Cafe,sommar} \approx 12$  kWh/år.

Summeras samtliga delberäkningar erhålls ett totalt elbehov för sommarsäsongen, som estimeras till  $E_{sommar} = E_{kok,sommar} + E_{vaxthus,sommar} + E_{Cafe,sommar} = 16400$  kWh/år

## Solceller

Solcellssystemet dimensionerades för att kunna täcka upp hela caféets och växthuset energiförbrukning ackumulerat över ett år. Detta innebär att årsförbrukningen i kWh för café/växthus ska motsvara de sammanlagda kWh per år solcellerna skapar. Utöver

effektkravet behövdes även en verkningsgrad för solcellsystemet vilket inkluderar solcellspaneler och strömväxlare, de sistnämnda har som funktion att göra om likström till växelström. De här modulernas verkningsgrad hämtades från en undersökning gjord av energimyndigheten. I rapporten hade ett större antal strömväxlare och solceller jämförts och presenterats rent resultatmässigt. Den bästa av varje modul enligt verkningsgrad valdes av dessa, oavsett prisklass (Energimyndigheten 2015b; Energimyndigheten 2015d).

Med all denna information gick det att bestämma systemets totala verkningsgrad vilken är en multiplikation av de två olika modulernas verkningsgrad. För att ta reda på effekten som gick att utvinna per kvadratmeter från det inkommande solljuset multiplicerades den funna verkningsgraden med den totala solinstrålningseffekten per kvadratmeter. Varje månad har dessutom olika solinstrålningvärden vilket fick tas till hänsyn innan värdena sammanställdes till ett ackumulerat värde per kvadratmeter per år. Med denna siffra känd var det sedan bara att dimensionera systemets storlek efter energiförbrukning över ett år. Alla uträkningar gjordes i MATLAB och går att se i den bifogade koden. Efter fått fram plus minus noll värden för systemet prövades det att dimensionera parken efter olika storlekar för att se hur antalet självförsörjandedagar ändrades. Dessa presenterades sedan i 6 olika storlekar i tabell 16

Tabell 16: Solcellsarea och korresponderande nettoeffekt samt antalet självförsörjande dagar utan värmescenarier inräknade

Area [m <sup>2</sup> ]	Nettoeffekt [kWh/år]	Antal dagar självförsörjande	Antal dagar ej självförsörjande
146.3	0	176	189
200	9.77*10 <sup>3</sup>	207	158
400	4.62*10 <sup>4</sup>	258	107
600	8.26*10 <sup>4</sup>	283	82
800	1.19*10 <sup>5</sup>	300	65
1000	1.55*10 <sup>5</sup>	315	50

Tabell 16 är en sammanställning av samtliga beräkningar som gjorts för att dimensionera solcellerna, och visar hur självförsörjandegraden beror på solcellsytan. Allt är uträknat från bifogad Matlabkod, notera att inga andra energikällor så som biodrivmedel eller jord/bergvärme verkar vid dessa siffror och antalet självförsörjande dagar därmed kan minska vid införande av olika typer av pannor eller pumpar.

## Pris för solceller

Solcellernas pris hämtades direkt från energimyndigheten (Energimyndigheten 2015b) och det priset multiplicerades sedan med efterfrågad kvantitet. Gällandes strömväxlarna så valdes antalet efter hur många som krävdes för dimensionerna av solcellsarealen. Dessa växlare klarar inte av ett inkommande effektvärde över en viss summa och på grund av detta är antalet och även det sammanlagda priset för dessa beroende av hur stor

parken dimensionerat till. Priset för var och en av strömväxlarna ges av följande källa (Energimyndigheten 2015d)

## Referenser

Elgiganten (u.å). *Philips LED WarmGlow lampa 8718696572177*. URL: <https://www.elgiganten.se/product/hem-och-hushall/lampor-och-belysning/8718696572177/philips-led-warmglow-lampa-8718696572177> (hämtad 2018-05-15).

Energimyndigheten (2015b). *Solceller moduler*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-moduler/?productTypeVersionId=1792> (hämtad 2017-05-15).

– (2015d). *Solceller växelriktare*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/?productTypeVersionId=1797> (hämtad 2017-05-15).

# K Delrapport - Energilagring

*Jonas Söderberg*

## Introduktion

Energilager har blivit en mer och mer aktuell fråga. Anledningen till den stora ökningen globalt av forskning och kommersialisering av energilagringstekniker är den stora ökningen av förnyelsebara, variabla källorna som installeras världen runt. Med oförutsägbar energiproduktion så är det viktigt att den produktionen som äger rum under tidpunkter då konsumtionen är låg kan lagras på ett effektivt sätt för att energin inte ska gå till spillo.

I detta projekt så finns det utrymme för installering av solceller. Att kunna lagra energin från solceller under tider då produktionen är större än konsumtionen skulle förbättra självförsörjandegraden och göra verksamheten grönare.

## Typer av energilagringstekniker

### Batterilager

Batterilager är ett koncept som bygger på batterisamlingar med stor kapacitet och börjar implementeras mer och mer i världen. En stor orsak till det är att de förnyelsebara energikällor som världen idag installerar mer och mer av, är väldigt väderberoende och kan producera för mycket, alternativt för lite energi. Av den anledningen så implementeras batterilager för att kunna lagra energi ifall ofördelaktiga väderförhållanden uppstår. Batterilager är en relativt dyr metod och kostar väldigt mycket mer än andra alternativ av energilagring. Batterilager lämpas mest för solceller då batterilagrena är väldigt dyra att installera för större kapaciteter (Nohrstedt 2017). Att bygga ett batterilager för att täcka upp för överproduktion från t.ex vindkraft, är extremt dyrt och ej tillämpligt i detta projekt.

### Svänghjul

Svänghjul är en annan metod för att lagra energi. Svänghjul består av stora roterande hjul som lagrar energi i rotationsenergin för hjulet. Tekniken forskas och implementeras på och har vissa fördelar över andra typer av energilagringstekniker. En fördel med svänghjul är att de är väldigt flexibla under kortare tidsramar och kan hantera snabba fluktuationer väldigt effektivt. En nackdel är att det är enorma anläggningar och komplicerade tekniker för att komma upp i en avsevärd energimängd i närheten av den produktion som kommer levereras från de valda energikällorna (Railway Technical Research Institute, Kubotek Corporation, Furukawa Electric Co., Ltd. Mirapro Co., Ltd., Public Enterprise Bureau of Yamanashi Prefecture 2015).

## Pumpkraftverk

Pumpkraftverk är en teknik som börjar implementeras mer och mer. Tekniken bygger på att pumpa upp vatten i vattenkraftsdammar vid överproduktion för att sedan lagra vattnet där tills när det saknas effekt på nätet. Det har experimenterats med att implementera pumpkraftverk i vanliga höghus, där det lagras vatten uppe på taket (Guilhermede Oliveira e Silva 2016). Det är också fördelaktigt att placera pumpkraftverk i sådana sammanhang tillsammans med solceller och vindkraftverk då det är den fluktuerande elproduktionen som måste jämnas ut, vilket är syftet för energilagring.

## Kondensator

En kondensator fungerar genom att två stycken ledande plattor placeras med ett visst avstånd från varandra. En spänning läggs över plattorna vilket gör att det skapas en positivt och en negativt laddad platta. Fördelen med kondensator är att den går att ladda ur mycket snabbare än vad ett batteri går, samt att prestandan inte försämras med tiden som batterier gör (TT 2016). Nackdelen med en kondensator är att mängden energi som går att lagras är mycket mindre.

## Slutsats

Samtliga energilagringmetoder i detta dokument är väldigt svåra att implementera. De flesta kräver en väldigt stor kapacitet för att kunna ha en tillräckligt stor kapacitet för att det ska betyda något. Samtliga metoder är också väldigt, väldigt dyra och det är realistiskt att inkomsten från ett café ska betala tillbaka dessa pengar. Av den anledningen kan samtliga metoder för energilagring förkastas.

## Referenser

- Guilhermede Oliveira e Silva, Patrick Hendrick (2016). *Pumped hydro energy storage in buildings*. Tekn. rapport. Aero-Thermo-Mechanics Dept. (ATM), École Polytechnique, Université Libre de Bruxelles (ULB), Belgium. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916309874> (hämtad 2018-04-09).
- Nohrstedt, Linda (2017). "Batterilagret sämre än väntat". I: URL: <https://www.nyteknik.se/energi/batterilagret-samre-an-vantat-6876682> (hämtad 2018-04-09).
- Railway Technical Research Institute, Kubotek Corporation, Furukawa Electric Co., Ltd. Mirapro Co., Ltd., Public Enterprise Bureau of Yamanashi Prefecture (2015). "World's Largest Superconducting Flywheel Power Storage System Test Machine Completed and Test Operation Started". I: URL: [https://www.furukawa.co.jp/en/release/2015/kenkai\\_150415.html](https://www.furukawa.co.jp/en/release/2015/kenkai_150415.html) (hämtad 2018-04-09).

TT (2016). "Superkondensator kan ladda elbilen på sekunder". I: URL: <https://www.nyteknik.se/energi/superkondensator-kan-ladda-elbilen-pa-sekunder-6811926> (hämtad 2018-04-09).





SLU  
Institutionen för energi och teknik  
Box 7032  
750 07 UPPSALA  
Tel. 018-67 10 00  
pdf.fil: [www.slu.se/energiogteknik](http://www.slu.se/energiogteknik)

SLU  
Department of Energy and Technology  
P. O. Box 7032  
SE-750 07 UPPSALA  
SWEDEN  
Phone +46 18 671000