



CHALMERS



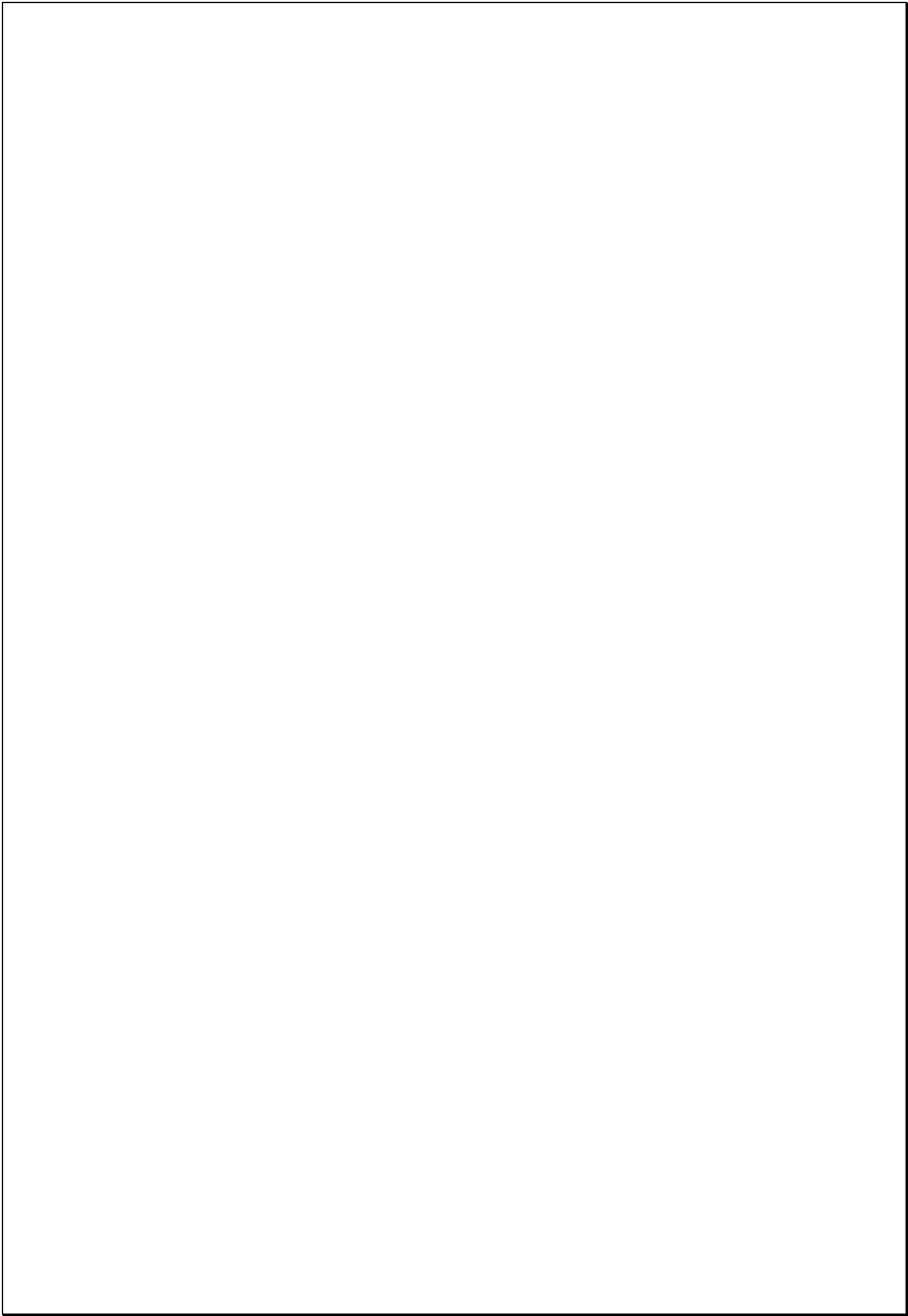
Generering av elenergi mha ett solkraftverk placerat på en vanlig stadsbyggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Elektroteknik

Hadi Alzaher

Nour Aldeen Alassadi

Handledare: Thomas Hammarström



EXAMENSARBETE INOM HÖGSKOLEINGENJÖRSPROGRAMMET
ELEKTROTEKNIK 2021

**Generering av elenergi mha ett solkraftverk placerat på en vanlig
stadsbyggnad**

Hadi Alzaher
Nour Aldeen Alassadi



*Institutionen För Elektroteknik
Avdelningen för Elkraftteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021*

Generering av elenergi mha ett solkraftverk placerat på en vanlig stadsbyggnad

Hadi Alzaher

Nour Aldeen Alassadi

© Hadi Alzaher, Nour Aldeen Alassadi 2021.

Examinator: Thomas Hammarström, Elektroteknik

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Elektroteknik 2021:NN

Institutionen för Elektroteknik

Avdelningen för Elkraftsteknik

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Telephone +46 31 772 1000

Summary

In the light of a forthcoming increase in the price level of fossil fuels such as oil, gas and coal, both economically and environmentally, the world will most likely see the end of these conventional energy sources. It is therefore necessary to replace these energy sources with other renewable alternatives.

Thus, the importance of renewable energies generated naturally and sustainably will increase sharply. In this context, the sun has great potential and is one of the most important renewable energy sources. The most important characteristic of these is the ability to use them without polluting the environment and that there are better conditions than ever for their application in terms of finding an efficient use of solar radiation and then using more efficient and preferably renewable manufacturing processes that are good from an environmental point of view. The use of solar cells therefore mainly raises two important questions: how solar cells affect the economy and the environment.

Based on this, the idea came to work on dimensioning and evaluating a photovoltaic station for a 14-story residential building in Gothenburg, Sweden, considering the laws and regulations applicable in this country.

This work assumes that the solar cells are placed in as optimal a direction as possible based on the conditions. This in turn will be of great importance for the produced electrical power, which will be used directly in the building.

The study is based on comparing the large, estimated difference between the amount of energy consumed in the building and the amount of energy produced from the station.

In addition, the economic cost of the plant's construction was studied, including the calculation of the profitability of the economy and the effect. This work sheds light on the question of how well the solar cell installations work in Sweden, whether it is profitable or not.

The results show that it is possible to rely on solar energy to generate electricity all year round, as well as reduce the cost of electricity consumption. In addition, the property owner notices that the solar cell system generates electricity more than what the property consumes during the summer, which means that the surplus electricity can be sold to another electricity company.

Sammanfattning

Mot bakgrund av en kommande ökning i prisnivå på fossila bränslen som olja, gas och kol såväl ekonomiskt som miljömässigt, så kommer världen att se slutet på dessa konventionella energikällor. Det är därför nödvändigt att ersätta dessa energikällor med andra förnyelsebara alternativ.

Därmed kommer betydelsen för förnybara energier som genereras naturligt och hållbart kraftigt att öka. Solen har i detta sammanhang en stor potential och är en av de viktigaste förnybara energikällorna. Det viktigaste kännetecknet för dessa är förmågan att använda dem utan att förorena miljön samt att det finns bättre förutsättningar än någonsin för deras tillämpning när det gäller att finna en effektiv användning av solstrålningen och dessutom då använda effektivare och helst förnyelsebara tillverkningsprocesser som är bra ur miljösynpunkten. Användandet av solceller väcker därför främst två viktiga frågor, hur solceller påverkar ekonomin samt miljön.

Baserat på detta, kom idén att arbeta med att dimensionera och utvärdera en solcellstation för ett bostadshus på 14 våningar i Göteborg, Sverige, med hänsyn tagen till de lagar och förordningar som är tillämpliga i detta land.

Detta arbete antar att solcellerna placeras i en så optimala riktning som möjligt baserat på förutsättningarna. Detta kommer i sin tur att ha en stor betydelse för den producerade elektriska effekten, vilken kommer att användas direkt i byggnaden.

Studien baserar sig på att jämföra den stora uppskattade skillnaden mellan mängden energi som förbrukas i byggnaden samt mängden energi som produceras från stationen.

Dessutom studerades den ekonomiska kostnaden för anläggningens konstruktion, inklusive beräkningen av lönsamheten i ekonomin och effekten. Detta arbete belyser frågan om hur bra solcellsinstallationerna fungerar i Sverige, om det är lönsamt eller inte.

Resultatet påvisar att det finns möjlighet att förlita sig på solenergin för att generera el året runt, samt minska kostnaden för elförbrukning. Dessutom fastighetsägaren märker att solcellssystemet genererar el mer än vad fastigheten förbrukar under sommaren, vilket gör att överskottselen kan säljas till ett annat elbolag.

Förord

Detta examensarbete genomförs som det slutliga projektet i läroplanen inom Elektroteknik vid Chalmers tekniska högskola som fokuserar på elkraft och förnybar energi. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har skrivits och genomförts under vårterminen 2021.

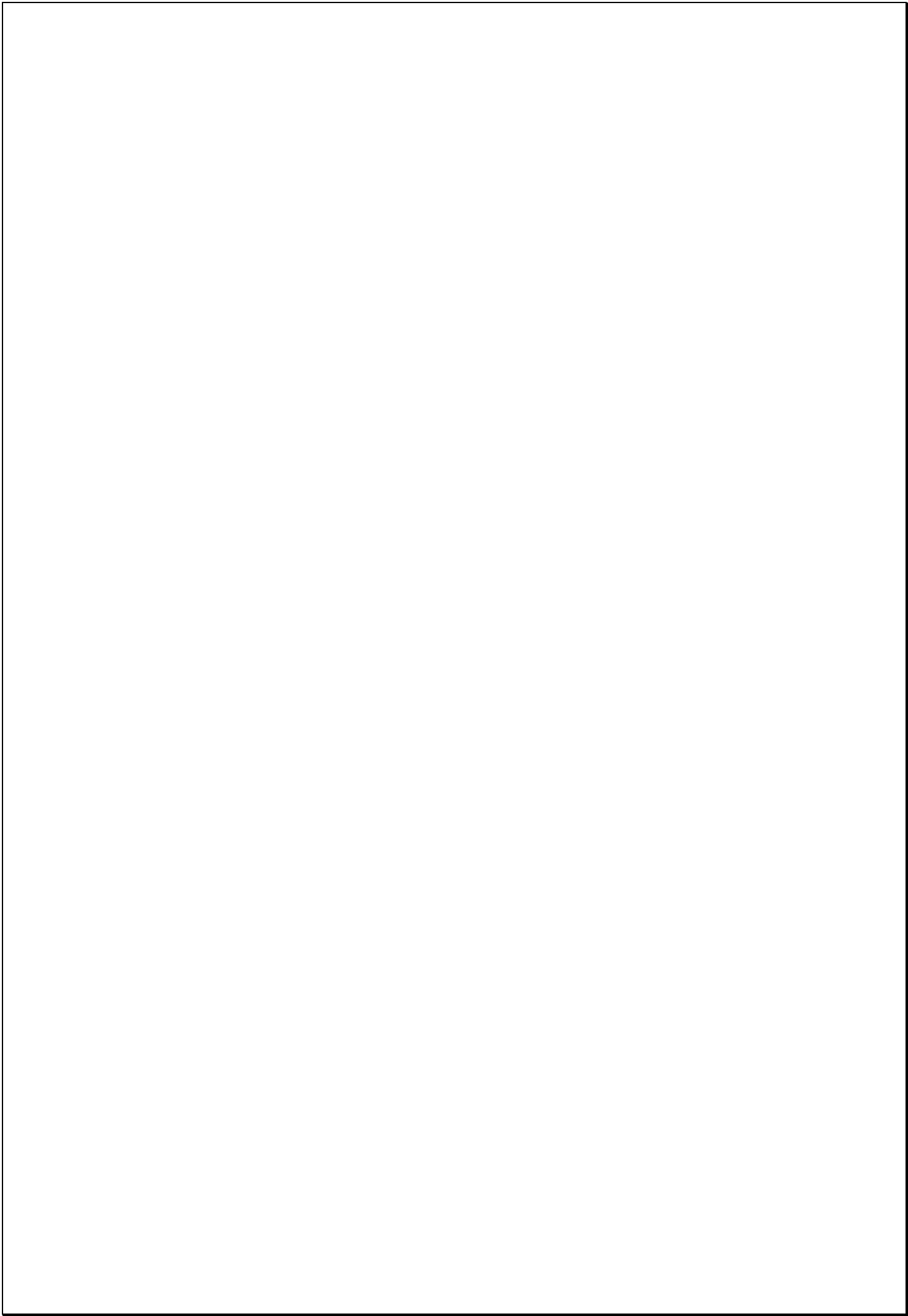
Detta arbete utförs i skolan och bygger på teoretisk forskning. Arbetet är involverat i en detaljerad studie av solcellssystemet för en 14-vånings bostadsbyggnad i Göteborg, Sverige. Uppdraget är rikt och upplysande. Vi vill tacka ett antal personer för deras tips och förslag under arbetet.

Först och främst tackar vi vår handledare och examinator på Chalmers avdelning för elektroteknik Thomas Hammerström. Hans vägledning och feedback hjälpte oss att utforma denna rapport på bästa sätt.

Vi vill också tacka Patrik Persson från SGS bostäder för hans stöd och vägledning att tillhandahålla information om byggnaden och de elförbrukningsdata vi fick från honom.

Slutligen vill vi tacka våra klasskamrater och människor som tog sig tid att hjälpa oss med vårt arbete.

Hadi Alzaher, Nour Aldeen Alassadi, Göteborg, juni 2021



Innehåll

1. Introduktion.....	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte och omfattning	1
1.3. Frågeställning	2
1.4. Avgränsningar	2
2. Teori.....	3
2.1. Byggnadens egenskaper	3
2.2. Solcellsanläggningar.....	4
2.2.1. Solpaneler.....	5
2.2.2. Växelriktare:	7
2.2.3. DC-Brytare	7
2.2.4. AC-Brytare	7
2.2.5. Elmätare	8
2.3. Metoder för anslutning av solpanelssträngar.....	8
2.3.1. Länkar i serie.....	8
2.3.2. Parallella anslutningar	10
2.4. Solpaneler effektivitet året runt	11
2.5. Placering av solpaneler.....	12
2.5.1. Horisontalt på taket eller på marken	12
2.5.2. Vertikalt på väggen.....	12
2.6. Solkraftverksanslutning till elnätet.....	14
2.6.1. On-Grid anslutning	14
2.6.2. Off-Grid anslutning.....	15
2.6.3. Hybrid anslutning	17
3. Metod.....	18
3.1 Solpanelers anslutning.....	18
3.1.1 Antal paneler	18
3.1.2 Anslutning metod	19
3.2 Kablar dimensionering	19
3.2.1 Interna anslutning	19
3.2.2 Extern anslutning.....	20
3.3. Växelriktaren	21
3.4 Anslutning till elnätet	21
4. Resultat.....	24

4.1 Uppskattningseffekt.....	24
4.2. Byggnadens elförbrukning	27
4.3 Effektivtinst pga införande av solpaneler	27
5. Diskussion	28
6. Slutsats.....	29
Referenser	30

1. Introduktion

Med åtanke av ett globalt behov att minska förbrukningen av fossila bränslen som olja, gas och kol kommer världen därför att behöva andra energikällor.

Här kommer förnybara energikällor som genererar el på ett hållbart sätt att spela en stor roll. Det viktigaste kännetecknet för dessa källor är därför möjligheten att dra nytta av dem utan att orsaka miljöföroreningar.

1.1. Bakgrund

Solenergi är en ren energikälla. Tidigare var användningen av solljus vid produktion av el ineffektiv och kostsam. På senare tid har den nu blivit ett tilltalande ekonomisk alternativ.

Framstegen i utvecklingen av solceller fortsätter, vilket leder till kontinuerliga minskningar av kostnaden för installationen av solenergisystemen [25]. I områden med en fördelaktig solexponering och ett ökat energibehov, kan man förmoda att kostnaden för att generera el från solenergi är lägre än från traditionella energikällor. Detta på grund av besparingar i behovet av en expanderad el infrastruktur inklusive kostnader för läggning av elkablar, där energin som genereras kan användas till bostäder eller gatubelysning. Om anläggningen dessutom genererar energiöverskott, kan detta säljas till elbolaget och därigenom generera intäkter.

1.2. Syfte och omfattning

Solenergin är en hållbar energikälla. Dessutom är denna fri att använda för alla som har en tillgänglig yta eller tomt. Dessutom kan solenergi användas vid de flesta hushållsbehov och vid många industriella applikationer. Baserat på vad som tidigare nämnts så är idén med detta projekt att generera så stor del av det dagliga energibehovet som möjligt med generering av energi via ett solkraftverk placerat på en byggnad.

Syftet med projektet är därför att genomföra: en detaljerad studie av en tänkt solcellsanläggning placerad på ett 14-vånings bostadshus i Göteborg, Sverige.

Arbetet har utförts genom att:

- Studera den förväntade elförbrukningen i byggnaden.
- En detaljerad studie av alla komponenter som ingår i solcellsstationen baserat på tillgängliga utrymmet på taket på byggnaden. Elkablar, säkringar etc ingår i denna dimensionering.
- Uppskatta den förväntade effekten från solcellsstationen baserat på antalet valda solpaneler och den årliga mängden av solstrålning i Göteborg, Sverige.
- Jämföra av den förväntade effekten från solcellstationen med den förväntade effektförbrukningen från byggnaden för att uppskatta effektvinsten.
- En detaljerad studie av kostnaden för att bygga hela stationen. Med hjälp av resultatet kan den ekonomiska vinsten under ett år beräknas.

1.3. Frågeställning

Bland flera frågeställningar som detta arbete syftar att besvara är frågan vilken effekt som solkraftverket kan förväntas att generera samt vad priset blir för denna nytta, kanske den viktigaste frågan. Detta då anläggningen förväntas avsevärt minska byggnadens elförbrukning. Undersökningen inkluderar en jämförelse för effekten mellan sommar och vinter, när soltimmarna samt temperaturförändringen är stor. Detta inkluderar påverkan på solpanelerna och hur de kommer att fungera året runt.

Därutöver ska en lösning presenteras om hur stationen ska kopplas till elnätet där lämpliga standarder följs bland annat med hänsyn till kablarnas dimensionering. Dessutom ska alternativa placeringar av solcellerna också undersökas.

Slutligen ska solkraftverkets kostnad beräknas, för att utreda om solkraftverket verkligen är en ekonomiskt fördelaktig lösning för fastighetsägaren.

1.4. Avgränsningar

Rapporten är avgränsat till att konstruera ett solkraftverk för en specifik stadsbyggnad. Därför tas det ingen hänsyn till batteribanken eftersom metoden som är vald för att ansluta stationen till elnätet är en On-Grid metod. Med On-Grid anslutning behövs inte någon batteribank utan solkraftverket genererar el parallellt med elnätet [13].

Anläggningens kostnad är svår att bestämma, detta beror exempelvis på svårigheten att få exakta prisuppgifter för vissa delar av stationen såsom externa kablar. Detsamma gäller för uppskattningen av hur många arbetstimmar det behövs för att installera anläggningen. Detta innebär att arbetskostnaden inte är inkluderad i analysen.

Projektet analyserar genomsnittseffekten som är producerad av solcellsanläggningen året runt. Det är svårt att analysera dagenseffekt på grund av de snabba väderförändringar per dag i Sverige. Dessutom metoden som används för anslutningen (On-Grid) har ingen batteribank. Detta betyder att solcellsanläggningen inte kommer att generera el under natten.

2. Teori

Följande kapitel redogör för den teoretiska bakgrund liksom grundläggande antaganden som projektet är baserad på. Bland dessa ingår en beskrivning av byggnaden och de olika komponenter som solcellssystemet består av.

2.1. Byggnadens egenskaper

Ostkupan-studentbostadshus har valts ut som plats för stationen. Denna ligger i Kallebäck i Göteborg och har koordinaterna (57°40'58"N 12°00'34"E). Byggnaden består av 14 våningar distribuerat enligt följande:

- 332st enkelrum
- 28st två rum och kök.
- 1st tre rum och kök
- 3st tvättstugor, i varje stuga finns 3 tvättmaskiner och 3 Torktumlare
- 5st Hissar

Byggnaden som har valts ut har ett platt tak med ytan 1500 m². Takets struktur gör det mycket lämpligt för att bygga solceller. Byggnaden är dessutom den högsta i området, vilket innebär att påverkan i form av skugga från omgivande byggnader kan anses som minimal [1]. *Figur 1* visar hur taket som solcellerna ska byggas på ser ut.



Figur 1: Ostkupan-studentbostadshus. Bilden är ursprungligen Google Earth

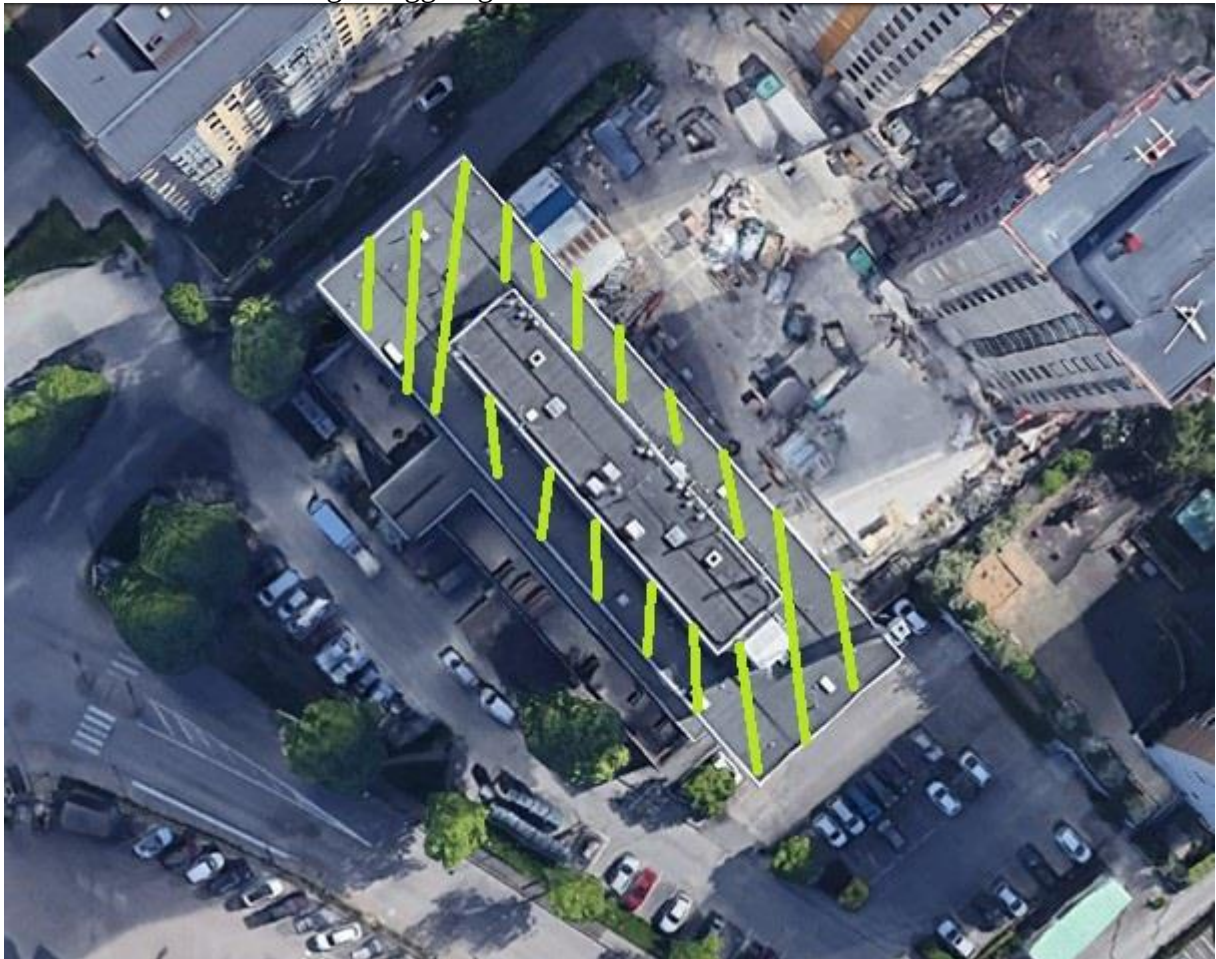
2.2. Solcellsanläggningar

Det är flera faktorer som påverkar hur mycket el en solcellsanläggning kan producera.

Några av de viktigaste faktorerna är listade nedan:[2]

- Antalet soltimmar.
- Solinstrålningsvinkel, där rätvinklig infallsvinkel ger maximal instrålning och maxverkningsgrad.
- Skuggning
- Snötäckning och regn.
- Anläggningens verkningsgrad
- Lutning på solpanelerna

I Figur 2 nedan visas den del av taket som antas kunna utnyttjas för placering av solcellsanläggningen och då främst av solcellerna. De senare är en av de viktigaste beståndsdelarna i solenergianläggningen.



Figur 2: Ostkupan-studentbostadshus taket. Bilden är ursprungligen Google Earth

För att kunna få en översikt av alla beståndsdelar i utrustningen, kommer detta att diskuteras i avsnittet 2.2.1 för att motivera kommande materialval och att genom lämpligt val av utrustning nå bästa möjliga prestanda.

2.2.1. Solpaneler

Solpaneler är vanligen huvudkomponenten i ett solenergisystem som genererar el.

Dessa solceller består i huvudsak av halvledarmaterialet kisel, som är en viktig beståndsdel för att generera el när dessa utsätts för solljus.

Kiselmaterialets yta är mycket glansig. Detta för att på bästa sätt dra nytta av inkommande fotoner och förhindra dessa från att reflekteras. För att uppnå detta appliceras en antireflexbeläggning ovanpå solcellerna. För att minimera slitage, så placeras vanligen ett glasöverdrag ovanpå solpanelen för att skydda silikonmaterialet från de yttre faktorer vilka kan orsaka repor i ytskiktet [4].

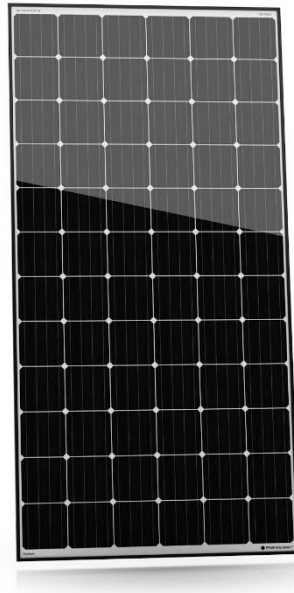
Solpanelen består av en grupp PV-celler som är elektriskt sammankopplade och är placerade i en ram.

Solpanel har följande specifikationer:[4]

- Panelerna är 255–285 W och innehåller 60 celler ($6 * 10$) och storleken är $99 * 164$ cm.
- Panelerna är 315–335 W och innehåller 72 celler ($6 * 12$) och storleken är $99 * 196$ cm.

Flertal olika typer av solpaneler finns idag och några av de viktigaste diskuteras i nästa avsnitt.

2.2.1.1 Monokristallint kisel



Figur 3: Monokristallint kisel. Bilden är ursprungligen från [5]

Monopaneler har ett symmetriskt utseende som indikerar kiselkristallernas renhet.

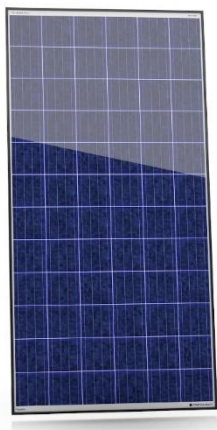
Kisellegeringar som har skivats benämns ofta cellplattor.

Cellernas bokstäver är inte sammanhängande, och det är detta faktum som ger monopanelerna ett distinkt utseende (*figur 3*).

Monopaneler är de som är dyrast och deras livslängd bedöms till 25 år eller mer.

De ger en effektivitet på 22,5% i laboratoriet, medan cellerna som kommersiellt distribuerades 2017 har en effektivitet på högst 17,5%. [4]

2.2.1.2 Poly kristallina kiselceller



Figur 4: Poly kristallina kiselceller. Bilden är ursprungligen från [5]

Skillnaden mellan poly och mono är mycket tydlig (se *Figur 3 och 4*), i poly är cellerna staplade i rutor.

Poly celler kännetecknas av sitt lägre pris jämfört med enstaka celler. Dess effektivitet är cirka 16,9% och livslängden är 25 år eller mer.

Den enda nackdel är att den inte har ett lika estetiskt tilltalande utseende som monopanelen, men detta är dock anledningen till ett lägre pris hos poly. [5]

2.2.1.3. Tunn film



Figur 5: Tunn filmsolpanel. Bilden är ursprungligen från [6]

Denna typ av solpaneler har många fördelar bland annat att de är lätta, strömlinjeformade (figur 5) och är inte heller lika tunga som de traditionella eftersom de är glasfria. De är lämpliga och kan monteras på olika typer av ytor som tak och fasader och de kan till och med limmas eller skruvas. [6]

Det finns olika typer av solcellprodukter och de som kombinerar koppar, selen och indium får ut högst verkningsgrad som kommer upp till 15 % på grund av deras amorfa struktur som gör det svårare för elektronerna att röra sig. Men verkningsgrad är inte så viktigt om man inte har bra solljus och när det gäller Sverige så väljer man därför en panel som levererar el även i svagare ljus eftersom vi inte har lika starkt dagsljus som vid ekvatorn. [27].

2.2.2. Växelriktare:

En växelriktare behövs i systemet för att kunna utnyttja elen som genereras från solcellsanläggningen. Elen kommer att transponeras till elnätet som i sin tur är ansluten till byggnaden.

Växelriktaren utför uppgiften att omvandla DC-spänningen som genereras av solpaneler till AC-spänning med en frekvens som styrs från nätet. Vidare filtreras strömmen för att minska störningar och på det sättet kommer sinusformen att fås med så lite störning som möjligt. Växelriktarna har en huvudfunktion som är att den försöker öka effekten, funktionen kallas ”Maximum Power Point Tracker” (MPPT). Genom att kontrollera DC-spänningen söker växelriktarna efter punkten på systemets IV-kurva som ger den högsta effekt.

Vid nätbortfall är det viktigt att stationen inte fortsätter mata ut el på elnätet. Detta kallas Ö-drift. För att undvika problemet med ö-drift får växelriktare utrustas med skyddskretsar (ENS funktion) som kopplas från stationen vid nätbortfall.

Växelriktaren ska installeras på ett ställe där är det möjligt att reglera klimatet ifall höga temperaturer uppkommer. Växelriktaren klarar temperaturen mellan -25 och +60 grader. När temperatur ökas reduceras effekten för att skydda växelriktaren. Det är också viktigt att undvika direkt solljus, regn och snöexponering.[7]

2.2.3. DC-Brytare

Denna komponent ingår i den del av systemet som är placerad mellan solpaneler och växelriktaren. Vanligast är denna placerad nära växelriktaren. DC-brytaren är viktig för att kunna bryta bort strömmen från DC-sidan vid till exempel service på växelriktaren eller om något tekniskt fel skulle uppstå.[8]

2.2.4. AC-Brytare

En annan del av systemet som är placerad mellan växelriktaren och elnätet. AC-brytare hjälper till att frikoppla växelriktaren från elnätet vid till exempel underhåll. AC-brytaren placeras bredvid eller nära växelriktaren för att underlätta frikopplingen av växelriktaren från systemet.[8]

2.2.5. Elmätare

Normalt placeras en elmätare i systemet. Elmätaren mäter produktionen av växelriktarens funktion. Om det finns flera växelriktare registrerar inte elmätare varje växelriktares produktion separat utan registrerar den totala produktionen i systemet. Beroende på stationens storlek och hur stationen är ansluten till elnätet används elmätare för 1- eller för 3-fas.[8]

2.3. Metoder för anslutning av solpanelssträngar

2.3.1. Länkar i serie

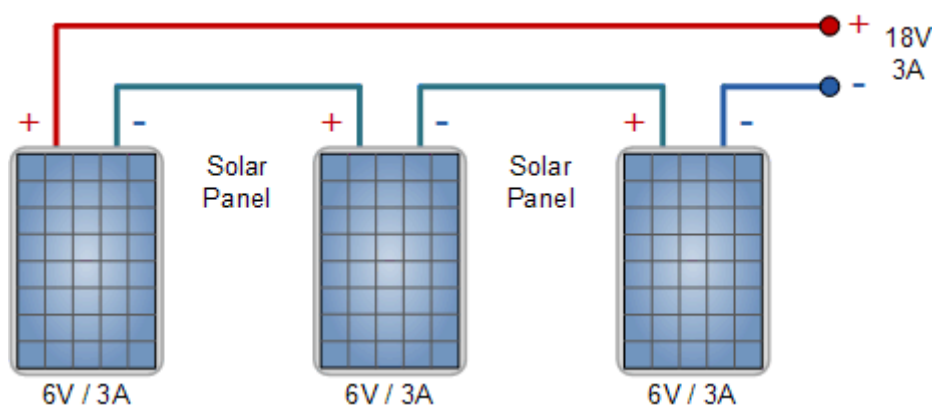
Matrisen består av flera paneler som är anslutna till varandra parallellt eller i serie för att uppnå önskad konstruktionsspänning och strömnivå.

När solpanelen är ansluten i serie fördubblas spänningsvärdet och strömnivån förblir konstant, medan parallellkopplingen istället fördubblar strömmen och spänningen förblir oförändrad, om vi bortser från resistiva förluster i ledningarna.

Oavsett vilken typ av installation som används: serie, parallell eller dubbel, ändras inte den totala effekten. Det innebär till exempel att om 10 paneler på 250 watt vardera sammankopplas, blir den maximala effekten 2500 watt oavsett anslutningsmetod.

Det är viktigt att alla paneler är av samma typ, kapacitet och i gott skick. Detta förbättrar arkmatrisens säkerhet och prestationsförmåga.

Instruktionen som visas i figur 6 skall genomföras genom att ansluta den positiva (+) pol från panelen till den negativa (-) pol i motsatta panel. I alla solpaneler hittas den positiva pol utrustad med en röd MC4- och en svart MC4- för den negativa pol. I slutändan kopplas positiva polen till negativa polen i motsatt panel direkt utan några andra anslutningar.



Figur 6: Tre solpaneler i serie anslutning. Bilden är ursprungligen från [9]

Anslutningsmetoden väljs efter behov och specifikationer för laddningsregulatorn eller baserat på typ av växelriktare. Till exempel, om laddningsregulatorn accepterar en volt $V_{oc} = 150$, innebär detta att antalet paneler i följd inte bör överstiga 4.

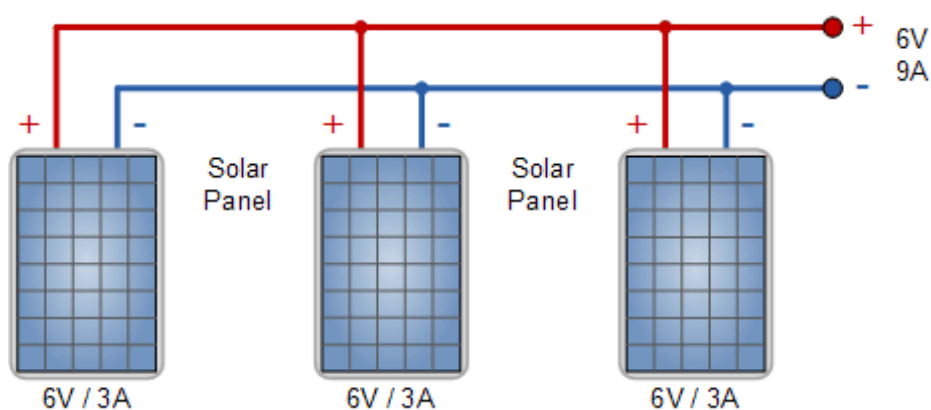
Det är alltid bättre att välja den regulatorn som accepterar det största antalet paneler i rad för att arbeta vid en högre spänning, vilket leder till att en lägre strömnivå kan användas. Detta resulterar i besparingar i tråddimension och minskade förluster.[9]

2.3.2. Parallella anslutningar

Vid användandet av parallella anslutningar ansluts den positiva (+) kontakten för alla paneler tillsammans och alla negativa (-) kontaktpunkter tillsammans. I detta fall bör dubbla och tredubbla MC4-kontakter användas för dessa anslutningar. Om antalet ledningar som är anslutna parallellt med varandra överstiger 3 måste de monteras i Combiner Box (figur 7) och kopparstängerna bör användas i dessa enheter. [9]



Figur 7: Combiner Box är ursprungligen från [28]



Figur 8: Tre solpaneler i parallellanslutning. Bilden är ursprungligen från [9]

2.4. Solpaneler effektivitet året runt

Solpaneler funkar med direkt eller indirekt exponering av solstrålar för att generera energi, även om de är mer effektiva med direktstrålar. Solpaneler påverkas dock negativt av höga temperaturer, vilket är en effekt i motsats till vad många förväntar sig. Solceller producerar nämligen elektricitet från solens strålar, inte av värmen de genererar.

Ett exempel på detta är att alla satelliter arbetar med hög effektivitet med solenergi, även om temperaturen i rymden är minus 200°C då de utsätts för en permanent ljusstyrka från solen och en fullständig frånvaro av moln och regn.

I allmänhet överväger dock produktivitetssökningen de solskenförlusterna som uppstår på grund av de förhöjda temperaturer.

Därför är sommarsäsongen den bästa tiden när det gäller cellproduktivitet, trots de missuppfattningarna som vissa människor som arbetar inom området föreställer sig. Många av dem tror att de bästa årstiderna när det gäller cellproduktivitet är höst eller vår, vilket är felaktigt.

En vanlig missuppfattning är att solpaneler under vintern inte är särskilt effektiva. Även om det är möjligt att solpanelernas energi är som störst när de utsätts för direkt solljus och UV-strålar, spelar temperaturen inte någon viktig roll i solpanelens övergripande prestanda.

Även om det kan verka konstigt så kan kallt väder vara till nytta när det gäller att generera energi i solpaneler. Solpaneler är i grunden separata elektriska apparater, vilka liknar datorer, radioapparater eller hushållsapparater. De är mer effektiva, som med alla elektroniska system i kallare jämfört med varma temperaturer. [10]

Även om det kalla vädret kanske inte påverkar solpanelernas produktion negativt, kan andra faktorer inklusive snöfall påverka den totala nivån på strömförsörjningen. Om du bor i ett område där det snöar varje vinter fungerar inte solpanelerna om dessa täckes av snö.

Solen kommer inte att kunna generera särskilt mycket effekt från solpaneler när det är snö på dessa då UV-strålarna inte når genom snön. [10]

Även om solpaneler vanligtvis hanterar vikten av kraftigt snöfall kommer produktionsnivån att sjunka om mycket snö faller. De vinklade solpanelerna är utformade för att öka absorptionen av solens strålar från ultraviolettera strålar och minskar sammankomsten av snö, eftersom det mesta av snön kan tas bort snabbt. Breda inramade solpaneler installeras ofta vid fälgen vilket bidrar till mer snöansamling. I områden med kallt väder där snö är oundviklig kan det vara bra att installera ramlösa solceller. [10]

Det är ingen hemlighet att tiden på dagen är mycket kortare under vintern än under sommaren. Även om detta begränsar mängden tid som solpaneler kan fungera fullt, är mängden solljus mer än tillräcklig för att det ska vara lönsamt i de flesta områden. De fungerar också under mörkare dagar dock med lägre effekt, eftersom de inte kommer i direktkontakt med solljus. Men det viktiga att notera är att solcellerna är öppna för solljus året runt, inte endast på sommaren. [10]

Under vintersäsongen är det viktigt att betrakta solpaneler som en investering för att minska den totala energianvändningen under året. Även fast solcellspanelernas kapacitet går med låg

prestanda under vintersäsong på grund av osäkert väder och brist på solljus så finns ändå en hög efterfrågan på solcellsinstallation. [10]

2.5. Placering av solpaneler

2.5.1. Horisontalt på taket eller på marken

Vanligtvis placeras solpaneler horisontalt på ett tak eller på marken. Det är enklare att montera solkraftverk på dessa platser, dessutom har solpanelerna främst avsetts för placering på tak eller på mark. En viktig frågeställning i sammanhanget är om det finns alternativa placeringar där man kan placera solpaneler ifall utrymmet på taket är begränsat? [11]

2.5.2. Vertikalt på väggen

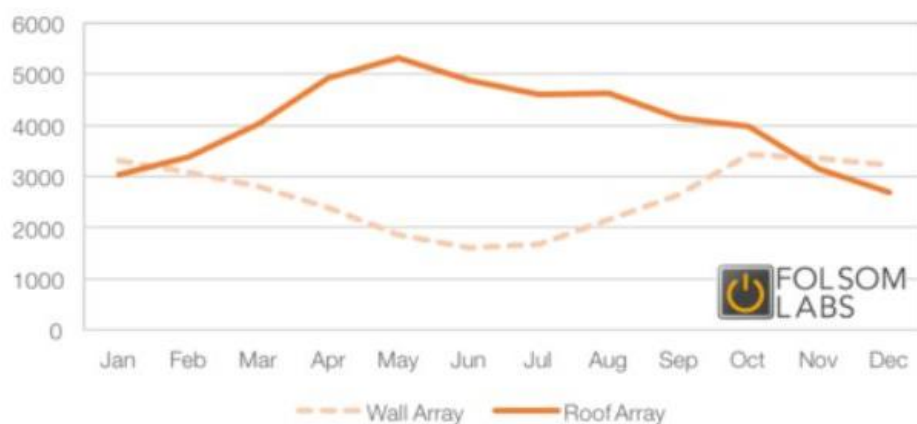
Att placera solpanel vertikalt på väggen är en lösning. Nästan alla byggnader har stora tomma ytor på väggarna vilka kan utnyttjas för att placera solpaneler.

Denna metod har flera fördelar såsom:

- Om solkraftverket placeras i ett område med mycket snöfall kan denna metod ge större produktionseffektivitet. Snön som ackumuleras på de horisontella solpanelerna kommer att vara ett hinder för solstrålar som träffar panelerna medan detta inte blir ett problem för vertikala paneler på väggar. [12]
- Solpaneler som placeras horisontellt på raka rader tar ett stort utrymme. Däremot så är väggarna på byggnader stora, de är därför lämpliga att montera solpaneler på.[12]

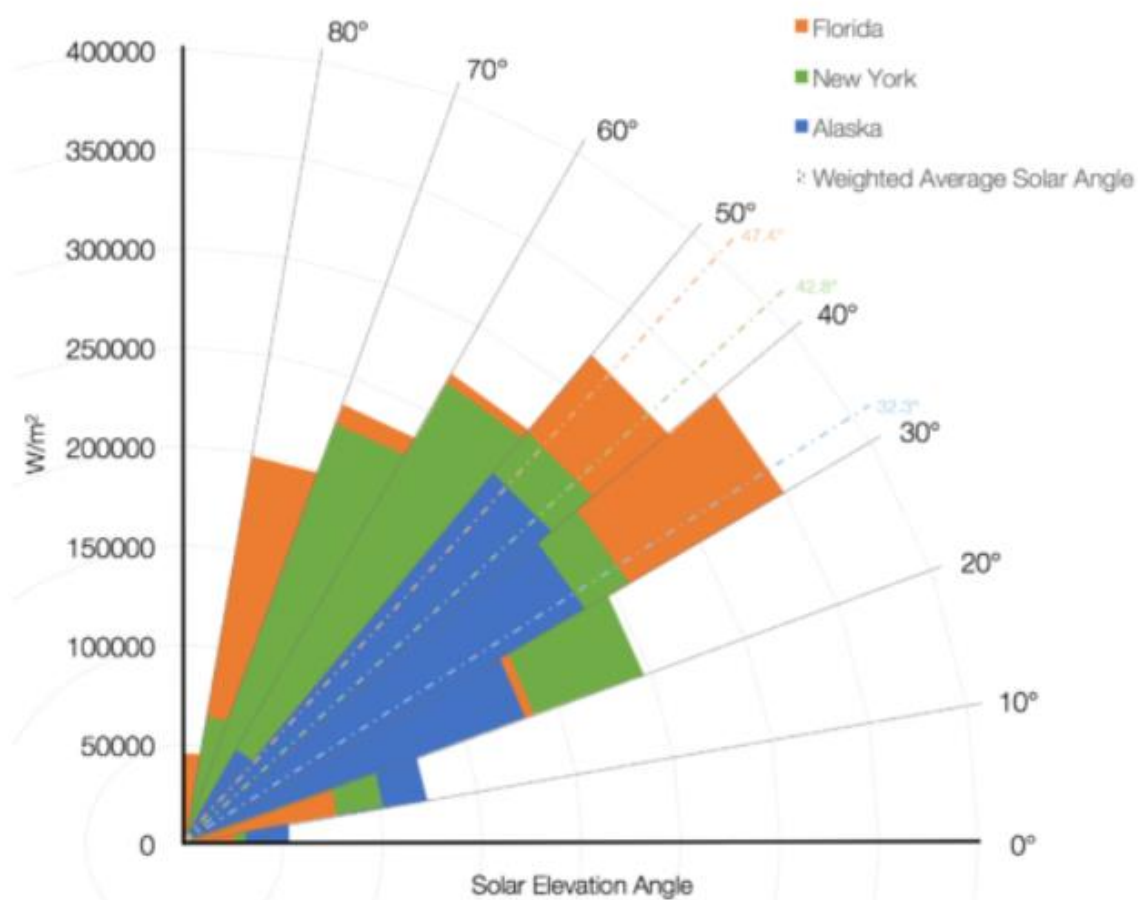
Vanligtvis kommer väggmonterade solceller att ha en sämre effektivitet jämfört med de på mark eller tak. Att placera solpanel vertikalt kommer att ge ca 30% mindre elproduktion [10]. Men så länge solen står lågt i himlen förbättras effektiviteten eftersom solstrålarna träffar direkt på solpanelerna, vilket är fallet på våren och hösten.

Ett experiment gjordes i USA på tre olika platser: New York, Florida och Alaska för att utvärdera olika placeringar. Syftet med experimentet är att illustrera skillnaden i effekten året runt mellan takmonterade och väggmonterade solceller, vilket leder till att det bästa valet mellan takmonterade och väggmonterade solceller kan göras.



Figur 9: Effekt jämförelse året runt mellan solpaneler på tak och på vägg i Florida. Bilden är ursprungligen från [11]

Figur 9 visar resultaten att väggmonterade solceller i Florida har större elproduktion på vintern och hösten medan takmonterade solceller hade en större produktion resten av året. Detta beror på infallsvinkeln för solstrålarna på solpanelerna (figur 10). Ju mer vertikal vinkeln är, desto större blir elproduktionen på väggmonterade solceller [11].



Figur 10: Infallsvinkeln som funktion av elproduktionen. Bilden är ursprungligen från [11]

2.6. Solkraftverksanslutning till elnätet

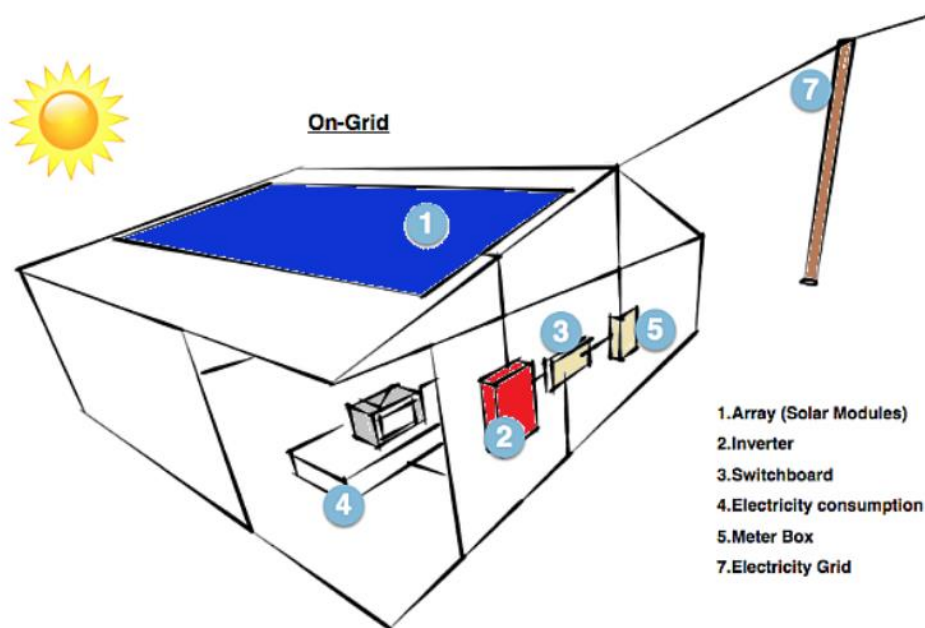
Solkraftverk kan klassificeras i tre olika kategorier baserat på hur de är anslutna till nätet. De tre kategorierna är:

- On-Grid Solkraftverk.
- Off-Grid Solkraftverk.
- Hybridsystem som är en kombination av båda.

2.6.1. On-Grid anslutning

Det är ett solkraftsgenereringssystem som är anslutet till elnätet (*figur 11*). Elen som produceras av systemet levereras till nätet varefter det används för att driva de olika apparaterna. Om systemet producerar mer el än vad man förbrukar finns möjligheten att sälja tillbaka överproduktionen till nätet [13].

Ett On-Grid system är mer attraktivt än ett Off-Grid system. Detta eftersom ett On-Grid system producerar energi endast när nätet är tillgängligt. Om det sker ett nätavbrott blir strömförsörjningen helt avstängd. Strömvastängningen sker på grund av olika skäl men främst av säkerhets- och tekniska skäl.



Figur 11: On-Grid anslutning metod mellan solceller och elnät. Bilden är ursprungligen från [13]

Detta system fungerar på två olika sätt:

- Elförbrukaren är ansluten till solcellerna men också ansluten till ett vanligt elnät. Detta gör så att elförsörjningen kan övergå från nätet när elen från solcellerna inte räcker till.
- Från användarens hem till nätet.

Dessa funktioner gör On-Grid system mycket användbara.

Solpanelerna omvandlar solljuset till likström (DC). Denna ström skickas sedan till en växelriktare som används för att omvandla DC till en växelström (AC). Denna elektriska energi leds sedan till nätet och därifrån levereras för daglig användning.

Den nätbundna växelriktaren reglerar dessutom spänningen och strömmen som genereras eftersom all energi som genereras ofta är mycket högre än vad ett enskilt hem behöver eller kan konsumera.

En viktig del är nätmätaren. Det är en enhet som registrerar all information om energin som nätet tillför och förbrukar.

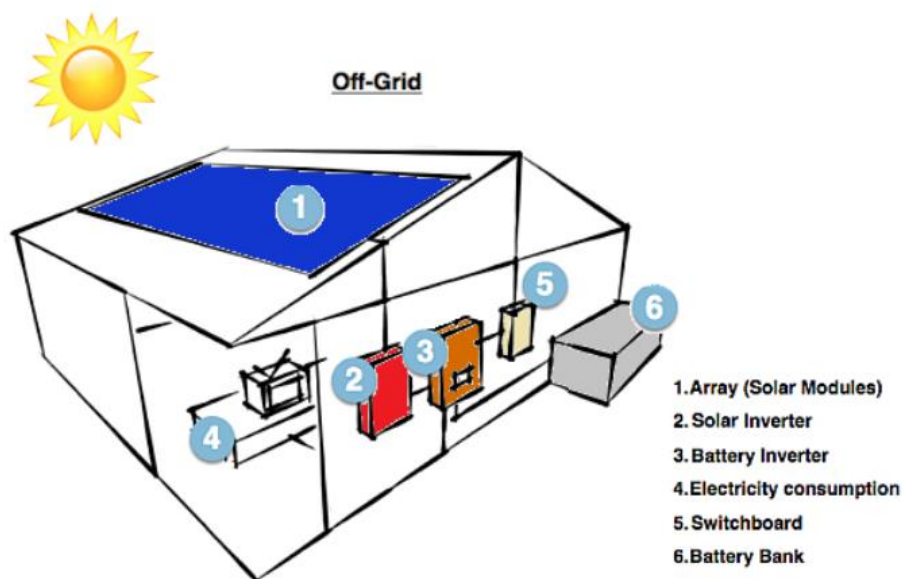
On-Grid systems fördelar:

- Inga elräkningar. Konsumenten betalar endast för överskottet av el som han förbrukar. Räkningen visar om konsumenten har några betalningar att göra. Men samtidigt om konsumenten förbrukar mindre el så matas överskottet tillbaka i nätet.
- Enkelt att göra underhållsarbete. On-Grid system har minst antal delar och enkel installation. Det är enklare att göra underhållet på grund av eliminering av batterier.
- Passiv inkomstgenerering. Konsumenten tar betalt för överskott av el som genereras.

2.6.2. Off-Grid anslutning

Är inte anslutet till elnätet och behöver därför batterilagring. Off-Grid solsystem har höga kostnader eftersom det ska utformas på ett lämpligt sätt så att systemet genererar tillräckligt med energi under hela året och har tillräcklig batterikapacitet som förser elen till byggnaden när det är mindre solljus.[13]

De höga kostnaderna innebär att systemet fortfarande är mycket dyrare än On-Grid system.



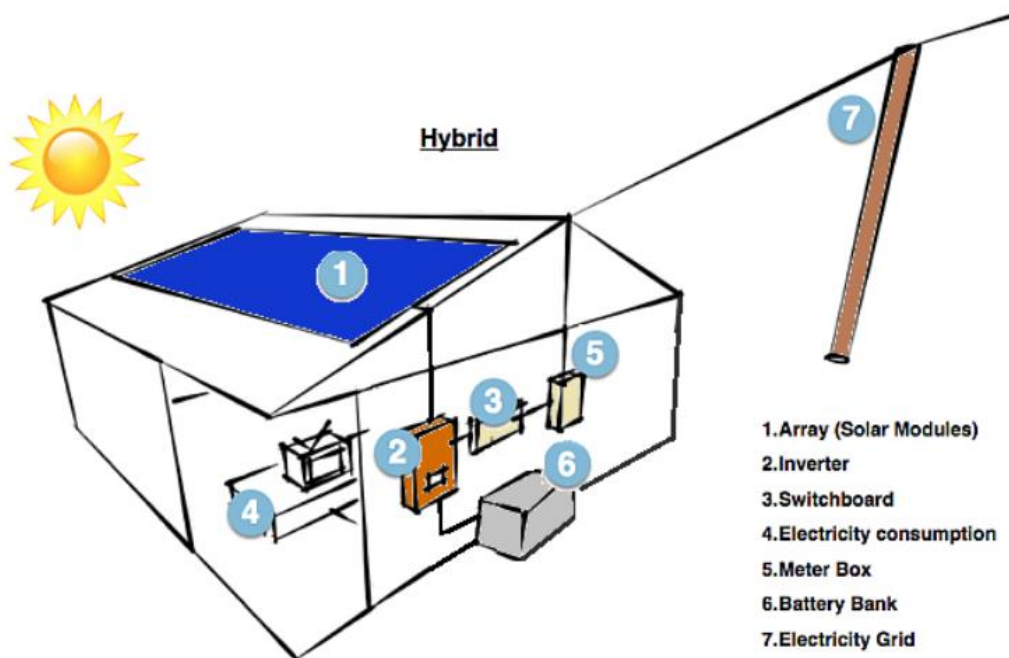
Figur 12: Off-Grid anslutning metod mellan solceller och elnät. Bilden är ursprungligen från [13]

I Off-Grid systemet finns inget offentligt elnät. När apparaterna inte förbrukar all energin som genereras skickas överskottet till batteribanken. När batterierna är fullt laddade slutar de att ta emot ström från solcellssystemet. Däremot, när solcellssystemet inte fungerar (nattid eller molniga dagar), förser batterierna systemet med energi.[13]

Under den tiden på året när batterierna är lågt laddade eller vädret är mycket molnigt så kan en reservkraftkälla behövas, till exempel en reservgenerator. Generators storlek (i kVA) bör vara tillräcklig stor för att både kunna ladda batterierna och generera elen till fastigheter samtidigt.

2.6.3. Hybrid anslutning

Moderna hybridsystem kombinerar sol- och batterilagring i ett system. På grund av den minskande kostnaden för batterilagring finns det möjlighet att ON-Grid system kan dra nytta av batterilagring. Det innebär att solenergi som genereras under dagen kan lagras och användas på natten. När den lagrade energin är helt förbrukad finns nätet som en reservkraftkälla. Hybridsystem kan också ladda batterierna vid låg elkonsumtion (vanligtvis mellan midnatt och 06:00).[13]



Figur 13: Hybrid anslutning metod mellan solceller och elnät. Bilden är ursprungligen från [13]

När batterierna är fulladdade kan överskottet av energi som inte krävs av apparaterna exporteras till nätet via en mätare. Därefter när solsystemet inte används och om det inte finns någon användbar ström i batterierna kommer apparaterna att börja dra strömmen från nätet.

3. Metod

I detta kapitel visas hur solcellsanläggningar ska väljas och anslutas. Metodiken som använts under arbetet med projektet presenteras också.

3.1 Solpanelers anslutning

3.1.1 Antal paneler

För vår byggnad som består av 14 våningar och med en takyta på 1500 m², är det möjligt att bygga en solcellsstation på taket. Solpaneler av typen Windon Standar 300 Mono valdes för projektet på grund av flera faktorer, såsom solpanelernas dimensioner, vilka är lämpligt för utrymmet på taket. I detta utrymme är det möjligt att placera 140 paneler. Dessutom effekten är högre jämfört med andra solpaneler [14]. *Figur 14* visar de olika faktorer för solpanelen Windon Standar 300 Mono. Ur databladet noteras ändringen i strömmen och spänningen där de sänkas vid ökning av temperaturen.



Figur 14: Databladet för solpanel. Bilden är ursprungligen från [14]

3.1.2 Anslutning metod

Varje 20 paneler är anslutna i serie. För att öka spänningen, konstrueras 7 strängar, därefter kopplas de 7 strängarna parallellt, för att öka strömmen.

3.2 Kablar dimensionering

Solenergikablar är en av de viktigaste delarna i systemet. Många av applikationsproblemen orsakas av att man använder olämpliga kabeldimensioner. Specialiserade kablar används med värme- och vattenisolering i enlighet med de tekniska specifikationerna. Alla kablar är här tillverkade av högkvalitativ tråd av koppar.

3.2.1 Interna anslutning

Varje sträng kommer att ge en DC spänning mellan 500 – 1000 V [15]. Med denna information så bestämdes att kabeln ” H1Z2Z2-K PBM-Solar XL, 6mm²”[16] är lämplig för att anslutna strängarna tillsammans.

Kabelegenskaper för kabeln ” H1Z2Z2-K PBM-Solar XL, 6mm²:

- Dubbelisolerad.
- Fintrådig förtent koppar, Klass 5.
- Smidig, flexibel och enkel att förlägga och handha.
- Halogenfri.
- UV, ozon och väderbeständig.
- Garanterad livslängd i direkt solljus, minst 25 år.
- Godkänd för förläggning direkt i mark.
- Godkänd för permanent förläggning i vatten, AD8.
- Slitstark & nötningstålig.
- Beständig mot en mängd olika oljor och kemikalier.
- Metermärkt.
- Ledarisolering i tvärbundet halogenfritt material, Vit.
- Yttermantel i tvärbundet halogenfritt material, Svart eller Röd.
- Driftspänning AC: 1000V, DC: 1500V.
- Provspänning AC: 6500V, DC: 15000V.
- Temperaturområde -40 till +90°C.
- Max ledartemperatur +120°C.
- Min. böjradie 4 x kabeldiametern.
- Brandspridningsklass IEC 60332-1-2, CPR: Dca, s2, d2, a1.
- Halogenfri enligt EN 50525-1, bilaga B.
- Låg rökdensitet enligt IEC 61034-2.
- UV & väderbeständighet EN 50618 bilaga E.
- Ozonbeständig enligt EN 60811-403 Metod A.
- Resistent mot syror & alkalier enligt EN 50618 bilaga B.
- Tillverkningsnorm EN 50618.
- Godkänd enligt CE, RoHS, TÜV Rheinland samt bedömd av Sunda Hus.
- Ytterdiameter 4mm² = 5,4mm, Vikt 5,8Kg/100M.
- Ytterdiameter 6mm² = 6,0mm, Vikt 7,8Kg/100M.

- Ytterdiameter $10\text{mm}^2 = 7,0\text{mm}$, Vikt $12,5\text{Kg}/100\text{M}$.

3.2.2 Extern anslutning

Extern anslutning betyder koppling mellan stationer och elcentralen, där sista komponenten av solcellsanläggningen utgörs av växelriktaren, vilken anslutas till elcentralen. Denna är placerad i byggnadens källare via tre kablar (3-fas) [29]. För att dimensionera kablarna bör max utgångsström ($I_{ac,max}$) beaktas. Enligt databladet till växelriktaren på avsnitt 3.3. så genererar utgången:

$$I_{ac,max} = 92 \text{ A}$$

För att bestämma vilka kablar är lämpliga för extern anslutning får Svensk Elstandard följas.

Första stegen är att bestämma vilken typ av ledare och isolering används, i detta fallet är kopparledare och PEX-isolering. Kablarna är förlagda i ett rör på sidovägg på byggnaden, enligt [17] så valdes fall A2. Fallet A2 ger anhopning faktor $k = 0.79$ [18]. Därefter beräknas korrektionen max utgångsström ($I_{ac,korr}$) med formel (1).

$$I_{ac,korr} = \frac{I_{ac,max}}{k} \quad (1)$$

$$I_{ac,korr} = \frac{92}{0,79} \approx 117 \text{ A}$$

Enligt [19] kol 3, kan nominell tvärsnittsarea för ledaren fås. Tabellen visar att tvärsnittsarean är 35 mm^2 och belastningsförmåga I_z är 117 A . Kabeln måste skyddas med ett överlastskydd (säkring). Detta kan beräknas med formel (2):

$$I_n \leq 1.45 \frac{I_z}{1,6} \quad (2)$$

Men innan formel (2) används så måste sambandet $I_{ac} \leq I_n \leq I_z$ gälla.

I_n = överlastskydd märkström och I_z = ledarens belastningsförmåga. Enligt sambandet (3) kan I_n räknas: [20]

$$I_2 \leq 1.45 I_z \quad (3)$$

I_2 = strömmen som medför en säker funktion hos överlastskyddet.

$$I_2 = 1.6 I_n \quad (4)$$

$$\Rightarrow 1.6 I_n \leq 1.45 I_z$$

$$1.6 I_n \leq 1.45 \cdot 117$$

$$I_n \leq 106 \text{ A}$$

Resultatet blir:

$$I_{ac} = 92 \text{ A}, I_n = 106 \text{ A}, I_z = 117 \text{ A}.$$

$$92 \leq 106 \leq 117 \Rightarrow \text{villkorerna är uppfyllda.}$$

Därefter enligt [20] med $I_z = 117 \text{ A}$ väljs säkringen med märkström 100 A .

3.3. Växelriktaren

Enligt avsnitt 4.1 uppskattningseffekt varierar mellan 55 kW och 58 kW, därför en växelriktare som kan klara max uppskattningseffekt (58 kW) väljas. I så fall väljs KOSTAL PIKO CI Växelriktare 3-fas 60 kW som en lämplig kandidat. *Tabell 1* illustrerar de maxvärde för spänning och ström som kan matas in [21].

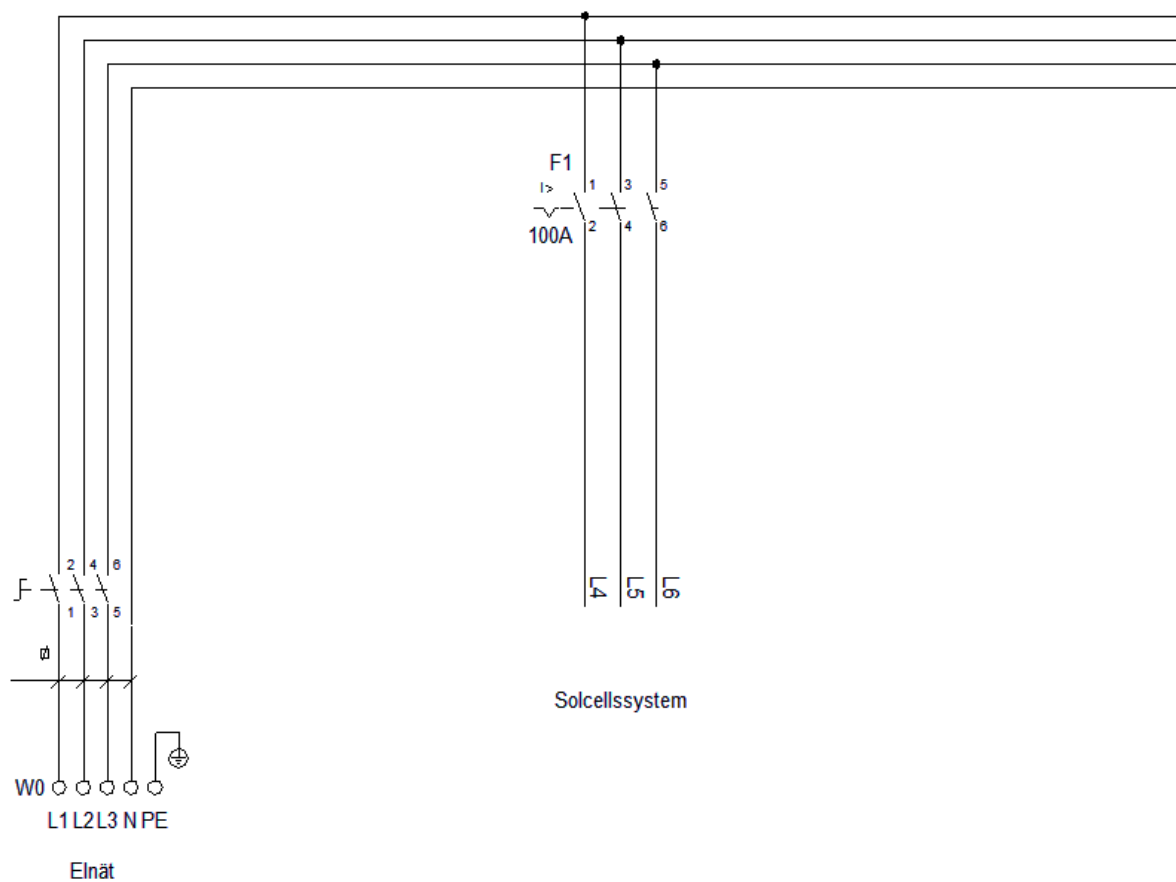
Tabell 1: KOSTAL PIKO CI Växelriktares egenskaper [21].

Max ingångsström $I_{DC,max}$	33 A
Max ingångsspänning $U_{DC,max}$	1100 V
Max DC-effekt	60 kW

3.4 Anslutning till elnätet

Anslutningen till elnätet kommer att utföras enligt SEK (*Svensk Elstandard*). Detta betyder att solcellsinstallation ska anslutas utan neutralpunkt i solcellsinstallation. Därför kan anslutningen utföras valfritt till fördelningssystemet.[22]

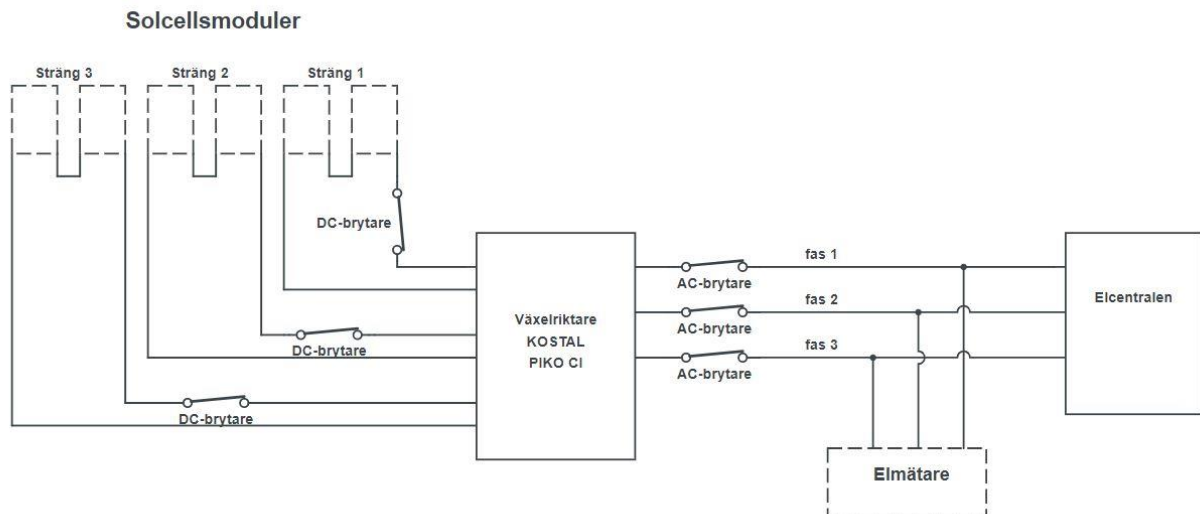
Elnätet är av typen TN-S fördelningssystem. I systemet så är neutral- och skyddsledare separata ledare. Resultatet blir att de tre kablar (3-fas) från solcellssystemet ska anslutas direkt till elcentralen via tre säkringar, en för varje fas, med märkström 100 A, utan att ansluta någon ledare till neutralpunkt.



Figur 15: Solcellsanslutning till elnätet.

Figur 15 visar hur solcellssystemet anslutas till elnätet. Elnätet innehåller fem kablar L1, L2, L3, N och PE. L1, L2 och L3 är 3-fasar medan N är neutral kabeln och PE är jordkabel.

Kablarna L4, L5 och L6 som kommer från solcellsanläggningar anslutnas direkt, genom säkringarna, till L1, L2 och L3 utan att ansluta någon kabel till neutralpunkt.



Figur 16: Solkraftverkets beståndsdelar.

Figur 16 förklarar kopplingsschema till solcellsansläggning. I början kopplas solcellsmoduler för att konstruera strängarna, sedan anslutas strängarna till växelriktaren genom DC-brytare som frikopplar solcellsmoduler vid tekniska fel.

Anslutningen mellan växelriktaren och elcentralen sker genom tre kablar som varsin har AC-brytare. Elmätare krävs för att mäta effekten och möjliggör ett övervakande av solcellssystemets funktion.

4. Resultat

I detta kapitel beräknas energin som genereras av solcellsanläggningar beroende på temperaturen året runt. Elförbrukningen på byggnaden visas för att ta fram vinsten med solkraftverket genom att beräkna kostanden för el per år.

4.1 Uppskattningseffekt

Solpanelerna som är valda har följande egenskaper:

Kortslutningsström är $I_{sc,STC} = 9.59 \text{ A}$, och Öppenkretsspänningen är $V_{oc,STC} = 40.16 \text{ V}$

Dessa värden är på STC (Standard Test Condition), där följande förhållande gäller:[23]

- Solcelltemperaturen 25°C
- Instrålning motsvarande 1000 W/m^2
- Spektrum motsvarande "air mass" 1,5.

Alla värden i databladet för solpaneler är enligt STC, men naturligtvis gäller inte villkoren för STC hela tiden. Därför bör I_{sc} och V_{oc} räknas om för att undersöka hur strömmen och spänningen varierar vid temperaturändring. Vilket ger rätt uppskattningen av effekten under olika villkor.

Ur datablad för solpanelen Windon Standar 300 Mono:[14]

Tabell 2: Temperaturkoefficient för I_{sc} och V_{oc}

Temperaturkoefficient för I_{sc}	-0.06 %/K
Temperaturkoefficient för V_{oc}	-0.26 %/K

Temperaturkoefficienter visar att I_{sc} och V_{oc} minskar med ökad solcelltemperatur.

Tabell 3: Genomsnittstemperatur i Göteborg året runt. Temperaturen är ursprungligen från [24]

Månad	Medeltemperatur $^{\circ}\text{C}$
Jan	-0.3
Feb	-0.3
Mar	1.9
Apr	6.8
Maj	11.7
Jun	14.9
Jul	17.3
Aug	16.5
Sep	13.3
Okt	8.6
Nov	4.7
Dec	1.5

Tabell 4: Soltimmar per dag året runt. ursprungligen från [26]

Månad	Soltimmar/dag
Jan	1
Feb	2
Mar	3
Apr	5
Maj	8
Jun	8
Jul	8
Aug	7
Sep	5
Okt	3
Nov	2
Dec	1

$$T_{STC} = 25^{\circ}C = 298K$$

I_{sc} och V_{oc} räknas enligt följande formel:

$$I_{sc} = I_{sc, STC} [(1-k_1)^{(T-298)}]$$

$$V_{oc} = V_{oc, STC} [(1-k_2)^{(T-298)}]$$

Där K_1 = Temperaturkoefficient för I_{sc} , K_2 = Temperaturkoefficient för V_{oc} , T = solcelltemperatur [Kelvin],

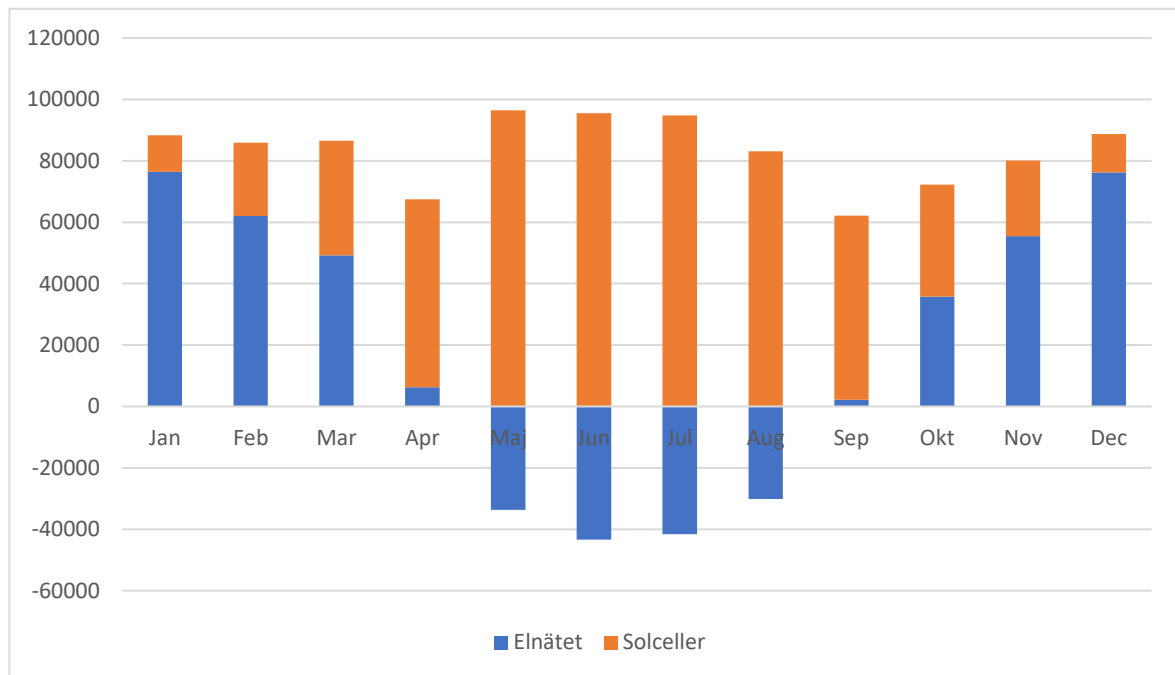
$$Effekt (P) = I_{sc} V_{oc}$$

Med informationen från ekvationerna, informationen om medeltemperaturen i Göteborg (Tabell 3) samt antal soltimmar per dag i Göteborg (Tabell 4) så kan man beräkna förväntad effekt och energi. Resultaten från detta presenteras i tabell 5.

Tabell 5: resultatet för I_{sc} , V_{oc} och effekten.

Månad	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	Effekt (W)	Energi (kWh/mån)
Jan	9.73	40.89	397.85	11 850
Feb	9.73	40.89	397.85	23 880
Mar	9.72	42.64	414.46	37 350
Apr	9.69	42.10	407.94	61 200
Maj	9.66	41.57	401.56	96 480
Jun	9.64	41.22	397.36	95 520
Jul	9.63	40.97	394.54	94 800
Aug	9.63	41.05	395.31	83 160
Sep	9.65	41.40	399.51	60 000
Okt	9.68	41.91	405.68	36 540
Nov	9.70	42.33	410.60	24 660
Dec	9.72	42.69	414.94	12 450
Summan				637 860 (kWh/år)

I figur 17 ses hur byggnadens elförbrukning kommer att delas mellan elnätet och solceller. Under sommaren märks att vi kommer att ha elöverskott som kan säljas till elbolaget.



Figur 17: uppdelning av byggnadens elförbrukning året runt.

Effekten för en solpanel (P) varierar mellan 394 W och 414 W. Genomsnittseffekt för en solpanel är 403 W. En sträng består av 20 paneler kopplade i serie, som ger maxeffekt för varje sträng:

$$P_{\text{sträng,max}} = 20P = 8280 \text{ W}$$

Stationen är 7 strängar kopplade parallellt. Maxeffekten för solkraftverket är:

$$P_{\text{max}} = 7P_{\text{sträng,max}} = 58 \text{ kW}$$

Medan min-effekten är:

$$P_{\text{sträng,min}} = 20P = 7880 \text{ W}$$

$$P_{\text{min}} = 7P_{\text{sträng,min}} = 55 \text{ kW}$$

Genomsnittseffekt för solkraftverket är 56 kW som motsvarar 637 860 kWh/år.

4.2. Byggnadens elförbrukning

Under arbetet utfördes en distansintervju med fastighetsingenjör Patrik Persson på SGS för att samla på information angående elförbrukning i byggnaden under år 2020. Här kunde följande data på elförbrukningen erhållas vilket visas i Tab. 6 nedan.

Tabell 6: Elförbrukning i Ostkupan-studentbostadshus.

	Energi (kWh)	Effekt (kW)
Januari	88 333	176
Februari	85 900	182
Mars	86 544	177
April	67 430	147
Maj	62 850	131
Juni	52 128	103
Juli	53 170	118
Augusti	53 028	111
September	62 167	137
Oktober	72 273	149
November	80 105	167
December	88 727	178
Summa	773 155 kWh/år	1 776 kW/år

4.3 Effektivtinst pga införande av solpaneler

Vinsten av solceller beror på två faktorer:

- Effekten som genereras av solcellsanläggningar.
- Priset per kWh.

Enligt avsnitt 4.1 utgångseffekt är 56 kW som motsvarar 100 800 kWh/år. Därefter med hänsyn till byggnadens elförbrukning kommer vi uppskatta hur mycket anläggningen kommer att spara i svenska kronor.

Nuvarande priser (Maj 2021) är enligt Göteborgsenergi:

Tabell 7: Nuvarande elpriset (Maj 2021) enligt Göteborg Energi.

Rörligt elpris	35,23 öre/kWh
Elcertifikat	0,36 öre/kWh
Pris exkl. moms	35,59 öre/kWh
Pris inkl. moms	44,49 öre/kWh
Totala kostnaden	44,49 öre/kWh

Genomsnittskostnad för byggnadens elförbrukning är:

$$773\,155 \cdot 44,49 = 343\,977 \text{ kr/år}$$

I vårt fall kommer solceller att generera 637 860 kWh/år (avsnitt 4.1) som motsvarar:

$$637\,860 \cdot 44,49 = 283\,783 \text{ kr/år}$$

Detta innebär att fastighetsägare kommer spara cirka 283 783 kr/år.

5. Diskussion

Solceller är en grupp av celler som är staplade bredvid varandra för att omvandla solljus till elektricitet genom att utnyttja solcells effekten. Genom studien beräknades mängden producerad effekt ur stationen som beskrivits i avsnitt 4.1. Då fann man att stationen som ligger på en hög byggnad kan producera 637 860 kWh/år. Vilket leder till att den försörjer en del av årliga elförbrukningen vilket är uppskattad till 773 155 kWh/år i byggnaden. Det som valts som anslutningsmetod för att koppla stationen är ett On Grid system, för att detta det system vi finner mest lämpligt för att kunna arbeta parallellt med allmänna systemet.

Efter fördjupning i olika studier och forskningar upptäcktes möjligheten att kunna utnyttja byggnadens väggyta i syfte för att öka mängden av solpaneler vilket i sin tur leder till en ökning av stationens elproduktion som angetts under avsnitt 2.5.2. Denna metod har inte tagits med i beräkningarna, eftersom det skulle orsaka en stor ökning av stationens kostnad. Det går inte att förneka att vädret i Sverige på vintern är ett av de hinder som har en betydande negativ inverkan på stationen som visas i *avsnitt 2.4*, i slutändan kommer det inte att leda till brist på energiproduktion eftersom solstrålning saknas inte helt på vintern i Sverige utan minskar endast, baserat på en simulering från [3].

Slutligen enligt avsnitt 3.2 har kabeln ”H1Z2Z2-K PBM-Solar XL, 6mm²” valts för den interna anslutningen mellan solpaneler, därefter har en dimensionering för extern anslutning gjorts. Den visade att kabeln med PEX-isolering, kopparledare med tvärsnittsarean 35 mm² bör vara ett lämplig val för anslutningen mellan växelriktare och elcentral.

6. Slutsats

Resultaten påvisar att solkraftverk är en hållbar och lämplig lösning för elproduktion. Detta innebär att många fastigheter eller fabriker har ett ekonomiskt incitament för att investera i ett solkraftverk. Solcells produktionen i Sverige är inte helt passande för det svenska klimatet på grund av de stora temperaturförändringarna som uppstår under året. Dock så kommer solkraftverk att minska kostnaden för elförbrukning av elnätet. I projektet har elproduktionen undersökts året runt, även under de månaderna när solstrålningen är svag. Undersökningen illustrerar att solkraftverket genererar el även under dessa månader.

I de flesta fall finns det möjlighet att bygga ett solkraftverk med monteringsplats på taket eller väggen, därför är det mycket smart att fokusera mer på sådana energikällor. Resultaten har påvisat hur mycket fastighetsägaren kommer spara varje månad med solkraftverket.

Detta kan leda till lägre hyror för studenterna som bor i fastigheten. Det finns möjlighet att expandera projektet och placera flera solpaneler på taket än vad som beräknats, vilket ökar effekten. Då minskar elförbrukningen från elnätet och i sin tur kommer kostnaderna för eluppvärmningen att reduceras.

Referenser

- [1] SGS studentbostäder[Åtkomstdatum: 10-maj-2021] https://www.sgs.se/v%C3%A5ra-bost%C3%A4der/v%C3%A5ra-omr%C3%A5den/centrum/ostkupan?sc_lang=sv-se#detaljer
- [2] Bülow, E. 19 Apr 2021. Hur mycket el producerar solceller per år?
<https://hemsol.se/vanliga-frigor/hur-mycket-el-producerar-solceller-per-ar/>
- [3] SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut .8 april 2021. Solstrålning i Sverige <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-i-sverige-1.89984>
- [4] Electrotecenergy. (u. å.). Olika typer av solceller. Hämtad 14 april,2021, från <http://electrotecenergy.se/typer-av-solceller/>
- [5] PPAM Solkraft AB. (u. å.). PPAM Transparium – Dubbelsidiga solpaneler.Hämtad 14 april, 2021, från <https://ppam.se/produkter/transparium/>
- [6] NiroSolar. (u.å.). Flexibla Paneler. Hämtad 25 april, 2021, från <http://nirosolar.se/flexibla-paneler/>
- [7] GARO AB. 05 dec 2018. Installations Och Bruksanvisning. Beskrivning för solcellssystemet. Sid 4. Manual Solsystem 380140.pdf
- [8] Falemo, E. oktober 2015. Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande solcellsanläggningar. Sid 9.
<https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsakerhetsverket-rapport-informationsbehov-och-elsakerhetskrav-rorande-solcellsanlaggningar.pdf>
- [9] NOMO. Feb 27, 2018.Tips för att ansluta solpaneler tillsammans. <http://se.solar-led-lights.com/info/tips-to-connect-solar-panels-together-31295431.html>
- [10] Ellinor. 23 juni 2020.Under vilken period är solceller som mest effektiva?
<https://www.polarpumpen.se/blogg/nar-ar-solceller-som-mest-effektiva/>
- [11] Haroldson, C. (July 31, 2017). Wall-mounted solar: A rising trend or barely hanging on? s.22-22. <https://www.solarpowerworldonline.com/2017/07/wall-mounted-solar-trend/>
- [12] Austin, R. April 28, 2018. Do Vertical Solar Panels Make Financial Sense?
<https://understandsolar.com/vertical-solar-panels/>
- [13] Newkirk, M. December 2, 2016. How Solar Power Works - On-Grid, Off-Grid And Hybrid Systems, <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>
- [14] Windon AB. (u.å.). Data på Windon Standard 300 Mono. Hämtad 2 maj, 2021, från http://www.windon.se/index_html_files/Datablad%20Standard%20300%20SWE.pdf
- [15] Solensenergi. (u.å.). Tekniken bakom solel. Hämtad 2 maj,2021, från <https://solensenergi.se/tekniken-bakom-solpaneler/>
- [16] Solenergibutiken. (u.å.). Kablar och kontakter. Hämtad 10 maj,2021, från <https://solenergibutiken.se/produkt/solcellskabel-1x6mm2-svart/>

- [17] S. S. El standard, Elinstallationsreglerna SS 436 40 00, utgåva 3, med kommentarer, vol. 2.1. SEK, 2019. Sid 271. Tillagd den 20-maj-2021.
- [18] S. S. El standard, Elinstallationsreglerna SS 436 40 00, utgåva 3, med kommentarer, vol. 2.1. SEK, 2019. Sid 287. Tillagd den 20-maj-2021.
- [19] S. S. El standard, Elinstallationsreglerna SS 436 40 00, utgåva 3, med kommentarer, vol. 2.1. SEK, 2019. Sid 276. Tillagd den 20-maj-2021.
- [20] S. S. El standard, Elinstallationsreglerna SS 436 40 00, utgåva 3, med kommentarer, vol. 2.1. SEK, 2019. Sid 132-133. Tillagd den 20-maj-2021.
- [21] KOSTAL Solar Electric. (u.å). Tekniska data PIKO CI. Hämtad 5, maj.,2021, från http://www.windon.se/index_html_files/DB_PIKO-CI_sv.pdf
- [22] S. S. El standard, Solceller, råd och regler för elinstallationen, utgåva 1. SEK, 2019. Sid 29. Tillagd den 23-maj-2021
- [23] Durrenberger, M. December 1, 2015.Solar Education & Tips:Why Solar Panel Testing Matters. <https://newenglandcleanenergy.com/energymiser/2015/12/01/stc-vs-ptc-why-solar-panel-testing-matters/>
- [24] Climate-data.org. (u. å.). GÖTEBORG KLIMAT. Hämtad 30, april, 2021, från <https://sv.climate-data.org/europa/sverige/vaestra-goetalands-laen/goeteborg-197/>
- [25] Blomqvist, P & Unger, T. 2018-05-23. Teknisk-ekonomisk kostnadsbedömning av Solceller i Sverige. <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/solenergi/ovriga-rapporter/teknisk-ekonomisk-kostnadsbedomning-av-solceller-i-sverige.pdf>
- [26] MittResVader.se. (u. å.). Vädret i Södra Sverige året runt. Hämtad 07, juni, 2021, från <https://www.mittresvader.se/l/sverige/vadret-sodra-sverige-temperatur-klimat.php>
- [27] Solkollen.nu. (u. å.). Solceller Olika Sorter För Olika Situationer. Hämtad 23, juni, 2021, från https://www.solkollen.nu/sv_SE/solceller-2/
- [28] Fruugo Ltd. (u.å). 2 Sträng Pv Combiner box med belysning Arrestersolar Panel Connectors. Hämtad 20, jun.,2021, från https://www.fruugo.se/2-strang-pv-combiner-box-med-belysning-arrester-solar-panel-connectors/p-53845743-108904613?language=sv&ac=croud&gclid=CjwKCAjw_o-HBhAsEiwANqYhp0ypHSVHJDCfz8UtWZ_QxZj3H0m7-tlmV9CaoZLN1AAJ2BWAAlahahoCS44QAvD_BwE
- [29] S. S. El standard, Solceller handbok 457, utgåva 1. SEK, 2019. Tillagd den 20-maj-2021.