

1. STUDIU DE CAZ PRIVIND UTILIZAREA TEHNICILOR DE MASURARE IN CADRUL BILANȚULUI ENERGETIC AL INSTALAȚIILOR DE COGENERARE CU MOTOARE TERMICE PE GAZ NATURAL PENTRU REALIZAREA SERVICIULUI DE AUDIT TERMOENERGETIC

1.2. Definirea conturului de bilant

Conturul de bilanț în cazul instalațiilor de cogenerare cu motoare termice este reprezentat de limitele exterioare ale grupului motor-generator-recuperatoare de caldura, care cuprinde atât sistemul de alimentare cu combustibil cât și sistemul de alimentare cu apa de racire. În cazul instalațiilor de cogenerare care cuprind și cazane recuperatoare cu post ardere conturul se extinde și la aceste instalații

1.2. Descrierea generală a unei instalații de cogenerare cu motoare termice

Motoarele termice consuma combustibil în general lichid sau gazos și prin cicluri termodinamice de tip Otto sau Diesel produc lucru mecanic la arborele motorului și caldura evacuată la sursa rece. Pe baza lucrului mecanic se produce energie electrică prin antrenarea unui generator electric, iar caldura evacuată din sistemul de racire și din gazele de ardere se recuperează în scop util

În ultima perioadă de timp, odată cu dezvoltarea tehnologiilor construcțiilor de mașini, a materialelor compozite rezistente la temperaturi ridicate și uzură mecanică, dar mai ales a sistemelor electronice și de automatizare a căpătat o utilizare tot mai largă instalațiile termoelectrice de cogenerare de mică și medie putere, utilizând motoarele termice. Acestea sunt capabile să asigure randamente electrice ridicate, 38 – 42 % și randamente globale de peste 84-86 %, dacă utilizează întreaga căldură rezultată din răcirea motorului și subansamblelor precum și energia termică a gazelor de ardere, sub formă de apă caldă cu regimuri termice de până la 100 °C.

De asemenea fiabilitatea ridicată, lipsa practic a personalului de exploatare, conducerea proceselor de la distanță prin sisteme de comunicații tip INTERNET, nivelul de noxe foarte redus prin monitorizare continuă, precum și costurile reduse de producere a energiei electrice și termice (mult mai mici decât cele oferite pe piața de energie) au făcut ca aceste instalații să se dezvolte într-un ritm exponențial acoperind din ce în ce mai mult din necesitățile energetice ale multor societăți comerciale private și chiar în domeniul rezidențial.

Aceste instalații pot funcționa în mod automatizat și în regim insularizat, ceea ce conferă o disponibilitate și confort energetic ridicat pentru beneficiar.

Principalele caracteristici necesare în caracterizarea performanțelor unui motor termic utilizat pentru cogenerare sunt:

- specificarea puterii calorifice inferioare a combustibilului utilizat, pentru care se garantează performanțele, [kWh/m³_N; kg];
- consumul de combustibil la diferite sarcini (50%; 75%; 100%), [m³_N; kg/h];
- puterea termică intrată cu combustibilul, [kW];
- puterea mecanică la arborele motorului, [kW];
- puterea electrică la bornele generatorului, [kW];

- puterile termice recuperabile pe diversele zone de racire ale motorului (racirea turbochargerului, racirea uleiului de ungere, racirea culoasei si blocului motor, racirea gazelor de ardere), [kW];
- puterea termica totala recuperata, [kW];
- puterea totala (electrica si termica) la diferite sarcini, [kW];
- consumul specific de combustibil exprimat in unitati fizice sau energetice, [m^3/N ; kg/kW sau kWh/kWh];
- consumul specific de ulei de ungere, [kg/h, kg/kWh];
- randamentul electric la diferite sarcini, [%];
- randament termic la diferite sarcini, [%];
- randament global in regim de cogenerare, [%];
- temperaturile apei de racire la diferite sarcini, la plecarea din motor, [$^{\circ}\text{C}$];
- temperatura apei de racire la intrarea in motor, [$^{\circ}\text{C}$];
- debitul de apa de racire, [m^3/h];
- temperatura gazelor de ardere la iesirea din motor, [$^{\circ}\text{C}$];
- temperatura gazelor de ardere dupa circuitul recuperativ de caldura, [$^{\circ}\text{C}$];
- debitul de gaze de ardere umede si uscate, [m^3/N ; kg/h];
- caracteristici electrice ale generatorului;
- caracteristici tehnice privind instalatiile de monitorizare a functionarii grupului;
- caracteristici tehnice privind poluarea mediului ambiant (poluare chimica, poluare sonora, etc.)

Instalatiile de cogenerare cu motoare termice pot fi utilizate atat pentru producerea apei calde, apei fierbinti sau combinata cu producerea de abur. De asemenea se pot avea in vedere functie de necesitati combinarea acestor instalatii cu cazane de apa fierbinte sau de abur cu ardere suplimentara.

In figurile 1.1.-1.4. sunt prezentate câteva tipuri de aplicatii de instalatii de cogenerare cu motoare termice.

High grade heat recovery, CHP-plant for district heating

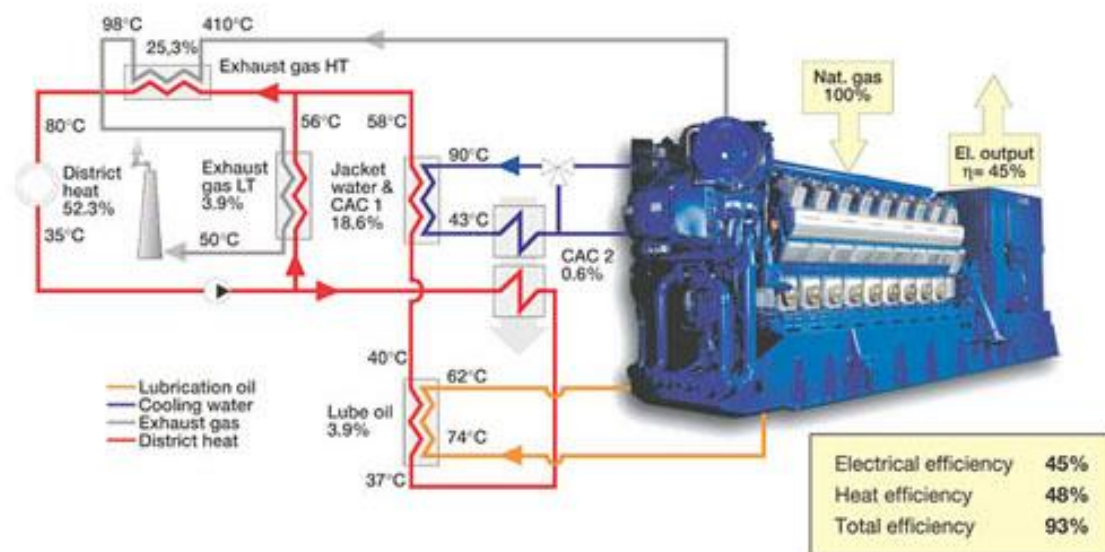


Fig.1.1. Utilizarea motoarelor termice in retele de alimentare cu caldura, sub forma de apa calda

CHP with low pressure steam and hot water generations

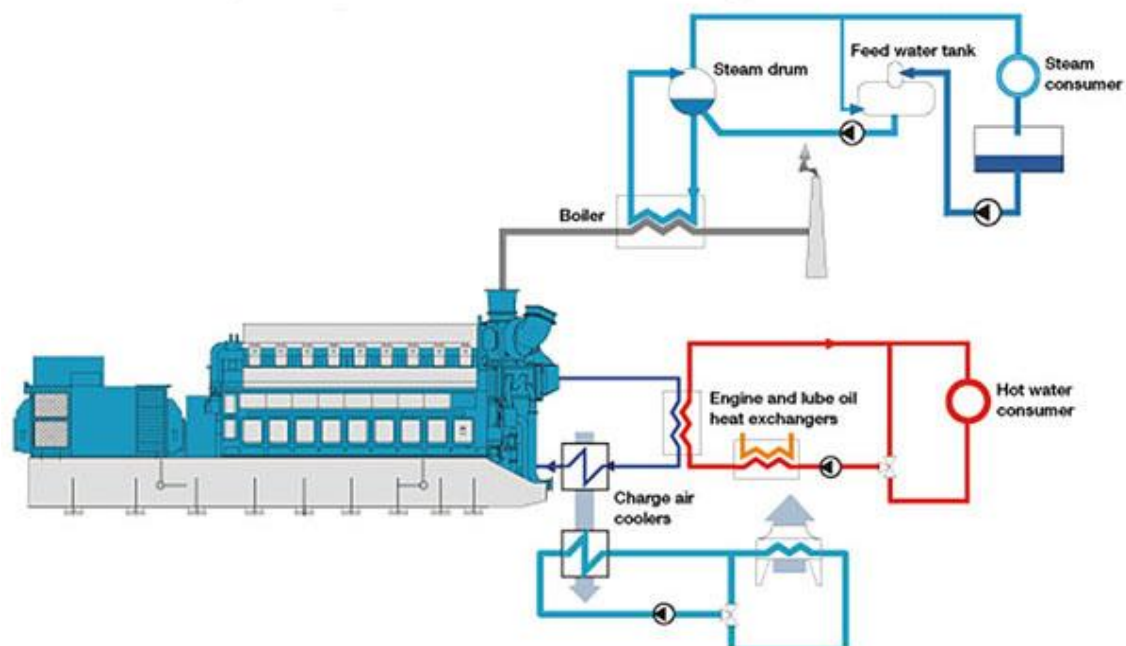


Fig.1.2. Utilizarea motoarelor termice pentru producerea combinata de apa calda si de abur saturat de joasa presiune

CHP with low pressure steam generation

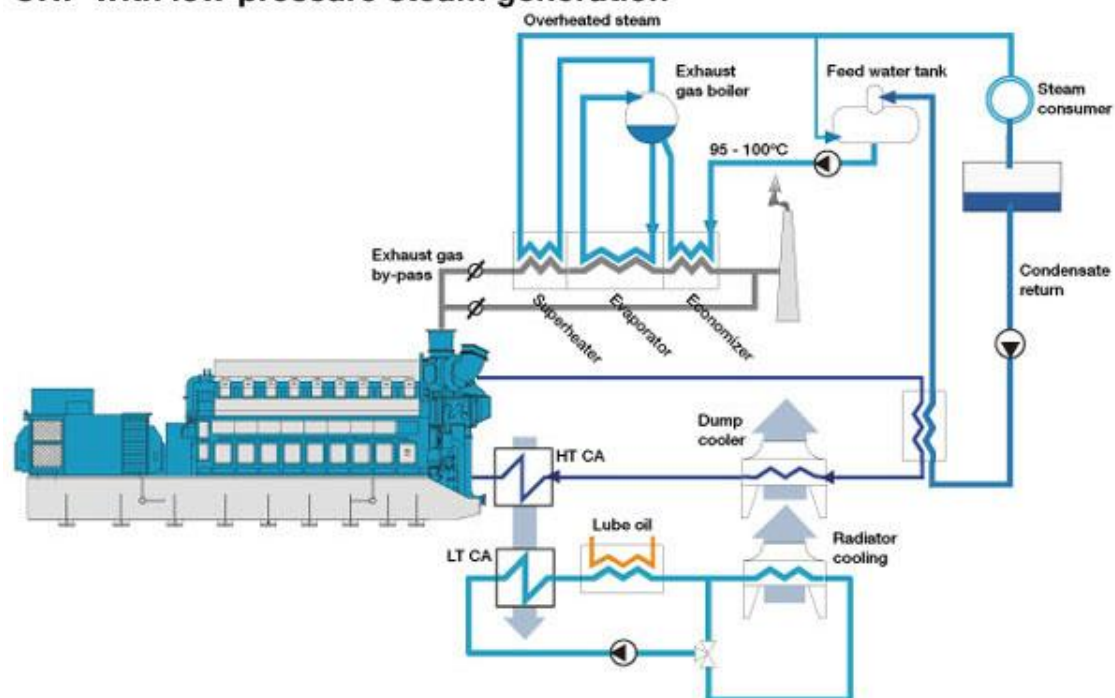


Fig.1.3. Utilizarea motoarelor termice pentru producerea de abur supraincalzit de joasa presiune

Steam generation with supplementary firing

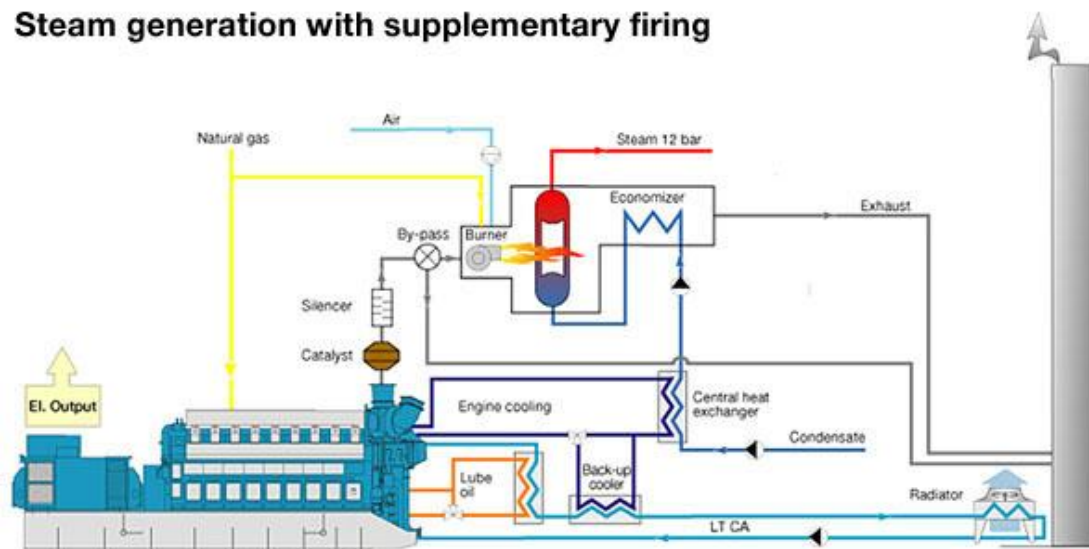


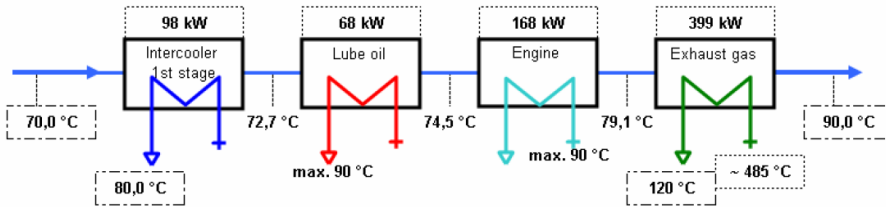
Fig.1.4. Utilizarea motoarelor termice pentru producerea de abur in cazane recuperatoare cu ardere suplimentară

In fig.1.5 se prezinta o schemă generală de recuperare a caldurii dintr-un motor termic

Hot water circuit

Recoverable thermal output = 732 kW (+/- 8%)

Hot water flow rate = 31,5 m³/h



Low temperature circuit

Heat to be dissipated = 38 kW (+/- 8%)

Cooling water flow rate = 25,0 m³/h

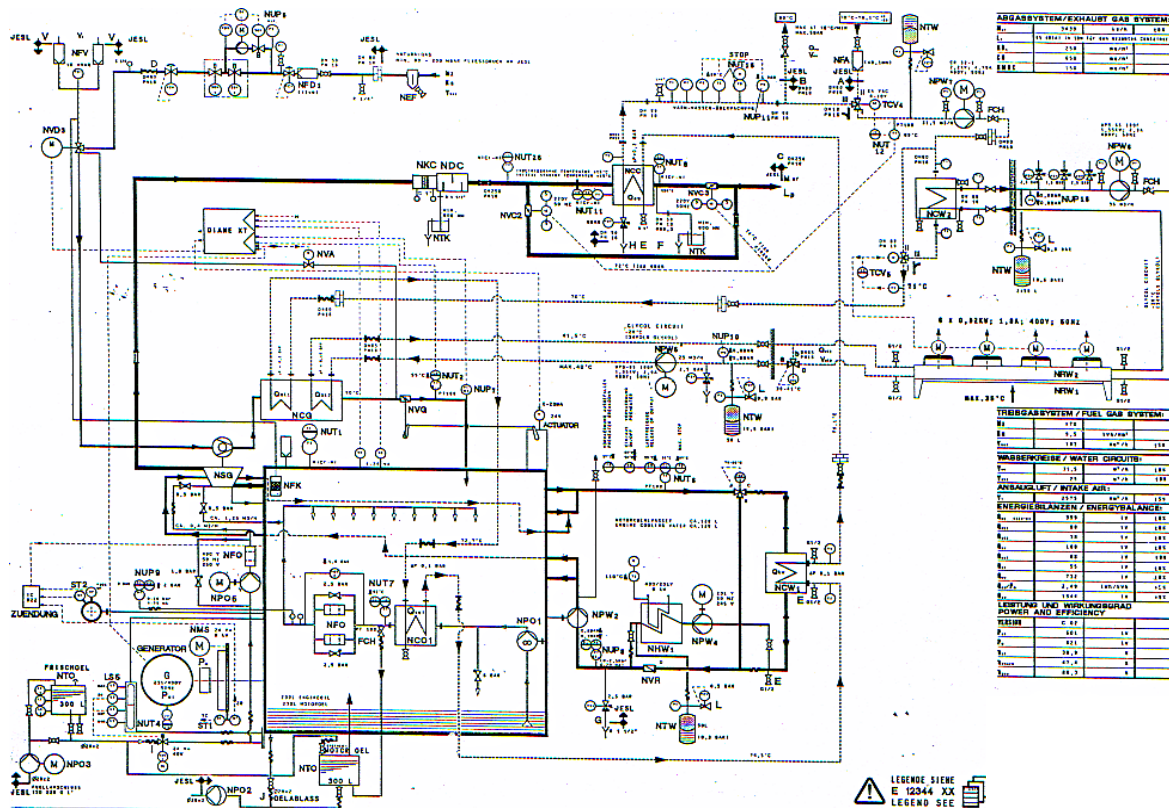
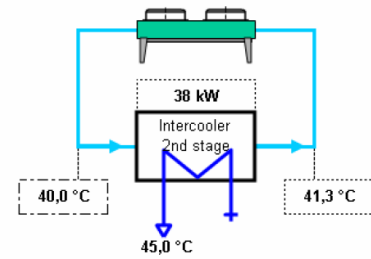


Fig.1.5. Schema generala de functionare si recuperare a energiei termice din motor

1.3. Schema fluxurilor energetice din contur

În figura 1.6. este prezentată schema generală a fluxurilor energetice din conturul de bilanț al unui motor termic utilizat în scheme de cogenerare

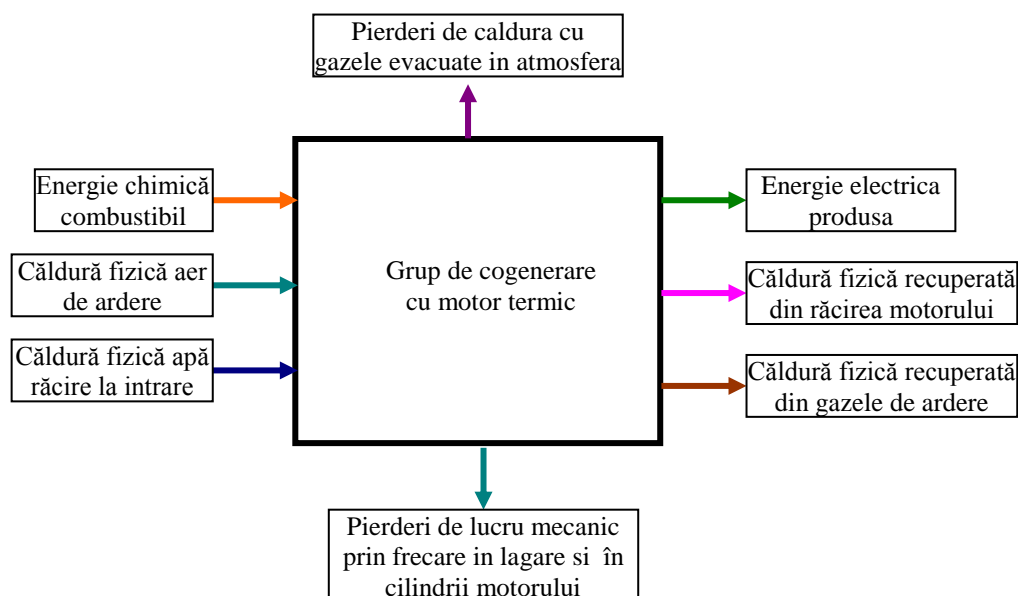


Fig.1.6. Schema generală a fluxurilor energetice din motorul termic

1.4. Prezentarea punctelor și aparatelor de măsură (tip, schemă, clasă de precizie)

Nr. crt.	Mărime măsurată	Punct măsură	Aparate ce pot fi utilizate	Clasa de precizie
1	Energie electrică produsă	La bornele generatorului	Contor electronic de energie electrică activă și reactivă	+/- 0,5%
2	Energie electrică consumuri servicii proprii	Panou alimentare servicii proprii	Contor de energie electrică activă și reactivă	+/- 1%
3	Debit apă de răcire turbocharger, ulei, culoasa și bloc motor	Conducta de plecare din motorul termic	Debitmetru ultrasonic sau cu turbină în toată secțiunea	+/- 1%
4	Temperatură tur/retur apă răcire	Conducte de intrare și ieșire apă răcire motor	Termometre cu coloană de lichid Termorezistente / Termocuple Termometre digitale	Precizie: $\pm 0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-5 ... 100 $^{\circ}\text{C}$) $\pm 0.75\%$ în mV (75.0 ... 900.0 $^{\circ}\text{C}$) Rezoluția: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-30.0 ..900.0 $^{\circ}\text{C}$)
5	Temperatura gaze de	Ieșire din motor și ieșire	Termocuple	$\pm 0.75\%$ în mV

	ardere	la cosul de fum		(75.0 ... 900.0 °C)
6	Debit abur	Iesire cazan recuperator	Debitmetru Vortex	+/- 1,5%
3	Presiune	Intrare și ieșire fluide	Manometre cu tub Bourdon sau cu element elastic Traductoare de presiune/ manometre digitale	1%

1.5. Fișa tip sau buletinul de măsurători.

Flux energetic	Mărimea măsurată	Notăția	Regim de lucru			
			1	2	...	n
Putere electrica produsă la borne	Putere activa	P (kW)				
	Putere reactiva	Q (kVAr)				
Putere electrica servicii proprii	Putere activa	P _{SP} (kW)				
Energie electrica produsa (parametri)	Energie electrica activa	W (kWh)				
	Tensiune electrica	U (V)				
	Intensitate electrica	I (A)				
	Frecventa curent	f (Hz)				
Energie termica recuperata din racire motor	Debit masic	M (kg/s)				
	Temperatură intrare	T _i (°C)				
	Presiune intrare	p _i (bar)				
	Temperatura ieșire	T _e (°C)				
	Presiune ieșire	p _e (bar)				
Energie termica recuperata din gazele de ardere	Debit volumetric	V _{ga} (m3/s)				
	Temperatură ieșire motor	T _{em} (°C)				
	Temperatura ieșire cos	T _{ecos} (°C)				
	Presiune	p _{ab} (bar)				
Energie termica recuperata sub forma de abur	Temperatura	T _{ab} (°C)				

1.6. Elemente generale de bilanț

Bilantul energetic al unei instalatii de cogenerare se bazează pe legile conservarii masei, conservarii energiei si conservarii impulsului.

Ecuatia generala de bilant energetic arata echivalenta dintre cantitatea de energie primara introdusa, energiile utile si pierderile care ies din ciclu:

$$Q_i = Q_u + Q_p = Q_{el} + Q_t + Q_p \text{ [kW]} \quad (1.1.)$$

Energia introdusa cu gazele naturale este data de relatia:

$$Q_i = D_{gn} \cdot P_{ci} \text{ [kW]} \quad (1.2.)$$

unde: D_{gn} este debitul de gaze naturale aspirate de motor, [m^3/s];

P_{ci} este puterea calorifica inferioara a combustibilului, [kJ/m^3]

Energia utila se compune din energia electrica si energia termica produsa de motor:

$$Q_u = Q_{el} + Q_t \text{ [kW]} \quad (1.3.)$$

unde: energia electrica Q_{el} se măsoară prin intermediul contorului de energie electrica, iar energia termica Q_t se determina fie direct prin intermediul unei instalatii de masura ce cuprinde debitmetru, pereche de sonde de temperatura tur retur si un calculator, fie prin calcule analitice pe baza inregistrarilor parametrilor de functionare.

Pierderile de energie cele mai semnificative sunt cele prin frecare in lagare, prin gazele de ardere evacuate in atmosferă si prin convecție între elementele constructive neizolate ale blocului motor si mediul ambiant.

Randamentul mecanic al motorului se defineste ca raport între energia sub forma de lucru mecanic regăsit la arborele motorului si energie intrată:

$$\eta_m = \frac{Q_m}{Q_i} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1.4.)$$

Randamentul electric la bornele generatorului se definește ca raport între energia electrica produsa de motor si energia mecanica la arbore:

$$\eta_{el} = \frac{Q_{el}}{Q_m} \cdot 100 = \frac{Q_{el}}{\eta_m \cdot Q_i} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1.5.)$$

In consecinta energia electrica produsa la borne este:

$$Q_{el} = \eta_m \cdot \eta_{el} \cdot Q_i \text{ [kW]} \quad (1.6.)$$

Randamentul termic al ciclului se defineste ca raport între energia termica recuperata din sistemele de racire + gazele de ardere evacuate din motor si energia primară intrată:

$$\eta_t = \frac{Q_t}{Q_i} \cdot 100 = \frac{Q_i - Q_{el} - Q_p}{Q_i} \cdot 100 = \left(1 - \frac{Q_{el} + Q_p}{Q_i} \right) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1.7.)$$

Având în vedere relatiile definite mai sus randamentul global al instalației de cogenerare capătă expresia:

$$\eta_{gl} = \frac{Q_u}{Q_i} \cdot 100 = \eta_{el} + \eta_t \text{ [%]} \quad (1.8.)$$

Consumul specific de combustibil al motorului, exprimat în unități energetice se calculeaza cu relatia:

$$b = \frac{D_{gn} \cdot P_{ci}}{Q_m} \text{ [kWh/kWh]} \quad (1.9.)$$

unde puterea calorifica inferioara a combustibilului se exprima în kWh/ m^3 .

1.7. Exemplu de bilanț energetic pentru o instalație de cogenerare cu motoare termice functionând pe gaz natural

Pentru exemplificarea bilanțului unei instalații de cogenerare cu motoare termice pe gaz natural se prezintă în continuare o aplicație concretă pentru o instalație cu două motoare termice implementată într-o unitate industrială.

Instalația de cogenerare este compusă din două motoare cu ardere internă supraalimentate care funcționează pe combustibil gaz natural. Motoarele sunt destinate a produce combinat energie electrică și termică la parametri compatibili cu cei utilizați în societatea comercială respectivă.

Motoarele antrenează generatoare electrice sincrone cu puterea de 910 kVA fiecare (601 kW la borne) la tensiunea de 0,4 kV. Racordul este realizat în stația de conexiuni a societății pe doi fiederi independenți, prin intermediul a două transformatoare ridicatoare 0,4/6 KV de 1000 kVA (câte unul pentru fiecare grup). Sistemul complet monitorizat și în timp real este prevăzut cu o instalație electronică computerizată de tip ION pentru urmărirea puterii momentane consumată pe fiecare fider, în vederea evitării injectiei de putere în sens invers în rețeaua Electrică.

Energia termică este livrată sub formă de apă fierbinte la parametrii 90/70 °C și este produsă prin recuperarea caldurii în schimbatoare de căldură de suprafață (cu plăci și tubulare) din sistemele de racire a motoarelor și respectiv din gazele de ardere. Căldura astfel recuperată este utilizată în două scopuri pentru preîncalzirea apei de adaos la degazorul centralei termice a societății și pentru utilizări tehnologice și de încălzire spații clădiri, în serie cu cazanele de apă fierbinte existente. Principalele caracteristici tehnice de catalog pentru fiecare grup de cogenerare sunt:

- putere electrică la borne P_e : 601kWe/grup → 1202 kWe/tot
- putere termică nominală P_t : 732 kWt/grup → 1464 kWt/tot
- emisii de noxe la 5% O_R :
 - $Nox < 250 \text{ mg/m}^3_N$;
 - $CO < 650 \text{ mg/m}^3_N$;
 - $NMHC < 150 \text{ mg/m}^3_N$
- consumul de combustibil orară la sarcină nominală B: $163 \text{ m}^3_N/h$;
- consumul specific de combustibil la sarcină nominală, la o putere calorifică inferioară de 9,5 kWh/ m^3_N , b: 2,49 kWh/kWh
- randamentul electric al grupului la sarcină nominală η_e : 38,9 %;
- randamentul termic al grupului la sarcină nominală η_t : 47,4 %;
- randamentul global al grupului la sarcină nominală η_g : 86,3 %;
- debitul de apă vehiculat pentru racire M: 31,5 m^3/h ;
- debitul de gaze umede evacuate D_{ga} : 3439 kg/h (2718 m^3_N/h)

Schema de recuperare a caldurii pe diferitele sisteme de racire (racitor treaptă I turbosuflanta, racitor de ulei, racire bloc motor+culasa și racire gaze de ardere) cu puterile termice și ecarturile de temperatură recuperate este cea prezentată în figura 1.5

Pentru realizarea bilanturilor energetice momentane s-au efectuat o serie de masuratori orare, atât electrice cât termice, iar pentru evidentierea bilanturilor anuale s-au utilizat datele inregistrate lunar în fisele de urmarire a functionarii instalatiilor.

Astfel în tabelul 1.1. sunt prezentate debitele de gaz natural consumate orar de instalatia de cogenerare în coditiile reale ale parametrilor punctului de măsură, precum si debitele corectate atât la starea normală fizică cât și la starea de bază sau standard conform reglementarilor ANRGN.

Condițiile normale fizice sunt: $p_N = 1,01325 \text{ bar}$; $t_N = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_N = 273,15 \text{ K}$) ;

Condițiile la starea standard sunt: $p_S = 1,01325 \text{ bar}$; $t_S = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_S = 288,15 \text{ K}$).

Relația de conversie de la condițiile reale de masura la cele doua stari de referință tine seama de coeficientii de compresibilitate ai gazului la cele doua stari de analiză:

$$D_{\text{corectat}} = D_{\text{masurat}} \cdot \frac{p}{p_{N;S}} \cdot \frac{T_{N;S}}{T} \cdot \frac{z_{N;S}}{z} \text{ [m}^3\text{N/h]} \text{ sau [m}^3\text{S/h]} \quad (1.10)$$

De asemenea în tabelul 1.2. sunt prezentate valorile energiei electrice produsă, consumată ca servicii proprii si livrată beneficiarului, precum si energia termica livrata orar.

Tabel 1.1. Valori orare masurate pentru parametrii combustibilul gazos

NR	Marimea	UM	Valori orare masurate pe debitmetrul SRM									
	Numarul masuratorii		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Debit gaze naturale masurat	m ³	234	271	275	261	274	273	275	273	280	
2	Presiune gaz in punctul de masura	bar	0.155	0.162	0.16	0.16	0.159	0.159	0.155	0.155	0.16	
3	Pres. abs. gaz nat. la punctul de masura	bar	1.16825	1.17525	1.17325	1.17325	1.17225	1.17225	1.16825	1.16825	1.17325	
4	Temp. gaz natural in punctul de masura	grd C	2	2	2	4	4	5	6	13.5	12.5	
Conditii normale fizice												
5	Presiune normala fizica	bar	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	
6	Temperatura normala fizica	grd C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conditii Standard												
7	Presiune standard	bar	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	
8	Temperatura Standard	grd C	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
9	Coeficient de compresibilitate	~	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	
10	Debit gaze conditii normale fizice	m ³ _N	255.2	297.3	301.2	283.8	297.7	295.5	295.6	285.8	295.4	
11	Debit gaze conditii Standard	m ³ _S	282.5	329.2	333.5	314.2	329.6	327.2	327.3	316.4	327.1	

	Numarul masuratorii		10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Debit gaze naturale masurat	m ³	277	268	272	292	290	270	270	280	280	
2	Presiune gaz in punctul de masura	bar	0.16	0.163	0.16	0.16	0.159	0.16	0.162	0.16	0.16	
3	Pres. abs. gaz nat. la punctul de masura	bar	1.17325	1.17625	1.17325	1.17325	1.17225	1.17325	1.17525	1.17325	1.17325	
4	Temp. gaz natural in punctul de masura	grd C	11	3.5	5	7	9	5.5	6.5	7	8.5	
Conditii normale fizice												
5	Presiune normala fizica	bar	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	
6	Temperatura normala fizica	grd C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conditii Standard												
7	Presiune standard	bar	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	1.01325	
8	Temperatura Standard	grd C	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
9	Coeficient de compresibilitate	~	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	0.9528	
10	Debit gaze conditii normale fizice	m ³ _N	293.8	292.7	294.7	314.1	309.5	292.0	291.5	301.2	299.6	
11	Debit gaze conditii Standard	m ³ _S	325.3	324.0	326.3	347.8	342.6	323.3	322.7	333.5	331.7	

Tabel 1.2. Valori orare masurate pentru energia electrica si energia termică produsă de instalatia de cogenerare

NR	Marimea	UM	Valorile energiilor orare masurate								
	Numarul masuratorii		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Energie electrica totala produsa	kWh/h	944.9	1120.2	1136.6	1063.3	1121.7	1112.7	1113.0	1071.7	1112.1
2	Energie electrica consum servicii proprii	kWh/h	12.3	15.5	16.2	14.7	15.6	15.2	15.3	14.9	15.2
3	Energie electrica totala livrata	kWh/h	932.6	1104.7	1120.4	1048.6	1106.1	1097.5	1097.7	1056.8	1096.9
4	Energia termica totală produsă si livrată	kWh/h	1048.4	1207.4	1221.9	1156.8	1208.8	1200.7	1201.1	1164.3	1200.3
		Gcal/h	0.901	1.038	1.051	0.995	1.039	1.032	1.033	1.001	1.032

NR	Marimea	UM	Valorile energiilor orare masurate								
	Numarul masuratorii		10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Energie electrica totala produsa	kWh/h	1105.3	1100.7	1109.1	1191.6	1171.9	1097.8	1095.5	1136.6	1129.8
2	Energie electrica consum servicii proprii	kWh/h	15.0	15.0	15.1	17.3	16.8	14.9	15.0	15.9	16.4
3	Energie electrica totala livrata	kWh/h	1090.3	1085.7	1094.0	1174.3	1155.1	1082.9	1080.5	1120.7	1113.4
4	Energia termica totală produsă	kWh/h	1194.2	1190.1	1197.6	1269.7	1252.6	1187.6	1185.5	1221.9	1215.9
		Gcal/h	1.027	1.023	1.030	1.092	1.077	1.021	1.019	1.051	1.045

Pe baza relațiilor de bilant prezentate in paragraful anterior s-au determinat randamentele electric, termic si global, precum si consumul specific de combustibil raportat la energia electrica produsă.

Valorile rezultate din calcule sunt prezentate în tabelul centralizator 1.3.

Tabel 1.3. Valori orare ale randamentelor calculate pentru instalatia de cogenerare

MARIMEA		Valoarea					
Numarul masuratorii		1	2	3	4	5	6
Randament electric	%	37.78	38.45	38.51	38.23	38.45	38.42
Randament termic	%	41.08	40.61	40.57	40.76	40.61	40.63
Randamentul global	%	78.86	79.06	79.08	79.00	79.06	79.05
Consum specific de combustibil	kWh/KWh	2.620	2.601	2.597	2.616	2.601	2.603

Valoarea					
7	8	9	10	11	12
38.42	38.26	38.42	38.39	38.37	38.41
40.63	40.74	40.63	40.65	40.66	40.64
79.05	79.00	79.05	79.04	79.04	79.05
2.603	2.613	2.603	2.605	2.606	2.604

Valoarea					
13	14	15	16	17	18
38.71	38.64	38.36	38.35	38.51	38.48
40.42	40.47	40.67	40.68	40.57	40.59
79.14	79.11	79.03	79.03	79.08	79.07
2.583	2.588	2.607	2.607	2.597	2.599

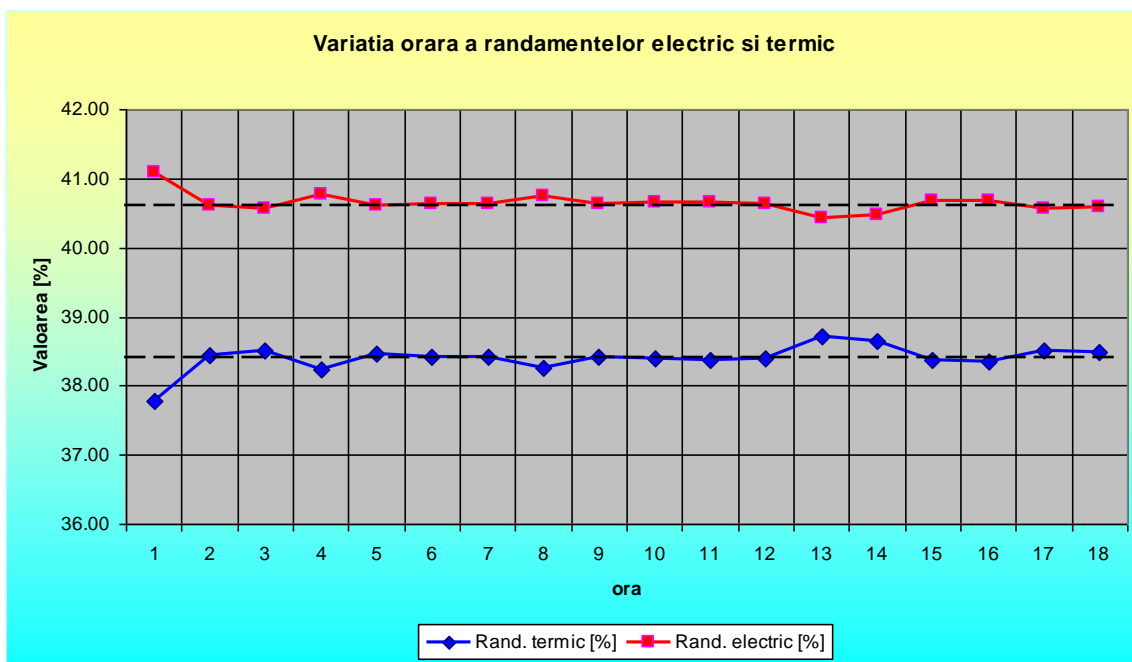


Fig.1.7. Variatia orara a randamentelor electric si termic pentru instalatia de cogenerare în perioada masuratorilor

In fig. 1.7. sunt reprezentate grafic variațiile randamentelor electric și termic, calculate pentru valorile orare măsurate.

In fig 1.8. s-a reprezentat variația orară a consumului specific de combustibil, pentru același set de măsurători.

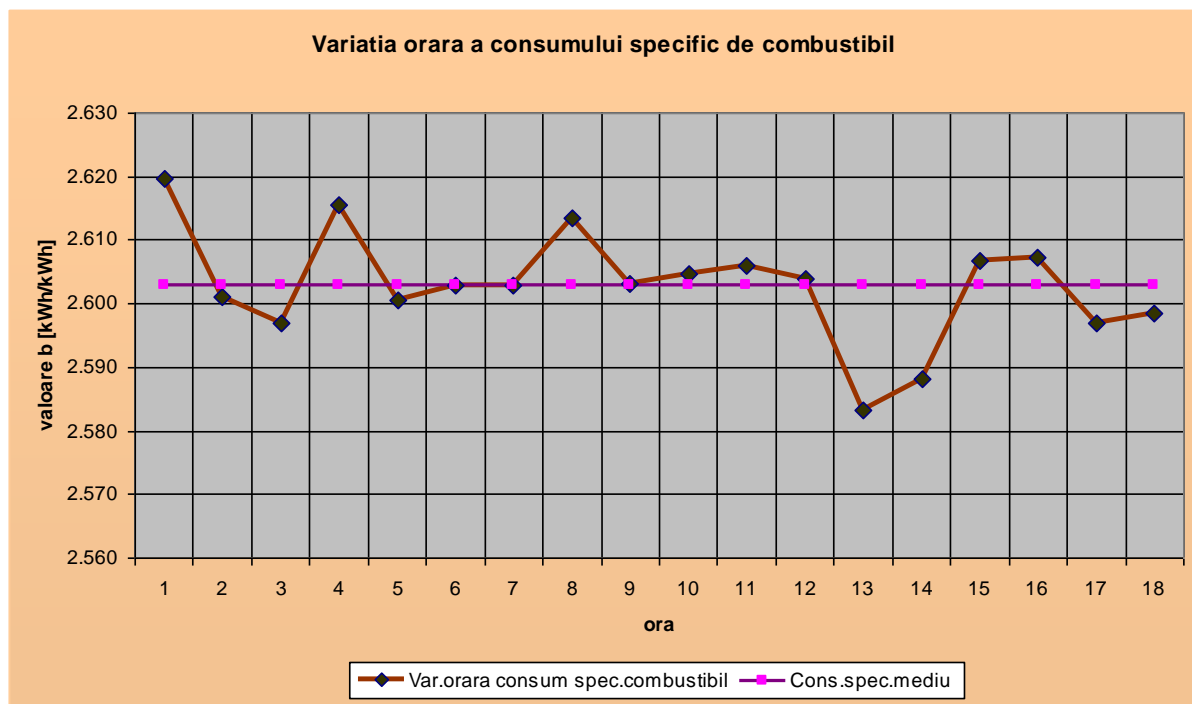


Fig.1.8. Variația orară a consumului specific de combustibil pentru instalația de cogenerare

Valorile măsurate într-o perioadă limitată de funcționare nu pun în evidență funcționarea de ansamblu de lungă durată a instalației.

De aceea pentru formarea unei bune imagini a performanțelor de funcționare ale instalației de cogenerare s-au prelucrat rezultatele înregistrărilor lunare timp de un an de funcționare, prezentate în tabelul 1.4.

Aplicând relațiile de calcul pentru determinarea elementelor de bilanț termic s-au calculat randamentele electric și termic ca valori medii lunare precum și alți indicatori precum puterile medii brute sau nete, energiile produse sau livrate, consumurile specifice de combustibil, etc.

Tabel 1.4. Valori lunare ale mărimilor caracteristice înregistrate pe an de functionare, pentru instalatia de cogenerare

Nr. crt.	INDICATORUL	Decemb	Noiemb	Octomb	Septemb	August	Iulie
		Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate
1	Energie termica livrata lunar, [Gcal/luna]	679.40	691.29	456.47	397.19	338.40	302.41
2	Energie electrica activa bruta produsa de M1, [kWh/luna]	409400	414000	419500	419400	389500	385600
3	Energie electrica activa bruta produsa de M2, [kWh/luna]	347200	417700	414500	431600	409600	408900
4	Energie electrica activa livrata de M1(ore varf), [kWh/luna]	82250	83740	82875	33540	31810	0
5	Energie electrica activa livrata de M1(rest ore), [kWh/luna]	312540	313780	318670	357370	331040	358410
6	Energie electrica activa livrata de M1(total ore), [kWh/luna]	394790	397520	401545	390910	362850	358410
7	Energie electrica activa livrata de M2(ore varf), [kWh/luna]	67020	84280	81865	33820	33410	0
8	Energie electrica activa livrata de M2(rest ore), [kWh/luna]	256890	316670	307680	368020	349430	382140
9	Energie electrica activa livrata de M2(total ore), [kWh/luna]	323910	400950	389545	401840	382840	382140
10	Total energie electrica activa produsa lunar, [kWh/luna]	718700	798470	791090	792750	745690	740550
11	Energie electrica reactiva bruta produsa de M, [kVAhr/luna]	131900	132800	134300	136700	124200	119600
12	Energie electrica reactiva bruta produsa de M2, [kVAhr/luna]	110300	132400	131300	138600	129500	126500
13	Energie electrica reactiva livrata de M1, [kVAhr/luna]	87800	188460	107010	105930	96460	91110
14	Energie electrica reactiva livrata de M2, [kVAhr/luna]	105280	23680	104540	109460	104080	99850
15	Total energie electrica reactiva livrata, [kVAhr/luna]	193080	212140	211550	215390	200540	190960
16	Energie electrica activa consumata in CT, [kWh/luna]	5652	5552	5668	5646	5942	5362
17	Energie electrica activa "scapata" in SEN de M1, [kWh/luna]	630	110	550	60	0	2180
18	Energie electrica activa "scapata" in SEN de M2, [kWh/luna]	630	210	10	40	30	4060
19	Total energie electrica activa neta lunar, [kWh/luna]	711788	792598	784862	787004	739718	728948
20	Numar ore functionare M1	730	702	714	703	683	714
21	Numar ore functionare M2	727	708	700	719	708	714
22	Numar porniri M1	10	12	16	6	103	12
23	Numar porniri M2	9	8	14	4	14	8
24	Puterea medie bruta in timpul efectiv de functionare M1, [kW]	560.8	589.7	587.5	596.6	570.3	540.1
25	Puterea medie bruta in timpul efectiv de functionare M2, [kW]	477.6	590.0	592.1	600.3	578.5	572.7
26	Puterea medie neta in timpul efectiv de functionare M1, [kW]	540.8	566.3	562.4	556.1	531.3	502.0

27	Puterea medie neta in timpul efectiv de functionare M2, [kW]	445.5	566.3	556.5	558.9	540.7	535.2
28	Consumul propriu energie electrica activa al M1, [kW]	3.6	4.0	4.3	6.8	6.8	7.1
29	Consumul propriu energie electrica activa al M2, [kW]	6.7	4.0	6.0	6.9	6.5	6.5
30	Consum propriu energie electrica activa al centralei, [kW]	5.8	4.7	5.8	7.5	7.4	7.5
31	Consum specific mediu de gaz metan pe COG [Nmc/h/motor]	119.86	139.10	143.92	148.18	145.22	138.21
32	Putere termica medie livrata, [kWt]	1081.81	1137.45	748.94	645.57	561.90	491.32
33	Putere calorifica inferioara gaz metan (kWh/m ³ _N)	10	10	10	10	10	10
34	Randament electric brut al centralei de cogenerare	43.33	42.41	40.98	40.39	39.56	40.25
35	Randament electric net al centralei de cogenerare	41.16	40.71	38.87	37.62	36.91	37.52
36	Randament termic net al centralei de cogenerare	45.13	40.89	26.02	21.78	19.35	17.77

Nr. crt.	INDICATORUL	Iunie	Mai	Aprilie	Martie	Februarie	Ianuarie
		Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate	Cantitate
1	Energie termica livrata lunar, [Gcal/luna]	306.64	414.36	621.41	750.99	673.52	648.84
2	Energie electrica activa bruta produsa de M1, [kWh/luna]	421400	439000	399700	442400	401400	428600
3	Energie electrica activa bruta produsa de M2, [kWh/luna]	431300	449300	431200	444300	405800	441000
4	Energie electrica activa livrata de M1(ore varf), [kWh/luna]	0	34220	31450	88870	80440	84810
5	Energie electrica activa livrata de M1(rest ore), [kWh/luna]	393100	378050	348670	336270	304650	326280
6	Energie electrica activa livrata de M1(total ore), [kWh/luna]	393100	412270	380120	425140	385090	411090
7	Energie electrica activa livrata de M2(ore varf), [kWh/luna]	0	35190	34300	89210	80870	86290
8	Energie electrica activa livrata de M2(rest ore), [kWh/luna]	403390	387170	375880	337050	307260	330080
9	Energie electrica activa livrata de M2(total ore), [kWh/luna]	403390	422360	410180	426260	388130	416370
10	Total energie electrica activa produsa lunar, [kWh/luna]	796490	834630	790300	851400	773220	827460
11	Energie electrica reactiva bruta produsa de M, [kVAhr/luna]	131100	138000	126500	136900	123700	126300
12	Energie electrica reactiva bruta produsa de M2, [kVAhr/luna]	134600	140799	136001	138000	125000	125000
13	Energie electrica reactiva livrata de M1, [kVAhr/luna]	100200	106350	98480	107580	98830	108710
14	Energie electrica reactiva livrata de M2, [kVAhr/luna]	106150	111780	108560	110070	101150	110650
15	Total energie electrica reactiva livrata, [kVAhr/luna]	206350	218130	207040	217650	199980	219360
16	Energie electrica activa consumata in CT, [kWh/luna]	5618	5872	5640	5788	5020	5706
17	Energie electrica activa "scapata" in SEN de M1, [kWh/luna]	120	350	710	230	140	90
18	Energie electrica activa "scapata" in SEN de M2, [kWh/luna]	160	180	20	30	10	100

19	Total energie electrica activa neta lunar, [kWh/luna]	790592	828228	783930	845352	768050	821564
20	Numar ore functionare M1	720	744	718	742	672	738
21	Numar ore functionare M2	720	744	716	741	672	733
22	Numar porniri M1	3	2	4	4	3	10
23	Numar porniri M2	2	2	10	4	7	10
24	Puterea medie bruta in timpul efectiv de functionare M, [kW]	585.3	590.1	556.7	596.2	597.3	580.8
25	Puterea medie bruta in timpul efectiv de functionare M2, [kW]	599.0	603.9	602.2	599.6	603.9	601.6
26	Puterea medie neta in timpul efectiv de functionare M1, [kW]	546.0	554.1	529.4	573.0	573.1	557.0
27	Puterea medie neta in timpul efectiv de functionare M2, [kW]	560.3	567.7	572.9	575.2	577.6	568.0
28	Consumul propriu energie electrica activa al M1, [kW]	6.7	6.1	4.9	3.9	4.1	4.1
29	Consumul propriu energie electrica activa al M2, [kW]	6.5	6.0	4.9	4.1	4.4	5.6
30	Consum propriu energie electrica activa al centralei, [kW]	7.3	6.7	5.6	4.6	4.8	5.5
31	Consum specific mediu de gaz metan pe COG [Nm ³ /h/motor]	144.12	143.12	136.72	138.80	136.41	131.33
32	Putere termica medie livrata, [kWt]	494.03	647.72	1007.95	1177.88	1165.63	1025.97
33	Putere calorifica inferioara gaz metan (kWh/m ³ _N)	10	10	10	10	10	10
34	Randament electric brut al centralei de cogenerare	41.09	41.71	42.38	43.08	44.03	45.01
35	Randament electric net al centralei de cogenerare	38.38	39.19	40.31	41.36	42.17	42.83
36	Randament termic net al centralei de cogenerare	17.14	22.63	36.86	42.43	42.72	39.06

Luând în considerare valorile prezentate în tabelul 1.4. și pentru o mai ușoară exemplificare a rezultatelor s-au trasat grafic diagramele de variație a randamentelor, energiilor produse și livrate, a puterilor medii lunare precum și a consumurilor specifice de combustibil consumat de cele două grupuri. (fig. 1.9 – 1.13):

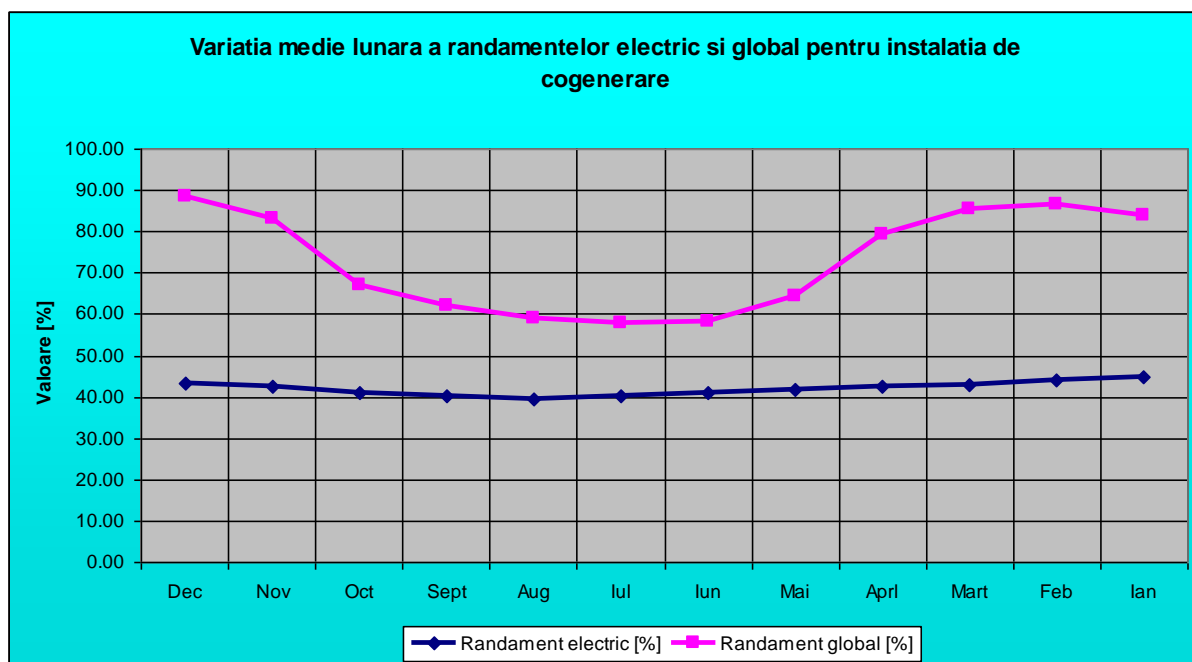


Fig.1.9. Variatia lunară a randamentelor electric brut si global pentru instalatia de cogenerare

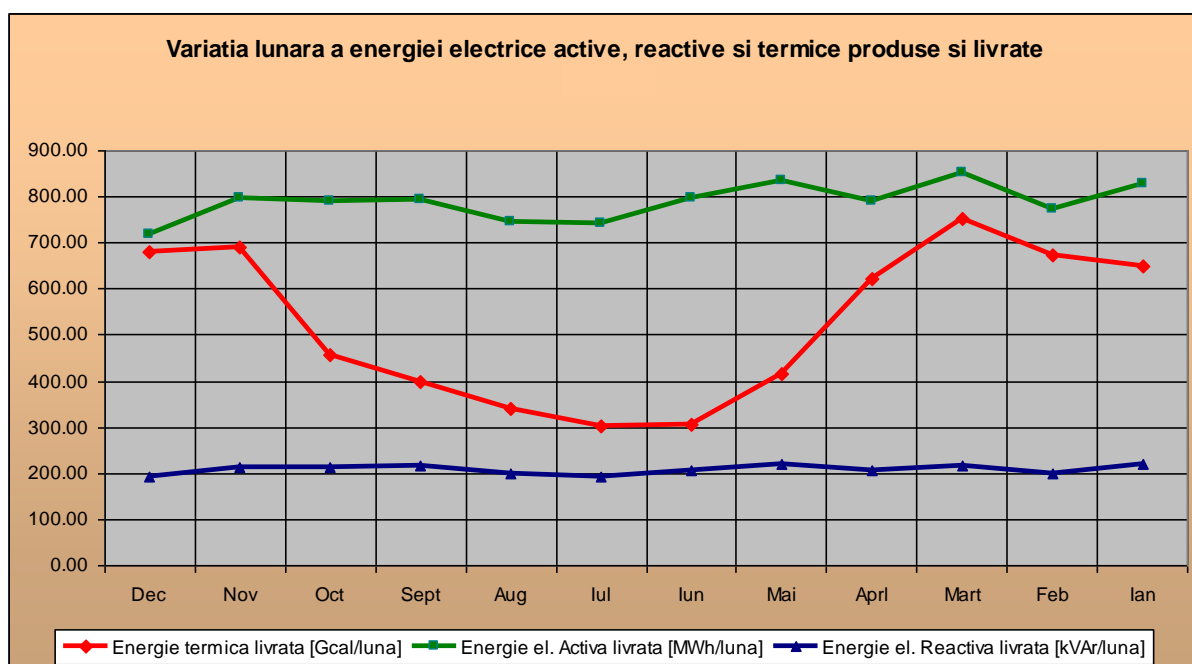


Fig.1.10. Variatia lunară a energiei electrice active, reactive si energiei termice sub forma de apa caldă

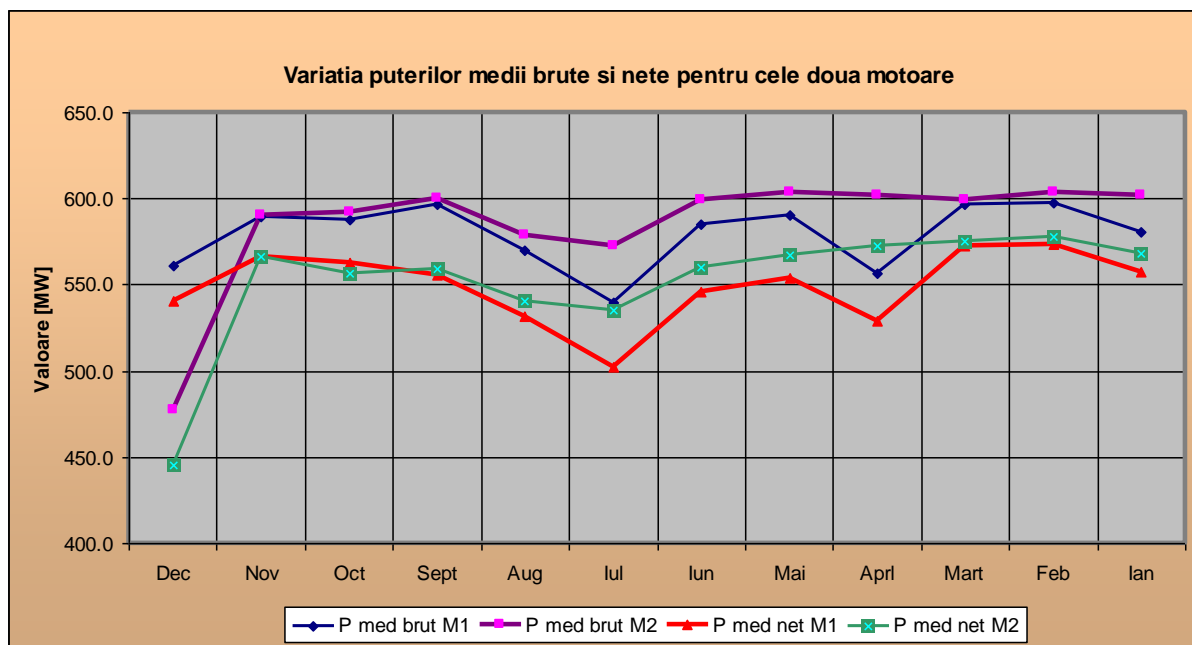


Fig.1.11. Variatia lunară a puterilor medii brute si nete pentru cele două motoare de cogenerare

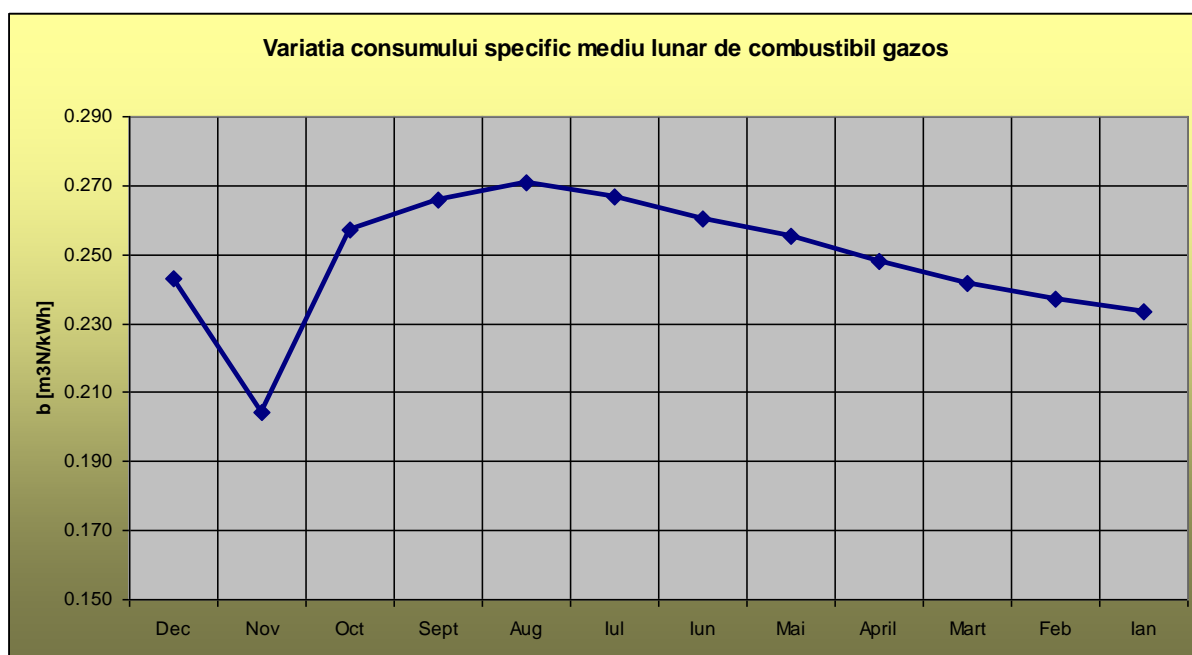


Fig.1.12. Variatia consumului specific mediu lunar de combustibil

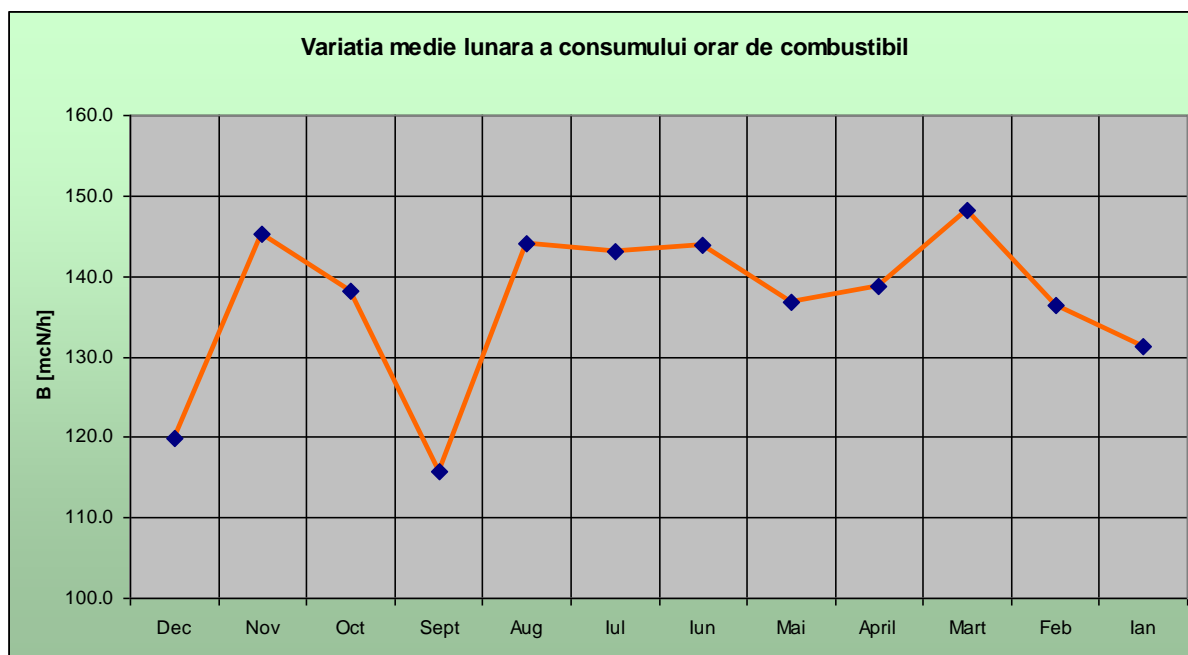


Fig.1.13. Variatia consumului mediu orar lunar de combustibil

1.8. Concluzii privind analiza bilanturilor energetice pe instalatia de cogenerare

Din analiza rezultatelor bilanturilor energetice pe instalatia de cogenerare se trag urmatoarele concluzii:

a) pentru măsurătorile reale orare

- consumurile de combustibil gazos raportate la starea normala fizica se încadrează în valorile prezentate de fabricant în documentația tehnică, acestea nedepășind consumul maxim corespunzator sarcinii nominale;
- puterea electrica produsă de grupuri s-a încadrat în perioada măsurătorilor la valori relativ ridicate, între 950 și 1150 kW, ceea ce arata o încărcare medie de circa 96 %;
- puterea termica livrata societății a avut însă valori cuprinse între 1050 și 1200 kWt, mai coborâte decât cele nominale, ceea ce a condus la un procent de preluare cuprins între 72 % și 82 % . Acest lucru s-a datorat și condițiilor atmosferice cu temperaturi relativ ridicate pentru care necesarul de caldura pentru încălzire în perioada de iarnă a fost redus;
- randamentul electric determinat în perioada măsurătorilor s-a situat între 40,5 % și 41,3% cu o valoare medie de 40,7 %, valori foarte apropiate de valorile maxime prezentate de furnizor în fisa de validare din perioada de probe a instalatiilor;
- randamentul termic însă are valori mai coborâte, cu cca. 10 % decât cele nominale, cuprinse între 37,8 % și 38,8 %. Acest lucru este datorat capacității reduse de preluare a căldurii sub forma de apă caldă de către instalatiile tehnologice ale beneficiarului, în special prin temperatura de retur ridicata (peste 70-75 °C) din sistemul de încălzire. Aici s-a recomandat un studiu separat în vederea echilibrării

hidraulice a rețelelor de transport, în special prin diafragmarea consumatorilor mai apropiați de sursă.

- în ceea ce privește consumul specific de combustibil exprimat în unități energetice, acesta variază funcție de sarcina electrică între 2,585 și 2,620 kWh/kWh, și se încadrează în totalitate în domeniul de valori prezentat în documentația tehnică.

b) pentru înregistrările reale lunare din fișele de urmarire a exploataării

- energia electrica activa produsa lunar este cuprinsa între 720 – 850 MWh/luna, cu o valoare medie de cca. 800 MWh/lună, ceea ce corespunde unui grad de încărcare de 93% și unor randamente electrice medii lunare de 40,3 %. Se apreciază din acest punct de vedere ca instalatia de cogenerare este exploatată în condiții optime. Reducerea de putere se justifica în special prin consumuri electrice pe unul din fideeri sub valoarea nominala a generatorului, în zilele de duminică și unor opriri de scurta durata pentru operatii normale de întreținere;

- energia termică are valori lunare discrepante de la o luna la alta. Astfel in perioada de iarna preluarea de caldura atinge valori lunare de la 500 la 750 Gcal/luna, având în vedere și consumul pentru încălzire. In perioada calda a anului consumul de caldura tehnologic sub formă de apă caldă se reduce simțitor atingând valori limita de 300 – 350 Gcal/luna. Acest lucru a condus la reducerea randamentului global anual la circa 73%, cu peste 13% mai puțin decât valoarea echivalenta sarcinii nominale;

- în ceea ce privește consumul mediu de combustibil, acesta se încadrează în domeniul de valori garantat în documentația tehnică a grupurilor motogeneratoare.