

# EFFEKTIVISERING MED SOLCELLER

– EFFEKTIVISERING AV GÅRD

Projektrapport – Examensarbete

Simon Andreasson

**Program:** Energiingenjörsprogrammet

**Svensk titel:** Effektivisering med hjälp av solceller

**Engelsk titel:** Efficiency improvement with the help of solar power

**Utgivningsår:** 2025

**Författare:** Simon Andreasson

**Handledare:** Michael Johansson

**Examinator:** Peter Axelberg

**Nyckelord:** Solceller, hållbarhet, effektivisering, förbränning,

**Sammanfattning:** Utanför Floda finns det en gård med fyra villor, ett stall och en större manege. Det krävs mycket energi för att kunna hålla en god temperatur i husen för att inte uppleva diskomfort, och detta görs med hjälp av en förbränningspanna som har bränslet både flis och hästgödsel. Detta fungerar bra, men det kommer med mycket arbete och kan påverka miljön negativt. Därför vill ägarna nu ta reda på om det finns andra alternativ för pannan eller komplement. Detta projekt kommer att undersöka om solceller som placeras på stallet och manegen kan ersätta pannan, eller om pannan kan vara ett komplement till solcellerna.

De viktigaste frågorna som är för detta projekt kommer att besvaras i slutet av denna rapport är om pannan är ett komplement eller om den kan kopplas bort, hur lång är återbetalningstiden och finns det även en möjlighet för att ett solcellsbatteri skulle kunna passa till detta system.

**Abstract:** In Floda, there is a small farm where there are four bungalows, one stable, and one larger riding stable. It takes a lot of energy to heat all of these buildings so that the owners don't have to feel discomfort with the temperature, and now this energy is produced with the help of a combustion boiler that burns both wood chips and horse manure. At this moment, this process is working, but it comes with a lot of work and also has a negative effect on the environment. This is why the owners want to make a change and investigate if there is any other option for replacing the combustion boiler or if it can be more of a complement. In this project, it will be investigated if the boiler can be replaced with solar power or if these two types of energy producers can work together.

The main question that will be answered in this project is if the combustion boiler can be replaced, how long it takes for the solar power to pay back itself, and if there is a possibility to invest in a solar power battery.

## Innehåll

1 Inledning .....	4
1.2 Syfte .....	4
1.3 Begränsningar .....	5
2 Teori.....	6
2.1 Anläggningens yta .....	6
2.2 Dimensionering solceller .....	8
2.3 Pannans effekt.....	9
2.3 Bränsle .....	10
2.5 Batteri till solceller.....	11
2.5 Elanvändning per år .....	11
2.6 Ekonomisk kalkyl .....	12
2.7 Beräkningar.....	12
2.8.1 Formelsamling .....	12
2.7.2 Mätningar.....	13
3 Tillvägagångsätt och materiel .....	14
3.1 Tak och solceller .....	14
3.2 Panna.....	15
3.3 Jämförelse effekt.....	15
3.4 Ekonomisk jämförelse .....	16
4. Resultat .....	17
4.1 Pannans effekt.....	17
4.2 Elförbrukning och solceller.....	17
4.3 Ekonomisk kalkyl .....	18
4.4 Effekt- och ekonomisk jämförelse .....	21
5 Diskussion.....	23
6 Slutsats .....	25
7 Referenser .....	26
8 Bilagor.....	28

# 1 Inledning

Energieffektiviseringen av byggnader i Sverige pågår ständigt. För att få en godkänd deklARATION behöver husägarna sträva efter att effektivisera sina villor och verksamheter. Detta kan uppnås på olika sätt, men många av alternativen är ofta mycket kostsamma, såsom att byta fönster, isolera väggar eller byta tak. Det finns dock vissa typer av uppgraderingar som kan betala sig själva, och en av dessa är solceller.

Redan på 1950-talet lanserade Bell Laboratories de första solcellerna, men verkningsgraden var mycket låg, endast sex procent. Sedan dess har solcellerna gjort stora framsteg tack vare nya, mer effektiva material. Detta har lett till en markant ökning av verkningsgraden, vilket gör att solceller idag har en betydande närvaro i samhället och kan fortsätta försörja många byggnader med miljövänlig och billig energi under lång tid framöver (Solcellsoffert, 2024).

Utanför Floda finns en gård med tre villor, en manege och ett stall som driver en ridverksamhet. Eftersom gården årligen förbrukar mycket energi vill ägarna fördjupa sig i hur den kan effektiviseras och bli mer ekonomiskt lönsam. Detta projekt kommer därför att fokusera på hur solceller kan bidra till detta. Solceller kan förbättra energideklARATIONEN, sänka elkostnaderna och utgöra ett effektivt och miljövänligt alternativ till den nuvarande förbränningspannan som försörjer gården med varmt vatten

## 1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att effektivisera gården med hjälp av solceller och att ta reda på om det är ett komplement eller om pannan kan bytas ut. Dessutom ska kostnaderna undersökas för att genomföra detta projekt.

För att uppnå detta syfte kommer tre frågor att besvaras:

- Kan pannan bytas ut eller är det bara ett komplement?
- Bör ägarna köpa ett batteri till solcellerna?
- Hur lång är återbetalningstiden

## 1.3 Begränsningar

Begränsningar är mycket viktiga för detta projekt på grund av de stora variationerna från år till år. Därför har följande begränsningar fastställts:

- Flis och gödsel har satts till 40 respektive 80 procent fuktighetshalt.

Flisens kvalitet varierar årligen beroende på hur länge den har lagrats och vilken typ av stam den kommer från.

- Dagar som pannan är i drift.

Antalet dagar som pannan är i drift varierar från år till år, vilket gör att ägaren måste uppskatta hur många dagar den är aktiv.

- Noggrannheten i mängden flis och hästgödsel beror på hur mycket material som finns tillgängligt.

Eftersom det kan finnas en liten mängd torv i hästgödsel antas detta vara ren gödsel utan torv, vilket kan variera beroende på vem som mockar. Flisen kan variera i storlek, men i beräkningarna för detta projekt anses den vara konstant.

- Takets kapacitet för solceller.

Eftersom taket är gammalt behövdes en beräkning av hur många solceller det kan bära. Detta är ett omfattande arbete, och i detta projekt finns det ingen specifik gräns för hur många solceller taket kan hantera.

## 2 Teori

För att projektet ska vara så verklighetstroget som möjligt krävs noggrannhet med de olika startvärdena. Därför läggs stor vikt vid teorin och mätningarna kring alla moment. Nedan kommer teorin för de olika delarna att gås igenom för att ge en tydlig och precis förståelse av projektet. Eftersom varje moment är unikt kommer denna del att behandla varje del för sig.

För att kunna verkligen förstå hur mycket solcellerna påverkas utav omgivning som placering och hur tätt dem ska sitta ihop med mera har (Franz & Dumke, 2025) varit till mycket hjälp. Mycket givande artikel för att ytterligare kunna förstå hur solcellerna fungerar och hur dem olika typerna kan skilja sig åt samt problem som kan uppstå har även (Badar Hayat, et al., 2018) varit till mycket stor hjälp i detta arbete.

I grunden av denna rapport är också en artikel som visar tyngden av hur viktigt det är att gårdar även har möjligheten till att bli mer självförsörjande och kan sänka utsläppen med hjälp utav solceller vilket kan anpassas för denna gård som detta examensarbete handlar om (Adriano, et al., 2023).

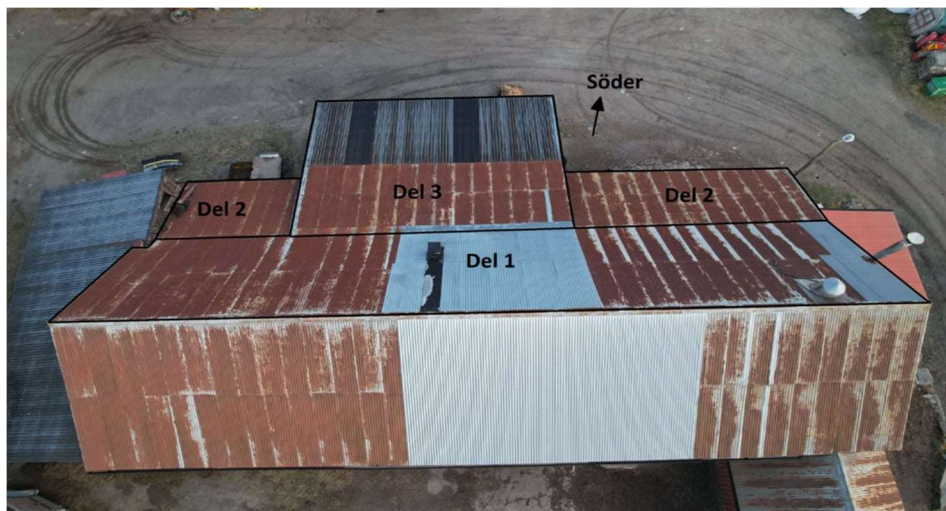
### 2.1 Anläggningens yta

Stallet har många olika vinklar och är inte helt rakt på flera ställen. Därför är det viktigt att göra beräkningar för att kunna dimensionera solcellerna på rätt sätt. Detta har gjorts på två olika metoder, där en av dem innebär att multiplicera längden med bredden för varje del. Varje del har också en vinkel, som har beräknats med hjälp av trigonometri, där tangens har använts. För att dessa beräkningar ska bli korrekta har måtten tagits från en del uppe i taknocken.

För manegen var vinklarna annorlunda, eftersom hela taket lutar lika mycket på sydsidan. Det har dock gjorts avdrag på arean, eftersom det finns delar av taket där solceller inte kan installeras, till exempel där skorstenar och andra rör sticker upp.

I figur 2.1 nedan visas stalltaket med foton tagna av en drönare, som har redigerats för att tydligt visa de olika delarna. Figuren visar tre olika sektioner, där varje del har olika vinklar,

förutom del två som är placerad på två ställen. Dessa har samma vinkel men olika ytor. Med hjälp av denna bild kan utföraren enkelt dimensionera solcellerna och se var de kan placeras.



Figur 2.1 Visar stallet med ett kort taget från en drönare och visar hur taket är indelat i delar från 1-3 och även riktningen för söder.

I figur 2.2 nedan visas manegetaket med hjälp av drönarfoton, där del 4 tydligt framhävs samt riktningen mot söder. Denna bild underlättar dimensioneringen av solcellerna och visar dessutom att hela del fyra har samma vinkel, vilket innebär att hela det södra taket kommer att ha samma verkningsgrad.



Figur 2.2 Visar maneger med ett kort taget från en drönare och visar hur taket har en del 4 och även riktningen för söder.

Beräkningen baseras enbart på sydsidan av anläggningarna, eftersom (Siden, et al., 2025) alternativt (Abel & Elmroth, 2016) visar att verkningsgraden är absolut högst där. Det är därför fördelaktigt att rikta solcellerna mot söder istället för norr. Vinkeln har också stor betydelse, men i detta fall kommer solcellerna att placeras i samma vinkel som taket för att undvika kostnader för att justera dem till en optimal lutning.

## 2.2 Dimensionering solceller

Enligt (Krishna, et al., 2021) och (solenergi, 2024) varierar effekten för solceller beroende på vinkel, riktning och placering i landet. Den mest effektiva vinkeln är 40 grader mot söder. Det är också betydligt mer effektivt att rikta solcellerna mot söder än mot norr, vilket innebär att solceller bör placeras mot söder och inte mot norr. Skillnaden i verkningsgrad beroende på vinklarna ökar ju mer lutning som används, medan den successivt minskar ju längre bort från 40 grader solcellerna vinklas.

En aspekt som behöver beaktas när det gäller solceller är hur olika årstider påverkar systemet. Under vintern är soltimmarna betydligt färre än på sommaren, och elbehovet på gården är också lägre under sommaren jämfört med vintern. Enligt (Vattenfall, 2024) var solindexet 6,8 och den globala strålningen 1025 kWh/kvm under året 2017. År 2023 var solindexet 6,9 och den globala strålningen 1020 kWh/kvm. Den globala strålningen avser inte soltimmar, utan hur mycket energi som når varje kvadratmeter.

Jämförelsen mellan 2017 och 2023 visar att både indexen och instrålningen varierar, vilket innebär att beräkningarna som görs för detta projekt endast avser det aktuella året. Detta gäller även för de olika månaderna under året, då det globala strålningsvärdet, som nämndes ovan, är ett medelvärde för hela året. Det innebär att strålningen är högre på sommaren och lägre på vintern. Under vintern, när mer energi behövs på grund av lägre utetemperaturer och behovet av att värma upp bostäder, kommer strålningsvärdet att vara lägre. Detta resulterar i att solcellerna inte producerar lika mycket energi per kvadratmeter.

Effekterna varierar beroende på vilken typ av solcell som ska användas, eftersom det finns flera olika typer att välja mellan. Enligt (Siden, et al., 2025) är den vanligaste typen av solceller kiselceller, vilka inkluderar både monokristallina och polykristallina solceller. Dessa två typer har olika egenskaper och prisnivåer. Polykristallina solceller är billigare än monokristallina, vilket gör att många väljer dem av den anledningen. Nackdelen med polykristallina solceller är att deras effekt är lägre än monokristallina solceller, eftersom monokristallina är tillverkade av en hel kiselkristall, vilket ger en högre verkningsgrad. Polykristallina solceller består i stället av kiselkärvor, vilket leder till en ännu lägre verkningsgrad. Därför behöver den som överväger att installera solceller noggrant bedöma vilken typ av byggnad som ska uppgraderas med solceller och därefter avgöra om monokristallina eller polykristallina solceller är det bästa alternativet.

Enligt (Vattenfall, 2024) är växelriktaren solcellernas hjärta. Den omvandlar den likström som genereras av solcellerna till växelström, vilket är det som vårt elnät använder. Växelriktaren kan också justera spänningarna och producera rena sinusvågor, vilket gör att elen blir av högre kvalitet. Förutom dessa funktioner fördelar växelriktaren även elen till olika uttag och transporterar överskottsel till elnätet. Enligt (Eon, 2025) har en växelriktares livslängd en genomsnittlig längd på 15 år, men detta innebär inte att den inte kan gå sönder tidigare. Eons garantitid ligger mellan 7 och 10 år, beroende på vilken typ av växelriktare det handlar om. Därför antas garantitiden vara en indikation på livslängden i ekonomiska

beräkningar, för att säkerställa ekonomisk trygghet, med tanke på att en växelriktare kan gå sönder innan den når 15 år.

## 2.3 Pannans effekt

Pannan är en HKRST-60 förbränningspanna, byggd av REKA KEDLER, vilket visas i figur 2.3. Den använder träflis och hästgödsel som bränsle (A/S, 2014). Pannan fungerar så att bränslet först läggs i ett förråd utanför pannan, varefter en skruv automatiskt drar in bränslet i förbränningskammaren. Inuti kammaren finns plattor med rör fyllda med vatten, som värms upp under förbränningen. Det uppvärmda vattnet transporteras sedan med hjälp av en pump vidare till varmvattenberedare och därefter till radiatorer, duschar och kranar. Enligt ägaren är pannans drifttid 273 dagar om året, men detta kan variera beroende på utetemperaturen.



Figur 2.3 Visar hur pannan HKRST-60 ser där figuren visar pannan, askhållare, rör för rökgaser och luckan in till förbrännaren.

Pannan påverkas mycket av utetemperaturen och mängden tillförd gödsel. Under sommaren är den inte i drift eftersom hästarna är utomhus och ingen gödsel tillförs. Detta leder till att varmvattenberedarna värms upp med elektricitet istället för genom pannan. Pannans drifttid kan även påverkas av driftfel. Enligt ägaren kan skruven ha svårt att föra fram bränslet om det är för blött, vilket kan leda till att pannan släcks. Vanliga problem inkluderar även att skruven går sönder. Därför beräknas pannans drifttid baserat på uppgifter från föregående år, men detta kan variera på grund av externa faktorer.

Underhållet av pannan inkluderar att sota den, tömma den på aska en gång i månaden samt att tända den på sommaren efter att den varit avstängd eller vid driftstopp av de anledningar som nämnts ovan. En panna tappar också i verkningsgrad ju äldre den blir, och detta påverkas av hur ofta man rensar askan och sotar den. Detta kan i slutändan ha stor betydelse för effekterna.

## 2.3 Bränsle

Det finns två olika typer av bränsle för pannan: träflis, som antingen tas från skogen i närheten eller beställs från större bolag vid brist på bränsle runt anläggningarna, samt hästgödsel från 17 hästar. Denna gödsel tas alltid direkt från stallet och läggs ner i pannan, vilket innebär att det aldrig är mer än en dag gammalt innan det förvaras i förrådet.

Effekten av hästgödsel kan bestämmas med hjälp av (Nilsson, 2015), men enligt ägaren kan denna påverkas av fuktighetshalten, som varierar beroende på vad de olika hästarna äter. Under vintern, när hästarna får silage, hö och havre, påverkar detta effekten jämfört med sommarens gräsfodring. Fuktighetshalten har en betydande inverkan på förbränningen. Eftersom hästar smälter maten olika, kan gödslet ha olika konsistenser, vilket innebär att vissa hästars avföring är fuktigare än andras. Detta kan leda till sämre förbränning och driftfel för pannan. Ägaren har märkt att när gödslet är extra blött leder det till driftfel, och i detta fall förväntas fuktigheten vara 80 procent, vilket resulterar i att effekten endast når 20 procent av maxeffekten för hästgödsel.

Fukthalten i flisen kan också variera beroende på hur länge trästammarna har legat innan de flisas ner. Om stammarna har legat länge kan de ha torkat och resultera i mindre fuktig flis, medan stammar som flisats ner direkt ger fuktigare flis. Enligt ägaren har den blöta flisen skapat problem för pannan, vilket gör att det tar längre tid att värma upp den. Detta stöds av (Werner, 2021) som påpekar att blöt flis brinner sämre, eftersom det inte bara är rent träflis utan även vatten i flisen. Om flisen är mycket blöt kan det leda till att pannan stannar och måste tömmas och startas om.

Volymen av bränslet kan variera från år till år beroende på utetemperaturen och energibehovet. Enligt ägaren användes förra året åtta skottkärror med gödsel och en skopa flis per dag. Eftersom en skopa är 1,2 kubikmeter och en skottkärra rymmer 120 liter, kan man enkelt beräkna den totala volymen av flis och gödsel som används varje år för pannan. Med hjälp av kunskapen om volymen av flis som används kan även det totala priset beräknas med hjälp av (Hartilltradexpert, 2024), vilket ger en årlig kostnad.

## 2.5 Batteri till solceller

Ett solcells batteri kan fungera som ett komplement till solcellsanläggningar, vilket ökar självförsörjningen, minskar elräkningarna och höjer värdet på villan genom att förbättra energiklassen (Vattenfall, 2025). Solcells batterier fungerar vanligtvis så att när ägaren använder mindre el än vad som produceras, laddas batteriet med den överflödiga elen. Denna lagrade energi används sedan när produktionen är lägre än förbrukningen. Det finns olika typer av batterier; vissa kan lagra upp till 15 kWh, medan andra har en kapacitet på upp till 40 kWh. Priserna för solcells batterier varierar mellan 50 000 och 120 000 kronor, beroende på leverantör och batterimodell. Det finns även skatteavdrag som kan göra investeringen något billigare. Enligt (Vattenfall, 2025) är produktgarantin 10 år, vilket innebär att ägaren kan behöva köpa ett nytt batteri efter 11 år.

## 2.5 Elanvändning per år

Elanvändningen varierar för varje gård och hushåll från år till år, men med hjälp av ägaren kunde denna siffra fastställas genom att granska tidigare fakturor från Vattenfall. Enligt fakturorna är elförbrukningen från april 2024 till mars 2025. Under denna period var pannan inte i drift, vilket gör att värdet är högt. Genom att använda fakturor för hela 2023 framgår det tydligare att pannan har en stor påverkan på elförbrukningen, då den enligt Vattenfall var mycket lägre 2023 än var det var 2024/2025. Detta innebär att pannans värmeproduktion möjliggör att 30 procent av elbehovet kan ersättas, men detta kan variera beroende på de olika faktorer som redan nämnts. I tabell 2.1 visas den årliga elförbrukningen för varje månad från 2023 till 2025. Under perioden 2024 till 2025 var pannan inte i drift, vilket syns i elförbrukningen under vintern.

Tabell 2.1: Visar elförbrukningen från månad januari till december i kolumn ett och tre. I kolumn två och fyra visas elförbrukningen för månaden. I rad ett visas det vilket år detta var under.

2023		2024-2025	
Månad	kWh	Månad	kWh
Jan	4 400	Jan 2025	11 825
Feb	3 702	Feb 2025	11 503
mar	3 811	Mar 2025	10 907
apr	3 158	Apr 2024	9 507
maj	2 717	Maj 2024	7 343
jun	2 666	Jun 2024	4 385
jul	3 503	Jul 2024	4 504
aug	4 609	Aug 2024	4 102
sep	5 053	Sep 2024	3 863
okt	4 175	Okt 2024	5 865
nov	4 467	Nov 2024	9 217
dec	4 800	Dec 2024	11 305

## 2.6 Ekonomisk kalkyl

Ekonomisk kalkyl är för att kunna bestämma om insatsen kommer att vara lönsam eller om det enbart kommer att kosta mer pengar. I denna ekonomiska kalkyl kommer pay-pack tiden beräknas. Pay-back är hur lång tid det tar för uppgraderingen kommer att betala tillbaka sig själv i form av besparingar eller i detta fall besparingar och möjligtvis det som säljs ut på elnätet (Abel & Elmroth, 2016). Det som kan påverka en ekonomisk kalkyl kan variera beroende på vad som tar hänsyn till eller inte. Som ett exempel kan flis vara en besparing om pannan inte är i gång. Detta gör att det är mycket viktigt att vara konsekvent med en ekonomisk kalkyl och tydlig med vad som tas hänsyn till och var begränsningarna är. Ett annat alternativ är att det utförs flera ekonomiska kalkyler och pay-back för olika synsätt och begränsningar för att kunna få en mer precision och verklighetstroget resultat. Enligt (Abel & Elmroth, 2016) kommer räntan att tas med när utföraren gör en LCC (life cycle cost) vilket inte kommer att bli medräknad i dem här beräkningarna då det inte är ekonomiskt stabilt i världen nu vilket påverkar räntan.

## 2.7 Beräkningar

Eftersom det finns många olika formler att använda kommer jag att nämna dem nedan. Eftersom beräkningarna är omfattande behövs en tydlig struktur för vilka mätningar som har använts. Detta kommer också att visas nedan för att enkelt kunna koppla samman hur detta projekt har utförts rent beräkningsmässigt.

### 2.8.1 Formelsamling

I denna del kommer de mer utvecklade formlerna att presenteras för att tydligt koppla dem till projektets process, så att läsaren enklare kan förstå vad som sker. Denna del täcker inte in ekvationer som används för att räkna om enheter. Dessa ekvationer återfinns i formelsamlingarna (Elovsson & Alvarez, 2022) och (Ölme, 2019).

$$\frac{\text{Antal skottkärror} * \text{liter för skottkärra}}{1000} * \text{dagar} = \text{Kubikmeter per år} \quad (1)$$

$$\text{Skopas kubikmeter} * \text{dagar} = \text{Kubikmeter per år} \quad (2)$$

$$\text{Effekt (gödsel)} * \text{fuktighet} = \text{verklig effekt gödse} \quad (3)$$

$$\text{Effekt} * \text{volym (bränsle) per år} = \text{kWh} \quad (4)$$

$$\text{Effekt solcell} * \text{verkningsgrad} = \text{Verklig effekt solcell} \quad (5)$$

$$\text{Verklig effekt solcell} - \text{elförbrukning} = (\pm)\text{effekt} \quad (6)$$

$$\text{Investering} + \text{kostnad (bränsle)} + \text{kostnad(el)} = \text{Kostnad för första året} \quad (7)$$

$$\text{Kostnad för förgående år} + \text{kostnad(bränsle)} + \text{kostnad(el)} = \text{Kostnad för nuvarande år} \quad (8)$$

$$(\pm)\text{effekt} * \frac{\text{kr}}{\text{kWh}} (\text{El}) + \text{kostnad(flis)} * \text{år} = \text{besparing} \quad (9)$$

$$\text{Antal solceller} * \text{verklig effekt solcell} = \text{Total effekt för solceller (kWh)} \quad (10)$$

## 2.7.2 Mätningar

I tabellen nedan visas de grundvärden som har använts för att kunna utveckla värden under projektets gång. Inte alla mätningar finns med här, utan dessa kommer istället att representeras i resultatets delen, som till exempel antalet solceller som kommer att placeras på taket.

Tabell 2.2: Visar mätningar som utförts och vad för enhet dem olika mätningarna har.

Skottkärra	0,12 kubikmeter
Skopa	1,2 kubikmeter
Stalltak	279 kvadratmeter
Manegetak	231 kvadratmeter
Skottkärror per dag	8
Skopor per dag	1
Energi gödsel	1 825 kwh/kubikmeter
Energi flis	909 kwh/kubik
Panna i drift	273 dagar

### 3 Tillvägagångsätt och materiel

För att kunna utföra denna undersökning krävs det mycket förarbete och information från ägaren av husen. Verktygen som användes under denna undersökning var boschmätinstrument, bruksanvisning för pannan, elanvändningen för gården och en tumstock för att beräkna skopan. Verktygen som användes visas även i figur 3.1 nedan och manualen hittas enligt (A/S, 2014). Elanvändningen hittas i gamla fakturor skickade från Vattenfall samt finns det en uppställning i teoridelen av detta projekt.



Figur 3.1: Visar en tumstock åt vänster på bilden och en boschmätinstrument åt höger på bilden.

#### 3.1 Tak och solceller

För att kunna få fram ett resultat för syftet i denna rapport började utförandet med att mäta taket detta utfördes med att hjälpa utav mätinstrumentet från Bosch och mätte då längden och bredden på både manegen och stallet. Då det var olika vinklar på stallet behövdes därför dem här vinklarna att beräknas då dem har en stor påverkan på solcellernas verkningsgrad. Detta utfördes med hjälp av trigonometriska formler tagna ur (Ölme, 2019) och efter detta kunna arean räknas ut för taken med en speciell vinkel. Sedan med hjälp av att se hur mycket en solcell tar upp för yta kunde solcellernas fördelas över taket och med verkningsgraden kunde effekten beräknas med hjälp av ekvation 5 och (Solenergi, 2024). Därefter adderas alla dem olika effekterna för dem olika takdelarna och en total effekt för både manege och stallet kunde erhållas med hjälp utav ekvation 10.

## 3.2 Panna

Andra delen av detta projekt var att beräkna hur mycket effekt pannan kan leverera till byggnaderna. Detta beräknas i flera steg, men det började med att hitta hur mycket effekt man får ut av pannan. Eftersom mycket påverkar energiinnehållet antas det att flisen som eldas har en fuktighetshalt på 40 procent för att underlätta beräkningarna, och att fuktigheten för gödsel är 80 procent.

Med denna formel kan man gå vidare till nästa steg, vilket är att se över hur mycket energiinnehåll det finns i bränslet till pannan, vilket är flis och hästgödsel. Detta utfördes med hjälp av (Nilsson, 2015) Därefter användes formel 3 för gödsel och sedan förkortningar till joule per sekund för ett helt år. För att kunna komma fram till hur mycket energi det är per år behövdes även information om hur mycket bränsle som går åt. Detta beräknades genom att fråga ägarna hur många skottkärror med gödsel som används varje dag, samt hur många skopor med flis det går åt. Därefter beräknades hur mycket gödsel som får plats i en skottkärva och multiplicerades med hur många som används varje dag enligt ekvation 1. Detsamma gäller för flis, med skopor istället för skottkärror enligt ekvation 2. När volymen och energin finns kan effekten beräknas för ett år i joule/sekund, och med hjälp av ekvation 4 kan man beräkna pannans effekt varje år. Det sista steget med pannan är att använda volymen för att få fram kostnaden per år för flis, vilket går att hitta på (Hartilltradexpert, 2024).

## 3.3 Jämförelse effekt

För detta moment behövdes pannans totala effekt, och detta hittas genom att kolla på ett år då pannan var i drift jämfört med ett år då pannan inte var i drift. Detta ger ett ungefärligt resultat för hur pannans effekt är, och därefter kan jämförelsen påbörjas. Då solcellernas effekt har erhållits från utförande i 3.1 kan utföraren av projektet jämföra den effekten först med pannan i drift och sedan med pannan ur drift. Då får utföraren fram både effekten när pannan är avstängd och när den är på. Detta utförs genom att subtrahera elanvändningen från året då pannan är aktiv med solcellernas effekt och sedan göra samma sak för det året då pannan inte har varit aktiv. Detta ger ett resultat där utföraren tydligt ser om det finns tillräckligt med solceller eller för lite med solceller för att möta byggnadernas behov av effekt.

### 3.4 Ekonomisk jämförelse

För denna del behövs ekvationerna 3.1-3.3 vara kompletta, och resultatet av dem kommer att användas för denna del. Då effekten av solcellerna är beräknad och pannans effekt kan den ekonomiska jämförelsen, payback och den totala kostnaden beräknas. Med hjälp av (Hartilltradexpert, 2024) och (Vattenfall, 2024) kan det totala priset för solcellerna beräknas, och detta gäller även för växelriktaren som systemet har. När detta är utfört kommer det att vara fyra olika typer av situationer som detta system kommer att beräknas för. De fyra olika typerna är då pannan är i drift och ur drift samt att flisen anses vara gratis eller om den kostar. När alla kostnader är sammanlagda kan beräkningen påbörjas.

Först används ekvation 7 för att beräkna hur mycket det kommer att kosta det första året med solcellerna, och detta varierar beroende på om flisen är gratis eller kostar, vilket medför en högre eller lägre total kostnad. Därefter kommer ekvation 8 att användas för att beräkna hur mycket kostnaden är för det andra året, vilket är det nuvarande året. Man upprepar detta steg med ekvation 8 för år två, och därefter kommer utföraren att få fram hur stor kostnaden är det tredje året. Detta fortsätter utföraren med fram till det åttonde året, eftersom växelriktarens kostnad då kommer att adderas, eftersom livslängden är uppnådd. Sedan fortsätter utföraren med formel 8 fram till det elfte året, och där avvaktar utföraren med ytterligare upprepningar. Nu kan besparingen istället beräknas för varje år, och för varje år adderas årets besparing med den totala besparingen från året innan. Detta gör utföraren tills det visar sig att besparingen kommer i kapp den totala kostnaden.

Den här processen kommer att upprepas fyra gånger total som nämnt tidigare då det finns olika typer utav kostnader beroende på vilken syn som tas på systemet. Det utförs enkelt i Excel där en tydlig struktur kan skapas för dem fyra olika fallen.

## 4. Resultat

I denna del kommer dem olika delarnas resultat att beskrivas och med hjälp utav formlerna som givits tidigare i denna rapport har dem här olika resultaten beräknats fram och representeras här nedan.

### 4.1 Pannans effekt

I tabell 4.1 nedan visas den beräknade pannans effekt i kolumn ett där det är hur mycket energi som matas till pannan under ett helt år i form utav bränsle vilket är 957 461 kWh. I kolumn två visas det hur mycket som pannan har tillfört med hjälp utav vattenfalls elräkningar vilket är 47 265 kWh.

*Tabell 4.1: Beskriver hur mycket som pannan genererar med hjälp utav beräkningar i kolumn ett och i kolumn två med hjälp utav vattenfall.*

Beräkning av panna	Panna med hjälp av vattenfall
957 461 kWh	47 265 kWh

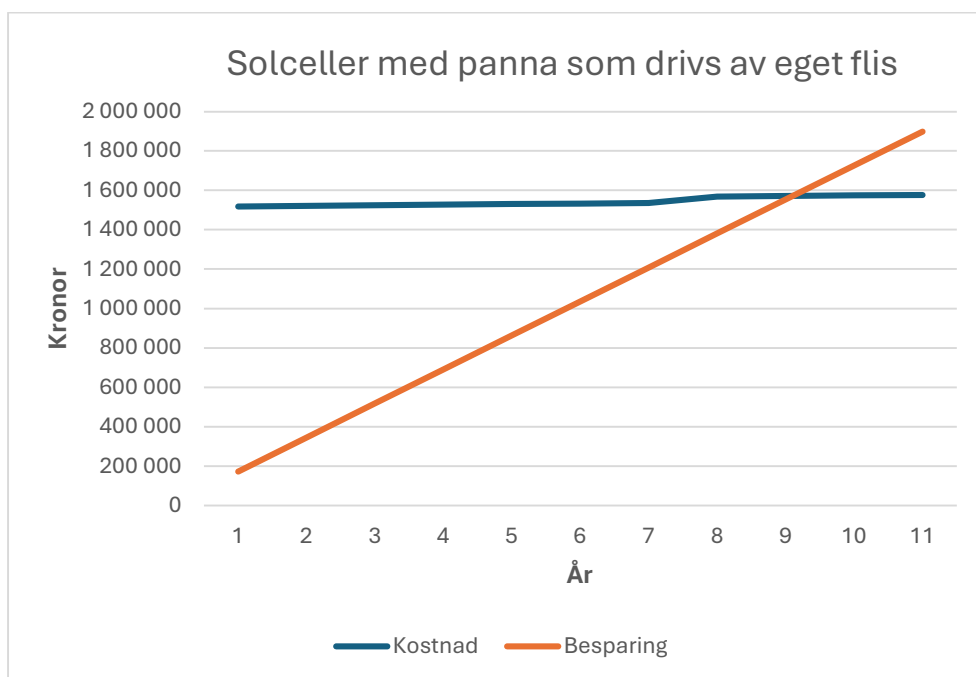
### 4.2 Elförbrukning och solceller

Den totala elförbrukningen för gården var under året 2023 var 47 061 kWh och för i mitten av 2024 till 2025 då pannan inte var i drift var elförbrukningen 94 326 kWh detta är taget med hjälp av tabell 2.1 i del två av detta projekt.

Det totala antalet av solceller som får plats är 208 vilket kan generera med hjälp av uträkningarna som visas i del två av denna rapport hela 40 974 kWh vilket medför att det fortfarande är cirka 6 kWh årligen som kommer behövas av elnätet och ingen energi blir över för att kunna spara i ett batteri.

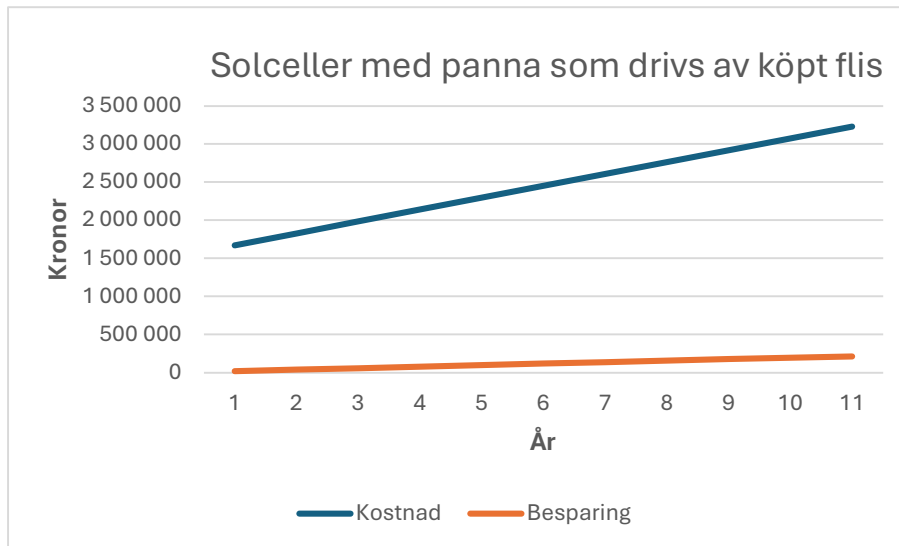
### 4.3 Ekonomisk kalkyl

I figur 4.1 nedan visas ett diagram som visar hur kostnaderna och besparingarna ser ut för varje år. På y-axeln visas kostnaderna i svenska kronor och på x-axeln visas hur många år som har gått. Den blå linjen representerar kostnaderna och hur de ser ut under en tidsperiod, där det tydligt framgår att vid åtta år hoppar kostnaden upp lite mer. Den orange linjen representerar besparingen som ackumuleras under en viss tidsperiod. Där den orange linjen korsar den blå linjen visas återbetalningstiden för solcellerna, vilket i detta fall är runt nio år enligt figuren nedan.



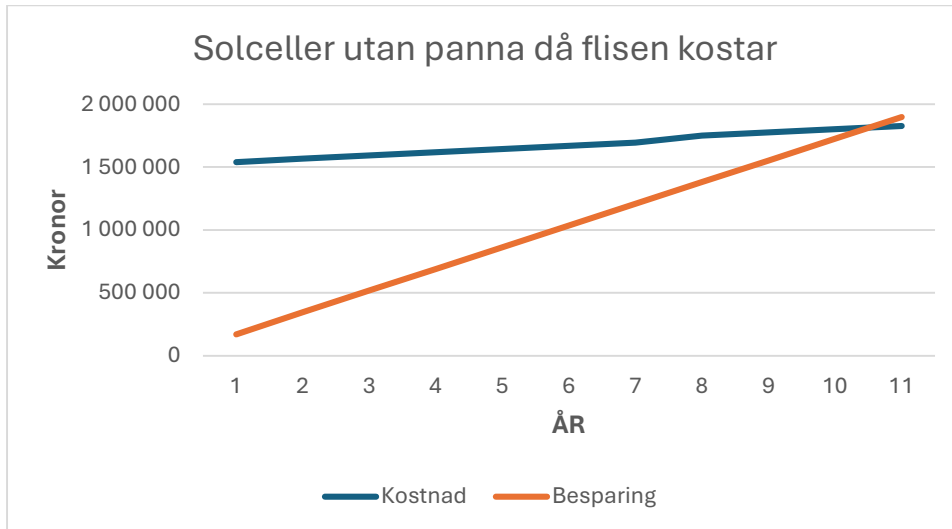
Figur 4.1 I denna figur visas kostnaderna för solcellerna och besparingen som görs med solcellen om pannan drivs utav eget flis.

I figur 4.2 nedan visas ett diagram som beskriver hur mycket det kostar med en solcellsanläggning när pannan drivs med flis som är inköpt. I y-axeln visas svenska kronor och i x-axeln visas vilket år det är. Den blå linjen beskriver kostnaden för solcellerna samt hur mycket det kostar med flisen för en viss tidsperiod. Den orange linjen representerar besparingen som görs under en viss tidsperiod. Linjerna i detta fall korsar inte varandra, vilket betyder att solcellerna inte kommer att återbetala sig själva. Det sker fortfarande en besparing, men den är inte tillräckligt hög för att kunna återbetala solcellerna.



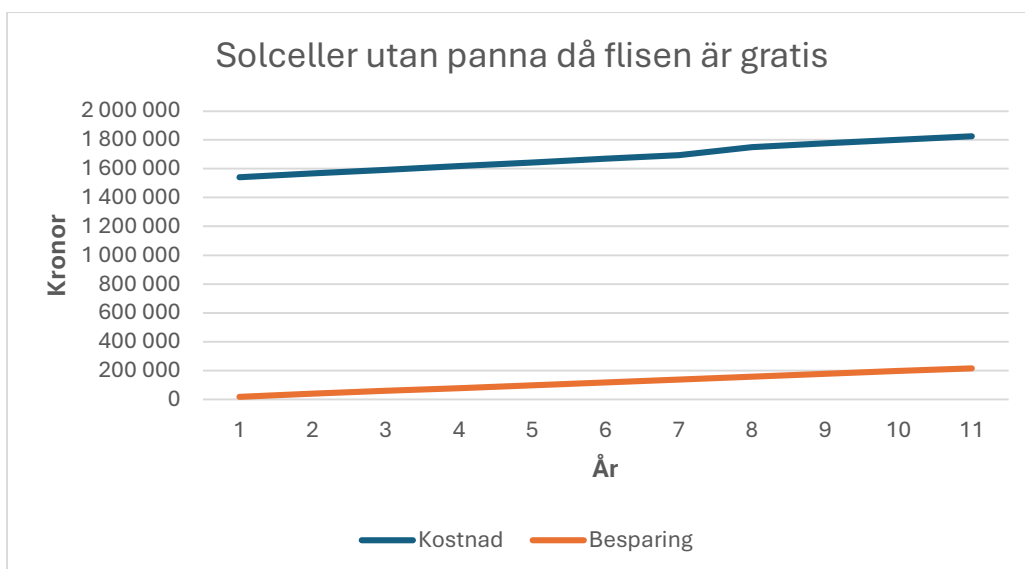
Figur 4.2 I denna figur visas kostnaderna för solcellerna och besparingen som görs med solcellen om pannan drivs av köpt flis.

I figur 4.3 nedan visas ett diagram som förklarar hur mycket solcellerna kostar utan att pannorna är i drift och att flisen anses vara en besparing. I y-axeln anges svenska kronor och i x-axeln anges år. Den blå linjen beskriver kostnaden för solcellsanläggningen och den linje som är orange beskriver besparingarna som görs under en viss tidsperiod. I detta fall visas det tydligt att återbetalningstiden är drygt 10,5 år, eftersom det är vid denna tidpunkt som den orange linjen korsar den blå linjen.



Figur 4.3 I detta diagram visas det hur mycket det kostar med solcellsanläggningen och hur mycket besparingen är samt för vilka år.

I figur 4.4 nedan visas ett diagram som förklarar hur mycket det kostar och hur mycket som besparas med en solcellsanläggning när pannan inte är i drift samt att flisen anses vara gratis. I y-axeln visas svenska kronor och i x-axeln visas åren. Den blå linjen representerar hur mycket det kostar med solcellerna och den orange linjen beskriver hur mycket som besparas för en viss tidsperiod. I detta fall visas det att linjerna inte korsar varandra, vilket leder till att systemet inte har en återbetalningstid.



Figur 4.4 Visar hur mycket solcellerna kostar utan pannan i drift. Där det visas kronor i y-axeln och år i x-axeln.

## 4.4 Effekt- och ekonomisk jämförelse

Tabell 4.2 nedan förklarar återbetalningstiden för solcellerna beroende på vilken typ av system som används. Tiden för återbetalning hittas i figurerna 4.1 till och med 4.4. I tabell 4.2 visas det tydligt att den kortaste återbetalningstiden är när pannan är aktiv och flisen är gratis, vilket gör att tiden för återbetalning blir 9 år. För systemet där pannan inte är aktiv och flisen anses vara en besparing är återbetalningstiden 10,5 år, vilket är långsammare än för det system där pannan är aktiv. För systemet med pannan i gång och flis som kostar, samt när pannan inte är aktiv och flisen är gratis, kommer det aldrig att bli en återbetalning för solcellerna.

Tabell 4.2. Visar hur lång återbetalningstiden är för dem olika typen av systemet där det står vilket typ av system det är i rad ett och i rad två beskrivs det hur långt återbetalningstiden är.

Typ av system	Med panna flis kostar	Med panna Flis gratis	Utan panna flis kostar	Utan panna flis gratis
Återbetalningstid	Aldrig	9 år	10,5 år	Aldrig

Tabell 4.3 nedan beskriver hur mycket effekt som pannan och solceller genererar under ett helt år för ett system där pannan är aktiv. I kolumn fyra visas även hur mycket effekt som behöver tillföras från elnätet för att kunna uppnå den använda energin årligen. I detta fall visas att pannan genererar 47 264 kWh, solcellerna genererar 40 974 kWh och det behövs tillföras 6 086 kWh från elnätet årligen.

Tabell 4.3 beskriver hur mycket som pannan och solcellerna kan generera samt i kolumn tre beskrivs det hur mycket effekt som behöver tillföras från elnätet under ett helt år.

Energikälla	Panna	Solceller	Elnät
Energi	47 265 kWh	40 974 kWh	6 086 kWh

Tabell 4.4 nedan visar hur mycket effekt som kan genereras under ett helt år då pannan inte är aktiv och det bara är solcellerna som kan generera elektricitet. I kolumn tre visas även hur mycket effekt som kommer att behöva tillföras från elnätet då pannan inte är aktiv, vilket är 53 351 kWh, och solcellerna genererar 40 794 kWh.

Tabell 4.3 beskriver hur mycket solcellerna kan generera samt i kolumn tre beskrivs det hur mycket effekt som behöver tillföras från elnätet när pannan är inaktiv.

Energikälla	Solceller	Elnät
Energi	40 974 kWh	53 351 kWh

Tabell 4.5 nedan visar hur mycket som kan lagras i ett solcells batteri om det skulle installeras. I detta fall visas i kolumn två när pannan är aktiv och hur mycket energi som blir överflöd i systemet, vilket är negativt. Detta betyder att det inte blir någon överflöd energi och att det behöver tillföras energi från elnätet. Detsamma gäller för kolumn tre; däremot är det för enbart solcellerna i drift och pannan är inte aktiv. I detta fall behövs det tillföras 53 351 kWh, vilket gör att det inte finns överflöd energi.

*Tabell 4.5 beskriver hur mycket energi som kommer kunna lagras av ett solcells batteri är det negativt så betyder det att det finns underskott med energi och det kommer behövas elektricitet från elnätet.*

Lagringsmodul	Solcells batteri med panna	Solcells batteri utan panna
Överskott av energi	-6 086 kWh	-53 351 kWh

I tabell 4.6 nedan visas det hur mycket som solcellerna producerar varje månad och därefter åt höger i tabellen visas det hur mycket elektricitet som behövdes att köpas in från vattenfall samma månad. I denna tabell visas det tydligt att vissa månader finns det en överproduktion av elektricitet från solcellerna och vissa månader ett underskott.

*Tabell 4.6 beskriver hur mycket som solcellerna producerar varje månad i kolumn två och i kolumn tre visas den elektricitet som köpts in under året 2024 till 2025.*

Månad	Solcellsproduktion kWh	Inköpt elektricitet kWh
Januari	1 690	11 825
Februari	811	11 503
Mars	2 154	10 907
April	4 540	9 507
Maj	6 995	7 343
Juni	5 605	4 385
Juli	4 702	4 504
Augusti	5 096	4 102
September	5 235	3 863
Oktober	2 154	5 865
November	1 482	9 217
December	510	11 305

## 5 Diskussion

Det finns många olika aspekter att ta hänsyn till när det gäller hur det bästa systemet ser ut, och många delar att tänka på, då det finns fördelar och nackdelar med de olika systemen. Pannan som är i drift samtidigt som solcellerna ger bättre resultat både ekonomiskt och i effektivisering, däremot skapar detta mer arbete då pannan är som andra energikällor med till exempel underhållsarbete. En annan aspekt är att om pannan skulle vara inaktiv behöver gödsel transporteras bort, vilket innebär en kostnad samt ett stort arbete. Därför är det svårt att säga rätt av vilket system som passar bäst, då detta kan variera beroende på vem som är ägaren och hur mycket personen värdesätter de olika arbetsuppgifterna som pannan medför.

Ett batteri för detta system hade kunnat vara möjligt om jämförelsen görs för varje månad. Exempelvis är det betydligt högre energiförbrukning under vinterhalvåret och mindre energiförbrukning under sommaren. Det är även under sommaren som det är mest soltimmar vilket gör att solcellerna kan producera betydligt mer elektricitet än vad som kan produceras under vintern. Enligt (SMHI, 2024) var det totalt 242 soltimmar i Göteborg under juni 2024 detta leder till att solcellerna hade producerat 5 905 kWh. Med andra ord blir det 1520 kWh elektricitet som är överflödigt under juni 2024. Detta möjliggör att ett batteri kan fungera under sommaren för att det kan finnas överflödigt elektricitet som sedan kan lagras i ett solcells batteri. Det här kan däremot variera, då vissa årstider kan ha kallare eller varmare somrar, men över lag kommer ett solcells batteri inte att passa för detta typ av system, då det inte blir tillräckligt med överflödigt energi.

En möjlighet för detta projekt hade kunnat vara att gå djupare in i pannans funktion och även testa för att kunna se över exakt hur mycket som den producerar under ett helt år. Då detta inte var möjligt för att tidsperioden på ett år var för lång kan siffrorna variera och inte visa det exakta värdet. Nackdelen med uträkningarna som gjorts i teoridelen är att de inte kan visa verkningsgraden samt att all energi som förbränns inte används till att värma upp vattnet. Ett exempel på detta är att om inget varmvatten används kan inte pannan sluta elda bränslet, utan den kommer att värma upp rökgaserna istället för att värma upp vattnet, vilket gör att förlusten blir mycket större. Det här kan vara en av anledningarna till att Vattenfalls fakturornas panneffekt visar ett annat värde än det beräknade värdet av pannan.

Det som möjligtvis hade kunnat förbättra detta system är någon form av vattenuppvärmning, så som solfångare. Solfångare som kan komplettera pannan eller möjligtvis ersätta den, vilket gör att det enbart blir solceller och solfångare på stallet och manegen. Detta gör att systemet blir mycket mer miljövänligt och att det blir mindre arbete. Nackdelen med detta är att det blir ytterligare en stor kostnad för att kunna installera solfångare samt att det kan innebära att det behövs neddimensionering av solcellerna för att allt ska kunna få plats på taken. Det kan vara bra att fortsätta med detta projekt och utveckla det till att beräkna för solfångare också, för att kunna göra en återbetalningstid samt för- och nackdelar.

För att det ska kunna fungera med ett solcells batteri till den här typen av system hade åtgärder behövt utföras. Det kan vara små och många eller större åtgärder. Dessa åtgärder behövs för att kunna effektivisera husen och därmed använda betydligt lägre energi, med andra ord vara mer energisnåla. Ett av dessa alternativ kan vara att byta ut fönster i stallet, manegen och alla hus, då de är gamla och har föråldrade fönster. Enligt (Abel & Elmroth, 2016) kan ägaren av ett hus förminska ljusinsläppet med hjälp av nya fönster som har ett lägre solinstrålningsinsläpp, vilket gör att det inte tillförs lika mycket värme till huset och att det inte släpps ut lika mycket värme genom huset. En annan åtgärd kan vara att byta isolering i väggarna, och i värsta fall kan detta behöva göras i taket. Nackdelen med dessa åtgärder är att det blir en ytterligare investering, vilket gör att kostnaden kommer att bli mycket hög, men fördelen är att det kommer att krävas mindre energi för uppvärmningen och gården kan bli mer miljövänlig.

Det finns helt klart förbättringar som kan utföras för detta projekt, men det hade krävts betydligt mer resurser och tid för att kunna utföra dem. Till exempel, som nämnts tidigare med mätningen av pannan, kan det även förbättras med beräkningar för hur väl gården klarar av anpassningen av solcellerna. Eftersom gården är gammal kan det finnas komplikationer med stallet avseende hur mycket det klarar att bära, som nämnts tidigare. Det kan även medföra en extra kostnad, då kablar kan behöva grävas ner från solcellerna till elcentralen, vilket medför ännu en kostnad som kostar mycket pengar. Därför finns det mycket att tänka på innan en investering kan påbörjas för denna gård.

## 6 Slutsats

Med hjälp av resultatet ovan blir slutsatsen att detta system kommer att vara mer ekonomiskt försvarbart att använda pannan som komplement och att det inte är lika lönsamt att koppla bort pannan. Däremot fungerar det fortfarande att ta bort pannan, men det kommer inte att vara lika ekonomiskt lönsamt.

Till detta system, då pannan inte är aktiv eller aktiv, bör ägarna inte investera i ett solcells batteri, då det inte finns någon överflödig energi. Med andra ord kommer inte batteriet att ha något syfte, då ingen energi kommer att bli över för att lagra energi om utföraren kollar under ett helt år. Däremot kan det fungera under daglig produktion och konsumtion men inte bidra till en större lagring under ett helt år.

Återbetalningstiden varierar beroende på vilken syn som tas på systemet; däremot finns det två system som kommer att fungera och få en rimlig återbetalningstid. Det bästa systemet med kortast återbetalningstid är då pannan är aktiv och fliset anses vara gratis, vilket ger en återbetalningstid på 9 år.

## 7 Referenser

A/S, R., 2014. *HKRST 20/30/60*. [Online]

Available at: <https://www.reka.com/da/products/hkrst-20-30-60/>

[Använd 15 4 2025].

Abel, E. & Elmroth, A., 2016. *Byggnaden som system*. 4:1 red. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.

Adriano, S., Filipe, P. & Antonio Ferreira, S., 2023. Electrification of a remote Rural Farm with Solar Energy- Contribution to the development of smart farming. *Energies*.

Badar Hayat, M. o.a., 2018. Solar energy- A look into power generation, challenges and solar powered future. *Wiley Energy Research*, 20 april.

Elovsson, S. & Alvarez, H., 2022. *Energiteknik*. 2:14 red. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.

Eon, 2025. *Växelriktare solceller*. [Online]

Available at: <https://www.eon.se/solceller/solcellspaket/vaexelriktare-solceller>

[Använd 4 28 2025].

Franz, M. & Dumke, H., 2025. Evolution of patterns of specific land use by free-field photovoltaic power plants in Europe from 2006 to 2022. *Energy, sustainability and society*, 15 12.

Hartilltradexpert, 2024. *Flisning och flisförsäljning*. [Online]

Available at: <https://hartilltradexpert.se/flisning-flisforsaljning>

[Använd 14 4 2025].

Krishna, Y., Karinka, S., Fauzan, M. & Pai, P., 2021. *URECA 2020 – International Engineering and Computing Research Conference “Shaping the Future through Multidisciplinary Research”*. u.o., Matec.

Nilsson, S., 2015. *Häsgödsel-framtidens energiresurs*, Lund: Lund universitet.

Siden, G., Gong, M. & Norrström, H., 2025. *Förnybar Energi*. 3 red. Halmstad: Studentlitteratur.

SMHI, 2024. *Solskenstid*. [Online]

Available at: <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-i-sverige/manadens-vader-och-vatten-i-sverige/2024-06-28-juni-2024--->

hogsommarvarme-efter-midsommar

[Använd 21 5 2025].

Solcellsofferter, 2024. *Solcellens historia*. [Online]

Available at: <https://www.solcellsofferter.se/solceller-historia/>

[Använd 10 4 2025].

Solenergi, S., 2024. *Solcellskollen*. [Online]

Available at: <https://www.solcellskollen.se/vanliga-fragor/vilken-lutning-och-vaderstreck-ar-bast-for-solceller>

Solexperter, 2025. *Välja mellan monokrystallina- eller polykristallina solceller?*. [Online]

Available at: <https://www.solexperter.se/solcellstyper/monokristallina-eller-polykristallina>

[Använd 24 4 2025].

Vattenfall, 2024. *Priser*. [Online]

Available at: <https://www.vattenfall.se/solceller/priser/>

[Använd 15 4 2025].

Vattenfall, 2024. *Solindex- se antal soltimmar i Sverige*. [Online]

Available at: [:https://www.vattenfall.se/fokus/solceller/solindex/#omsolindex](https://www.vattenfall.se/fokus/solceller/solindex/#omsolindex)

[Använd 28 4 2025].

Vattenfall, 2024. *Växelriktare*. [Online]

Available at: <https://www.vattenfall.se/solceller/installera-solceller/vara-produkter/vaxelriktare/>

[Använd 28 4 2025].

Vattenfall, 2025. *Batteri till solceller*. [Online]

Available at: [:https://www.vattenfall.se/solceller/solcellsbatteri/](https://www.vattenfall.se/solceller/solcellsbatteri/)

[Använd 28 4 2025].

Werner, S., 2021. *Energiförsörjning*. 1:3 red. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.

Ölme, A., 2019. *Tabeller och formler*. 4 red. Stockholm: Liber AB.

## 8 Bilagor

