



## Delrapport solfångare

Maja Aleberg Tellqvist

April 2024

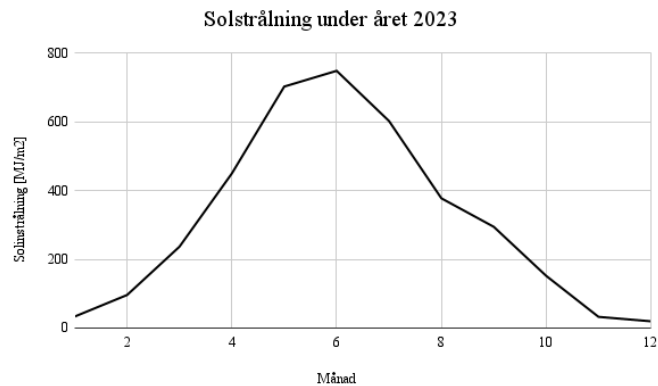
# Innehåll

<b>1 Solens egenskaper</b>	<b>3</b>
<b>2 Teori</b>	<b>4</b>
2.1 Plan glasad solfångare . . . . .	4
2.2 Vakuumsolfångare . . . . .	5
2.3 PVT och hybrider . . . . .	5
<b>3 Beräkningar på energiproduktionen</b>	<b>6</b>
<b>4 Resultat för solfångarna</b>	<b>6</b>
4.1 Vakuumsolfångare och plana glasade solfångare . . . . .	6
4.2 PVT-solfångare . . . . .	8
4.3 Antaganden och avgränsningar . . . . .	9
<b>5 Bilagor</b>	<b>11</b>

# 1 Solens egenskaper

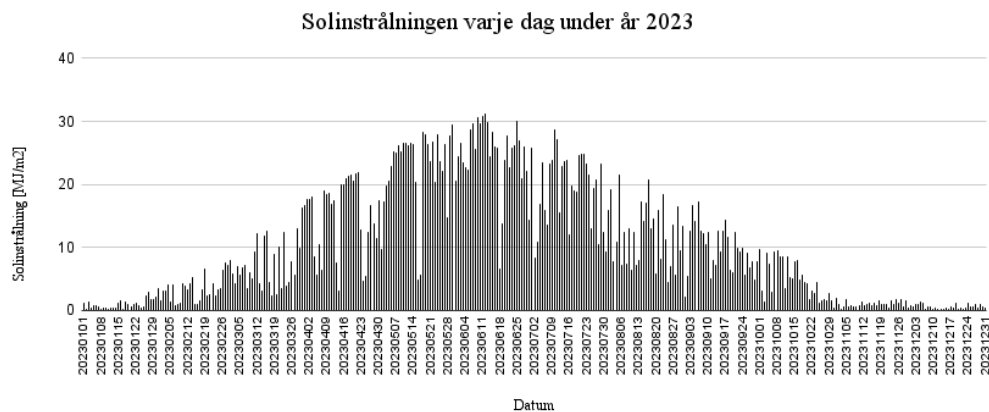
Solens energi har utnyttjats för uppvärmning under en lång tid, det finns både metoder så som solceller och solfångare. Solceller använder solens strålar för att skapa el medan solfångare använder strålarna och värmen för att värma upp vatten och fastigheter.

För att kunna utnyttja solens värme krävs det att det är sol ute och att solfångarna är riktade åt rätt håll. I Sverige är det inte optimalt med soltimmar under året för att endast kunna använda sig av solenergin för el och värme. I figur 1 nedan kan man tydligt se att under månaderna ett till tre och tio till tolv var det mindre än 200 MJ/m<sup>2</sup> instrålning.



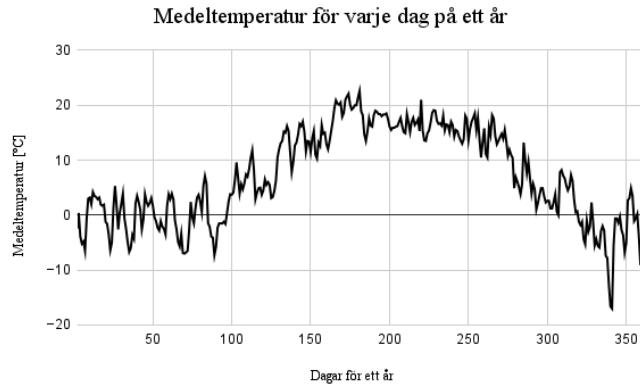
Figur 1: Solinstrålningen varje månad under 2023, (SLU, 2023).

Senare i rapporten kommer det att användas beräkningar som behöver datan för solinstrålningen i det valda området. För att kunna få en så exakt data som möjligt har man valt en väderstation som befinner sig nära området, väderstationen i Ultuna. Den nedanstående figur visar hur solinstrålningen varierar under året 2023.



Figur 2: Solinstrålningen i Ultuna varje dag under 2023, (SLU, 2023).

Vid beräkningar av verkningsgrad för solfångarna behövs även temperaturen. Här har medeltemperaturen för varje dag under 2023 i Ultuna valts på en höjd av 1,5 m över marken. I figur 3 redovisas medeltemperaturen under 2023.



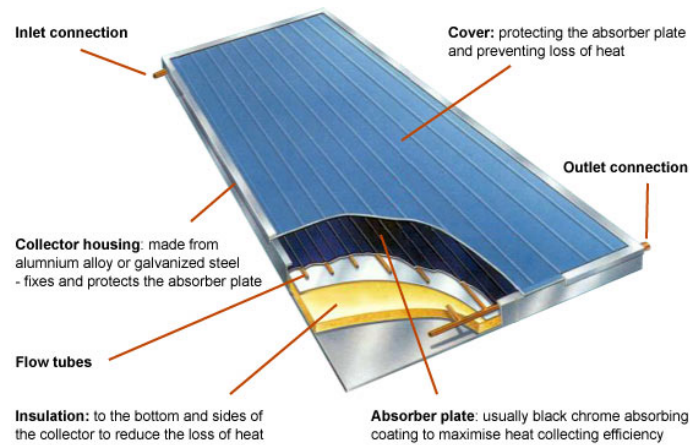
Figur 3: Medeltemperaturen i Ultuna varje dag under året 2023, (SLU, 2023).

## 2 Teori

Det finns olika typer av solfångare och tre varianter som kommer analyseras i denna rapport är glasad plan solfångare, vakuumrörsolfångare samt PVT-solfångare.

### 2.1 Plan glasad solfångare

Den vanligaste solfångarna är den plana glasade solfångaren, (Gunnar Lennermo, 2020). I figur 4 ser att den är utformad att det ligger en mörk absorberplatta där baksidan är klädd med rörslingor. Genom rören flödar fluiden som värms upp av solens strålar. Allt sitter ihop med hjälp av en isolerad låda samt en glasskiva som skydd (Greenspec, uå).



Figur 4: Bild på glasad solfångare. (Greenspec, uå)

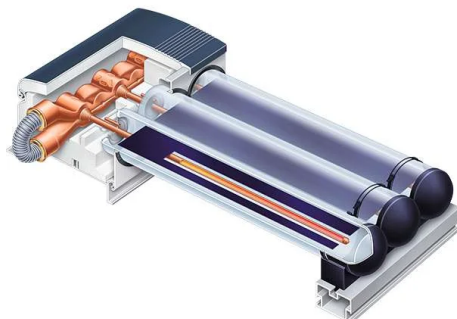
Allmänt har plana glasade solfångare en arbetstemperatur som ligger mellan 40 och 100°C (Gunnar Lennermo, 2020). Arbetstemperaturen är den vid den temperatur som systemet arbetar vid. För att kunna analysera valet av solfångare har solfångaren Vitosol 200-FM valts. I tabell 1 beskrivs den teknisk data som behövs för beräkningarna.

Tabell 1: Teknisk data för solfångaren Vitosol 200-FM, (Viessmann, uåa)

Något	Värde	Enhet
Optisk verkningsgrad $\eta_0$	0,827	
Värmeförlustkoefficient $k_1$	3,998	$\frac{W}{m^2 K}$
Värmeförlustkoefficient $k_2$	0,014	$\frac{W}{m^2 K^2}$
Arean av en solfångare	2,51	$m^2$

## 2.2 Vakuurrörsolfångare

En annan vanlig solfångare är vakuurrörsolfångarna. Som man ser i figur 5 består solfångaren av vakuurrör, det är ett dubbelmantlat glasrör med vakuum mellan som skapar bra isolering. Det inre röret är själva absorbatoren och det yttre är transparent, det gör att centrum av det inre röret blir det väldigt varmt och är där värmeenergin plockas upp (Handskholmen, uå).



Figur 5: Bild på vakuurrörsolfångare. (Viessmann, uåb)

Jämfört med den plana glasade solfångaren så har denna teknik sämre verkningsgrad vid liten temperaturskillnad mot omgivande luft. Däremot när skillnaden ökar så faller verkningsgraden inte lika snabbt, vid stor temperaturskillnad och/eller låg solinstrålning blir verkningsgraden för vakuurrörsolfångare bättre. Det är längre monterings- och underhållstid för vakuurrörsolfångaren i jämförelse med den plana men dess livstid är längre. Det är på grund av att de känsliga soloptiska materialen som befinner sig själva i vakuumet inte utsätts för fuktskador, försmutsning eller för korrosion. Vakuurrörsolfångare har en arbetstemperatur på 60-120°C (Gunnar Lennermo, 2020). Den valda vakuurrörsolfångaren för detta projekt är Vitosol 300-TM och kan arbeta i temperaturer den tekniska datan som är av intresse som redovisas i tabellen nedan.

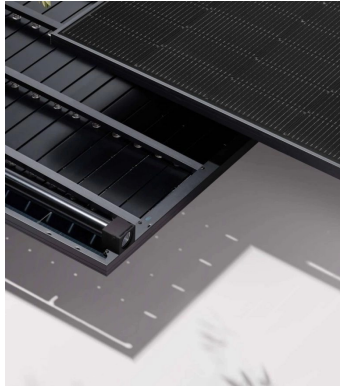
Tabell 2: Teknisk data för solfångaren Vitosol 300-TM, (Viessmann, uåb)

Något	Värde	Enhet
Optisk verkningsgrad $\eta_0$	0,782	
Värmeförlustkoefficient $k_1$	1,761	$\frac{W}{m^2 K}$
Värmeförlustkoefficient $k_2$	0,008	$\frac{W}{m^2 K^2}$
Arean av en solfångare	3,03	$m^2$

## 2.3 PVT och hybrider

Den sista varianten som benämns i denna delrapport är PVT-solfångare (Photovoltaic-Thermal) och solcellshybrider. Det är en nyare variant som blivit större på senare år.

Denna typ av solfångare är uppbyggd där framsidan är en monokristallin solcell och baksidan är själva solfångaren. Tekniken gör att den vätska som flödar genom solfångaren kyler ner solcellen och förbättrar elproduktionen med 5-15 % enligt (Dualsun, uå). Men för att kunna nå den förbättringen krävs det att arbetstemperaturen inte är för hög utan maxgränsen ligger på 20-25°C, om temperaturen i solfångaren blir för hög blir den procentuella ökningen inte lika stor enligt (Gunnar Lennermo, 2020). Lennermo skriver även att det gör att tekniken kan användas för uppvärmning av olika typer av lager, även borrhållager i samverkan med värmepumpar.



Figur 6: Bild på hybridpanel. (Dualsun, uå)

### 3 Beräkningar på energiproduktionen

Vid beräkning av den producerade effekten av solfångarna under ett år med avseende på temperatur och solinstrålning används ekvation 1 och 2. Här används data från solinstrålning som redovisas i figur 2.

$$\eta = \eta_0 - k_1 * \frac{T_{abs} - T_{ute}}{S_{in}} - k_2 * \frac{(T_{abs} - T_{ute})^2}{S_{in}} \quad (1)$$

I ekvation 1 beräknas verkningsgraden  $\eta$  för den valda solfångaren.  $\eta_0$  är den optiska verkningsgraden för vald solfångare,  $k_1$  och  $k_2$  är värmeförlustkoefficienterna,  $S_{in}$  är solinstrålningen som redovisas i figur 2,  $T_{abs}$  är arbetstemperaturen  $60^\circ\text{C}$  för båda teknikerna och  $T_{ute}$  är medeltemperaturen utomhus som redovisas i figur 3.

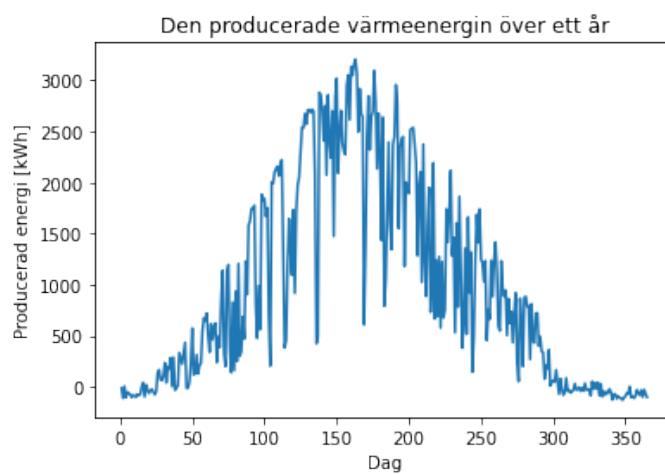
$$P_{sol} = S_{in} * \eta * A_{sol} \quad (2)$$

I ekvation 2 beräknas effekten  $P_{sol}$  som vald solfångare producerar under ett år.  $S_{in}$  är solinstrålningen som redovisas i figur 2, verkningsgraden är  $\eta$  och  $A_{sol}$  är den totala arean av solfångare som installerats.

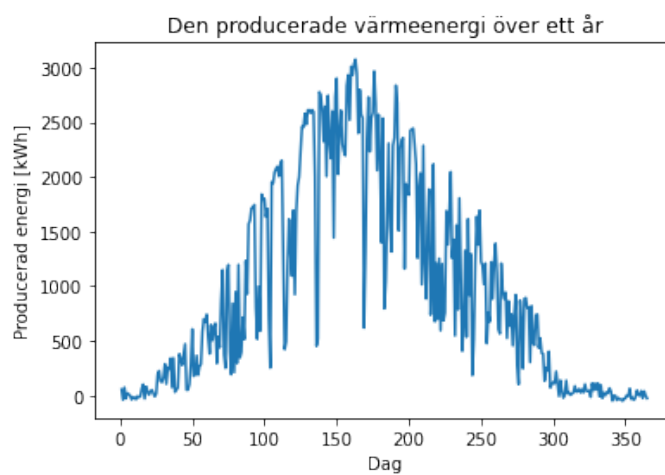
## 4 Resultat för solfångarna

### 4.1 Vakuurrörsolfångare och plana glasade solfångare

Först beräknas  $P_{sol}$  för när alla fastigheter är på plats, då blir den totala arean för solfångarna  $A_{sol} = 460 \text{ m}^2$  vilket beräknades genom att jämföra arean PVT-solfångarna som behövdes för att täcka behovet. I den bifogade *Python*-filen utförs beräkningar på den producerade effekten som vakuurrörsolfångare samt plan glasad solfångare producerar över ett år. I figurerna 7 och 8 redovisas produktionen över ett år.



Figur 7: Totalt producerade solvärmens för plana glasade solfångare med en area på 460 m<sup>2</sup>.



Figur 8: Totalt producerade solvärmens för vakuumsolfångare med en area på 460 m<sup>2</sup>.

För att sedan beräkna den totala effekten som var solfångare producerat under ett år används de bifogade koderna. Då fås resultatet som presenteras i tabellen nedan.

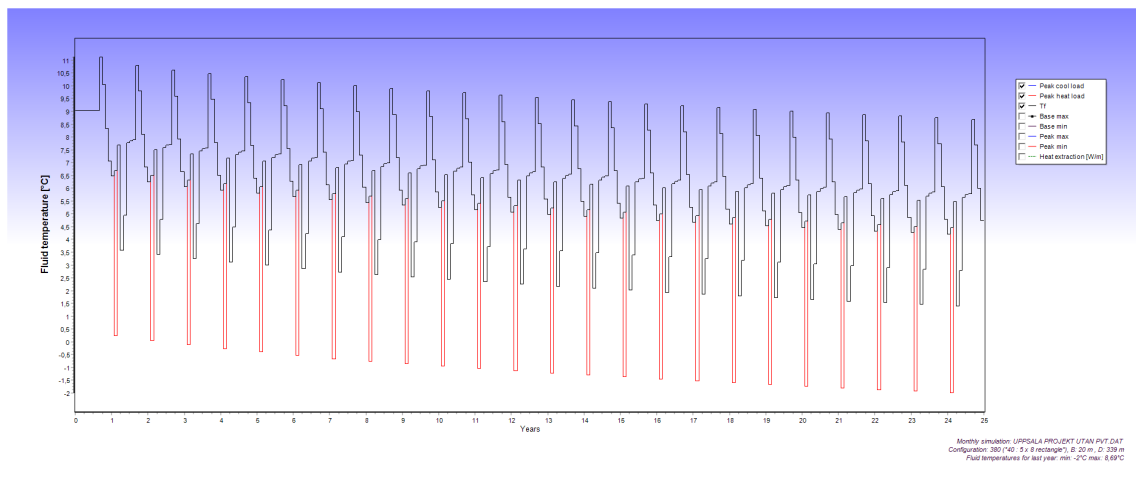
Tabell 3: Den totala effekten för som solfångarna producerat för alla fastigheter.

Teknik	$P_{sol}$ [kWh]
Vakuumsolfångare	355735
Plan glasad solfångare	358509

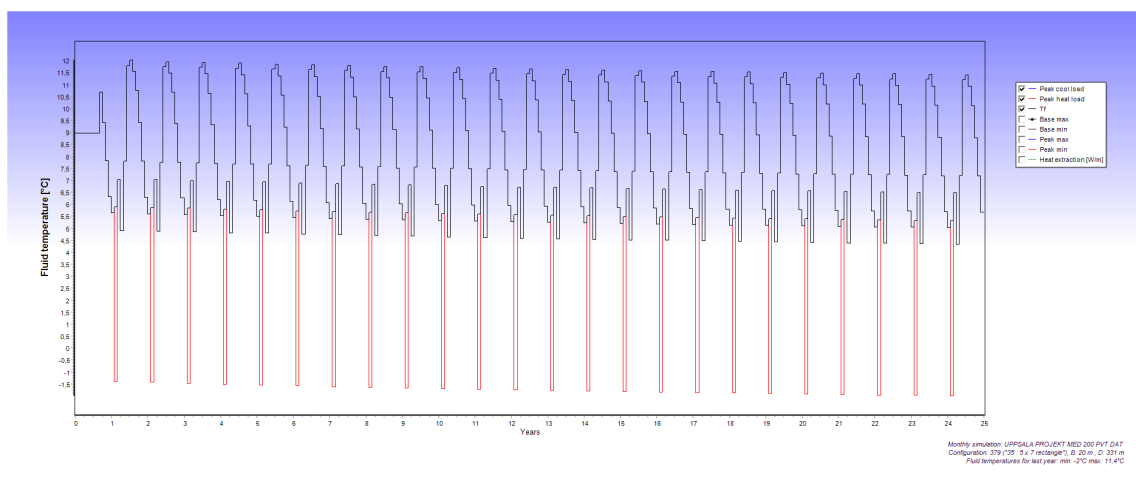
I tabell 3 ser man att de plana glasade solfångarna producerar ungefär 3 000 kWh mer än vad vakuumsolfångarna gör.

## 4.2 PVT-solfångare

I en simulering gjord i programmet från DualSun Nordic av CTO Jakob Jamot (2024) får man resultat på hur mycket PVT-solfångare kan öka temperaturen i borrhålen som arbetar i samverkan med värmepumpar. I figurerna nedan visas först temperaturen utan PVT-solfångare och sedan temperaturen med PVT-solfångare.



Figur 9: Temperaturen på fluiden utan samverkan med PVT-solfångare.



Figur 10: Temperaturen på fluiden i samverkan med 200st PVT-solfångare.

Denna temperaturökning medför en 15 procent minskning i bormeter och effektiviserar värmekretsen.



### 4.3 Antaganden och avgränsningar

Det finns vissa antaganden och avgränsningar som behövs tas för att projektet inte skulle bli för omfattande. Beräkningarna har inte innefattat de dagar som solfångarna varit täckta av snö eller frost. De två olika teknikerna som analyserats påverkas lite olika av detta som nämnt tidigare i rapporten. En plan glasad solfångare klarar av snö bättre än vad en vakuumrörsolfångare gör eftersom glaset värms upp underifrån (Handskholmen, uå). För placeringen av solfångarna har man antagit samma vinkel och riktning som den optimala placering för en solcell i Stockholms stad. Vinkeln ska vara ungefär  $40^\circ$  i söderläge för att kunna optimera produktionen (Sara Hemming, 2023).

## Referenser

Dualsun (u.å.). DualSun SPRING hybridpanel. <https://dualsun.com/se/produkter/dualsun-spring/>.

Greenspec (u.å.). Solar hot water collectors. <https://www.greenspec.co.uk/building-design/solar-collectors/>.

Gunnar Lennermo (2020). *Solvärmeteknik - en handbok*. AB Svensk Byggtjänst.

Handskholmen (u.å.). Så fungerar solfångaren. <https://www.handskholmen.se/om-solv>

Sara Hemming (7 Sep 2023). Optimal placering av solceller: Både väderstreck och lutning. <https://hemsol.se/solceller/lutning-vaderstreck/>.

SLU (2023). Klimatdata. <https://www.ffe.slu.se/lm/LMHome.cfm?LMSUB=1>.

Viessmann (u.å.a). Vitosol 200-FM. <https://www.viessmann.se/sv/produkter/solvarmesystem/vitosol-200-fm.html>.

Viessmann (u.å.b). Vitosol 300-TM. <https://www.viessmann.se/sv/produkter/solvarmesystem/vitosol-300-tm.html>Produktdetails.

## 5 Bilagor

Kod för att beräkna solvärmeproduktionen plana glasade solfångare:

```
from itertools import zip_longest
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Den tekniska datan
n0 = 0.827
k1 = 3.998
k2 = 0.014
Tf = 60

n_list = []

# Open and read the first file and create a list
with open("medeltemp.txt", "r") as file1:
    Tute = [float(rad.strip().replace('-', '-')) for rad in file1.readlines()]
# Replace the "wrong" minus-signs and convert to float

# Open and read the second file and create a list
with open("solinstWh.txt", "r") as file2:
    solinst = [float(rad.strip()) for rad in file2.readlines()]

# Loop both lists and use in equation
for Tu, s in zip_longest(Tute, solinst, fillvalue=None):
    if Tu is not None and s is not None:
        n = n0 - k1*((Tf-Tu)/s) - k2*(((Tf-Tu)**2)/s)
        n_list.append(n)

# Area
A = 460

Psol = []

# For-loop for Psol
for n, s in zip_longest(n_list, solinst, fillvalue=None):
    if n is not None and s is not None:
        svar = (n * s * A)/1000
        Psol.append(svar)
#print(Psol)

antaltal = len(Psol)
print("Antal tal i data-listan är:", antaltal)

summa_positiva = 0

for tal in Psol:
    if tal > 0:
        summa_positiva += tal

print("The sum of the positive is:", summa_positiva)

dag = list(range(1, 366))

plt.plot(dag, Psol, )

# Lagg till titel och etiketter
plt.title('Den producerade varmeenergin över ett år')
plt.xlabel('Dag')
```

```

plt.ylabel('Producerad energi [kWh]')

# Visa diagrammet
plt.show()

# Fa ut det maximala vardet i listan
max_value = max(Psol)

# Skriv ut det maximala vardet
print("Det maximala vardet i listan ar:", max_value)

negativa_tal_count = len([x for x in Psol if x < 0])

# Skriv ut antalet negativa tal
print("Antalet negativa tal i n-list ar:", negativa_tal_count)

    Kod för att beräkna solvärmeproduktionen för vakuumsolfångare.
from itertools import zip_longest
import matplotlib.pyplot as plt

# Den tekniska datan
n0 = 0.782
k1 = 1.761
k2 = 0.008
Tf = 60

n_list = [] # Skapa en tom lista for att lagra resultaten

# Oppna och las innehallet fran den forsta textfilen och skapa en lista
with open("medeltemp.txt", "r") as file1:
    Tute = [float(rad.strip().replace('-', '')) for rad in file1.readlines()]
# Ersatt icke-standardmassigt minustecken och konvertera till float

# Oppna och las innehallet fran den andra textfilen och skapa en lista
with open("solinstWh.txt", "r") as file2:
    solinst = [float(rad.strip()) for rad in file2.readlines()] # Las in varje rad o

# Loopa over bada listorna samtidigt och anvand deras varden i din ekvation
for Tu, s in zip_longest(Tute, solinst, fillvalue=None):
    if Tu is not None and s is not None:
        n = n0 - k1*((Tf-Tu)/s) - k2*(((Tf-Tu)**2)/s)
        n_list.append(n)

# Varden for area
A = 460

Psol = []

# Loopa over bada listorna samtidigt och anvand deras varden i din nya ekvation
for n, s in zip_longest(n_list, solinst, fillvalue=None):
    if n is not None and s is not None: # Kontrollera om bade n och solinst har ett
        svar = (n * s * A)/1000 # Berakna din nya ekvation har med n och s och i kWh
        Psol.append(svar)
#print(Psol)

antaltal = len(Psol)
print("Antal tal i data-listan ar:", antaltal)

```

```

summa_positiva = 0

for tal in Psol:
    if tal > 0:
        summa_positiva += tal

print("Summan av alla positiva tal ar:", summa_positiva)

dag = list(range(1, 366))

plt.plot(dag, Psol, )

# Lagg till titel och etiketter
plt.title('Den producerade varmeenergi over ett ar')
plt.xlabel('Dag')
plt.ylabel('Producerad energi [kWh]')

# Visa diagrammet
plt.show()

# Fa ut det maximala vardet i listan
max_value = max(Psol)

# Skriv ut det maximala vardet
print("Det maximala vardet i listan ar:", max_value)

negativa_tal_count = len([x for x in Psol if x < 0])

# Skriv ut antalet negativa tal
print("Antalet negativa tal i n_list ar:", negativa_tal_count)

```