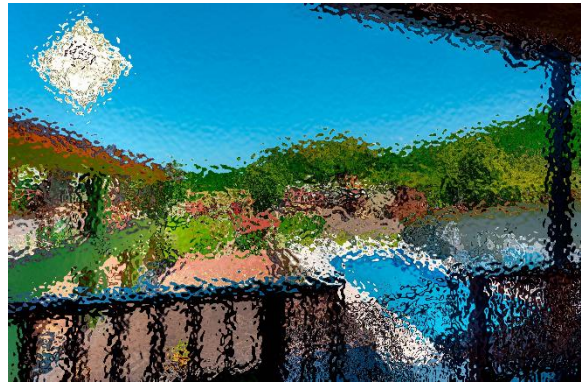
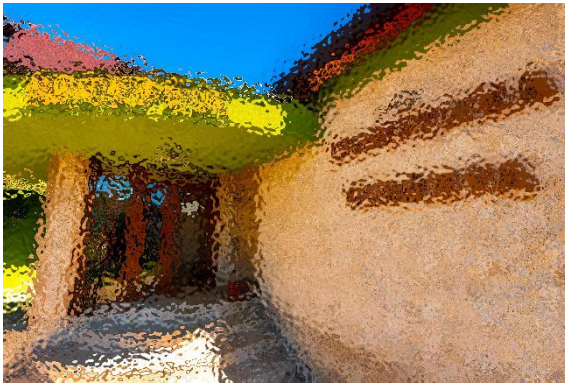


**STUDIU PRELIMINAR PRIVIND
UTILIZAREA POMPELOR DE CĂLDURĂ
PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI PREPARARE A.C.M.**



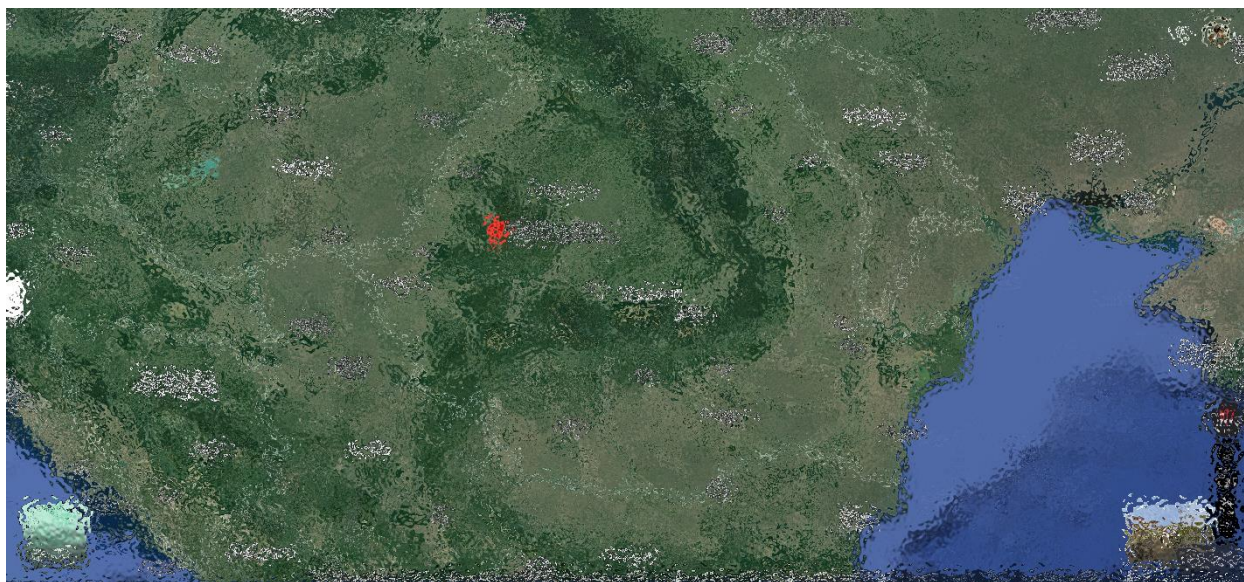
Cuprins

Considerații generale.....	3
Condiții climatice.....	4
Necesarul de energie termică.....	5
Caracteristicile pompelor de căldură.....	7
VARIANTA PENTRU NECESARUL DE CĂLDURĂ SOLICITAT	10
Analiza orară a funcționării pompelor de căldură.....	10
Analiza orară a funcționării sistemului fotovoltaic.....	12
Analiza lunară a consumului și producției de energie	13
Analiza anuală a consumului și producției de energie.....	15

Considerații generale

Studiul a fost realizat pentru ..., cu sediul în ..., în calitate de beneficiar și se referă la un sistem alternativ de încălzire și preparare a.c.m., cu pompe de căldură de temperatură ridicată, cu CO₂ ca agent frigorific, pentru pensiunea ... din localitatea ...

Amplasamentul pensiunii ..., este prezentat în figura alăturată.



Amplasamentul pensiunii ... Google Maps

Scopul studiului este analiza comportamentului pompelor de căldură ca soluție alternativă la sistemul actual de încălzire și preparare apă caldă menajeră (a.c.m.), bazat pe două cazane (2 x 186 kW) cu funcționare pe lemne.

Sistemul actual de încălzire are în componență și două rezervoare pentru stocarea agentului termic cu capacitatea 2 x 5000 l, respectiv două rezervoare pentru preparare a.c.m. cu capacitatea 2 x 1000 l.

Noile surse de căldură sunt reprezentate de:

- Pompe de căldură aer – apă cu puteri termice nominale: 40 kW, 75 kW, sau 120 kW

Pompele de căldură pot să prepare agent termic cu temperatura până la 90 °C.

În acest studiu, la solicitarea beneficiarului, s-a considerat că regimul termic al sistemului de încălzire și de preparare a.c.m. este de 60 ° pe tur și 40 °C pe retur.

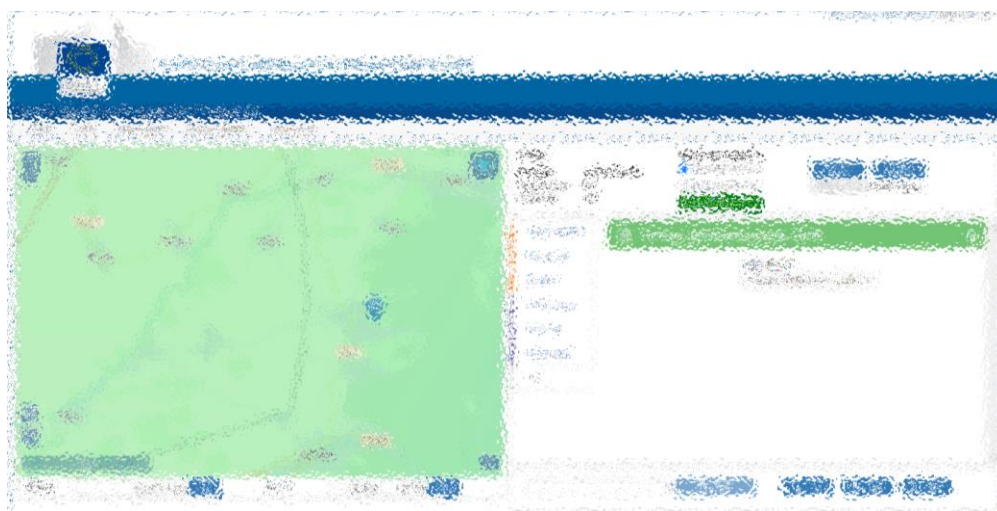
Puterea termică necesară a sistemului de încălzire bazate pe pompele de căldură, solicitat de beneficiar este de 60 kW, la temperatura exterioară de -20 °C.

Condiții climatice

Coordonatele geografice ale pensiunii ... din localitatea ...: ... Nord și ... Est.

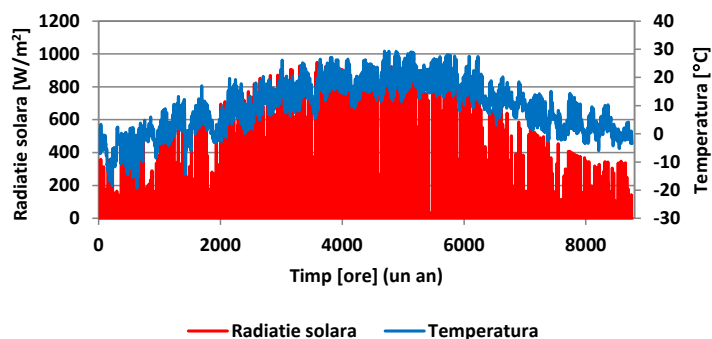
Parametrii climatici care influențează comportarea termică a sistemului de încălzire și a pompelor de căldură, sunt intensitatea radiației solare și temperatura ambiantă. Valorile parametrilor climatici, pentru amplasamentul pensiunii, au fost preluate din anul climatic standard (*Typical Meteorological Year - TMY*), determinat pe baza măsurărilor meteorologice realizate în perioada 2005-2020.

În figura alăturată, este prezentată interfața pentru preluarea datelor climatice conform TMY, disponibilă pe site-ul Uniunii Europene, la adresa: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html



Interfața pentru preluarea datelor climatice conform TMY
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

În figura alăturată sunt prezentate curbele de variație ale temperaturii ambiante și ale intensității radiației solare pentru locația pensiunii.

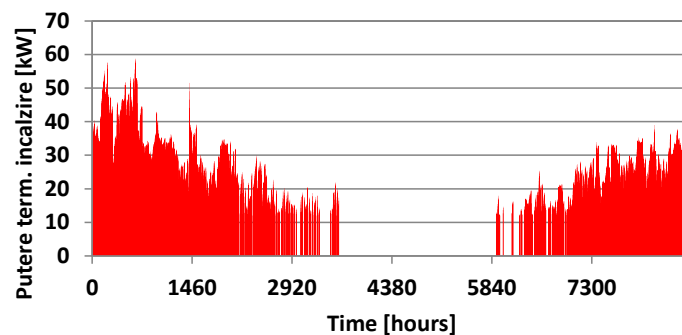


Curbele de variație ale temperaturii ambiante și ale intensității radiației solare

Necesarul de energie termică

Necesarul de căldură pentru încălzirea clădirilor, depinde de temperatura exterioară și se consideră că dacă temperatura exterioară depășește 12 °C, nu este necesară încălzirea. În plus, s-a considerat și că în perioada de vară (1 iulie – 31 august), nu este necesară încălzirea.

Curba de variație a puterii termice necesare pentru încălzire, este prezentată în figura alăturată.

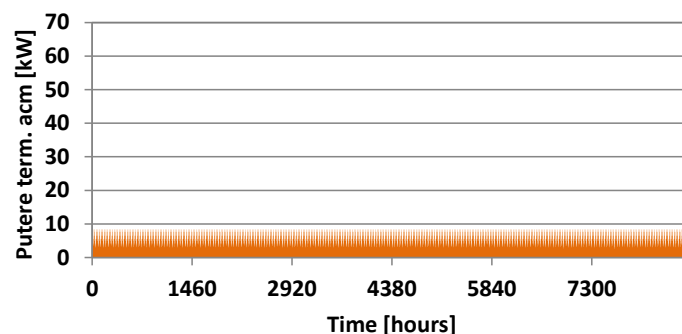


Curba de variație a puterii termice necesare pentru încălzire

Se observă că puterea termică maximă este de 60 kW, conform mențiunii beneficiarului.

Consumul de apă caldă a fost considerat de cca. 30 l/pers/zi. Pensiunea are 29 camere și s-a considerat că în pensiune sunt cazate 40 persoane. S-a considerat o curbă de consum orar, tipică pentru consum rezidențial în localitățile din Europa, considerând că temperatura apei reci din care se prepară a.c.m. este de 10 °C.

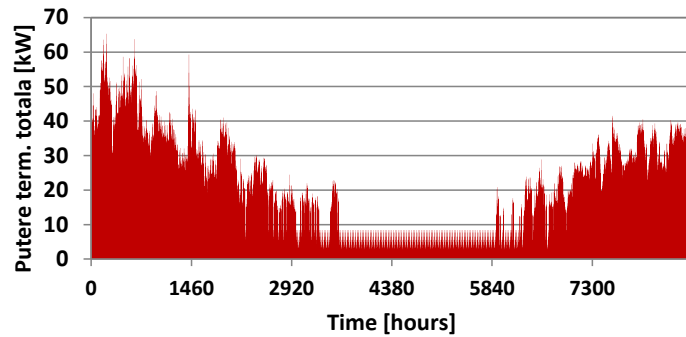
În figura alăturată este prezentată curba de variație a puterii termice necesare pentru preparare a.c.m.



Curba de variație a puterii termice necesare pentru preparare a.c.m.

Puterea termică necesară pentru prepararea a.c.m. este variabilă în timpul zilei, dar puterea termică maximă necesară este constantă, cu atât mai mult cu cât centrala termică este echipată cu rezervoare pentru stocarea agentului termic și a a.c.m.

Puterea termică totală este reprezentată de suma dintre puterile termice necesare pentru încălzire și pentru preparare a.c.m., iar curba de variație a puterii termice totale este reprezentată în figura alăturată.



Curba de variație a puterii termice totale

Această curbă de variație a puterii termice trebuie să fie asigurată de sursele de căldură alternative, respectiv de pompe de căldură.

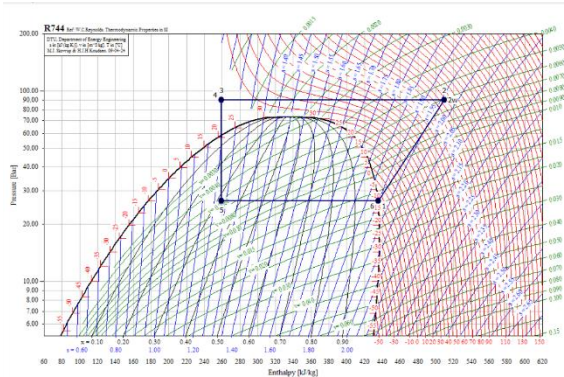
Caracteristicile pompelor de căldură

Parametrii de performanță ai pompelor de căldură sunt puterea termică produsă (Q [kW]), puterea electrică necesară pentru funcționare (P [kW]) și raportul dintre acestea, care este denumit coeficient de performanță (COP [-]).

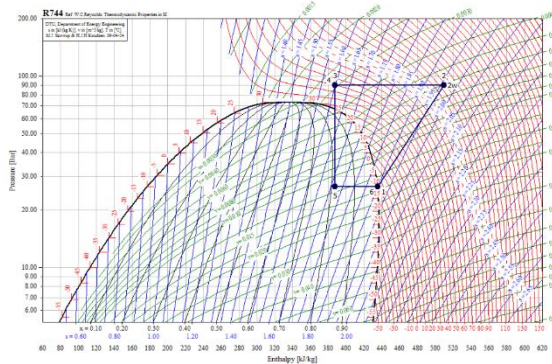
Acești parametri depind de condițiile de funcționare ale pompelor de căldură.

Pompele de căldură aer – apă funcționează cu agent frigorific CO_2 (R744) iar condițiile de lucru sunt variabile. Parametrii de performanță depind de temperatura ambiantă, de temperatura agentului termic preparat (60...90) °C și de temperatura pe returul sistemului de încălzire.

În figurile alăturate sunt prezentate două cicluri transcritice de funcționare a pompelor de căldură cu CO_2 , unul cu temperatura la ieșirea din răcitor de 25 °C (temperatura pe retur de 20 °C) și unul cu temperatura la ieșirea din răcitor de 45 °C (temperatura pe retur de 40 °C).



Temperatura la ieșirea din răcitor de 25 °C
(temperatura pe retur de 20 °C)

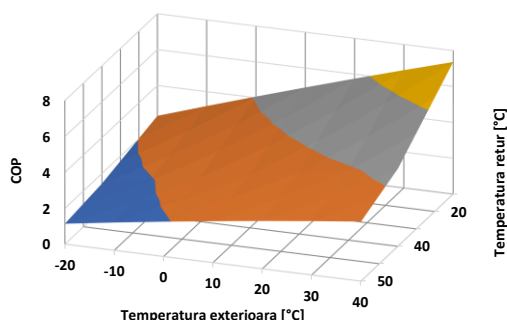


Temperatura la ieșirea din răcitor de 45 °C
(temperatura pe retur de 40 °C)

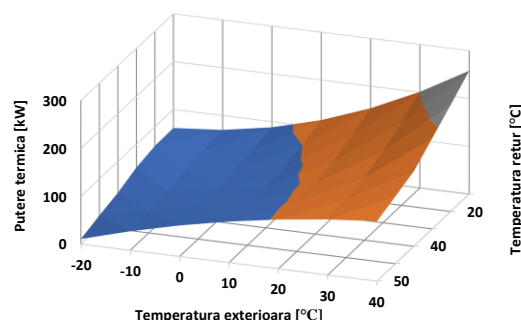
Din analiza comparativă a celor două cicluri se observă că eficiența și puterea termică produsă de aceste cicluri, scade odată cu creșterea temperaturii pe tur.

În cadrul studiului, s-a considerat în continuare că temperatura pe tur a agentului termic produs de pompele de căldură este de 60 °C, temperatura pe retur este 40 °C în regim de încălzire și 20 °C în regim de preparare a.c.m., iar temperatura ambiantă este variabilă în condițiile climatice ale locației considerate.

În figurile alăturate sunt prezentate grafic, variația COP pentru pompele de căldură aer-apă cu CO₂, respectiv variația puterii termice pentru pompa de căldură cu puterea termică nominală de 120 kW, în funcție de temperatura exterioară și de temperatura pe retur, cu temperatura pe tur de 60 °C.



Variația COP pentru PC aer-apă cu CO₂



Variația puterii termice pentru PC cu puterea nominală de 120 kW

În tabelele alăturate sunt prezentate valorile COP pentru pompele de căldură aer-apă cu CO₂, respectiv variația puterii termice pentru pompa de căldură cu puterea termică nominală de 120 kW, în funcție de temperatura exterioară și de temperatura pe retur, cu temperatura pe tur de 60 °C.

Valorile COP pentru pompele de căldură aer-apă cu CO₂

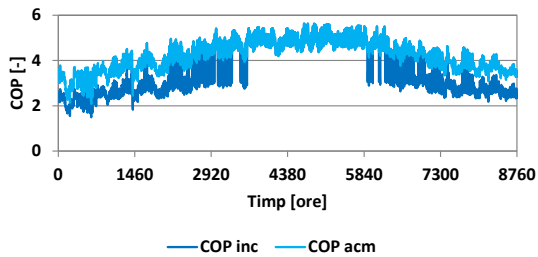
		Temperatura pe retur [°C]					
		50	45	40	30	20	10
Temperatura exterioară [°C]	-20	1.14	1.29	1.43	1.73	2.02	2.31
	-10	1.55	1.76	1.96	2.37	2.78	3.20
	0	1.94	2.21	2.47	3.00	3.53	4.07
	10	2.31	2.64	2.96	3.62	4.27	4.92
	20	2.67	3.05	3.44	4.21	4.98	5.75
	30	3.00	3.45	3.89	4.79	5.68	6.57
	40	3.32	3.83	4.33	5.34	6.35	7.37

Valorile puterii termice pentru pompa de căldură aer-apă cu puterea nominală de 120 kW

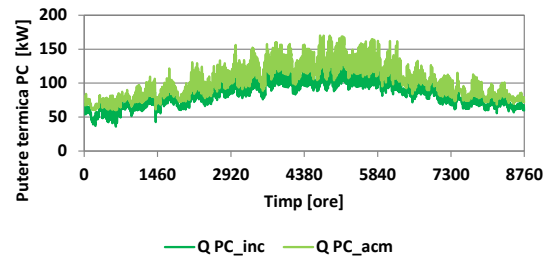
		Temperatura pe retur [°C]					
		50	45	40	30	20	10
Temperatura exterioară [°C]	-20	10.9	23.8	34.9	51.3	60.0	61.1
	-10	39.9	44.7	49.2	57.3	64.2	69.9
	0	64.9	65.1	66.0	70.2	77.6	88.2
	10	86.0	84.9	85.2	89.9	100.3	116.2
	20	103.0	104.2	106.8	116.4	132.1	153.8
	30	116.1	122.9	130.8	149.8	173.2	201.0
	40	125.2	141.1	157.2	190.0	223.5	257.8

Pentru temperatura de -20 °C și temperaturile pe retur de 45 °C, respectiv 50 °C au fost calculate valorile pentru COP și puterea termică, dar funcționarea în acele condiții nu este posibilă.

În figurile alăturate sunt prezentate curbele de variație ale COP pentru pompele de căldură aer-apă și ale puterii termice pentru pompa de căldură cu puterea termică nominală de 120 kW, în regim de încălzire și de preparare a.c.m., în condițiile climatice ale pensiunii considerate.

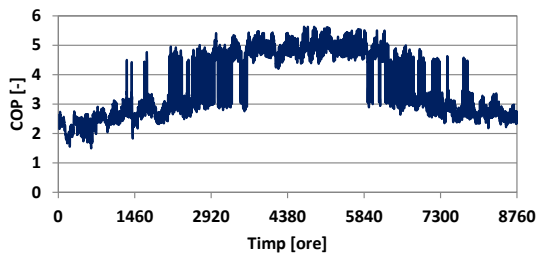


Curbele de variație a COP

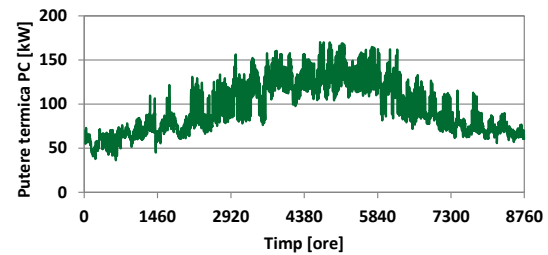


Curbele de variație a puterii termice

În figurile alăturate sunt prezentate curbele de variație ale COP și ale puterii termice, pentru pompele de căldură aer-apă, în regim mixt de funcționare (încălzire și a.c.m.), în condițiile climatice ale pensiunii considerate.



Curba de variație a COP



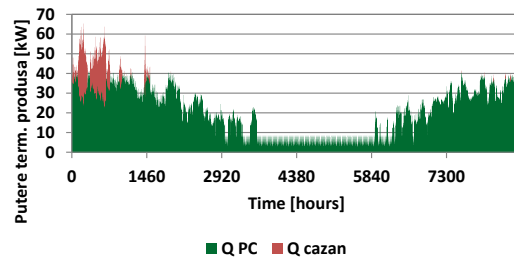
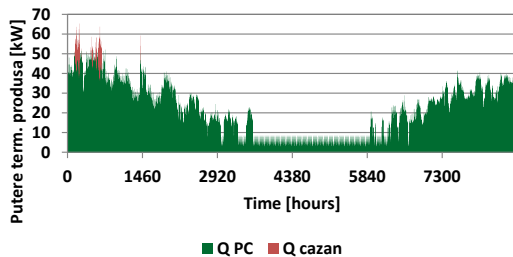
Curba de variație a puterii termice

VARIANTA PENTRU NECESARUL DE CĂLDURĂ SOLICITAT

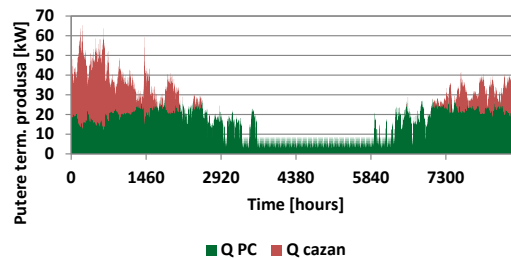
Analiza orară a funcționării pompelor de căldură

În continuare se prezintă curbele (cu pas de timp de o oră și simulare pe durata unui an), care descriu comportarea pompelor de căldură considerate (cu diferite puteri termice nominale) în condițiile climatice ale locației în care este amplasată pensiunea și în condițiile necesarului de putere termică prezentat anterior.

S-a considerat că în momentele în care puterea termică pe care o pot produce pompele de căldură este mai mică decât cea necesară, diferența este asigurată de cazanul (sau cazanele) pe lemne existente. În condiții reale de exploatare, având în vedere că există rezervoare de stocare a agentului termic, respectiv a a.c.m., anumite vârfuri de putere termică vor putea să fie acoperite de pompele de căldură prin stocarea căldurii disponibile în momentele în care necesarul de putere termică este mai redus.



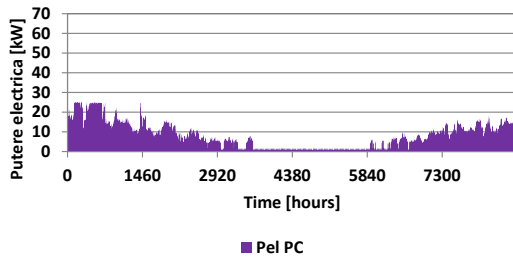
Curba de variație a puterii termice produse (120 kW) Curba de variație a puterii termice produse (75 kW)



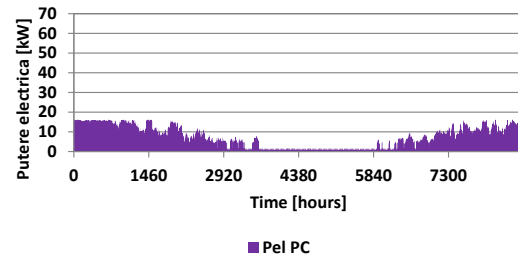
Curba de variație a puterii termice produse (40 kW)

Odată cu scăderea puterii termice nominale, scade și ponderea producției de energie termică pe care o pot asigura pompele de căldură.

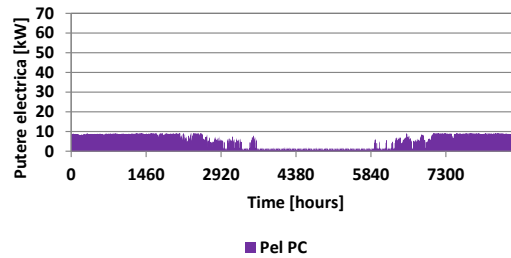
În figurile alăturate se prezintă puterea electrică necesară pentru funcționarea pompelor de căldură.



Curba de variație a puterii electrice (120 kW)



Curba de variație a puterii electrice (75 kW)



Curba de variație a puterii electrice (40 kW)

Odată cu scăderea puterii termice nominale, scade și puterea electrică necesară pompelor de căldură, pentru care trebuie să existe disponibilul necesar de putere electrică

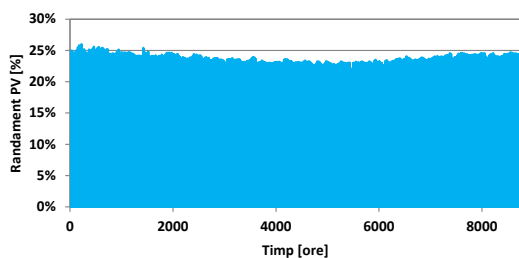
Analiza orară a funcționării sistemului fotovoltaic

A fost considerată utilizarea unui model de panou fotovoltaic cu performanțe ridicate, respectiv cu valoarea puterii maxime de 480 W, valoarea randamentului de referință de 22.24 % și suprafața unui panou de 2.14 m².

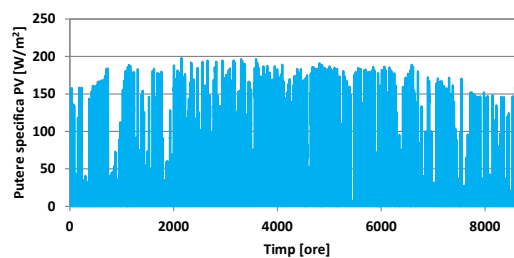
În figurile alăturate sunt prezentate curbele de variație a următoarelor mărimi caracteristice ale sistemului PV:

- Randament
- Putere electrică specifică (pe unitatea de suprafață $\langle m^2 \rangle$ de panou PV)
- Putere electrică totală

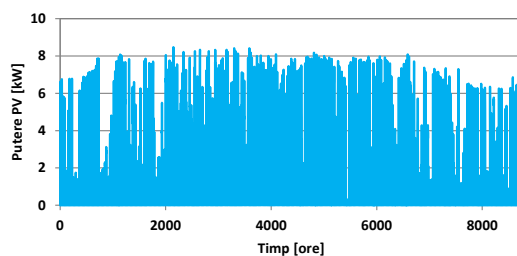
În condițiile în care nu se cunosc informații despre existența și caracteristicile sistemului fotovoltaic, s-a considerat că sunt instalate 20 panouri PV, cu puterea totală instalată de 9.5 kW. S-a considerat că panourile sunt orientate spre Sud și înclinate cu 30 ° față de orizontală.



Randamentul sistemului PV



Puterea electrică specifică

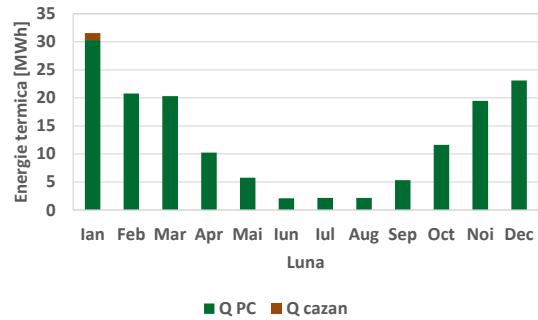
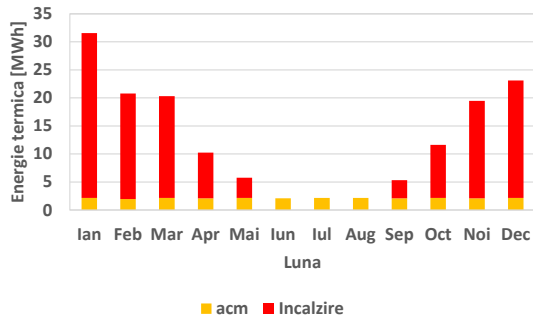


Puterea electrică totală

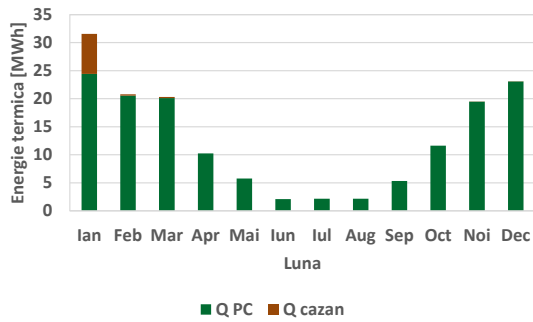
S-a ținut seama de variația randamentului și a puterii electrice produse de panourile PV, în funcție de intensitatea radiației solare (în planul panourilor PV) și de temperatura ambiantă.

Analiza lunară a consumului și producției de energie

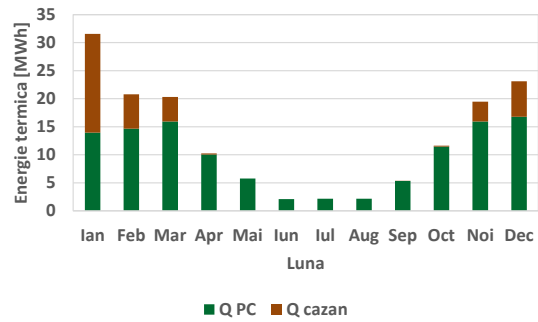
În continuare se prezintă curbele lunare de variație a necesarului de căldură, respectiv a producției de căldură.



Curba de variație a necesarului de putere termică



Curba de variație a puterii termice produse (120 kW)

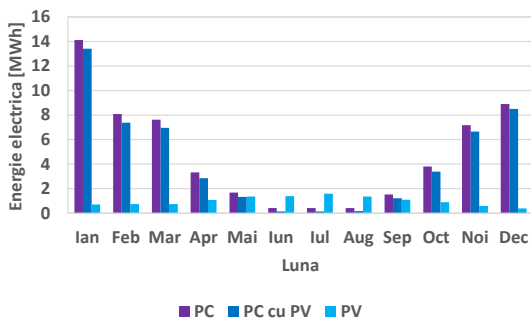


Curba de variație a puterii termice produse (75 kW)

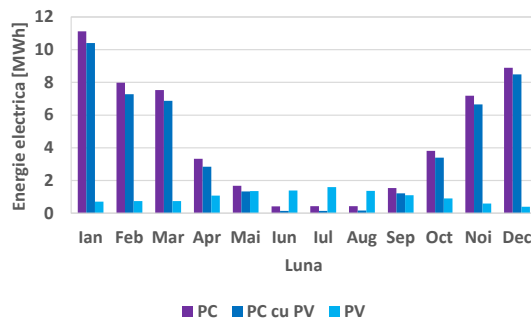
Curba de variație a puterii termice produse (40 kW)

Se observă că pe măsură ce scade puterea termică nominală a pompei de căldură, scade și cantitatea de energie termică produsă lunar de pompa de căldură, respectiv crește cantitatea de energie termică produsă lunar de cazan.

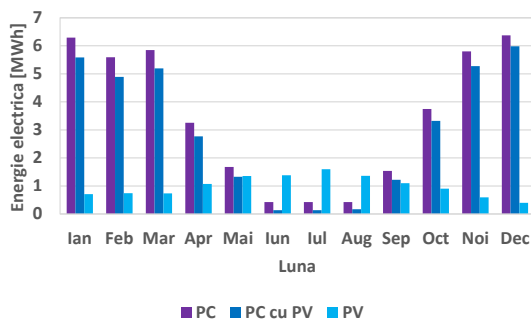
În figurile alăturată se prezintă o comparație între valorile lunare ale energiilor electrice consumate de pompele de căldură, singură sau combinat cu sistemul PV, respectiv produse de sistemul PV.



Energie electrică (120 kW)



Energie electrică (75 kW)



Energie electrică (40 kW)

Se observă că pe măsură ce scade puterea termică nominală a pompei de căldură, scade și cantitatea de energie electrică pe care o consumă lunar, respectiv crește ponderea energiei electrice produse lunar de sistemul PV.

Analiza anuală a consumului și producției de energie

Valorile anuale ale formelor de energie considerate în cadrul studiului sunt:

Denumire	u.m.	Valoare	120 kW	75 kW	40 kW
Necesar energie termică pentru încălzire	MWh				
Necesar energie termică pentru preparare a.c.m.	MWh				
Necesar energie termică totală	MWh				
Energia consumată de cazan (lemn)	MWh				
Pondere cazan	%				
Energie termică produsă de pompa de căldură	MWh				
Pondere pompa de căldură	%				
Energia electrică pe care o consumă pompa de căldură (fără PV)	MWh				
COP anual pompa de căldură (fără PV)	-				
Energia electrică pe care o consumă pompa de căldură (cu PV)	MWh				
COP anual pompa de căldură (cu PV)	-				
Energia electrică produsă de sistemul PV	MWh				

Recomandare:

Se recomandă alegerea unei pompe de căldură cu puterea nominală de:

- 75 kW dacă se dorește pondere mare a energiei termice asigurate de pompa de căldură (95.1 %) cu COP anual 3.0 (cu PV) sau 2.71 (fără PV)
- 40 kW dacă se dorește eficiență energetică ridicată (COP anual 3.23 cu PV sau 2.81 fără PV) dar cu pondere mai redusă a energiei termice asigurate de pompa de căldură (75.2 %)

Observație. În acest studiu nu s-a considerat posibilitatea stocării energiei termice (în condițiile în care există potențial de stocare în centrala termică). Astfel, cel puțin pe timpul verii, există posibilitatea ca pompa de căldură să funcționeze de exemplu în timpul zilei, când există potențial fotovoltaic, ceea ce va crește eficiența energetică globală a pompei de căldură.