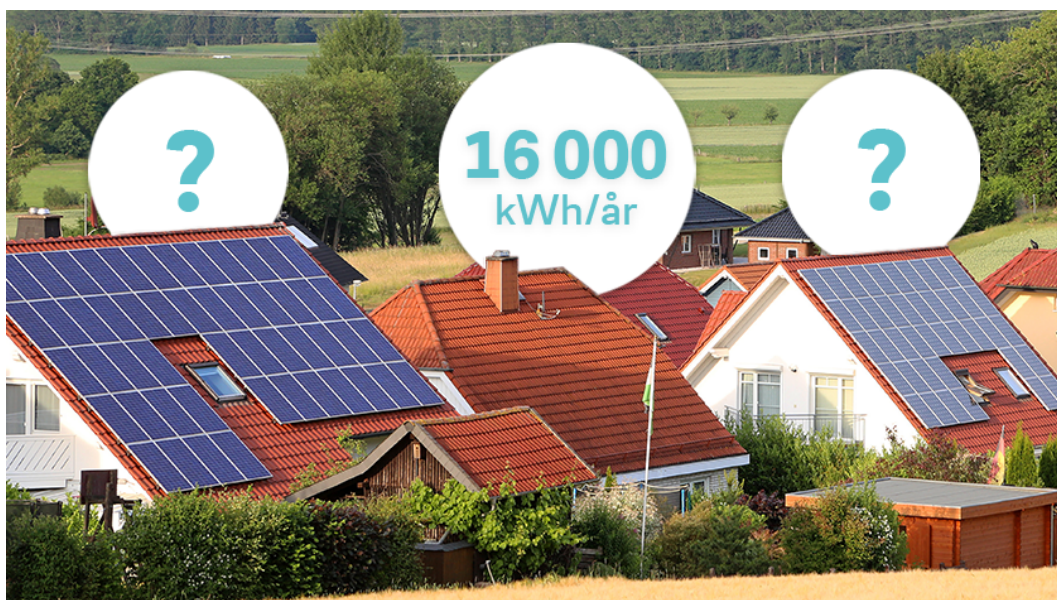


Undersökning av el-förluster i en villa

Att fastställa energiförlusten i en villa dels med solceller och batterilager, dels utan sådan utrustning.



Abdulkrim Almeamar
Mohammed Khalil

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet i elektroteknik

Institutionen för elektroteknik
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2021

Förord

Rapporten omfattar ett examenarbete om 15 högskolan poäng. Examenarbetet genomfördes dels hemifrån, dels på Chalmers tekniska högskolan under våren 2021 på grund av pandemin. Vi vill tacka våra handledare Thomas Hammarström och Patrik Ollas för all hjälp och stöd under denna period och stort tack till vår examinator Torbjörn Thiringer. De var till mycket hjälp och gav oss bra kommentarer och har riktat in oss mot den rätta vägen.

Abdulkrim Almeamar
Mohammed Khalil
Göteborg, 2021

Abstract

The main goal with this report is to determine how to calculate the electrical consumption within a house by considering the electrical consumption of all electrical devices that typically exist there. Based on the energy consumption of these devices, the electrical losses that occur were estimated. In this report, the electrical losses were divided into two main parts, the losses in cables and in the switching units. Overall, many components in a typical house cause electrical losses but this report focus on the component which cause losses in the conversion units as well cable conduction losses which occur at increasing temperature or overloads were also studied. In this job, the range of the electrical energy that can be produced by the solar panels has been studied through practical experiments. The amount of energy that were produced by solar panels was recorded during one year for the mentioned house. The results of electrical consumption were also compared both with and without solar energy. In the latter case, the additional amount of energy required from the electrical grid to compensate for the lack of solar energy was calculated.

Sammanfattning

Målet med detta arbete var att uppskatta en villas elförbrukning genom att beräkna den elektriska konsumtionen för den utrustning som normalt finns där. Baserat på dessa enheters energianvändning och effektivitet har de elektriska förluster som därmed uppstår i villan uppskattats. I denna rapport delas de elektriska förlusterna främst upp i två huvuddelar, de som dels uppstår i kablarna, dels i omvandlingsenheterna. I detta arbete har dessutom den elektrisk energi som produceras av de solpaneler som är placerade på villan inkluderats i undersökningen. Den energi som producerats av solcellerna under ett år har uppmätts och den resulterade totala elförbrukningen i villan jämfördes därefter med fallet då villan helt saknade solpaneler.

Innehåll

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Syfte | 1 |
| 1.3 | Avgränsningar | 1 |
| 1.4 | Frågeställningar | 1 |
| 2 | Teori | 2 |
| 2.1 | Grundprinciper | 2 |
| 2.2 | Elförbrukning i villor | 2 |
| 2.3 | Elförluster i huset | 2 |
| 2.3.1 | Kabel förluster | 3 |
| 2.3.2 | Växelriktare | 3 |
| 2.3.3 | Omvandlingsförluster | 3 |
| 3 | Metod | 7 |
| 3.1 | RISE Research Villa | 7 |
| 3.2 | Elförbrukning i villan | 8 |
| 3.3 | Metods beskrivning | 8 |
| 3.4 | Beräkning av elförbrukning av apparater | 9 |
| 3.5 | Elförluster i kablar | 11 |
| 3.6 | Solel | 12 |
| 3.6.1 | Energi omvandlingsförluster | 15 |
| 3.7 | Spänning nivå och omvandlingsförluster | 16 |
| 3.7.1 | Tillämpningen | 17 |
| 4 | Resultat och analys | 18 |
| 4.1 | Verkan av solel | 18 |
| 4.2 | Lösnings förslag till elförluster | 20 |
| 5 | Diskussion | 22 |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Byggnader är en viktig energikonsument i elkraftsystemet. Enligt energimyndigheten så var den största energi andelen konsumeras av småhus, flera bostadhus och byggnader. Som exempel användes under år 2016 80,5 TWh energi för uppvärmning och varmvatten där 40 % användes i småhus, 33 % användes i flera bostadhus och 27 % används i lokaler [1][2]. Elförluster i en byggnad kan ha en avsevärt kostnad så därför är det viktigt att veta hur kablarna och apparaterna överför respektive förbrukar energin. Källorna för energiförluster är när elen transporteras och konsumeras. Nyligen har trenden mot användning av solenergi och batterilager ökat i moderna byggnader och har också i många fall blivit ett krav vid nybyggnation. Men även när solenergi och batterilager används kvarstår fortsatt förluster i dessa nya konstruktioner [2]. Det finns olika källor för elektriska förluster, de som uppstår i ledarna, i transformatorerna, samt i övrig utrustning ansluten till det elektriska nätet [2]. Elen genereras från solpaneler i form av likström, för att minska de elektriska förlusterna lagras energiöverskott i batterier [3]. Den största fördelen med att installera solpaneler är att elkostnaden kan reduceras. Om solpanelerna är stora nog kan den elektriska energin från dem förse hela huset med energi. Solpaneler bidrar till att minska CO₂ utsläpp, och enligt "Energy Saving Trust" kan ett typiskt solcellssystem för hemmet minska utsläppen med cirka 1,3 till 1,6 ton årligen [4].

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att uppskatta energiförlusten i en villa, dels med solceller, dels utan solceller och redovisa dessa elförluster genom att ta reda på hur mycket elektrisk energi som den elektriska utrustningen konsumerar samt att samla in data och lastprofiler och beräkna elkonsumtionen vid olika tider.

1.3 Avgränsningar

Arbetet kommer att fokusera på att uppskatta elförlusters storlek i en villa med och utan solpaneler. Vidare ska detta studera hur elen konsumeras i en villa. Dessutom tar inte projektet hänsyn till DC distributionssystemet i beräkningarna utan presenterar endast hur detta är uppbyggt rent teoretiskt. Projektet kommer inte heller att behandla hur solceller kan utvecklas.

1.4 Frågeställningar

- Vilka källor till el-förluster finns i huset och hur stor mängd konsumeras av dessa i en specifik villa?
- Vilka metoder kan man använda för att minska el-förlusterna?
- Hur ser effekten ut med och utan solceller?

2 Teori

2.1 Grundprinciper

Vid en byggnadskonstruktion finns det flera viktiga faktorer att ta hänsyn som påverkar energikonsumtionens storlek i en byggnad och de skall tas hänsyn till i beräkningen. Det finns också i olika typer av byggnader (lägenhet, villa eller flervåningsbyggnad) vilket naturligtvis påverkar elförbrukningen storlek.

Några faktorer som påverkar elkonsumtion:

- Byggnadens ålder.
- Elförbrukningen varierar beroende på plats och klimatet (fuktighet, värme, etc)
- Typ av belysningsenheter (LED, standardlampa etc.)
- Värme, ventilation och sanitetsystem (VVS) och isolering system.
- Olika typer av elektriska apparater.

2.2 Elförbrukning i villor

Enligt Energimarknadsbyrån så varierar den genomsnittliga årliga elförbrukningen i en villa som består av flera våningar från 20 000 kWh till 25 000 kWh per år, vilket motsvarar cirka 30 000 kronor till 35 000 kronor per år. Enligt Energimarknadsbyrån var priset under år 2019, 154 öre/kWh. Då bli för en villa som förbrukar 20 000 kWh kostnaden cirka 30 800 kr [3]. I vanliga lägenheter förbrukar uppskattningsvis 2400 kWh per år, vilket motsvarar cirka 3600 kronor per år [3].

För att beräkna elförbrukningen för elektriska apparater i en villa uppskattar man antal timmar som apparater används på en dag. Då uppskattas effekten per tidsenhet genom uttrycket

$$e(t) = \int p(t) * dt \quad (1)$$

där p är effekt till apparaten [W], dt är tidsintervall [Timmar] och e är energi [kWh].

2.3 Elförluster i huset

Det finns två olika typer av förluster i villan. Den första sker i kablarna i villan och den andra sker i DC/DC omvandlare, energi omvandling, etc.

2.3.1 Kabel förluster

Flera faktorer påverkar energiförlusternas storlek i kablar. De mest relevanta här är: kabellängden, tvärsnittsarean, strömmen som går genom kabeln och materialet i ledaren [4]. För att beräkna effektförluster i kablar används effektsambandet

$$p(t)_{last} = u(t)_{last} * i(t)_{last} \quad (2)$$

där i_{last} och u_{last} är strömmen och spänning respektive. Från (2) kan man räkna i_{last}

$$p(t)(förlust) = r_{last} * i^2(t)_{last} \quad (3)$$

därefter används (2) i (3) då kan effektförlusten beräknas enligt

$$P(t)(förlust) = R * (P(t)_{last}/U(t)_{last})^2 \quad (4)$$

Genom följande ekvation beräknaS resistans storlek i en kabel

$$R = \rho * (L/A) \quad (5)$$

där ρ är resistivitet av kabel, L längd på kabel och A är kabelns tvärsnitts arean [4]. Noterar att längre kabel medför en högre resistans medan tvärsnittsarean sänker denna då förlusten minskar.

2.3.2 Växelriktare

En omvandlingsenhet används för att konvertera från växelström till en likström och tvärtom med hjälp av kraftelektronik. Växelriktare används också för att styra spänning och frekvens. Den används ofta också för att konvertera energin som produceras av solceller, vilket kan göras med högre verkningsgrad med dagens kraftelektronik. Det betyder att det är en oproportionell relation mellan verkningsgrad och förluster. En hög verkningsgrad minskar förluster vid användning av växelriktare [5].

2.3.3 Omvandlingsförluster

Förlusterna vid spänningsomvandling kan delas upp i två olika typer:

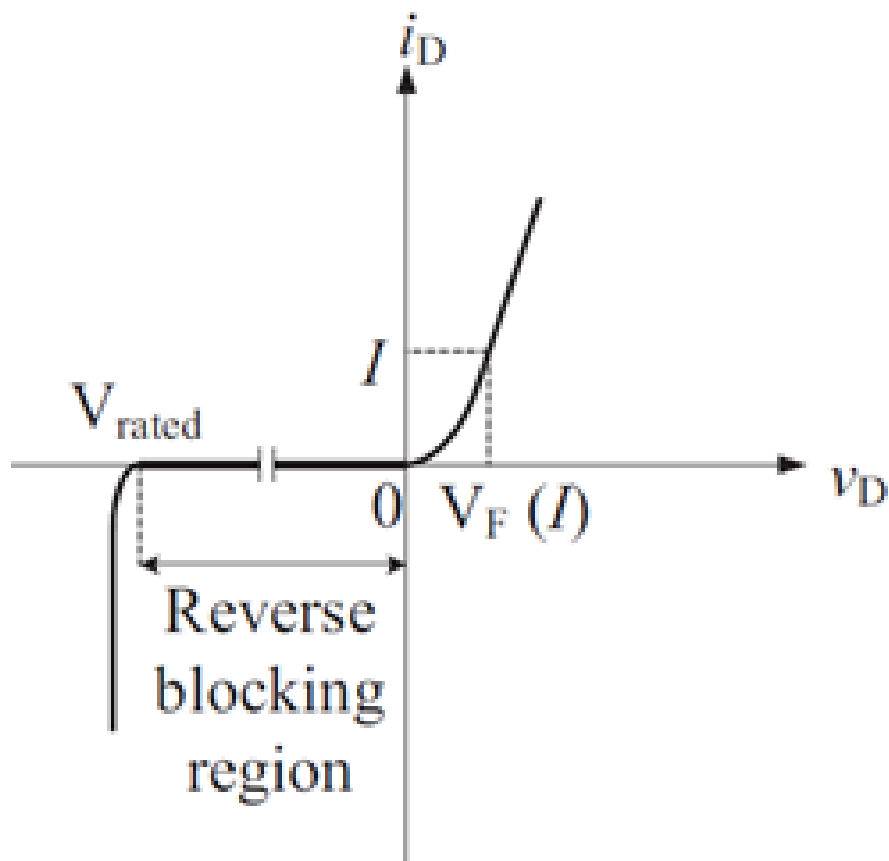
- Förluster i överföring
- Förluster vid omkoppling, dvs. omvandling mellan växelström och likström

I detta avsnitt diskuteras två väsentliga komponenter som ingår i en växelriktare, nämligen Dioden och Mosfet-transistorn. Genom att studera dessa kan det belysas var förlusterna uppstår när den elektriska energin omkopplas till olika spänningnivåer och strömnivåer.

För såväl dioden som MOSFET-transistorn finns det två teoretiska extremfall, blockerande eller ledande. I det första fallet tar vi en ideal diod som exempel. I det här fallet blir dioden ledande när en positiv spänning appliceras på anoden relativt katoden varvid dioden blir ledande (framspänd). Om vi antar att dioden är ideal uppstår inget spänningsfall och därmed heller inga förluster i denna.[4]

I fallet för MOSFET-transistorn blir denna ledande när en positiv spänning appliceras på Gate-grinden. Om vi även här antar att transistorn kan anses ideal så finns det inget spänningsfall över denna eller strömläckage i blockerande läge när den positiva gate spänningen avlägsnas [4]. Det andra fallet är det icke-ideala, då vi tar hänsyn till att inga komponenter är ideala. Dioden kan beskrivas med tre typiska fall beroende på vilken spänning som appliceras:

- Framspänd: d.v.s. när den applicerade spänningen över dioden är positiv då strömmen passerar, då spänningsskillnaden mellan diodens anod och katod är större än spänningsfallet över denna (Kallad V_f)[6].
- Backspänd, i detta fall blockerar dioden [6].
- Sammanbrott i backriktningen: när spänningen som appliceras på dioden är mycket stor och negativ, i detta fall kommer strömmen att styra i omvänd riktning [6].



Figur 1: Ström-spänning egenskaper av icke-ideal diod [4]

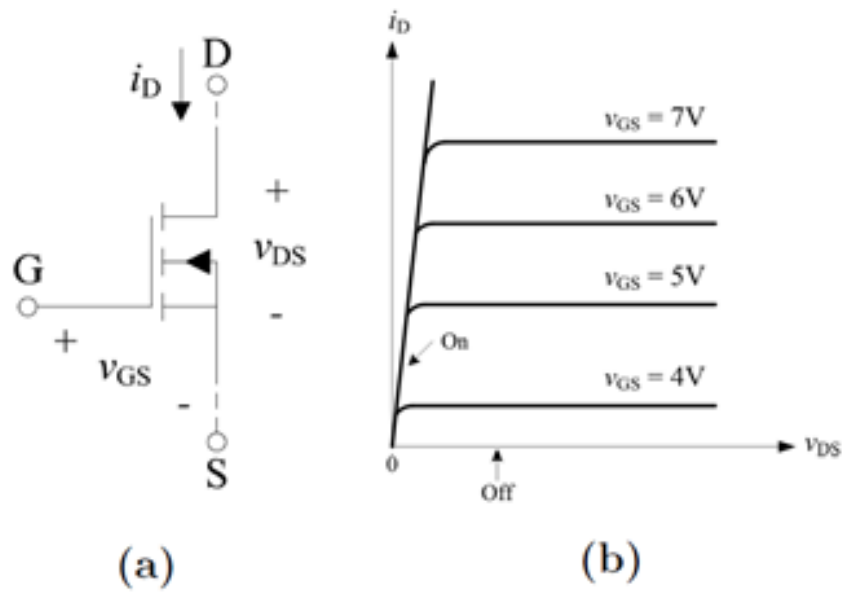
En Mosfet-transistorn har typiskt tre stycken anslutningar:

(Source, Drain och Gate) vilka kan beskrivas som variabla kapacitansen vilkas värde styrs av spänningen som appliceras på gaten (styret) [6].

Denna spänning, vanligen betecknad U_{GS} styr värdet på spänningen mellan source och drain U_{DS} . Detta påverkar förstås också strömmen genom transistorn I_{DS} .

MOSFET-transistorn krävs en minsta spänningsnivå som kallas (tröskelspänning) för att fungera (ON). Då denna spänning appliceras på gaten eftersom genom att applicera en spänning lägre än tröskelspänning som appliceras på gate, fungerar inte MOSFET-transistorn (OFF). I detta fall leder transistorn inte. [6].

Figur nedan visar schemat samt ström-spänning karaktäristiken

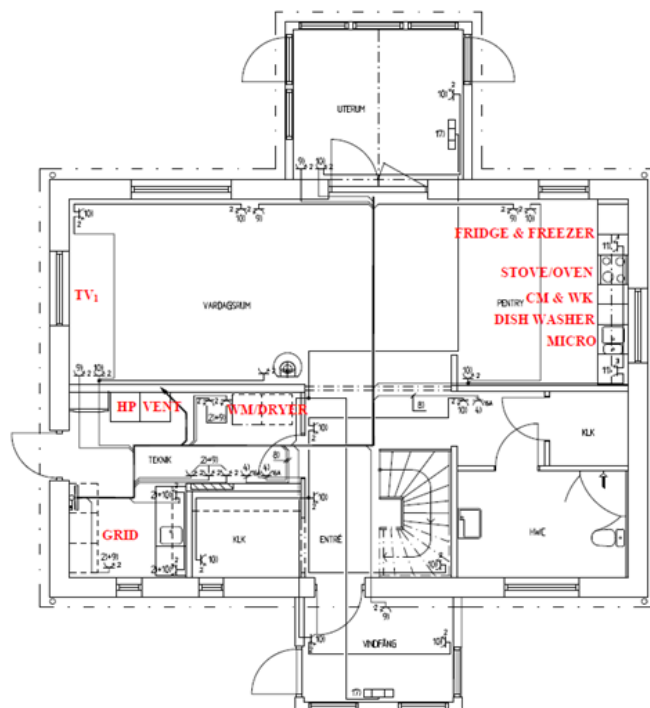


Figur 2: (a) Symbol, (b) Ström-spänning egenskaper av icke-ideal MOSFET-transistor. Där G= Gate, S= Source och D= Drain [4]

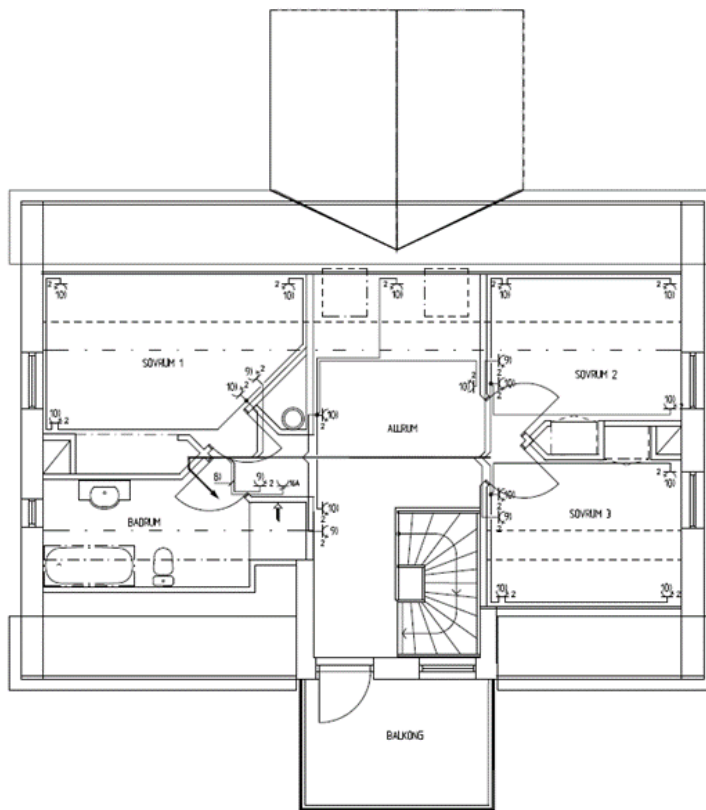
3 Metod

3.1 RISE Research Villa

Den villan som används för att utföra denna studie. Villan är utrustad med energisystem för solenergi samt batterilagring. För att styra detta finns också en dator samt olika sensorer som mäter effekten året runt. Villan består av vardagsrum, allrum, entréhall, tre sovrum, uterum, badrum, kök, teknikersrum och en balkong. Villan visas i detalj i Figur 3 och Figur 4.



Figur 3: Första våningen i villan där man ser kablage och uttag layout samt vilka rum som finns i våningen.



Figur 4: Andra våningen i villan där man ser kablage och uttag layout samt vilka rum som finns i våningen.

3.2 Elförbrukning i villan

För att bestämma hur mycket el som förbrukas av den elektriska utrustningen i villan bör vi ta hänsyn till flera faktorer:

- Apparaternas effektkonsumering.
- Lastfördelningen under året.

3.3 Metods beskrivning

Först och främst får man ta reda på respektive apparats märkeffekt. Därefter måste vi estimerar hur mycket effekt denna konsumerar per dag. I denna rapport tog vi främst hänsyn till apparaternas märkeffekt för att studera maxkonsumtionen (Worst case). Man kan notera att effektåtgången skiljer sig betydligt mellan olika apparater. De flesta apparaterna har informationen om effektkonsumtionen märkt på en etikett placerad på dess baksida eller i tillgänglig teknisk dokumentation.

Det är svårt att uppskatta alla apparater som kan finnas i ett hus och därför behandlas i detta arbete endast de som beskrivs i Tabell [1,2,3].

Lastprofiler som finns bifogat i en separat fil med rapporten visar effektnivåerna för alla apparater som antas finnas i villan. Dessa värden anges för varje tidssteg ($dt = 15$ minuter). Genom att använda denna information kan det illustreras hur länge apparaterna används under året [4].

3.4 Beräkning av elförbrukning av apparater

För att illustrera hur den elektriska energiuppskattningen genomförs i detta arbete tar vi som exempel en vanlig TV, enligt Figur 5. Effekten per timme på en dag beräknas enligt (1). Detta innebär att om tv:n används åtta timmar på vardagar per dag konsumeras 2920 [Wh]



Figur 5: Egenskaper av en TV

I Tabell 1 och 2 står alla apparater med deras märkeffekter. Energin får man genom att uppskatta hur lång tid en viss apparat används för att därefter multipliceras med effektåtgången.

Tabell 3 beskriver hur mycket energi som förbrukas av belysning och värmepump.

Tabell 1: Elkonsumtion för hushållsmaskiner under ett år [7]

| Hushållsmaskin | Effekt [kW] | Tidsåtgång / dygn | Energi [kWh] /år |
|----------------|-------------|-------------------|------------------|
| Kylskåp | 0,1 | 24 | 876 |
| Frys | 0,1 | 24 | 876 |
| Elspis | 1,5 | 1 | 547,5 |
| Mikrovågsugn | 1,2 | 15 (minuter) | 109,5 |
| Kaffekokare | 0,6 | 15 (minuter) | 54,75 |
| Vattenkokare | 1,2 | 15 (minuter) | 109,5 |
| Spisfläkt | 0,2 | 1 | 73 |
| Diskmaskin | 1,5 | 1 | 547,5 |
| Tvättmaskin | 1,5 | 1 | 547,5 |

Tabell 2: Elkonsumtion för hemelektronik under ett år [7]

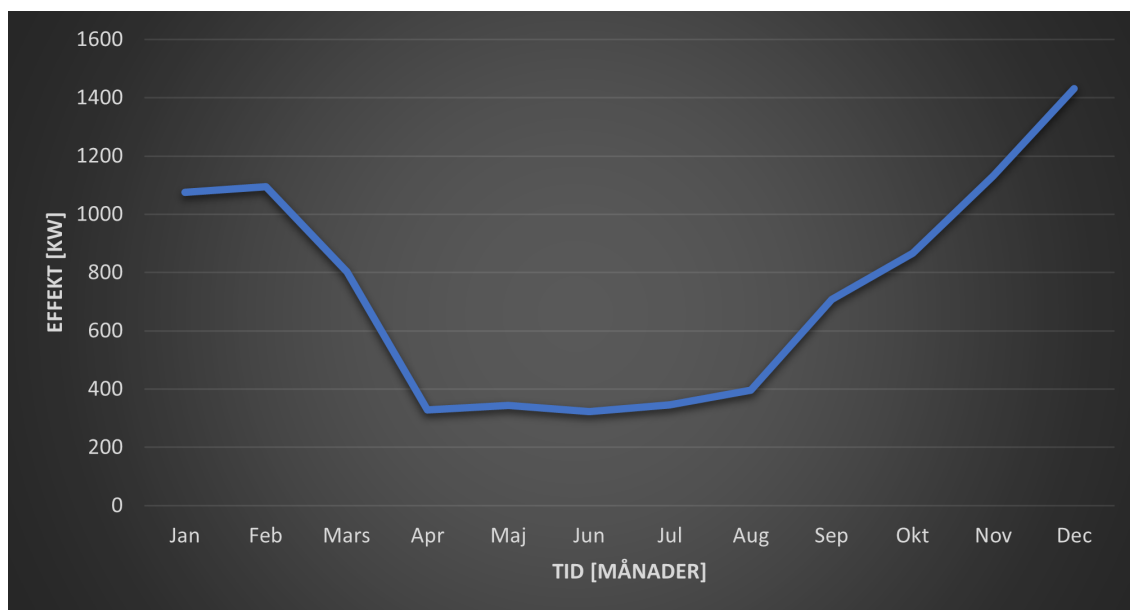
| Hemelektronik | Effekt [kW] | Tidsåtgång / dygn | Energi[kWh] /år |
|---------------|-------------|-------------------|-----------------|
| LED-TV 65" | 0,36 | 4 | 525,6 |
| LED-TV 65" | 0,36 | 2 | 262,8 |
| Bordsdator | 0,17 | 3 | 186,15 |
| Bärbar dator | 0,03 | 3 | 32,85 |

Den data som används för att beräkna belysning och värms energi har kommit från sensorer som finns placerade i Risevillan.

Tabell 3: Konsumtion och max effekt för belysning och värmepump över ett år [4].

| Apparater | Effekt [kW] | Energi [kWh] /år |
|-----------|-------------|------------------|
| Belysning | 0,29 | 343 |
| Värmepump | 5,18 | 2213 |

Som alla andra apparater så varierar konsumtionen för värmepumpen under året. Figur 6 illustrerar hur mycket konsumtionen varierar för en värmepump och man ser att den ökar vintertid och minskar sommartid.



Figur 6: Effekten för värmepump som varierar under året.

3.5 Elförluster i kablar

Tabell 4 beskriver elförlusterna storlek för respektive apparat beroende på strömstorleken och ledartyp. Med hjälp av 3, 4 och 5 kan man beräkna strömmen som går genom apparaten, kabelförluster samt respektive kabelresistans.

Tabell 4: Kabels förluster till apparaterna.

| Apparater | Effekts förluster[W] | Energi förluster per år [Wh] |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Kylskåp | 0,02 | 255,23 |
| Frys | 0,02 | 255,23 |
| Elspis | 2,04 | 372,3 |
| Mikrovågsugn | 3,88 | 354,70 |
| Kaffekokare | 0,98 | 90,08 |
| Vattenkokare | 3,94 | 360,33 |
| Spisfläkt | 0,10 | 40,03 |
| Diskmaskin | 2 | 366,48 |
| Tvättmaskin | 0,95 | 349,03 |
| LED-TV 65" | 0,27 | 405,37 |
| LED-TV 65" | 0,55 | 405,37 |
| Bordsdator | 0,08 | 63,27 |
| Bärbar dator | 0,07 | 52,86 |
| Total förluster | 14,98 | 3370,34 |

I rapporten antogs kabellängderna till 12 m för belysning respektive 6,2 m för värmepumpen. Tabell 5 visar summan av energiförluster för varje tidssteg för värmepump och belysningen över hela året.

Tabell 5: Kabels förluster till värmepump och belysning.

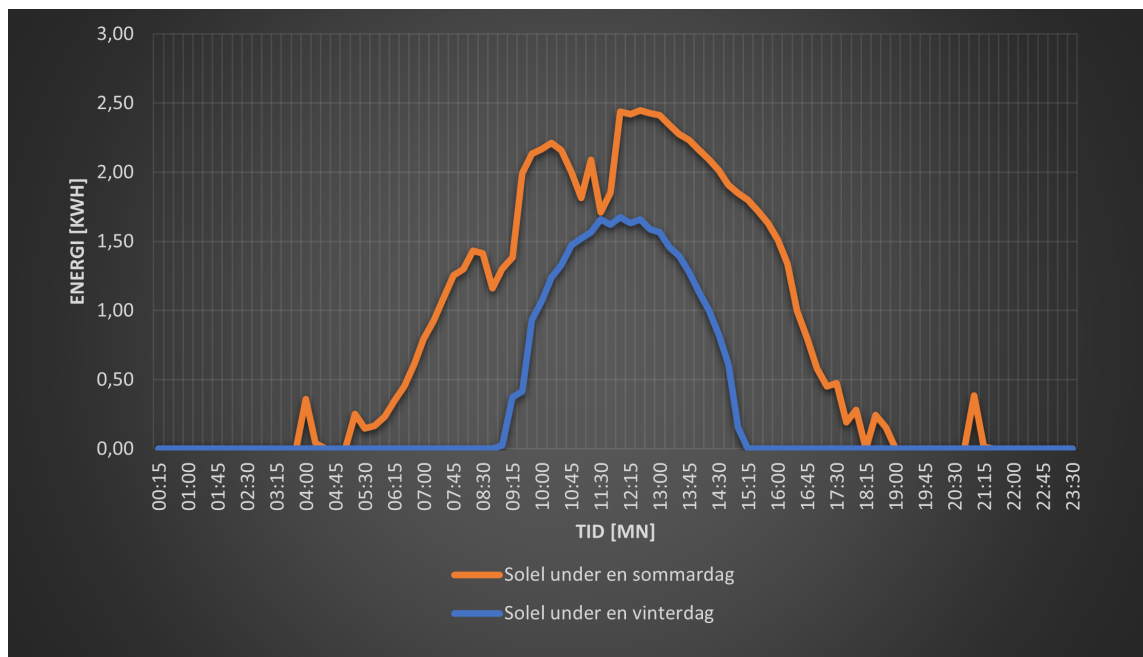
| Apparater | Energi förluster per år [Wh] |
|------------------|-------------------------------------|
| Värmepump | 675,61 |
| Belysning | 550,80 |

3.6 Solel

Sol-el produceras från celler som omvandlar ljusenergi direkt till elektrisk energi genom den fotoelektriska effekten (Photo-voltaic). Solceller är en viktig energileverantör eftersom den inte behöver kemiska reaktioner eller annat bränsle för att producera elenergi, och till skillnad från elektriska generatorer har de inga rörliga delar. Solceller kan finnas i form av små konfigurationer som kallas solcellspaneler vilka kan användas i bostäder för att ersätta mer traditionella fossilbaserade energikällor. Dessutom kräver dessa inte ett kontinuerligt underhåll [8].

Här kan det noteras att produktionen av solenergi varierar under sommaren och vintern. Figur 7 visas att produktionen av elektrisk energi är större under somma-

ren, på grund av att dagsljuset är längre och därför är solpanelernas exponering för solen större.



Figur 7: ett exempel på sol-el som produceras under en vinter (Jan 01,2016)- och sommardag (Jun 06,2016).

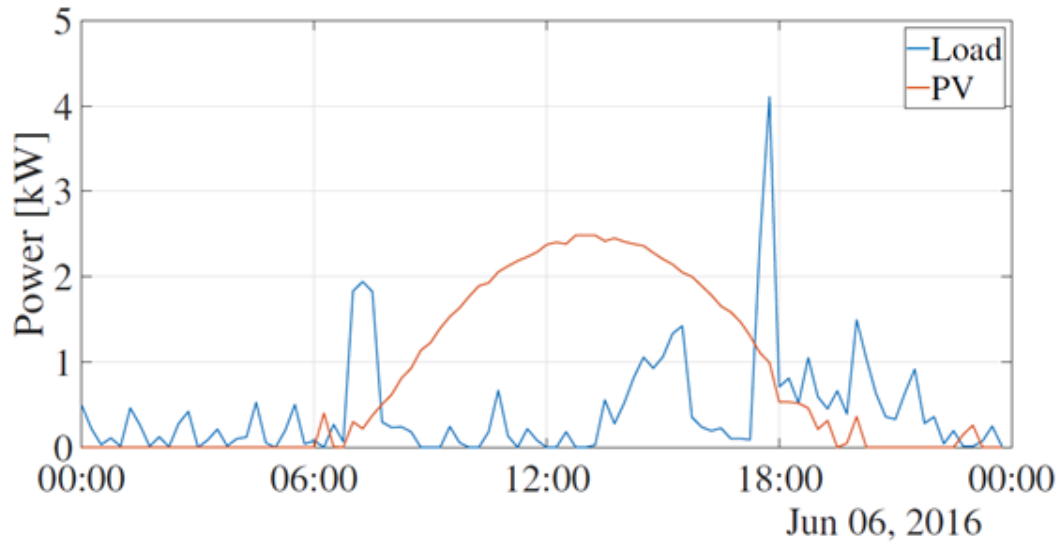
Tabell 6 visar hur mycket elenergi som producerades av solpaneler i RISE villan. De solceller som installeras i Rise villan som undersöks i rapporten producerar elenergi 3113,1 [kWh] energi under ett år enligt lastprofil som bifogats i en separat fil med rapporten.

Tabell 6: Energi som solceller ger över ett år i Risevillan [4].

| Material | Energi under ett år [kWh] |
|----------|---------------------------|
| Solel | 3113,1 |

I Figur 8 för Rise villan visar det att efterfrågan på energi ökar under de tidiga timmarna på morgonen och kvällen. Skillnaden i energibehovet under dygnet beror på att människor är på jobbet under delar av dagen. Efterfrågan på energi varierar under sommaren och vintern. På vintern behöver värmepumpen användas mycket mera för uppvärmning av bostaden.

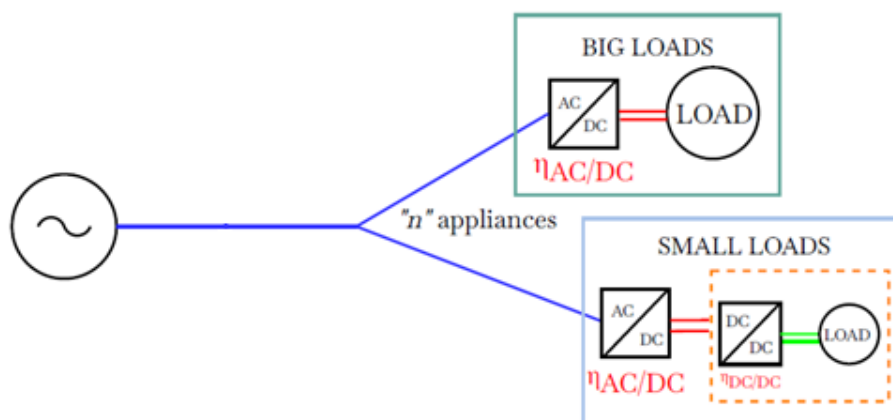
Om man studerar en sommardag för Rise villan ser man att solceller producerar el från ungefär kl 06:00 till ca kl 19:00. Under den tiden, man kan minska den energi som köps från nätet och på detta sätt spara energi, då behövs ingen extern energitillförsel under den tiden då soleken kan täcka energibehovet i villan, detta kallas för egenkonsumtion. Om soleken kommer att täcka lasten så slipper man köpa el från nätet och den stora delen i Figur 8 av PV representerar det överskottet av solceller som kan levereras och säljas till nätet.



Figur 8: Typiska last och PV-generationsprofiler för enfamiljshus på en sommardag i Sverige [4].

3.6.1 Energi omvandlingsförluster

Idag finns växelström i nästan alla elektriska kraftinstallationer i alla hem och byggnader i Sverige. Figur 9 visar en växelströmsmodell av bostadshuset som rapporten studeras på. Här har vi stor och liten belastning beroende på strömförbrukning. I vårt fall antas att alla laster ska drivas på DC ström. AC/DC -omvandlingen för lasterna görs i två steg, (AC/DC) och sedan DC/DC -konvertering till önskad likspänningsnivå.[4]



Figur 9: Typisk AC -topologi med AC och DC där (AC/DC) och DC/DC -konvertering sker inom apparaterna.[4]

Från Figur 9 kan man se att smålaster har två omvandlingssteg medan de stora laster har ett omvandlingssteg när energi kommer från nätet. Omvandlingsförluster beräknats genom att multiplicerar (verkningsgrad) med last effekt och tidsåtgång

$$e_i = (\eta_{AC/DC}) * p_{Last} * t \quad (6)$$

$$e_{ii} = (\eta_{AC/DC}) * (\eta_{DC/DC}) * p_{Last} * t \quad (7)$$

Där e_i är omvandlings energi förluster till varje stora laster, e_{ii} är omvandlings energi förluster till varje små laster $\eta_{DC/DC}$ och $\eta_{DC/DC}$ verkningsgrad, p_{Last} märkeffekt till varje apparat och t är tidsåtgång per år.

I Tabell 7 beskrivs beräkningar till energiomvandlingsförluster för lasterna med hjälp av (6) och (7). Verkningsgraden för AC/DC var 95% medan den för DC/DC var 93,7% [4].

Tabell 7: Omvandlings förluster för varje apparat under ett år

| Apparater | Energi omvandlingsförluster [kWh] |
|--------------|-----------------------------------|
| Kylskåp | 42 |
| Frys | 42 |
| Elspis | 26 |
| Mikrovågsugn | 5 |
| Kaffekokare | 0,1 |
| Vattenkokare | 5 |
| Spisfläkt | 0,2 |
| Diskmaskin | 26 |
| Tvättmaskin | 26 |
| LED-TV 65" | 1,5 |
| LED-TV 65" | 0,79 |
| Bordsdator | 0,5 |
| Bärbar dator | 0,9 |
| Totalt | 175 |

3.7 Spänning nivå och omvandlingsförluster

För att minska förlusterna i omvandlingsenheter och i kablar så enligt en forskning som utförts i RISE är det möjligt att utföra LVDC system (Low Voltage Direct Current) för att undvika vissa förluster. Det finns flera typer för LVDC för att kunna använda det men allt beror på vilken spänningsnivå man önskar använda [9].

För att underlätta det så man kan förenkla det till tre typer:

Två ledningar som matar spänning vid last punkten kallas för enkel buss topologi. Denna struktur kan användas i bilar med 12 VDC och i telekommunikationsindustrier med 48 VDC.

Tre ledningar bipolär konfiguration som kan få låg spänning, 2VDC till exempel. Denna struktur kan vara mer säker än andra strukturer.

Multibuss -konfiguration används när överflödiga distributionsbussar behövs, med andra ord när systemet kräver flexibilitet under fel och underhållstider.

LVDC distributionssystem har en unipolär buss på 380- 400 VDC vilken är enkel att använda när det gäller spänningsnivå. I detta system man kan få spänningen som motsvarar AC spänning då lastströmmen som går genom ledningar är samma som vid 230 VAC. I detta fall så får man en effektiv lösning till att minska elektriska förlusters storlek eftersom när man tillämpar en hög spänning innebär det att man får mindre förluster och dessutom skippar man konverteringssteg eftersom hela systemet är likström [9].

För att tillämpa det bästa systemet och minska förlusternas storlek i ett hus så får man studera och analysera vilken spänning nivå som är bäst att användas.

380 VDC är en ganska hög spänning eftersom de flesta apparater i huset kräver låg effekt men man kan skapa en ny spänningsnivå för dessa apparater som kräver effekt mindre än 50 W. Då kan 20 VDC vara en lämplig spänningsnivå för dessa apparater för att anpassa till de små apparaterna som finns i villan.

Det kan dyka upp många apparater i huset som kräver en effekt på mer än 50 W och mindre än 400 W, då det är möjligt att använda 54 VDC.

På detta sätt har man möjlighet att sätta vilken spänning nivå man vill, så att den kan anpassas lik den effekten som krävs.

3.7.1 Tillämpningen

Ett mål i denna rapport är att minska förlusterna i huset då utgår man utifrån dessa DC distributionssystem som man kan ha i huset. I fall där man tillämpar 380 VDC och en till spänningsnivå som passar de enheter som kräver mindre effekt i huset och totalförbrukning är 7332 kWh då det finns inga likriktnings förluster som det nämnts i rapporten. Därefter behöver man beräkna strömmen som går genom varje last genom att dividerar effekt genom spänningen.

$$I = P/U \quad (8)$$

Tvärsnittet för varje kabel kan väljas men detta beror på vilken max strömmen som kabeln kan bära. Resistansen kan beräknas genom (5). Dessa är för att beräkna ledningsförlusterna. Enligt de angivna värden så kan man beräkna effektförluster genom ledningarna.

$$P = RI^2 \quad (9)$$

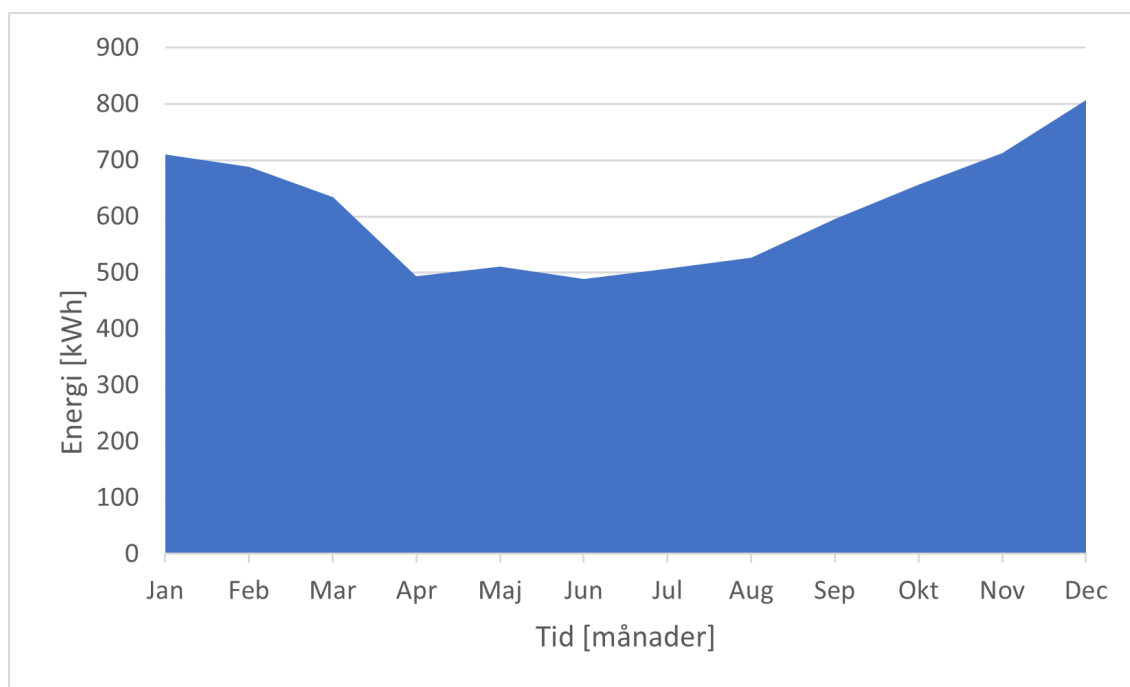
Dock för att beräkna all förluster som sker i detta system så har systemet förluster i omvandlingsenheterna som beror på effektivitet och detta kan beräknas genom att dela utgångseffekt med ingångseffekt.

4 Resultat och analys

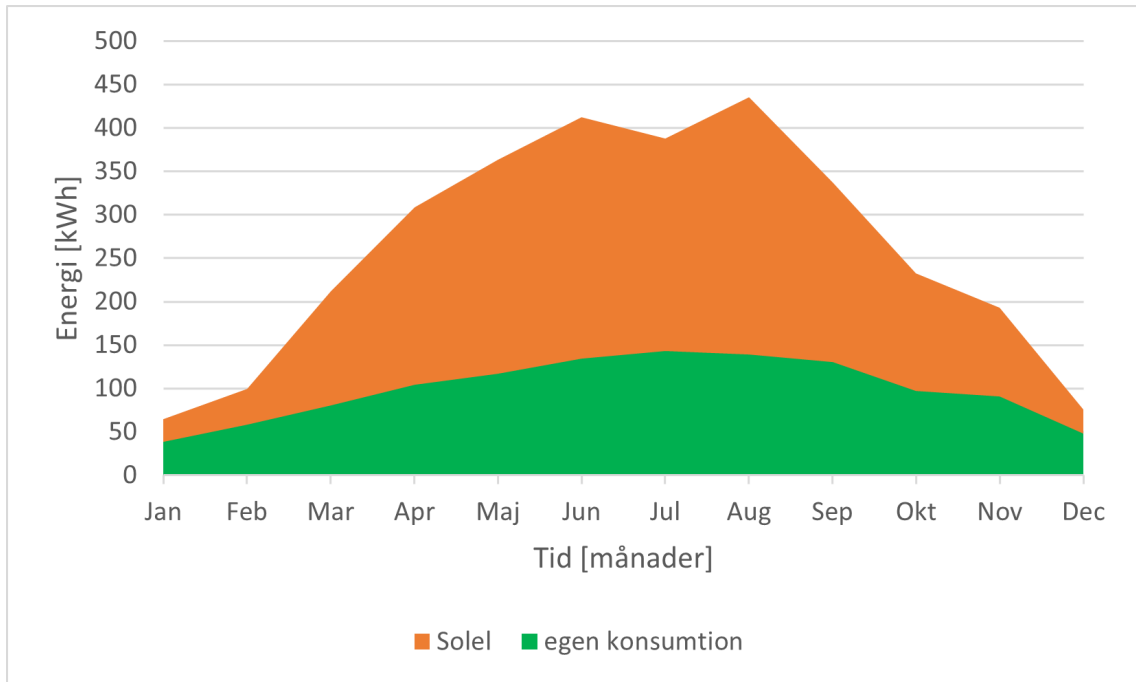
4.1 Verkan av solet

Målet med denna rapport är att se hur förbrukningen av elektrisk energi blir med och utan solenergi. I den tidigare delen av rapporten såg vi hur förbrukningen skulle bli utan användning av solenergi, och i den här delen av rapporten kommer man att se hur solenergi kan kompensera för en stor del av energin som används från det vanliga nätet.

Figur 10 illustrerar hur laster ser ut under ett år om man bortser från solet och då kan man räkna ut den energin som måste köpas från nätet. När man får solet som illustreras i Figur 11 bli den gröna delen den spar delen, det vill säga det man slipper att köpa från nätet och den delen kallas för egenkonsumtion. Den andra konsekvensen blir när solet är högre än lasten och inte har batterielager, som i vårt fall, då kommer överskottets energin att matas ut till nätet som presenteras i Figur 11 med den orange delen.



Figur 10: El konsumtion av laster utan solet under ett år.



Figur 11: Solel produktion och egenkonsumtion under ett år

Tabell 8 visar hur mycket el som konsumeras av RISEvillan och hur mycket so-
 lel som produceras av solpaneler samt hur mycket egenkonsumtion som utnyttjas
 från solelen varje månad. Överskottet (1942,3[kWh] per år) av solel kan levereras
 och säljas till nätet. Enligt Swedish Energy Agency [10] så var priset för solel som
 producerats av solpaneler 0,43 SEK/kWh. Vinsten av överskottet från solel blir då

$$VINST = 0,43 * 1942,3 = 835,18 \text{ SEK/år} \quad (10)$$

Det finns två fördelar för solel:

Den första är att man får pengarna tillbaka av överskottet från solel. Den andra
 är att man minskar elmängden som köps från nätet. På så sätt kan solpaneler vara
 en lönsam investering.

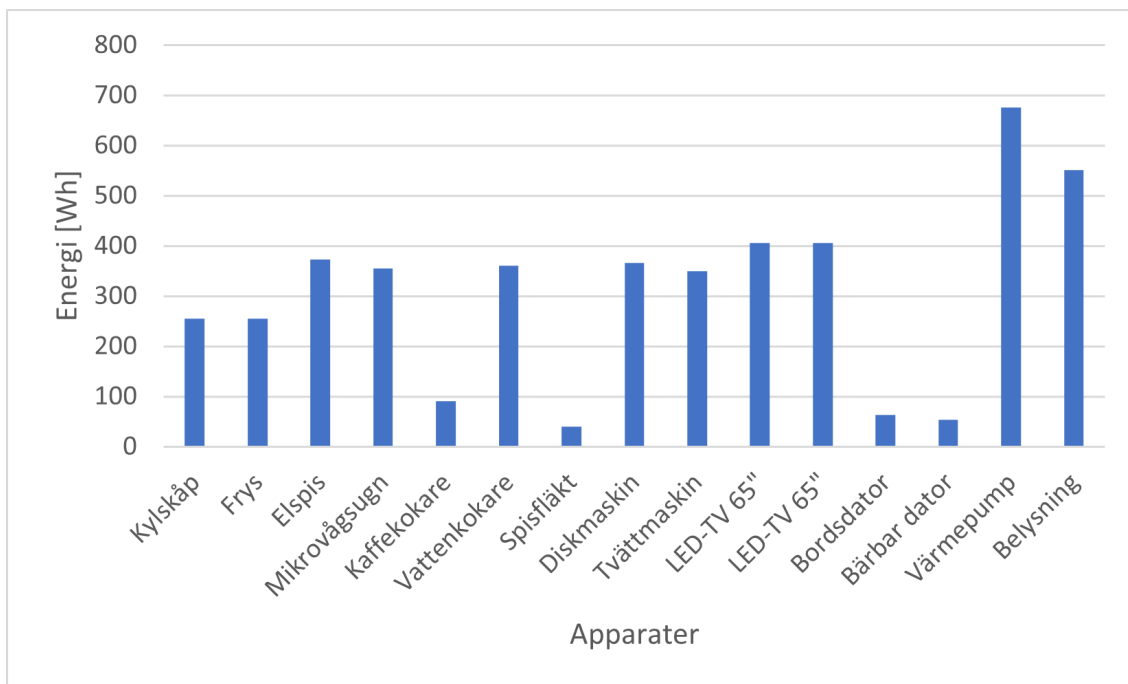
Tabell 8: Konsumtionen med solet

| Månader | Last [kWh] | Solet [kWh] | Egen konsumtion[kWh] | Överskottet av solet[kWh] |
|---------|------------|-------------|----------------------|---------------------------|
| Jan | 710,5 | 64,6 | 38,6 | 26 |
| Feb | 688,1 | 99,6 | 58,5 | 41,1 |
| Mar | 634,5 | 211,5 | 80,7 | 130,8 |
| Apr | 493,2 | 308,9 | 103,9 | 205 |
| Maj | 510,9 | 362,8 | 116,6 | 246,2 |
| Jun | 488,8 | 412,6 | 134,1 | 278,5 |
| Jul | 507,4 | 388,1 | 143 | 245,1 |
| Aug | 526,4 | 435,5 | 139,4 | 296,1 |
| Sep | 595,2 | 337,4 | 129,9 | 207,5 |
| Okt | 656,9 | 232,5 | 97 | 135,5 |
| Nov | 713,2 | 192,9 | 90,3 | 102,6 |
| Dec | 806,6 | 75,7 | 47,8 | 27,9 |
| Totalt | 7331,9 | 3122,1 | 1179,8 | 1942,3 |

4.2 Lösningens förslag till elförluster

I Figur 12 man kan se att el förluster i värmepump är ju störst och detta beror på sin stor effekt.

För att minska dessa förluster som sker i värmepump, belysning och de andra apparater då har vi en lösningensförslag och det handlar om att välja en större arean för kabeln alltså ha en tjock kabel då får man mindre motstånd och därmed mindre förluster.



Figur 12: Förbrukning och förluster för alla apparater som ingår i rapporten.

I Tabell 9 ser man att värmepumpens förluster har minskat till hälften och det gäller för de andra apparaterna. Denna metod antogs i denna rapport som en lösning för att minska elförluster.

Tabell 9: Kabels förluster till värmepump och belysning efter nya beräkningar.

| Apparater | Energins förluster per år [Wh] |
|-----------|--------------------------------|
| Värmepump | 394,56 |
| Belysning | 292,15 |

I Tabell 10 så ser man att även de andra apparaternas förluster har minskat och detta beror på ändringen av kabelarean.

Tabell 10: Kabels förluster till apparaterna efter nya beräkningar.

| Apparater | Effekts förluster[W] | Energins förluster per år [Wh] |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|
| Kylskåp | 0,02 | 127,61 |
| Frys | 0,02 | 127,61 |
| Elspis | 2,04 | 372,3 |
| Mikrovågsugn | 3,88 | 177,35 |
| Kaffekokare | 0,98 | 45,04 |
| Vattenkokare | 3,94 | 180,16 |
| Spisfläkt | 0,10 | 20,01 |
| Diskmaskin | 2 | 366,48 |
| Tvättmaskin | 0,95 | 174,51 |
| LED-TV 65" | 0,27 | 202,68 |
| LED-TV 65" | 0,55 | 202,68 |
| Bordsdator | 0,08 | 47,45 |
| Bärbar dator | 0,07 | 39,64 |
| Total förluster | 14,98 | 2083,59 |

5 Diskussion

Genom denna undersökning som utförts på huset kan det konstateras att det finns en mängd energi som har förbrukats, men denna energi är aktiv effekt, det vill säga att enheten som använder elen inte kan visa hur stora elförluster som kan tappas på väg tills den aktiva effekten når enheten.

I paragraf 2.3 kan man dra slutsatsen att en betydande mängd förluster finns i överföringskablar och omvandlingsenheter och dessa kan minskas genom att välja större kabelarea och minska antal switchar och omvandlingsenheter genom att välja ett DC disrutionsystem som går från källan till lasten direkt. Varje gång strömmen överförs genom kablarna uppstår elektriska förluster, som också kallas för överföringsförluster, och även när man omvandlar från växelström till likström eller vice versa, finns det energi förluster, som kallas omvandlingsförluster. I allmänhet kan dessa förluster inte undvikas, eftersom dessa förluster beror på kablar som överför strömmen, och också på omvandlingsenheter och verkningsgrad, dvs i om det är på eller av läge (ON, OFF).

Genom (3) i paragraf 2.3.1 visas det att effektsförluster är direkt relaterad till kabelns motstånd och strömmen som passerar i kablarna, vilket innebär att förhållandet är direkt mellan den förlorade energin och motståndet hos kablarna, ju lägre motstånd, desto mindre förluster. I (5) i samma paragraf visas det att kabeltvärsnittets area har en viktig roll för att minska eller öka dess motstånd, eftersom ju större kabelns bredd är, desto lägre motstånd och därmed mindre elektriska förluster.

Slutligen, kan man konstatera att de elektriska förlusterna kan minskas, men man kan inte få noll energiförluster. Man kan sammanfatta att vid 380 VDC och en mindre spänningsnivå, då kommer förlusterna finnas i ledningar vid denna spänningsnivå samt förluster i omvandlings enheter från 380 VDC till en viss spänning nivå. Men om det finns laster som kräver effekt mindre än 500 W då behöver systemet omvandlings enheter och då kommer förlusterna att ske som det nämnts.

Fördelen med DC distributionssystem jämfört med AC distributionssystem är att elförluster kan minskas, särskilt när både generator och förbrukning utförs med DC. Därför är ett DC -distributionssystem mer effektivt än ett AC distributions-system, vilket innebär att det finns en bättre användning av resurser: mindre energi förbrukas och därför är kostnaden för den förbrukade energin är liten. Slutsatsen av detta är att det finns inga likriktnings förluster i 380V DC distributionssystem och en spänning nivå till. Nackdelen med detta system är att effektiviteten kan vara låg på grund av omvandlingsförlusterna som sker när systemet omvandla från 380 VDC till en mindre spänningsnivå.

Referenser

- [1] energimyndigheten. *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2016*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/bostader/energistatistik-for-smahus-flerbostadshus-och-lokaler-2016.pdf>. (Hämtad 18 Aug, 2021).
- [2] Vattenfall. *Är min elförbrukning normal?* URL: <https://www.vattenfall.se/fokus/hus-hem/vad-ar-normal-elforbrukning/>. (Hämtad 01 maj, 2021).
- [3] Konsumenternas energimarknadsbyrå. *Normal elförbrukning och elkostnad för villa*. URL: <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/>. (Hämtad 05 maj, 2021).
- [4] Patrik OLLAS. *Energy Savings Using a Direct Current Distribution Network in a PV and Battery Equipped Residential Building. 2020. PhD Thesis. Chalmers Tekniska Högskola*.
- [5] Per Bergqvist. *Vad är en växelriktare?* URL: https://www.molndalenergi.se/kunskap/vad-ar-en-vaxelriktare?utm_term=&utm_campaign=Dynamic+Search+Ads&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=3607733834&hsa_cam=9717461689&hsa_grp=103429647310&hsa_ad=427516637696&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-19959388920&hsa_kw=&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAjwtdcFBhBAEiwAKOIy5w6y9Q2DaLDvsDo3VipR4rAQAvD_BwE. (Hämtad 07 maj, 2021).
- [6] Mats. Kretsteori SJÖBERG Daniel; GUSTAFSSON. *ellära och elektronik. Institutionen för Elektro-och informationsteknik, 2008*.
- [7] Caruna. *Elapparaternas elförbrukning i medeltal*. URL: <https://www.caruna.fi/sv/tjanster/energieffektivitet/elapparaternas-elforbrukning-i-medeltal>. (Hämtad 08 maj, 2021).
- [8] Raymond T. Fonash. *Solar cell*. URL: <https://www.britannica.com/technology/solar-cell#ref45871>. (Hämtad 15 maj, 2021).
- [9] Maria Cristina Moreno Sánchez. *Feasible DC voltage levels in households. 2018. Master Thesis. Chalmers Tekniska Högskola*.
- [10] Swedish energy agency. *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden*. URL: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/08/NSR_Sweden_2019.pdf. (Hämtad 01 sep, 2021).