
BILANȚ ENERGETIC COMPLEX

Beneficiar:

UNIVERSAL ALLOY CORPORATION EUROPE SRL

Producător de piese din aluminiu pentru aeronave

Localitatea Dumbravița, Nr.244 A, județul Maramureș, România.

Elaborator:

ENERGOBIT SA Cluj-Napoca

Decembrie 2019

Acest document nu poate fi reprodus, împrumutat sau folosit în niciun alt scop decât cel pentru care a fost comandat și executat.

Informațiile conținute în acest document nu pot fi transmise la terți sau folosite în alte scopuri fără acordul scris al elaboratorului, ENERGOBIT S.A.

www.energobit.com

1/307

RO 400221 Cluj-Napoca
str. Tăietura Turcului nr. 47 / 11
Parcul Industrial Tetarom I

tel.: 40 264 207 500
fax: 40 264 207555
e-mail: ebit@energobit.com

RC: J12/1514/1991
CIF: RO211717

PAGINA DE SEMNĂTURI

COLECTIVUL DE ELABORARE:

Nume / Funcție

Semnătura

ing. Florin POP

Director General.....

Auditor electroenergetic,
Clasa I, aut. ANRE Nr.63/2013

ing. Razvan CETERAS

Director Departamen clienți
Industriali și Imobiliari.....

ing. Mario BIRIȘ

Manager Energetic.....

Auditor termoenenergetic,
Clasa I, aut. ANRE Nr.457/2014

ing. Nicolae ȘERBAN.....

Inginer Vânzări.

ENERGOBIT SA

**Auditor energetic complex,
Clasa II, aut. ANRE Nr.61/2013**

www.energobit.com

2/307

RO 400221 Cluj-Napoca
str. Tăietura Turcului nr. 47 / 11
Parcul Industrial Tetarom I

tel.: 40 264 207 500
fax: 40 264 207555
e-mail: ebit@energobit.com

RC: J12/1514/1991
CIF: RO211717

CUPRINS

PAGINA DE SEMNĂTURI	2
1. GENERALITĂȚI	6
1.1 Scopul bilanțului energetic	6
1.2 Aparatele folosite în etapa de măsurare a mărimilor	16
2. Descrierea conturului de bilant energetic.	21
3. Analiza energetica a fabricii.	25
3.1 Caracteristicile electroenergetice ale fabricii	26
3.2 Caracteristicile termoeenergetice ale fabricii.	29
3.3 Analiza structurii de consum energetic pe istoric.	31
4. DESCRIEREA CONTURULUI DE BILANȚ ENERGETIC COMPLEX.....	34
5. BILANȚ ELECTROENERGETIC.....	36
5.1 Măsurători electrice.	36
5.1.1 Stabilirea conturului de bilanț electroenergetic.....	45
5.1.2 Stația de racord adanc.	47
5.1.3 Cabluri de MT (20kV).	48
5.1.4 Stații electrice (20/0.4kV)	50
5.1.5 Cabluri de JT (0.4kV)	58
5.1.6 Consumatori de joasă tensiune (0,4 kV)	60
5.1.7 Centralizatorul consumatorilor de energie electrica JT ai fabricii.	82
5.2 Întocmirea bilanțului electroenergetic.	83
5.3 Eroarea de închidere a bilanțului electroenergetic.	86
5.4 Concluzii și propuneri asupra bilanțului electroenergetic, real, anual.	86
6. SOLUȚII DE CREȘTERE A EFICIENȚEI ELECTROENERGETICE.....	89
6.1 Soluții / măsuri fără costuri, recomandate.	89
6.2 Soluții / măsuri recomandate, care implica costuri.	90
6.2.1 Implementarea unui sistem de telegestiune.....	90
6.2.2 Modernizarea treptată a motoarelor de acționare prin înlocuire cu motoare de înaltă eficiență IEE3.....	94
6.2.2 Automatizarea sistemului de iluminat interior în spațiile comune.....	96
6.2.3 Automatizarea sistemului de iluminat exterior.	98
6.3 Centralizatorul măsurilor tehnice propuse pentru creșterea <i>eficienței electroenergetice</i>	100
7. BILANȚ ELECTROENERGETIC, OPTIMIZAT, ANUAL.....	101
8. BILANȚ TERMOENERGETIC.....	103
8.1 Conturul bilanțului termoeenergetic.	105
8.1.1 Bilanț termoeenergetic: centrala termică abur (secția anodizare).	106
8.1.2 Bilanț termoeenergetic: centrala termică apă caldă (office_administrativ)	113
8.1.3 Bilanț termoeenergetic: instalația de vopsire robotizată (secția vopsitorie).	118
8.1.4 Bilanț termoeenergetic: CTA (830kW _t)_sectia asamblari_montaj:	129
8.1.5 Bilant termoeenergetic: CTA_sectia prelucrari mecanice.	136
8.1.6 Bilant termoeenergetic: CTA sectia - logistica	142
8.1.7 Bilanț termoeenergetic: CTA secția - vopsitorie	149

8.1.8 Bilanț termoeenergetic: CTA secția anodizare.	155
8.1.9 Bilanț termoeenergetic: CTA secția Make upp.....	161
8.1.10 Centralizatorul bilanțurilor termoeenergetice, reale, anuale, ai consumatorilor de gaz natural.	168
8.1.11 Bilanț termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural ai fabricii.	168
8.1.12 Bilanț energetic: cuptor inducție	171
8.1.13 Bilanț energetic: cuptor tratament termic vertical (VHT).....	181
8.1.14 Bilanț energetic: cuptor tratament termic orizontal (HHT).....	190
8.1.15 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 5	198
8.1.16 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 4	206
8.1.17 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 3	213
8.1.18 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 2	220
8.1.19 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 1	227
8.1.20 Bilanț energetic: cuptor omogenizare	234
8.1.21 Bilanț energetic: cuptor de vacuum_orizonatal VPT 35/36.....	241
8.1.22 Centralizatorul bilanțurilor termoeenergetice pentru cuptoarele de turnare și tratament termic, pe un ciclu de producție/fabricație.	250
8.1.23 Bilanț termoeenergetic, real, pe un ciclu de producție, al consumatorilor de energie, cuptoare de turnare și tratament termic.	251
8.2 Eroarea de închidere a bilanțului termoeenergetic.	253
8.3 Concluzii și propuneri asupra bilanțului termoeenergetic:	253
9. SOLUȚII DE CREȘTERE A EFICIENȚEI TERMOENERGETICE.....	257
9.1 Soluții / măsuri fără costuri, recomandate:	257
9.2 Soluții / măsuri recomandate, care implică costuri.....	258
9.2.1 Implementarea unui sistem de telegestiune.....	258
9.2.2 Creșterea gradului de încărcare la cuptoarele cu inducție și de tratament termic, pe un ciclu de fabricație.	262
9.2.3 Corecția excesului de aer de ardere până la valoarea $\lambda = 1.2$, la arzătoarele de gaz natural.	263
9.2.4. Contorizarea agentului termic consumat separat pentru fiecare tip de consumator, precum și al celui produs în CT;	263
9.2.5 Întocmirea unui grafic de efectuare a lucrărilor de întreținere a instalațiilor termice.....	263
9.3 Centralizatorul măsurilor tehnice propuse pentru creșterea <i>eficienței termoeenergetice</i>	263
• În	264
10. BILANȚ TERMOENERGETIC, OPTIMIZAT, ANUAL.	264
11. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, REAL, ANUAL.....	267
12. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, REAL, PE UN CICLU DE FUNCȚIONARE, AL CUPTOARELOR DE TURNARE ȘI TRATAMENT TERMIC.	269
13. Mentenanța preventivă a instalațiilor și echipamentelor energetice.....	271
13.1 Tehnici propuse și defecte detectabile:	271
14. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, OPTIMIZAT, ANUAL.	275
15. MĂSURI DE REDUCERE A EMISIILOR DE CO₂.	277
15.1 Energii alternative:.....	277

15.1.1 Implementarea unui sistem fotovoltaic	278
10.2 Estimarea emisiilor de gaze cu efect de seră și nivelul reducerii acestora.....	281
16. CENTRALIZATORUL MĂSURILOR DE CREȘTERE A EFICIENȚEI ENERGETICE.	282
17. CONCLUZII ȘI PROPUNERI FINALE.....	283
19. BIBLIOGRAFIE	288
20. ANEXE	291
ANEXA 20.1 Motoare asincrone. Dependența randamentului și factorului de putere de sarcină.....	291
ANEXA 20.2 Fișa tehnică a panourilor fotovoltaice propuse.....	294
ANEXA 20.3 Motoare electrice de înaltă eficiență	295
ANEXA 20.4 Analiza financiară pentru implementarea unui parc fotovoltaic.	298
ANEXA 20.5 Analiza financiară pentru implementarea proiect înlocuire motoare cu motoare de înaltă eficiență.....	299
ANEXA 20.6 Analiza financiară pentru implementarea proiect iluminat interior în spații comune.	300
ANEXA 20.7 Analiza financiară pentru implementarea proiect iluminat exterior spații comune.	301
ANEXA 20.8 Analiza financiară pentru implementarea proiect gestiunea energiei – contorizare.	302
ANEXA 20.9 Convertizoare de frecvență. Dependența randamentului de sarcină.	303
ANEXA 20.10 Pierderi în mașini de curent continuu.	305

1. GENERALITĂȚI

1.1 Scopul bilanțului energetic

Elaborarea bilanțului energetic s-a executat în baza contractului nr.28/28.08.2019 și are ca scop identificarea unor modalități de creștere a eficienței energetice pe platforma industrială a societății. Prezentului audit energetic vine în sprijinul beneficiarului pentru o abordare sistematică a modalităților de îmbunătățire continuă a performanței energetice, a creșterii eficienței energetice, a îmbunătățirii modului de consum de energie utilizată în procesele tehnologice desfășurate și nu în ultimul rând sprijin în vederea implementării sistemului standard de management al energiei ISO 50001:2011.

Bilanțul energetic întocmit, este un document tehnic de comparație între suma cantităților de energie care intră într-un contur energetic stabilit și suma cantităților de energie care ies din același contur, raportate la o unitate de referință (de exemplu: timp, producție, ciclu tehnologic, utilaj sau altele).

Conturul de bilanț energetic este cadrul fizic în care se analizează modul de utilizare a energiei, el reprezentând practic suprafața închisă care include limitele față de care se consideră intrările și ieșirile de energie analizate.

Bilanțurile energetice se pot clasifica în funcție de mai multe criterii:

- a) după calitatea fluxului de energie:
 - bilanțuri energetice cantitative care au la bază legea transformării și conservării energiei ;
 - bilanțuri energetice calitative (exergetice) care au la bază primul și al doilea principiu al termodinamicii;
- b) după tipul purtătorului de energie:
 - bilanțuri electroenergetice, când se ia în considerare numai energia electrică;
 - bilanțuri termoenergetice, când se iau în considerare purtătorii de energie termică;
 - bilanțuri complexe, când se iau în considerare două sau mai multe tipuri de energii.

Bilanțul energetic real se elaborează pe baza măsurărilor efectuate și a calculelor analitice la diferite momente de timp din perioada desfasurarii procesului tehnologic.

Bilanțul energetic optimizat se elaborează de fiecare dată când se elaborează bilanțul energetic real. Acest bilant tine cont de efectul măsurilor de creștere a eficienței energetice identificate la momentul când s-a întocmit bilanțul energetic real.

Ecuția generală a unui bilanț energetic, bazata pe principiul conservării energiei, este:

$$\sum W_i = \sum W_e$$

unde:

$\sum W_i$ este suma energiilor intrate și

$\sum W_e$ este suma energiilor ieșite.

În general, pentru orice formă de energie W , se poate scrie:

$$W = E + A$$

unde:

E este exergia, adică cantitatea de energie din W , care în condiții date, se poate transforma integral în lucru mecanic,

iar

A este anergia, adică cantitatea de energie din W , care în aceleași condiții date, nu se poate transforma în lucru mecanic.

Energia electrică, de exemplu, conține numai exergie pe când energia termică conține ambele componente ale energiei, mai sus descrise.

Ecuția generală a unui bilanț energetic cantitativ poate fi scrisă sub forma :

$$\sum W_i = \sum W_u + \sum W_p$$

unde:

$\sum W_u$ este suma energiilor folosite în mod util în cadrul conturului de bilanț și

$\sum W_p$ este suma energiilor considerate pierderi, din punct de vedere al conturului de bilanț.

Pentru acționările electrice energia utilă este diferența între energia absorbită din rețea și pierderile electroenergetice și mecanice în motorul de acționare.

Randamentul energetic în această situație are expresia:

$$\eta_e = \sum W_u / \sum W_i$$

Uzual, bilanțurile energetice se prezintă sub două forme: tabelar sau diagrame (cea mai reprezentativă este diagrama Sankey).

Prin elaborarea bilanțului electroenergetic se pun în evidență cantitățile de energie electrică activă intrate într-un anumit interval de timp (ora, zi, lună, an) într-un sistem, pierderile de energie electrică activă și energia electrică utilă, rezultate în acel interval de timp și aferente sistemului.

Pierderile de energie electrică activă apar în instalațiile și echipamentele electrice, ca urmare a transportului și transformării energiei electrice.

În conductoarele care transportă energie electrică apar pierderi de energie activă ca urmare a efectului Joule-Lenz. Într-un sistem trifazat aceste pierderi se calculează cu relația:

$$\Delta P_l = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot 10^{-3} \text{ [kW]}$$

unde:

R [Ω] – reprezintă conductoarele pe o fază;

I [A] – intensitatea curentului pe o fază.

Deoarece în numeroase cazuri nu se cunosc caracteristicile conductoarelor necesare determinării rezistenței R, relația de mai sus se aduce la forma:

$$\Delta P_l = \frac{\Delta U}{U} \cdot S \text{ [kW]}$$

unde:

ΔU [V] – căderea de tensiune pe linie;

U [V] – tensiunea de linie;

S [kVA] – puterea aparentă, transportată.

Căderea de tensiune ΔU se poate măsura.

În general, în întreprinderile industriale, căderea de tensiune la MT (6 kV) se situează în domeniul 1...3 %, valoarea maximă admisibilă fiind 5 %. La JT (0,4 kV) căderea de tensiune are valori cuprinse între 2...5 %, valoarea maximă admisibilă fiind 10 %.

În cazul în care prin măsuri de creștere a eficienței energetice se reduce consumul de energie electrică de la valoarea S la valoarea S' pierderile de energie electrică în conductoare se reduc de asemenea. Reducerea pierderilor de energie electrică în conductoare se determină cu relațiile:

$$\partial P_l = \Delta P_l \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{S}{S'}\right)^2} \right] = \Delta P_l' \left[\left(\frac{S}{S'}\right)^2 - 1 \right]$$

Dacă în întreprindere există mai multe nivele de tensiune, trecerea între acestea este realizată prin transformatoare, în general trifazate, cu două înfășurări.

Pierderile de puteri în transformatoare se determină cu relațiile:

- *pierderi de putere activă:*

$$\Delta P_T = P_0 + \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot P_k \text{ [kW]}$$

unde:

P_0 [kW] – pierderi la mers în gol;

P_k [kW] – pierderi la mers în scurtcircuit;

S [kVA] – putere aparentă cerută;

S_n [kVA] – putere aparentă nominală.

Raportul $S / S_n = C_i$ reprezintă coeficientul de încărcare al transformatorului.

- *pierderi de putere reactivă:*

$$\Delta Q_T = \left[\frac{i_0}{100} + \frac{u_k}{100} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \right] \cdot S_n \text{ [kVAr]}$$

unde:

i_0 [%] – curentul de mers în gol;

u_k [%] – tensiunea de scurtcircuit.

Marea majoritate a consumatorilor de energie electrică în întreprinderi industriale este constituită din motoare electrice de acționare a mașinilor de lucru.

În prezent acționarea acestora se face într-o proporție covârșitoare cu motoare electrice trifazate, asincrone, în scurtcircuit.

Pierderile de putere activă în motoarele electrice sunt de mai multe feluri și anume:

- pierderi în înfășurări (în stator și rotor), numite și pierderi în cupru, P_{Cu} ;
- pierderi de magnetizare, numite și pierderi în fier, P_{Fe} ;
- pierderi mecanice (de frecare), P_m ;
- pierderi suplimentare (datorate armonicilor de curent), P_s .

Randamentul motorului electric η este raportul între puterea utilă la arborele motorului P și puterea activă absorbită din rețea P_e , care include pe lângă puterea utilă și suma pierderilor Σp amintite mai sus:

$$\eta = P / P_e = P / (P + \Sigma p)$$

unde:

$$\Sigma p = p_{Cu} + p_{Fe} + p_m + p_s.$$

Acest randament este variabil și depinde de sarcina motorului, adică de puterea utilă dezvoltată la arbore.

Ca urmare a standardizării și uniformizării performanțelor motoarelor electrice trifazate, asincrone, produse în diferite țări (inclusiv România) s-au putut elabora tabele ce prezintă variația randamentului acestora în funcție de sarcină. Aceste tabele sunt prezentate în **Anexe**.

Prin utilizarea tabelelor se pot determina randamentele motoarelor electrice în funcție de puterea absorbită din rețea, puterea utilă la arbore și pierderile corespunzătoare de putere activă:

$$P = P_e \times \eta \text{ [kW]}$$

$$\Delta P = P_e(1 - \eta) = P_e - P \text{ [kW]}$$

unde:

P_e [kW] – puterea electrică activă, absorbită de motor din rețea;

η – randamentul motorului electric;

P [kW] – puterea utilă, la arbore;

ΔP [kW] – pierderi de putere electrică, activă, în motor.

Pe lângă energia electrică activă necesară producerii lucrului mecanic la arbore, motorul electric asincron preia din rețea și energia electrică reactivă necesară producerii câmpului electromagnetic învârtitor. Acest fapt face din motor un consumator de energie electrică cu caracter inductiv.

Elementul care definește caracterul reactiv al consumului de energie electrică este factorul de putere $\cos \varphi = P_e / S$.

Pentru motoarele electrice trifazate, asincrone, din aceleași motive ale standardizării și uniformizării producției acestora, s-au putut elabora tabele care prezintă dependența factorului de putere de sarcina motorului. Aceste tabele sunt prezentate în **Anexe**.

În ultima perioadă utilizarea convertizoarelor de frecvență în alimentarea cu energie electrică a motoarelor electrice, trifazate, asincrone s-a multiplicat, datorită avantajelor pe care le oferă acționărilor electrice: adaptarea turației motorului de acționare la cerințele variabile ale mașinii de lucru și economie la consumul de energie electrică (în anumite limite). În general un convertizor de frecvență se compune din trei elemente de forță: un redresor, un circuit de curent continuu și un inverter la care se adaugă un circuit de comandă a convertizorului.

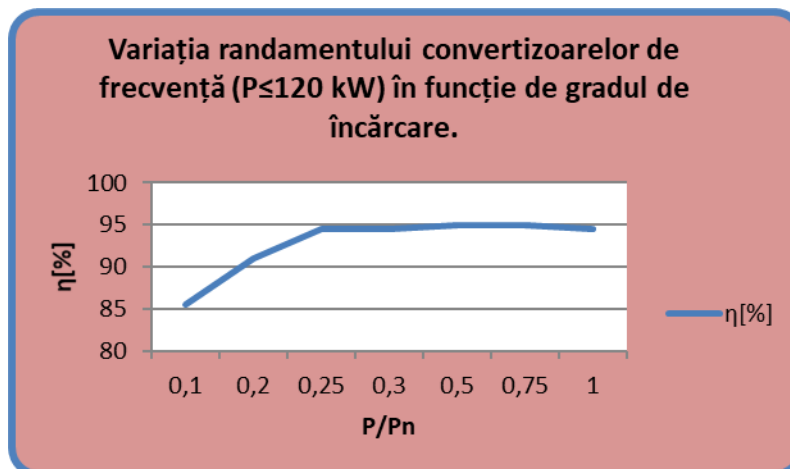
La ieșirea convertizorului de frecvență se obține o tensiune U variabilă și o frecvență f variabilă, legătura între cele două mărimi fiind în conformitate cu un algoritm de optimizare a performanțelor acționării electrice (în general $U / f = \text{const.}$).

Randamentul nominal al convertizoarelor de frecvență se situează în domeniul 92...98%, valorile mici corespunzând convertizoarelor de frecvență de puteri nominale mici (~ 1 kW), iar valorile mari corespunzând convertizoarelor de frecvență de puteri nominale mari (~ 350 kW).

La sarcini reduse ($\sim 10\%$) randamentele convertizoarelor de frecvență scad, situându-se în domeniul 87...96%, pentru același domeniu de variație a puterii nominale a acestora.

În general randamentul convertizoarelor de frecvență este $\eta_{CF} \cong 95\%$ în domeniul unei încărcări de 30...100% din sarcina nominală. La încărcări mai mici de 25% din sarcina nominală randamentul convertizoarelor de frecvență scade abrupt la zero, pentru o încărcare nulă.

P/P _n	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,75	1,00
η [%]	85,5	91	94,5	94,5	95	95	94,5



Variația randamentului convertizoarelor de frecvență ($P \leq 120$ kW) în funcție de gradul de încărcare.

Variațiile randamentelor convertizoarelor de frecvență, în funcție de puterea nominală și sarcină sunt prezentate grafic în standardul IEC 60034 - 31:2009.

În general, la alimentarea unui motor asincron prin intermediul unui convertizor de frecvență, randamentul acționării electrice este produsul randamentelor celor două echipamente:

$$\eta_{ae} = \eta_{CF} \cdot \eta_m$$

unde: η_m – randamentul motorului electric;

η_{CF} – randamentul convertizorului de frecvență;

Trebuie să menționăm de asemenea că pierderile nominale ale motorului electric alimentat de la un convertizor de frecvență cresc cu ~ 15% datorită conținutului mare de armonici în tensiunea furnizată de acesta, pierderile fiind constante, nedepinzând de sarcina motorului.

Datorită acestui fapt randamentul nominal al motorului electric, alimentat de la un convertizor de frecvență scade la valoarea:

$$\eta'_n = \frac{\eta_n}{1,15 - 0,15 \cdot \eta_n}$$

unde: η_n este randamentul nominal al motorului electric alimentat direct de la rețea.

Echipamentele complexe de lucru sunt echipate cu servomotoare rotative sau liniare pentru care documentațiile tehnice nu prezintă puterea ci cuplul M și turația n , respectiv forța F și viteza v . Puterea acestora se determină cu relațiile:

- servomotoare rotative:

$$P = 0,105 \cdot M \cdot n / 1000$$

unde: P [kW], M [Nm], n [rot/min]

-servomotoare liniare:

$$P = F \cdot v / 1000$$

unde: P [kW], F [N], v [m/s]

Randamentele acestor servomotoare se determină utilizând informațiile suplimentare din fișele tehnice ale acestora (curenți, pierderi, etc.)

În elaborarea bilanțului electroenergetic al unei întreprinderi industriale, pe lângă determinarea parametrilor de lucru al motoarelor electrice – P_e , P , ΔP , η , $\cos \varphi$ - prin măsurători directe și calcule, o deosebită importanță trebuie acordată coeficienților de încărcare și de utilizare în timp a motoarelor.

Aceștia sunt coeficienți adimensionali și au următoarele expresii:

Coeficientul de încărcare:

$$C_i = \frac{P}{P_n}$$

unde:

P [kW] - puterea utilă, la arbore;

P_n [kW] - puterea nominală.

Coeficientul de utilizare în timp:

$$C_u = \frac{t_f}{t_c}$$

unde:

t_f [h] - durata de funcționare într-un ciclu de lucru;

t_c [h] - durata ciclului de lucru.

Utilizând coeficienți astfel definiți, energia electrică activă consumată pe durata unui ciclu de lucru, este:

$$E = P_n \cdot C_i \cdot C_u \cdot t_c / \eta \quad [\text{kWh}].$$

Valoarea coeficientului de încărcare C_i exprimă dimensionare corectă a motorului de acționare în raport cu mașina de lucru. Motoarele de acționare se pot clasifica în funcție de valoarea coeficientului de încărcare astfel:

C _i = 0,75...1	motor foarte bine încărcat;
C _i = 0,5... 0,75	motor bine încărcat;
C _i = 0,25...0,5	motor slab încărcat;
C _i < 0,25	motor foarte slab încărcat.

Pentru motoarele din ultimele două categorii (slab și foarte slab încărcate) se pune problema înlocuirii lor cu motoare mai mici, pe baza unui calcul tehnico-economic care să demonstreze rentabilitatea acestei acțiuni: costul energiei electrice economisite într-un timp rezonabil – 2...3 ani – să fie mai mare decât costul înlocuirii motorului supradimensionat cu un motor de putere mai mică.

Pentru un grup de motoare – linie tehnologică, secție – se poate defini un coeficient mediu de încărcare $\overline{C_i}$:

$$P_j = C_{i,j} P_{n,j}, j = \overline{1, n}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = \sum_{j=1}^n C_{ij} P_{nj} = \overline{C_i} \sum_{j=1}^n P_{nj}$$

$$\overline{C_i} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij} P_{nj}}{\sum_{j=1}^n P_{nj}} = \frac{\sum_{j=1}^n P_j}{\sum_{j=1}^n P_{nj}}$$

unde:

n – numărul motoarelor din grup;

P_j – puterea la arborele motorului j;

P_{nj} – puterea nominală a motorului j;

C_{ij} – coeficientul de încărcare al motorului j.

De asemenea se poate defini un coeficient mediu de utilizare în timp $\overline{C_u}$, pentru un grup de motoare:

$$E_j = \frac{P_{nj} C_{ij} C_{uj} t_c}{\eta_j} = P_{ej} C_{uj} t_c, j = \overline{1, n}$$

$$\sum_{j=1}^n E_j = t_c \sum_{j=1}^n \frac{P_{nj} \cdot C_{ij} \cdot C_{uj}}{\eta_j} = t_c \sum_{j=1}^n P_{ej} \cdot C_{uj} = t_c \cdot \overline{C_u} \cdot \sum_{j=1}^n P_{ej}$$

$$\overline{C_u} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{P_{nj} \cdot C_{ij} \cdot C_{uj}}{\eta_j}}{\sum_{j=1}^n \frac{P_{nj} \cdot C_{ij}}{\eta_j}} = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ej} \cdot C_{uj}}{\sum_{j=1}^n P_{ej}} = \frac{\sum_{j=1}^n E_j}{t_c \cdot \sum_{j=1}^n P_{ej}}$$

În cazul unității analizate, coeficienții de încărcare ai motoarelor se determină prin măsurători, coeficienții de încărcare a grupurilor de motoare se determină prin măsurători și calcule, iar

coeficienții de utilizare a grupurilor de motoare se determină prin calcule. Calculele se bazează pe date furnizate de beneficiar.

În elaborarea bilanțului termoeenergetic al unei instalații se pleacă de la ecuația de bilanț a căldurilor:

$$\sum Q_i = \sum Q_e$$

unde:

$\sum Q_i$ – suma căldurilor intrate în conturul de bilanț, raportate la o mărime semnificativă (piesă, ciclu, an, etc.)

$\sum Q_e$ – suma căldurilor ieșite din conturul de bilanț, raportate la o mărime semnificativă (piesă, ciclu, an, etc.)

și de la ecuația de bilanț a cantităților masice:

$$\sum m_i = \sum m_e$$

unde:

$\sum m_i$ – suma maselor substanțelor intrate în conturul de bilanț, raportate la o mărime semnificativă (piesă, ciclu, an, etc.)

$\sum m_e$ – suma maselor substanțelor ieșite din conturul de bilanț, raportate la o mărime semnificativă (piesă, ciclu, an, etc.)

Căldurile și masele substanțelor ce intervin în ecuațiile de bilanț termoeenergetic se determină prin măsurători ale unor parametri termoeenergetici, prin preluarea altor parametri termoeenergetici din tabele și grafice și prin calcule, pe baza relațiilor din termotehnică.

1.2 Aparatele folosite în etapa de măsurare a mărimilor

- **Clestele ampermetric Mastech - MS2203**, portabil, este un instrument destinat măsurării puterii și curentului electric. Măsurarea se face pe 3 canale - pentru tensiune, curent și putere. Are încorporat un microcontroler cu software implementat pentru măsurarea și procesarea datelor,

realizând măsurarea, calcularea și afișarea a 8 parametrii: tensiune, curent, putere activă, putere reactivă, putere aparentă, factor de putere, energie activă și frecvență.

Instrumentul poate fi folosit pentru măsurarea puterii în circuite mono și trifazate.

Specificații tehnice:

- Dimensiunea maxima a conductorului: $\Phi 50\text{mm}$
- Curent alternativ (A): 40/100/400/1000A $\pm 2\%$
- Tensiune alternativa (V): 100/300/600V $\pm 1.2\%$
- Putere activa (kW): 4/10/40/100/600kW $\pm 3.0\%$
- Putere aparenta (kVA): 4/10/40/100/600kVA $\pm 3.0\%$
- Factor de putere (PF): 0.3~1 capacitiv, 0.3~1 inductiv $\pm 0.02\%$
- Putere reactiva (kVAR): 4/10/40/100/600kVAR $\pm 4.0\%$
- Energie activa (kWh): 10/100/1000/10000kWh $\pm 3.0\%$
- Frecventa (Hz): 20 ~ 1000Hz 0.5%
- Tensiune maximă de mod comun: 600V AC
- Afișaj: 4 digits LCD 9999



○ **Termometru în infraroșu cu focalizare laser**



Termometrul cu infraroșu este folosită pentru a vizualiza și determina pierderile de căldură ale unor suprafețe, cuplaje, legături, etc.

Parametru	Valori
Domeniu în infraroșu	-33 – +500 °C
Domeniu termocupă	-64 - +1400 °C
Rezoluție în infraroșu	0,5 °C
Eroare	±2% sau ±2 °C
Eroare termocupă	±1% sau ±1 °C
Emisivitate	0,1 – 1 (reglabilă)
Timp de răspuns	1 sec
Ghidare	Rază laser
Temperatuă de operare	0 – +50 °C

Caracteristicile tehnice ale termometrului utilizat.

- **Analizorul trifazic PowerQ MI 2492**, portabil, pentru evaluare rapidă a calității energiei în sistemele de joasă și medie tensiune.

Toți parametrii principali referitori la calitatea energiei cum ar fi U, I, cos φ , P, Q și S pot fi monitorizați în timp real, măsurați sau înregistrați.

Modulul de memorie permite până la cinci zile de înregistrare. Aparatul poate fi folosit în diverse aplicații, cum ar fi: evaluarea calității energiei și a diverselor probleme ce pot apărea în instalațiile electrice de joasă și medie tensiune, verifica performanțele echipamentului de corecție a factorului de putere, analiza spectrală a armonicilor în vederea selecției filtrelor de armonici, monitorizarea și înregistrarea tensiunii, curentului, puterii, cât și a energiei consumate, verificări de UPS-uri, generatoare de tensiune și regulatoare.

Funcții măsurabile cu ajutorul acestui aparat: analiza simultană a parametrilor de bază ai calității energiei (U, I, P, Q, S, cos φ), analiza armonicilor (până la armonica de ordinul 50), diagrama fazorială și calculul dezechilibrului pentru sistemele trifazate.

Aparatul si accesoriile sunt prezentate in imaginea de mai jos:



○ **Analizor de gaze arse**

Analizoarele de gaze arse sunt aparate care determină eficiența combustiei cuptoarelor, cazanelor și a altor echipamente care ard combustibil solid, lichid sau gazos.

Ultima generație de analizoare digitale afișează conținutul de O₂, CO₂, CO, SO_x, NO_x, eficiența arderii și excesul de aer.



Analizoarele de gaze de ardere se utilizează pentru determinarea eficienței arderii și în mod indirect a randamentului echipamentului energetic.

Acest gen de instrument se folosește și pentru reglajul arderii. Operatorii echipamentelor energetice ar trebui să utilizeze acest instrument cel puțin o dată pe schimb. Prin această atitudine se poate crește randamentul echipamentului energetic cu 0,25% pe fiecare procent de O₂ redus din oxigenul în exces.

Mărimă	Domeniu de măsură	Valori maxime conform ISCIR PTA1	Precizie	Rezoluție
O ₂	0...21%		±0,2% val. mas.	0,1%
CO (compens H ₂)	0...4000 ppm	cca. 80 ppm (100 mg/Nm ³)	±3 ppm până la 20 ppm, ±5% val. mas. peste 20 ppm	1 ppm
CO _{high}	0..20000 ppm		±5% val. mas. +1 digit	0,01%
NO (NO _x)	0...2000 ppm	cca. 170 ppm (350 mg/Nm ³)	±5 ppm până la 50 ppm, ±5% val. mas. peste 50 ppm	1 ppm
SO ₂	0...2000 ppm	cca. 12 ppm (35 mg/Nm ³)	±10 ppm până la 200 ppm, ±5% val. mas. peste 200 ppm	1 ppm
temperatura gaze arse	-20°C...1000°C		±2°C + 1 digit (-20...0°C) ±1°C (0...+200°C) ±0,5% val. mas. (>200°C)	1°C
temperatura aer combustie	-20°C...+200°C		±2°C + 1 digit (-20,0...0,0°C) ±0,5°C + 1 digit (0,1...+200,0°C)	0,1°C
tiraj / presiune în coș	-2,00...+2,00 hPa		±0,02 hPa + 1 digit	0,01 hPa
p medii	±2,01...±20,99 hPa		±1% val. mas.	0,01 hPa
p înalte	±21,0...±130 hPa		±1% val. mas. (±21,0.±70 hPa) ±2% val. mas. (±70.±130 hPa)	0,1 hPa

2. Descrierea conturului de bilant energetic.

Societatea Universal Alloy Corporation s-a înființat în anul 2006, domeniul de activitate fiind producția de piese din aluminiu pentru aeronave. Societatea deține o fabrică în România, în localitatea Dumbravița, CP 437145, nr. 244A, județul Baia Mare.

În prezent este una din cele mai active societăți din județul Baia Mare, devenind pe parcursul funcționării un partener de afaceri important pentru consumatori de produse din aluminiu specifice industriei aeronavale.

Fabrica produce profile din aluminiu, piese și repere din aluminiu pentru aeronave, utilizând tehnologii complexe și complete, de la turnarea aluminiului în bare (billets), extrudarea profilelor de aluminiu la cald, tratamentul termic al acestora, prelucrarea mecanică a reperelor de aluminiu, acoperirea suprafețelor acestora, montajul anumitor subansamble compuse din piese și repere din aluminiu, pentru aeronave.

Toate procesele și fazele tehnologice utilizate în cadrul fabricii, consumă energie primară sub formă de energie electrică și energie termică obținută prin arderea gazului natural.

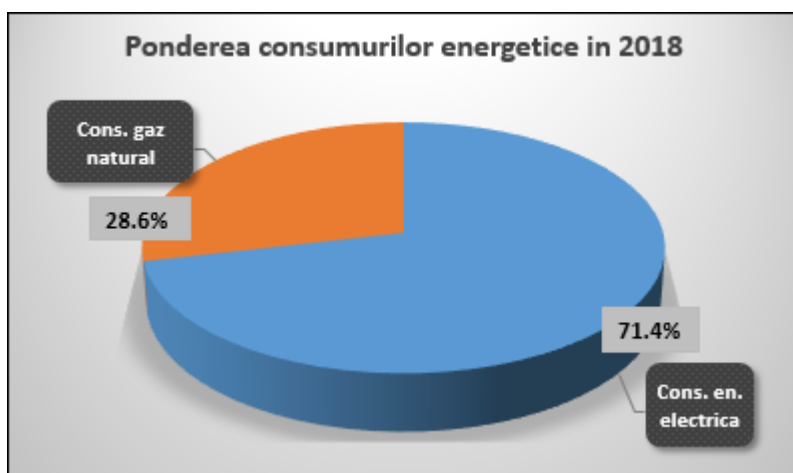
Înființată în 2008, ca filială a grupului elvețiano-austriac Montana Tech Components, UACE furnizează componente celor mai importanți producători de aeronave, precum Airbus, Boeing, Bombardier și Premium Aerotech.

Este unul din furnizorii principali de produse structurale din aluminiu pentru aeronave, are o capacitate de producție integrată unică incluzând capacități de turnare, extrudare, prelucrări mecanice, tratarea termică a suprafețelor și asamblare. Compania produce o largă varietate de produse începând cu piese de mici dimensiuni pe 3 axe până la piese pe 5 axe de mari dimensiuni și foarte complexe.

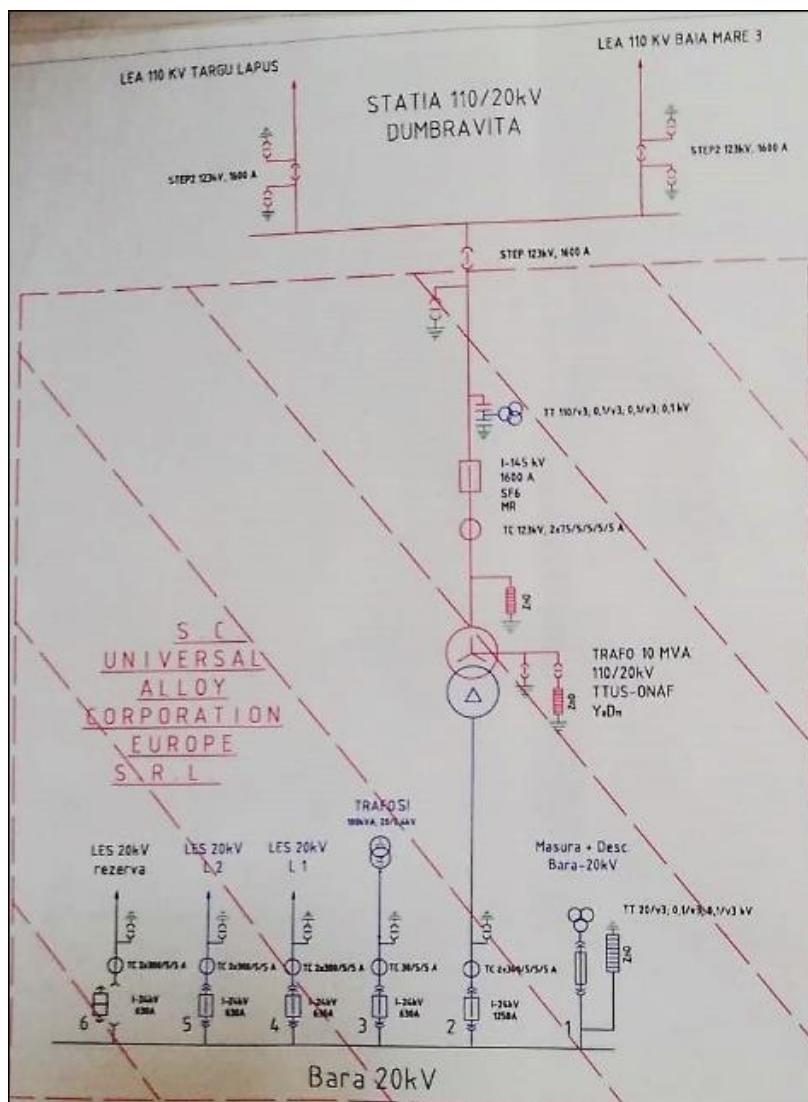
Grupul UAC este cel mai mare producător de profile de aluminiu pentru industria aeronautică, cu o cota de aproximativ 50% pe piața mondială de profil.

Situată în comuna Dumbravița din județul Maramureș **SC UNIVERSAL ALLOY CORPORATION EUROPE SRL** se întinde pe 100.000 mp fiind împărțită pe mai multe corpuri de clădire: zona Turnatorie, zona Extruziune, zona Prelucrări și Asamblare, zona Impachetare și Livrare, zona Prelucrări, zona Asamblare, zona de Tratare Suprafețe și Vopsire precum și o zonă administrativă unde se găsesc birouri. UACE a creat în Dumbravița un Centru Tehnologic Global unde se produc bare de aluminiu turnate, profile din aluminiu extrudat, prelucrări ale componentelor de aluminiu și alte capabilități de asamblare a componentelor.

Ponderea consumurilor de energie primară pe parcursul anului 2018 se prezintă astfel:

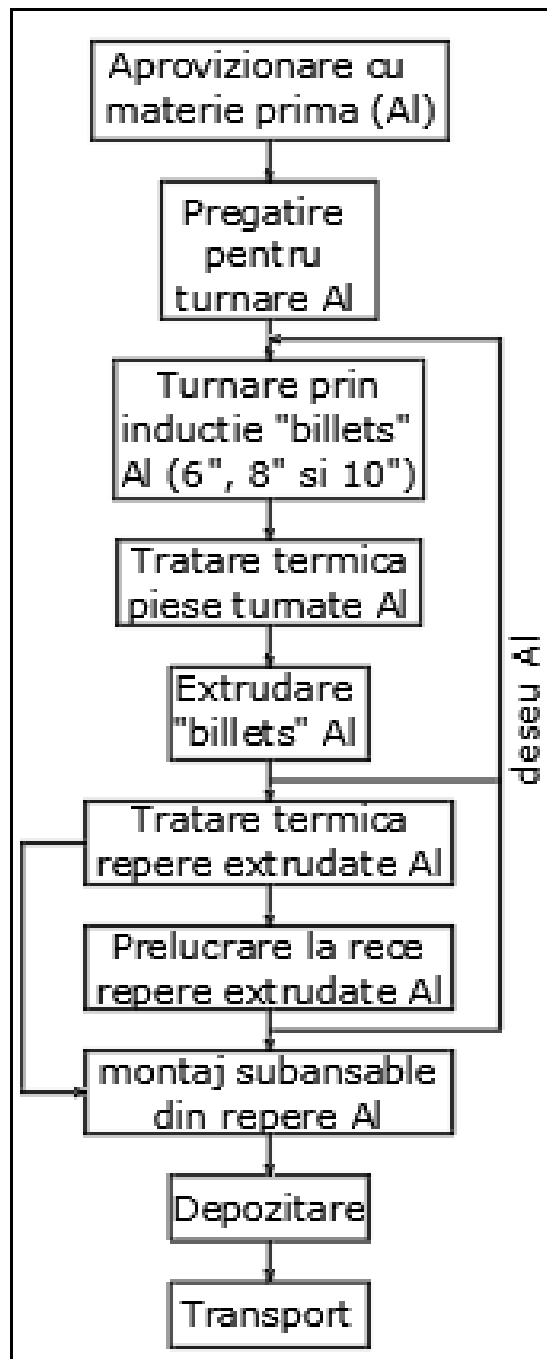


Necesarul de energie electrică al fabricii este asigurat prin racord la doua linii de inalta tensiune IT (110 kV) din SEN, LEA 110kV Tirgu Lapus si LEA 110kW Baia Mare 3 si un racord la o linie de medie tensiune MT (20kV), un post de transformare de 10MVA, 110 / 20kV si 7 substatii (SS) de transformare, cu câte 2 posturi de transformare fiecare (4SS x 2 x 2500 kVA, 20 / 0.4 kV + 1SS x 2 x 1000kVA, 20 / 0.4kV și 2SS x 2 x 2500kVA, 20 / 1KV).



Schema de alimentare cu energie electrica a fabricii, IT din SEN.

Din punct de vedere termoeenergetic, pentru procesele tehnologice se utilizează gaz natural alimentat din rețeaua distribuție locală prin SRM propriu la joasă presiune. De asemenea gazul natural este utilizat și pentru încălzirea spațiilor și producerea de apă caldă de consum.



Fluxul tehnologic general al fabricii.

Toate formele de energie primară utilizate sunt contorizate la intrarea în fabrică cu contoare specifice de energie electrică la MT general și în fiecare stație de transformare, iar cel de gaz natural cu contor general cu turbină și contor electronic de corecție volum.

3. Analiza energetica a fabricii.

Întreg procesul tehnologic al fabricii consumă energie primară. În conformitate cu datele furnizate de beneficiar, pe parcursul anului trecut (2018), în cadrul proceselor tehnologice derulate pe o perioadă de 8400 ore, fabrica a consumat energie și a produs, astfel:

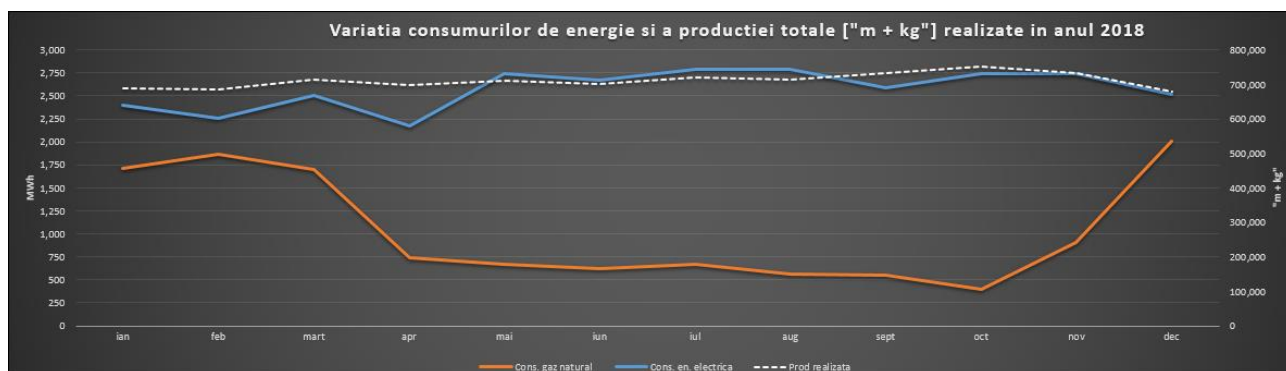
2018	Cons. gaz natural			Cons. en. electrica			Consum total energie primara	Prod realizata			Ore funcț. anual	Cons. spec. gaz natural	Cons. spec. energie electrica	Total energie consumata		Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	E [MWh]	E _R [MVAh]	E [TEP]	[TEP]	m	kg	P ["m+kg"]	T [h]	b [kWh/"m+kg"]	e [kWh/"m+kg"]	B + E [MWh]	B + E [TEP]	
ian	163,571	1,717	147.65	2,403	216	206.66	354.31	97,056	591,720	688,776	696	2.49	3.49	4,119.90	354.31	
feb	177,275	1,861	160.02	2,261	194	194.45	354.47	96,497	588,760	685,257	672	2.72	3.30	4,121.74	354.47	
mart	161,543	1,696	145.82	2,504	214	215.34	361.17	107,362	605,900	713,262	744	2.38	3.51	4,199.61	361.17	
apr	70,513	740	63.65	2,176	267	187.14	250.79	83,140	616,310	699,450	672	1.06	3.11	2,916.13	250.79	
mai	63,998	672	57.77	2,747	357	236.24	294.01	97,629	611,545	709,174	744	0.95	3.87	3,418.74	294.01	
iun	59,616	626	53.81	2,673	391	229.88	283.69	96,442	605,640	702,082	720	0.89	3.81	3,298.75	283.69	
iul	63,561	667	57.38	2,785	395	239.51	296.89	101,524	617,256	718,780	744	0.93	3.87	3,452.16	296.89	
aug	54,054	567	48.79	2,793	421	240.20	288.99	119,959	595,240	715,199	600	0.79	3.91	3,360.37	288.99	
sept	52,384	550	47.29	2,588	341	222.57	269.85	124,382	608,440	732,822	720	0.75	3.53	3,137.84	269.85	
oct	37,282	391	33.65	2,743	294	235.90	269.55	143,954	607,740	751,694	744	0.52	3.65	3,134.33	269.55	
nov	86,244	905	77.85	2,742	204	235.81	313.66	133,651	599,640	733,291	720	1.23	3.74	3,647.24	313.66	
dec	191,011	2,005	172.42	2,516	135	216.38	388.80	118,000	562,400	680,400	624	2.95	3.70	4,520.92	388.80	
Total	1,181,051	12,397	1,066	30,931	3,428	2,660	3,726	1,319,597	7,210,591	8,530,188	8,400	1.45	3.63	43,328	3,726	

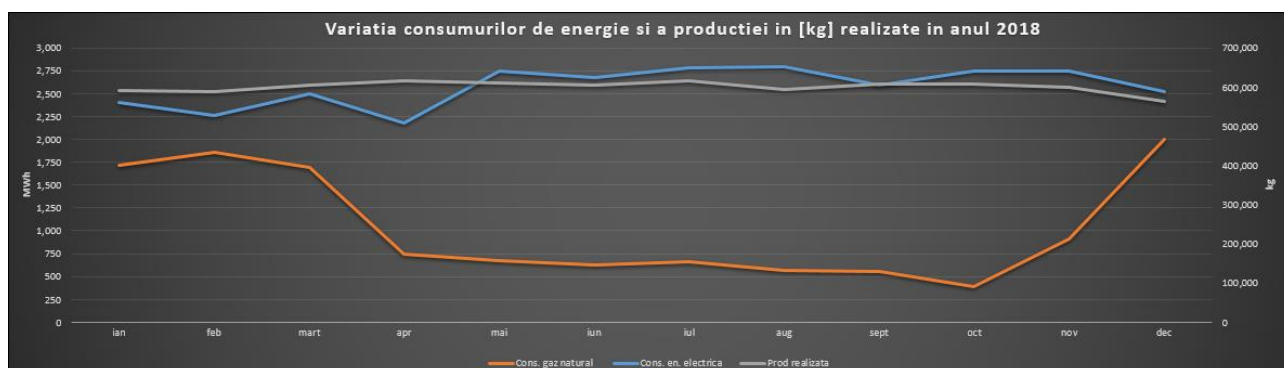
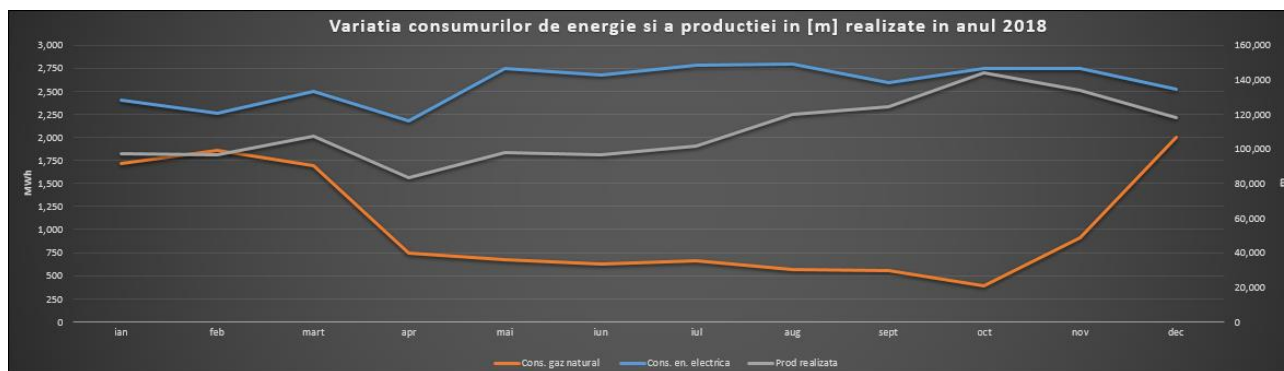
¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala 2018)

PCS = 9.950 kWh/Nm³ (media anuala 2018) - valoare calculata

Pe baza acestor consumuri energetice și producții realizate se dezvoltă analiza energetică ce urmează.

Conturul de bilanț energetic cu aport direct în producție este format din instalațiile electrice de forță din cadrul fabricii. Aceste instalații sunt constituite din echipamentele de alimentare cu energie electrică și de acționare a echipamentelor.





3.1 Caracteristicile electroenergetice ale fabricii.

În baza datelor furnizate de beneficiar referitoare la consumurile de energie electrică și a producțiilor totale [„m+kg”] realizate în anul 2018, pe parcursul a 12 de luni consecutive se obțin valorile prezentate în **tabelul 3.1**. Variația consumului de energie electrică și a producției totale [„m+kg”] realizate în anul 2018, este prezentată în **figura 3.1**.

2018	Cons. en. el.	Productie	Perioada funct.	Cons. spec.	Productivitate
Luna	E [kWh]	P ["m+kg"]	T [ore]	e [kWh/"m+kg"]	p ["m+kg"/ora]
ian	2,403,000	688,776.5	696	3.49	989.62
feb	2,261,000	685,256.8	672	3.30	1,019.73
mart	2,504,000	713,262.0	744	3.51	958.69
apr	2,176,000	699,450.3	672	3.11	1,040.85
mai	2,747,000	709,174.5	744	3.87	953.19
iun	2,673,000	702,082.3	720	3.81	975.11
iul	2,785,000	718,780.4	744	3.87	966.10
aug	2,793,000	715,198.7	600	3.91	1,192.00
sept	2,588,000	732,822.2	720	3.53	1,017.81
oct	2,743,000	751,693.5	744	3.65	1,010.34
nov	2,742,000	733,291.4	720	3.74	1,018.46
dec	2,516,000	680,399.6	624	3.70	1,090.38
Total	30,931,000	8,530,188	8,400	3.63	1,015.50

Tabelul 3.1. Producțiile în „m+kg” realizate și consumurile de energie electrică aferente, înregistrate în cursul anului 2018.

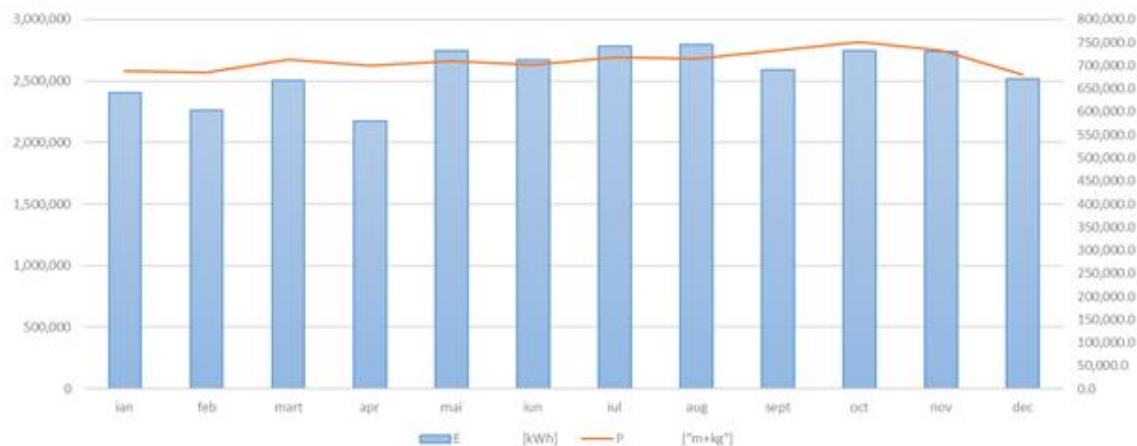


Figura 3.1 Variația consumurilor de energie electrică în funcție de producția totală în „m+kg”, înregistrată în cursul anului 2018.

Se determină prin calcule caracteristicile electroenergetice primară și secundară, respectiv consumul de energie electrică **E** în funcție de producția realizată notată cu **P** și consumul specific de energie electrică **e** în funcție de producția realizată **P**.

Coeficientul de corelație Person **r**, calculat în funcție de **E** și **P**, este unul foarte slab: $r_{(P,E)} = 0,192$, dar neconcludent având în vedere unitatea de masură a producției realizate considerată „m+kg”.

Coeficientul de corelație **r** reprezintă o corelație slabă, aproape nula, pozitivă (corelație nulă: $r = 0$; corelație perfectă pozitivă: $r = 1$; corelație perfectă negativă: $r = -1$) între cele două șiruri de valori **P** și **E**.

Am considerat valori ale producției care să acopere o cantitate cuprinsă între 650 000 și 770 000 „m+kg” / an, pentru care s-a calculat caracteristica electroenergetică a fabricii conform **tabel 3.2** și grafic în **figura 3.2**.

P ["m+kg"]	650,000.0	670,000.0	690,000.0	710,000.0	730,000.0	750,000.0
E [kWh]	2,209,582.62	2,330,537.97	2,451,493.32	2,572,448.66	2,693,404.01	2,814,359.36
e [kWh/"m+kg"]	3.41	3.48	3.55	3.62	3.69	3.76

Tabel 3.2 Caracteristicile electroenergetice ale fabricii.

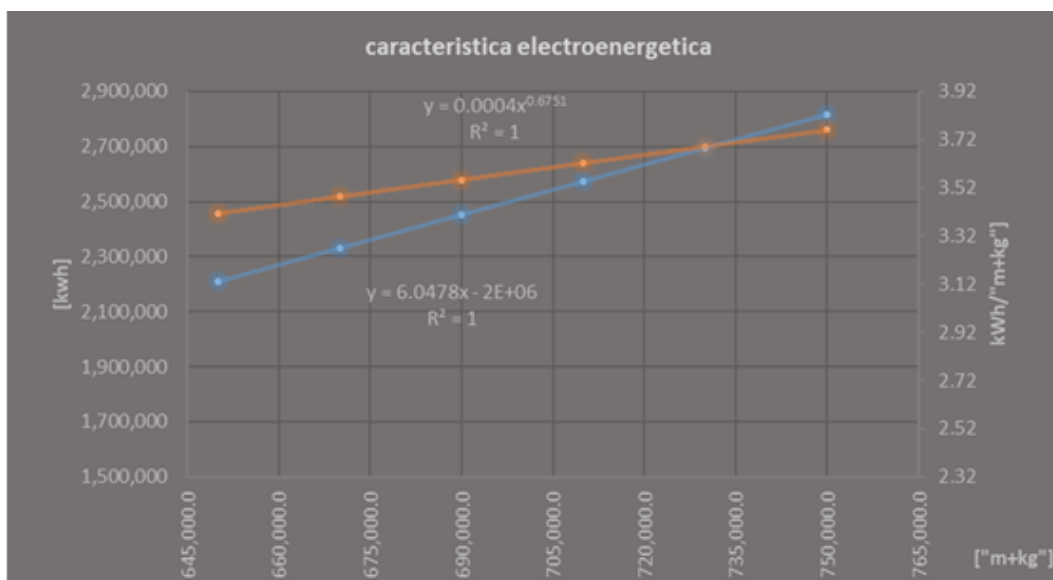


Figura 3.2 Caracteristicile electroenergetice ale fabricii, grafic.

E – caracteristica electroenergetică primară

e – caracteristica electroenergetică secundară.

Caracteristica electroenergetica astfel calculată este utilă pentru evaluarea viitoare a consumurilor de energie electrică și a consumurilor specifice de energie electrică în funcție de producțiile prezumate.

Dacă ulterior, abaterile înregistrate față de caracteristicile electroenergetice calculate sunt semnificative (depășesc semnificativ erorile admise) este necesară o inspecție tehnică a instalațiilor, fiind posibilă o contorizare greșită sau o defecțiune în funcționare a echipamentelor consumatoare de energie electrica.

Orice modificare adusă instalației de utilizare tehnologica a fabricii, sau lărgirea domeniului de variație a producției implică recalcularea caracteristicilor electroenergetice.

3.2 Caracteristicile termoeenergetice ale fabricii.

În baza datelor furnizate de beneficiar referitoare la consumurile de combustibil (gaz natural) și producțiile totale [„m+kg”] realizate în anul 2018, pe parcursul a 12 de luni consecutive se obțin valorile prezentate în **tabelul 3.3** și în **figura 3.3**.

2018	Cons. gaz natural	Productie	Perioada funct.	Cons. spec.	Productivitate
Luna	B [kWh]	P [„m+kg”]	T [ore]	b [kWh/„m+kg”]	p [„m+kg”/ora]
ian	1,716,900	688,776.5	696	2.49	989.62
feb	1,860,740	685,256.8	672	2.72	1,019.73
mart	1,695,610	713,262.0	744	2.38	958.69
apr	740,129	699,450.3	672	1.06	1,040.85
mai	671,744	709,174.5	744	0.95	953.19
iun	625,750	702,082.3	720	0.89	975.11
iul	667,163	718,780.4	744	0.93	966.10
aug	567,371	715,198.7	600	0.79	1,192.00
sept	549,843	732,822.2	720	0.75	1,017.81
oct	391,328	751,693.5	744	0.52	1,010.34
nov	905,244	733,291.4	720	1.23	1,018.46
dec	2,004,921	680,399.6	624	2.95	1,090.38
Total	12,396,743	8,530,188	8,400	1.45	1,015.50

Tabelul 3.3. Producțiile totale [„m+kg”] realizate și consumurile de gaz natural utilizat aferent, în cursul anului 2018.

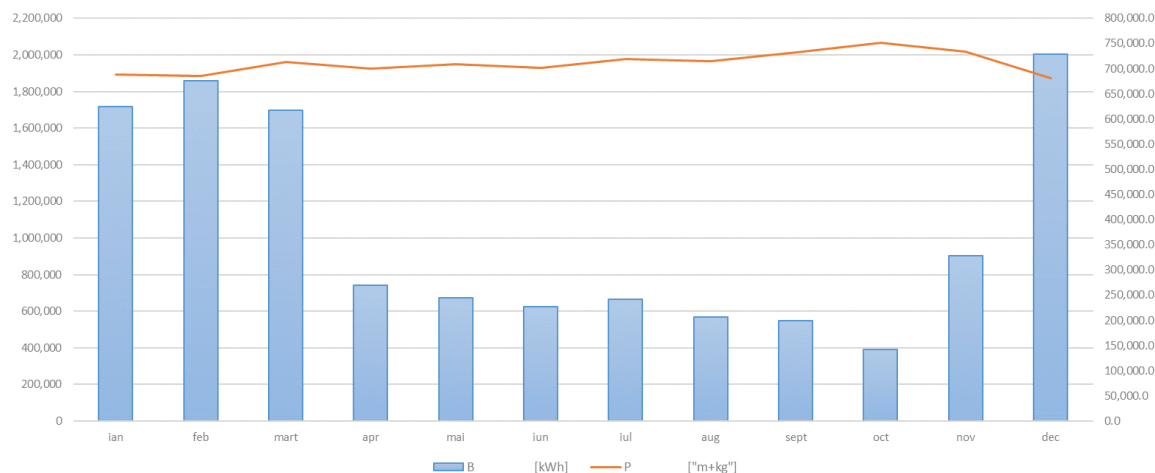


Figura 3.3 Variația consumurilor de gaz natural utilizat, în concordanță cu producția totală [„m+kg”] realizată în cursul anului 2018.

Se determină prin calcule caracteristicile termoeenergetice primară și secundară, respectiv consumul de energie sub forma de gaz natural **B** în funcție de producția realizată notată cu **P** în [„m+kg”] și consumul specific de gaz natural **b** în funcție de producția realizată **P**.

Coeficientul de corelație Person r , calculat în funcție de **B** și **P**, este unul bun: $r_{(P,E)} = -0,722$, dar de asemenea neconcludent având în vedere unitatea de măsură utilizată pentru producția realizată, considerată „m+kg”.

Coeficientul de corelație r reprezintă o corelație bună, spre 1, negativă (corelație nulă: $r = 0$; *corelație perfectă pozitivă*: $r = 1$; *corelație perfectă negativă*: $r = -1$) între cele două șiruri de valori **P** și **E**.

Am considerat valori ale producției care să acopere o cantitate cuprinsă între 650 000 și 770 000 „m+kg” / an, pentru care s-a calculat caracteristica termoeenergetică a fabricii conform **tabel 3.4** și grafic în **figura 3.4**.

P [“m+kg”]	650,000.0	670,000.0	690,000.0	710,000.0	730,000.0	750,000.0
B [kWh]	2,261,604.34	1,857,804.10	1,454,003.86	1,050,203.62	646,403.39	242,603.15
b [kWh/“m+kg”]	3.33	2.72	2.11	1.50	0.89	0.27

Tabel 3.4 Caracteristicile termoeenergetice ale fabricii.

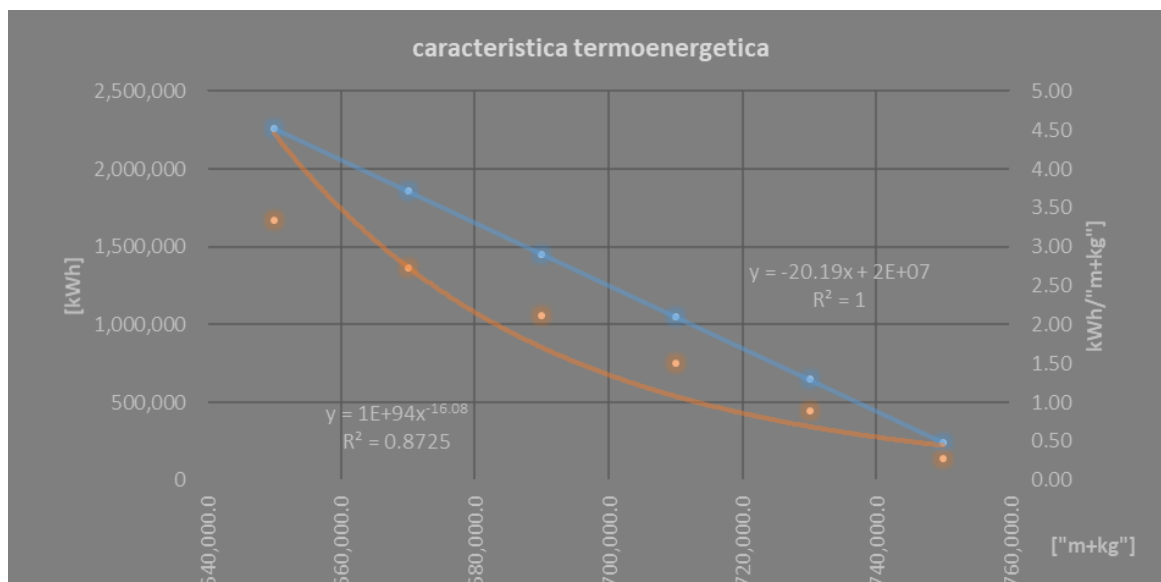


Figura 3.4 Caracteristicile termoeenergetice ale fabricii, grafic.

E – caracteristica termoeenergetică primară
e – caracteristica termoeenergetică secundară.

3.3 Analiza structurii de consum energetic pe istoric.

Cu toate ca în cadrul conturului energetic analizat se utilizează două forme de energie primară: energie electrică și gaz natural, în cadrul proceselor tehnologice se utilizează preponderent energie electrică (71%), gazul natural reprezentând 28% din totalul energiei primare utilizate în anul 2018.

Energia electrică consumată este împărțită în energia activă și reactiv inductivă, necesară funcționării proceselor tehnologice, al consumatorilor din cadrul acestora, respectiv energia reactiv capacitivă furnizată în sistem (SEN) prin conductorii care alimentează fabrica.

Energia termică consumată sub formă de gaz natural, se utilizează o parte în procesele tehnologice (64%), iar cealaltă parte (35.5%) se utilizează pentru încălzirea spațiilor. Consumul de gaz este reprezentat pe secții în **tabelul 3.5**.

Nr. crt.	Sectie _consumator gaz natural	consumator	cant. [buc]	consum anual [kWh]	Volum de gaz natural considerat V_{GN} [Sm ³ /an]	
1	Prelucrari mecanice _ PM	incalzire -CTA	8	1,295,853	123,462	10.45%
2	Asamblare _ Ans	incalzire -CTA	4	1,196,945	114,038	9.66%
3	Logistica _ Log	incalzire -CTA	2	622,155	59,275	5.02%
4	Vopsire _ Vop	incalzire -CTA	2	540,425	51,489	4.36%
		cabine vopsire	3	3,606,165	343,575	29.09%
5	Anodizare _ Ano	incalzire -CTA	2	580,895	55,344	4.69%
		incalzire - Make up	3	781,297	74,438	6.30%
		Cazan abur	1	1,803,082	171,788	14.55%
		Evaporator	1	1,586,712	151,173	12.80%
6	Turnatorie _ Turn	arzatoare TD		216,369	20,614	1.75%
7	Administrativ _ Adm	CT 55 kW	5	165,845	15,801	1.34%
				12,395,743	1,180,997	

Tabel 3.5 Consumatorii de gaz natural ai fabricii si consumurile declarate de beneficiar pentru anul 2018.

Energia electrică este contorizată la nivel de medie tensiune de către distribuitorul local de energie. Consumul de energie electrică al fabricii se face nivel de joasă tensiune.

Gazul natural este contorizat la intrarea în fabrică, prin contor ce aparține distribuitorului local.

Consumurile energetice și producția totală în [„m+kg”], așa cum au fost ele puse la dispoziție de către beneficiar sunt prezentate în **tabel 3.6**.

2018	Cons. gaz natural			Cons. en. electrica			Consum total energie primara	Prod realizata			Ore funcț. anual	Cons. spec. gaz natural	Cons. spec. energie electrica	Total energie consumata		Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	E [MWh]	E _R [MVArh]	E [TEP]	[TEP]	m	kg	P ["m+kg"]	T [h]	b [kWh/"m+kg"]	e [kWh/"m+kg"]	B + E [MWh]	B + E [TEP]	
ian	163,571	1,717	147.65	2,403	216	206.66	354.31	97,056	591,720	688,776	696	2.49	3.49	4,119.90	354.31	
feb	177,275	1,861	160.02	2,261	194	194.45	354.47	96,497	588,760	685,257	672	2.72	3.30	4,121.74	354.47	
mart	161,543	1,696	145.82	2,504	214	215.34	361.17	107,362	605,900	713,262	744	2.38	3.51	4,199.61	361.17	
apr	70,513	740	63.65	2,176	267	187.14	250.79	83,140	616,310	699,450	672	1.06	3.11	2,916.13	250.79	
mai	63,998	672	57.77	2,747	357	236.24	294.01	97,629	611,545	709,174	744	0.95	3.87	3,418.74	294.01	
iun	59,616	626	53.81	2,673	391	229.88	283.69	96,442	605,640	702,082	720	0.89	3.81	3,298.75	283.69	
iul	63,561	667	57.38	2,785	395	239.51	296.89	101,524	617,256	718,780	744	0.93	3.87	3,452.16	296.89	
aug	54,054	567	48.79	2,793	421	240.20	288.99	119,959	595,240	715,199	600	0.79	3.91	3,360.37	288.99	
sept	52,384	550	47.29	2,588	341	222.57	269.85	124,382	608,440	732,822	720	0.75	3.53	3,137.84	269.85	
oct	37,282	391	33.65	2,743	294	235.90	269.55	143,954	607,740	751,694	744	0.52	3.65	3,134.33	269.55	
nov	86,244	905	77.85	2,742	204	235.81	313.66	133,651	599,640	733,291	720	1.23	3.74	3,647.24	313.66	
dec	191,011	2,005	172.42	2,516	135	216.38	388.80	118,000	562,400	680,400	624	2.95	3.70	4,520.92	388.80	
Total	1,181,051	12,397	1,066	30,931	3,428	2,660	3,726	1,319,597	7,210,591	8,530,188	8,400	1.45	3.63	43,328	3,726	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala 2018)

PCS = 9.950 kWh/Nm³ (media anuala 2018) - valoare calculata

Tabel 3.6 Consumurile energetice totale ale fabricii, raportate la producția totală realizată în [m+kg], în anul 2018.

4. DESCRIEREA CONTURULUI DE BILANȚ ENERGETIC COMPLEX

În cursul anului 2018 s-a întocmit un bilanț energetic pentru un contur stabilit împreună cu beneficiarul conform contractului de prestari servicii energetice nr.4/28.08.2018.

Conturul energetic stabilit, corespunde datelor comunicate de către beneficiar care au stat la baza elaborării ofertei tehnice și financiare, anexa la contract.

În aceste condiții prezentul bilanț energetic s-a întocmit pentru toate secțiile fabricii din localitatea Dumbravița, județul Baia Mare.

Fabrica a fost fondată în 2008 și este parte a Grupului Universal Alloy Corporation Europe (UAC) ceea ce înseamnă o garanție a aplicării unor standarde înalte de calitate, securitate în muncă și utilizarea unor tehnologii de ultimă oră în domeniu.

Fabrica produce diverse tipuri de piese, repere, subansamble și ansamble din aluminiu pentru industria aeronautică.

La producerea acestor elemente din aluminiu, tehnologia de fabricație utilizează agent termic abur la $T_{ab} = 120^{\circ}\text{C}$ și $p_{ab} = 2\text{bar}$, singura formă de agent termic utilizată în mod direct.

Gazul natural consumat este utilizat în procese tehnologice ca sursă de încălzire a suprafețelor sau incintelor de lucru, ponderea reprezentând-o consumul în acoperirea pierderilor de căldură a spațiilor.

Agentul termic este produs în centrala termică proprie, existentă, echipată cu 1 cazan de abur model Fulton tip RBG 2500, cu o putere nominală $P_n = 2500\text{ kW}$, presiune maximă abur produs $p_{maxab} = 10\text{ bar}$, la temperatura maximă $t_{maxab} = 180^{\circ}\text{C}$.

Agentul termic, abur produs în centrala termică, este utilizat în etapa de încălzire a băilor de spalare a pieselor de aluminiu după etapa de anodizare a acestora, operație de tratament chimic de suprafață pentru protecție și finisare.

Toate operațiile de tratament chimic de suprafață a pieselor din aluminiu se desfășoară în 15 băi de cca 20m^3 fiecare.

Celelalte utilaje ale fabricii utilizează ca sursa de energie primară energia electrică preluată din rețea prin posturi de transformare.

Toate utilajele și echipamentele alimentate cu energie electrică și termică, în cadrul fabricii, fac obiectul conturului de bilanț complex efectuat în cadrul prezentei lucrări.

Consumurile de energie primară, gaz natural, ale fabricii s-au repartizat de beneficiar după cum urmează:

Nr. crt.	Sectie _consumator gaz natural	consumator	consum anual [kWh]	Volum de gaz natural considerat V_{GN} [Sm ³ /an]
1	Prelucrari mecanice _ PM	incalzire -CTA	1,295,853	123,462
2	Asamblare _ Ans	incalzire -CTA	1,196,945	114,038
3	Logistica _ Log	incalzire -CTA	622,155	59,275
4	Vopsire _ Vop	incalzire -CTA	540,425	51,489
		cabine vopsire	3,606,165	343,575
5	Anodizare _ Ano	incalzire -CTA	580,895	55,344
		incalzire - Make up	781,297	74,438
		Cazan abur	1,803,082	171,788
		Evaporator	1,586,712	151,173
6	Turnatorie _ Turn	arzatoare TD	216,369	20,614
7	Administrativ _Adm	CT 55 kW	165,845	15,801
			12,395,743	1,180,997
			12,395.74 MWh	
			1,065.84 TEP	

Din tabelul comunicat de beneficiar se observă că peste 70% din consumul de gaz natural comunicat este utilizat pentru încălzirea spațiilor sau în incinte tehnologice care necesită temperaturi de lucru speciale (ex. cabinele de vopsire).

Toate procesele tehnologice utilizate în fabrică consumă energie electrică, ponderea (67%) fiind deținută de cuptoarele cu inducție pentru topit aluminiu și de mașinile de extrudat bare de aluminiu (billets).

Total MWh _e		Total MWh _e	
Extruziuni	11,135	Prelucrari	7,114
Turnatorie	10,207	Anodizare	2,474
		Asamblare si vopsitorie	619
		Administrativ	309
	21,342		10,517

5. BILANȚ ELECTROENERGETIC

5.1 Măsurători electrice.

Prima măsurătoare efectuată a avut drept scop determinarea unui parametru dintre cei care definesc calitatea energiei și anume factorul de distorsiune a tensiunii de alimentare a fabricii, din cauza armonicilor prezente în aceasta. Acest factor este definit de relația:

$$f_{dU} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}}{\sqrt{U_1^2 + \sum_{i=1}^n U_i^2}}$$

unde: U_1 armonica fundamentală a tensiunii ($f_1 = 50$ Hz);

U_i armonica de rangul "i" a tensiunii ($f_i = i \times 50$ Hz)

Teoretic $n \rightarrow \infty$, practic, cu aparatul de măsură utilizat $n = 50$.

Măsurătoarea s-a efectuat pe barele de 0,4 kV din stația electrică a fabricii, factorul total de distorsiune a tensiunii fiind:

$$f_{dU} = 1,7 \% < 5 \%$$

în care s-a considerat $U_1 = 100 \%$.

Armonicile mai semnificative sunt:

$$U_5 = 1,3 \%; U_7 = 1,2 \%; U_9 = U_{11} = 0,2\%$$

Deoarece factorul total de distorsiune a tensiunii este mai mic de 5%, unda de tensiune se poate considera că este sinusoidală.

Pe baza măsurătorilor și calculelor efectuate s-au întocmit fișele de măsurători pentru consumatorii de energie electrică din cadrul fabricii.

Fișele de măsurători electrice pentru consumatorii fabricii sunt prezentate în **tabelul 5.2**.

În marea majoritate consumatorii JT sunt reprezentați de mașini de extrudat, cuptoare de tratament termic și mașini unelte cu motor asincron, precum și alte operații specifice fabricii. Fiecare mașină/utilaj este caracterizată de puterea nominală (instalată) și randamentul nominal al consumatorilor individuali din cadrul mașinii (motoare de acționare, convertizoare de frecvență, rezistențe electrice de încălzire, pompe hidraulice, compresoare, automatizări, etc).

S-au măsurat puterile active și reactive absorbite de fiecare masina / utilaj, precum și factorul de putere, notate P_e , Q și $\cos\phi$, la un moment dat al funcționării sale și s-au calculat puterea utilă P , pierderea de putere ΔP , factorul de putere și randamentul în funcționare η .

Pierderile de energie electrică activă apar în instalațiile și echipamentele electrice, ca urmare a transportului și transformării energiei electrice.

În conductoarele care transportă energie electrică apar pierderi de energie activă ca urmare a efectului Joule-Lenz. Într-un sistem trifazat aceste pierderi se calculează cu relația:

$$\Delta P_l = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot 10^{-3} \text{ [kW]}$$

unde: $R[\Omega]$ – reprezintă conductoarele pe o fază;

$I[A]$ – intensitatea curentului pe o fază.

Deoarece în numeroase cazuri nu se cunosc caracteristicile conductoarelor necesare determinării rezistenței R , relația de mai sus se aduce la forma:

$$\Delta P_l = \frac{\Delta U}{U} \cdot S \text{ [kW]}$$

unde: $\Delta U[V]$ – căderea de tensiune pe linie;

$U[V]$ – tensiunea de linie;

$S[kVA]$ – puterea aparentă, transportată.

Căderea de tensiune ΔU se poate măsura.

În general, în întreprinderile industriale, căderea de tensiune la MT (20 kV) se situează în domeniul 1...3 %, valoarea maximă admisibilă fiind 5 %. La JT (0,4 kV) căderea de tensiune are valori cuprinse între 2...5 %, valoarea maximă admisibilă fiind 10 %.

Dacă în întreprindere există mai multe nivele de tensiune, trecerea între acestea este realizată prin transformatoare, în general trifazate, cu două înfășurări.

Pierderile de puteri în transformatoare se determină cu relațiile:

- pierderi de putere activă:

$$\Delta P_T = P_0 + \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot P_k \text{ [kW]}$$

unde: P_0 [kW] – pierderi la mers în gol;
 P_k [kW] – pierderi la mers în scurtcircuit;
 S [kVA] – putere aparentă cerută;
 S_n [kVA] – putere aparentă nominală.

Raportul $S/S_n=C_i$ reprezintă coeficientul de încărcare al transformatorului.

- pierderi de putere reactivă:

$$\Delta Q_T = \left[\frac{i_0}{100} + \frac{u_k}{100} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \right] \cdot S_n \text{ [kVAr]}$$

unde: i_0 [%] – curentul de mers în gol;

u_k [%] – tensiunea de scurtcircuit.

Marea majoritate a consumatorilor de energie electrică în întreprinderi industriale este constituită din motoare electrice de acționare a mașinilor de lucru.

În prezent acționarea acestora se face într-o proporție covârșitoare cu motoare electrice, trifazate, asincrone, în scurtcircuit. Unele utilaje, de foarte mare putere, sunt acționate cu motoare electrice, trifazate, sincrone.

Pentru adaptarea caracteristicilor de lucru – cuplu, turație – ale motoarelor electrice la cerințele variabile ale mașinilor de lucru și pentru realizarea, pe această cale, de economii de energie electrică, s-au introdus pe scară largă variatoarele electronice de turație, lucru realizabil prin dezvoltarea componentelor electronicii de putere. Variatoarele moderne de turație au un randament ~97 % și asigură menținerea randamentelor la valori apropiate de cele nominale, independent de sarcină (reglare după principiul orientării după câmp).

Aceste aserțiuni cu caracter de generalitate se verifică în cazul obiectivului analizat: motoarele de acționare sunt de tip trifazat, asincron, în scurtcircuit și unele sunt alimentate prin intermediul variatoarelor electronice de turație (invertoare de frecvență).

Pierderile de putere activă în motoarele electrice sunt de mai multe feluri și anume:

- pierderi în înfășurări (în stator și rotor), numite și pierderi în cupru, P_{Cu} ;
- pierderi de magnetizare, numite și pierderi în fier, P_{Fe} ;
- pierderi mecanice (frecări), P_m ;
- pierderi suplimentare, P_s .

Randamentul motorului electric η este raportul între puterea utilă la arborele motorului P și puterea activă absorbită din rețea P_e , care include pe lângă puterea utilă și suma pierderilor ΣP amintite mai sus:

$$\eta = \frac{P}{P_e} = \frac{P}{P + \Sigma P}$$

unde: $\Sigma P = P_{Cu} + P_{Fe} + P_m + P_s$

Acest randament este variabil și depinde de sarcina motorului, adică de puterea utilă dezvoltată la arbore.

Ca urmare a standardizării și uniformizării performanțelor motoarelor electrice trifazate, asincrone, produse în diferite țări (inclusiv România) s-au putut elabora tabele ce prezintă variația randamentului acestora în funcție de sarcină. Aceste tabele sunt prezentate în **Anexa**.

Prin utilizarea tabelelor se pot determina randamentele motoarelor electrice, puterile utile la arbori și pierderile de puteri active în funcție de puterile absorbite din rețea:

$$P_e \rightarrow \eta$$

$$P = P_e \cdot \eta$$

$$\Delta P = P_e / (1 - \eta)$$

unde : P_e [kW] – puterea electrică activă, absorbită de motor din rețea – măsurată;

η – randamentul motorului electric – din tabele;

P [kW] – puterea utilă, la arbore;

ΔP [kW] – pierderi de putere electrică, activă, în motor.

Pe lângă energia electrică, activă, necesară producerii lucrului mecanic la arbore, motorul electric asincron preia din rețea și energia electrică reactivă necesară producerii câmpului electromagnetic învârtitor. Acest fapt face din motor un consumator de energie electrică cu caracter inductiv.

Elementul care definește caracterul reactiv al consumului de energie electrică este factorul de putere $\cos \varphi = P_e / S$.

Pentru motoarele electrice, trifazate, asincrone, din aceleași motive ale standardizării și uniformizării producției acestora, s-au putut elabora tabele care prezintă dependența factorului de putere de sarcina motorului. Aceste tabele sunt prezentate în **Anexa**.

Având în vedere că marea majoritate a motoarelor electrice de acționare au convertizor de frecvență, s-a utilizat în calcule **tabel.5.1** cu variația randamentului convertizoarelor de frecvență în funcție de încărcarea acestora (conform IEC 60034-31:2009). Variația randamentului convertizoarelor de frecvență în funcție de încărcarea lor, este reprezentat grafic în **figura.5.1**.

Randamentul acționării cu convertizor de frecvență+motor electric η_{ae} este produsul randamentelor celor două echipamente:

$$\eta_{ae} = \eta_{CF} \cdot \eta_m$$

Trebuie să menționăm de asemenea că pierderile nominale ale motorului electric alimentat de la un convertizor de frecvență cresc cu ~15% datorită conținutului mare de armonici în tensiunea furnizată de acesta, pierderile fiind constante, nedepinzând de sarcina motorului.

Datorită acestui fapt randamentul nominal al motorului electric, alimentat de la un convertizor de frecvență scade.

Echipamentele complexe de lucru sunt echipate cu servomotoare rotative sau liniare pentru care documentațiile tehnice nu prezintă puterea ci cuplul M și turația n , respectiv forța F și viteza v . Puterea acestora se determină cu relațiile:

- servomotoare rotative:

$$P = 0.105 \cdot M \cdot n / 1000$$

unde: P [kW], M [Nm], n [rot/min]

- servomotoare liniare:

$$P = F \cdot v / 1000$$

unde: P [kW], F [N], v [m/s]

Randamentele acestor servomotoare se determină utilizând informațiile suplimentare din fișele tehnice ale acestora (curenți, pierderi, etc.).

nr. crt.	Putere nominala convertizor P_{nCF} kW	Randament convertizor η [%]			
		Incarcare convertizor (sarcina):			
		100%	42%	13%	2%
1	0.7	91.9	89.7	85.8	81.8
2	0.8	92.2	90	86.2	82.4
3	0.9	92.4	90.3	86.6	82.8
4	1	92.6	90.5	87	83.2
5	2	94	92.4	89.3	86
6	3	95	93.4	90.6	87.8
7	4	95.6	94.2	91.4	88.9
8	5	96	94.7	92.3	89.8
9	6	96.3	95.1	92.7	90.4
10	7	96.6	95.4	93.2	91
11	8	96.7	95.7	93.6	91.4
12	9	96.9	95.9	93.8	91.6
13	10	97	96	94	92
14	20	97.8	96.6	95	93.4
15	30	97.9	96.8	95.4	94
16	40	98	96.9	95.6	94.3
17	50	98	96.9	95.7	94.6
18	60	98	96.9	95.8	94.7
19	70	98	96.9	95.9	94.8
20	80	98	97	96	94.9
21	90	98	97	96	94.9
22	100	98	97	96	95
23	200	98	97	96.2	95.3
24	300	98	97	96.2	95.5

Tabel 5.1 Variația randamentului convertizoarelor de frecvență în funcție de încărcare.

Pentru reducerea cheltuielilor pentru achiziționarea energiei electrice reactive din sistem se utilizează echipamente care compensează consumul acestui tip de energie. În general compensarea energiei reactive de tip inductiv se face cu ajutorul bateriilor de condensatoare. Dimensionarea acestora se face cu relația:

$$Q_c = P_e (tg \varphi - tg \varphi_c) \text{ [kVar]}$$

unde: Q_c [kVar] – puterea bateriei de condensatoare;

P_e [kW] – puterea electrică activă;

$tg \varphi$ – corespunde factorului de putere natural ($\cos \varphi$);

$tg \varphi_c=0,426$ – corespunde factorului de putere compensat ($\cos \varphi_c=0,92$).

În elaborarea bilanțului electroenergetic al unei întreprinderi industriale, pe lângă determinarea parametrilor de lucru ai motoarelor electrice – P_e , P , ΔP , η , $\cos \varphi$ - prin măsurători directe și calcule, o deosebită importanță trebuie acordată coeficienților de încărcare și de utilizare în timp a motoarelor.

Aceștia sunt coeficienți adimensionali și au următoarele expresii:

- **Coeficientul de încărcare:**

$$C_i = \frac{P}{P_n}$$

unde: P [kW] - puterea utilă, la arbore;

P_n [kW] - puterea nominală.

- **Coeficientul de utilizare în timp:**

$$C_u = \frac{t_f}{t_c}$$

unde: t_f [h] - durata de funcționare într-un ciclu de lucru;

t_c [h] - durata ciclului de lucru.

Utilizând coeficienții astfel definiți, energia electrică activă consumată pe durata unui ciclu, este:

$$E = \frac{P_n \cdot C_i \cdot C_u \cdot t_c}{\eta} \text{ [kWh]}$$

Valoarea coeficientului de încărcare exprimă corecta dimensionare a motorului de acționare în raport cu mașina de lucru. Motoarele de acționare se pot clasifica în funcție de valoarea coeficientului de încărcare astfel:

$C_i = 0.75...1$ - motor foarte bine încărcat;

$C_i = 0.5...0.75$ - motor bine încărcat;

$C_i = 0.25...0.5$ - motor slab încărcat;

$C_i < 0.25$ - motor foarte slab încărcat.

Pentru motoarele din ultimele două categorii se pune problema înlocuirii lor cu motoare mai mici, pe baza unui calcul tehnico-economic care să demonstreze rentabilitatea acestei acțiuni: costul energiei electrice economisite într-un timp rezonabil – 2...3 ani – să fie mai mare decât costul înlocuirii motorului supradimensionat cu un motor de putere mai mică.

Pentru un grup de motoare – agregat, linie tehnologică, secție – se definește un coeficient mediu de încărcare:

$$\overline{C}_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij} P_{nj}}{\sum_{j=1}^n P_{nj}} = \frac{\sum_{j=1}^n P_j}{\sum_{j=1}^n P_{nj}}$$

unde: n – numărul motoarelor din grup;

P_j – puterea la arborele motorului j;

P_{nj} – puterea nominală a motorului j;

C_{ij} – coeficientul de încărcare al motorului j.

Trebuie menționat că acest coeficient mediu de încărcare se determină la un moment dat, când este posibil ca unele motoare să fie în funcționare – la sarcini diferite – iar alte motoare să fie în pauză.

În mod similar se definește un coeficient mediu de utilizare în timp a grupului de motoare:

$$\overline{C}_u = \frac{\sum_{j=1}^n C_{uj} P_{ej}}{\sum_{j=1}^n P_{ej}} = \frac{\sum_{j=1}^n E_j}{t_c \sum_{j=1}^n P_{ej}}$$

unde: P_{ej} – puterea electrică activă absorbită de motorul j;

C_{uj} – coeficientul de utilizare în timp, a motorului j;

E_j – energia activă consumată pe durata ciclului de motorul j;

t_c – durata ciclului.

Acest coeficient nu trebuie confundat cu coeficientul de utilizare în timp, pe durata ciclului, a agregatului, liniei tehnologice, secției. Acesta din urmă se confundă cu gradul de disponibilitate a agregatului, liniei tehnologice sau secției, pe durata ciclului și în mod normal are valori peste 90%.

În cazul fabricii analizate, coeficienții de încărcare a motoarelor și coeficienții de încărcare a grupurilor de motoare se determină prin măsurători și calcule, iar coeficienții de utilizare a grupurilor de motoare se determină prin calcule. Calculele se bazează pe date furnizate de beneficiar.

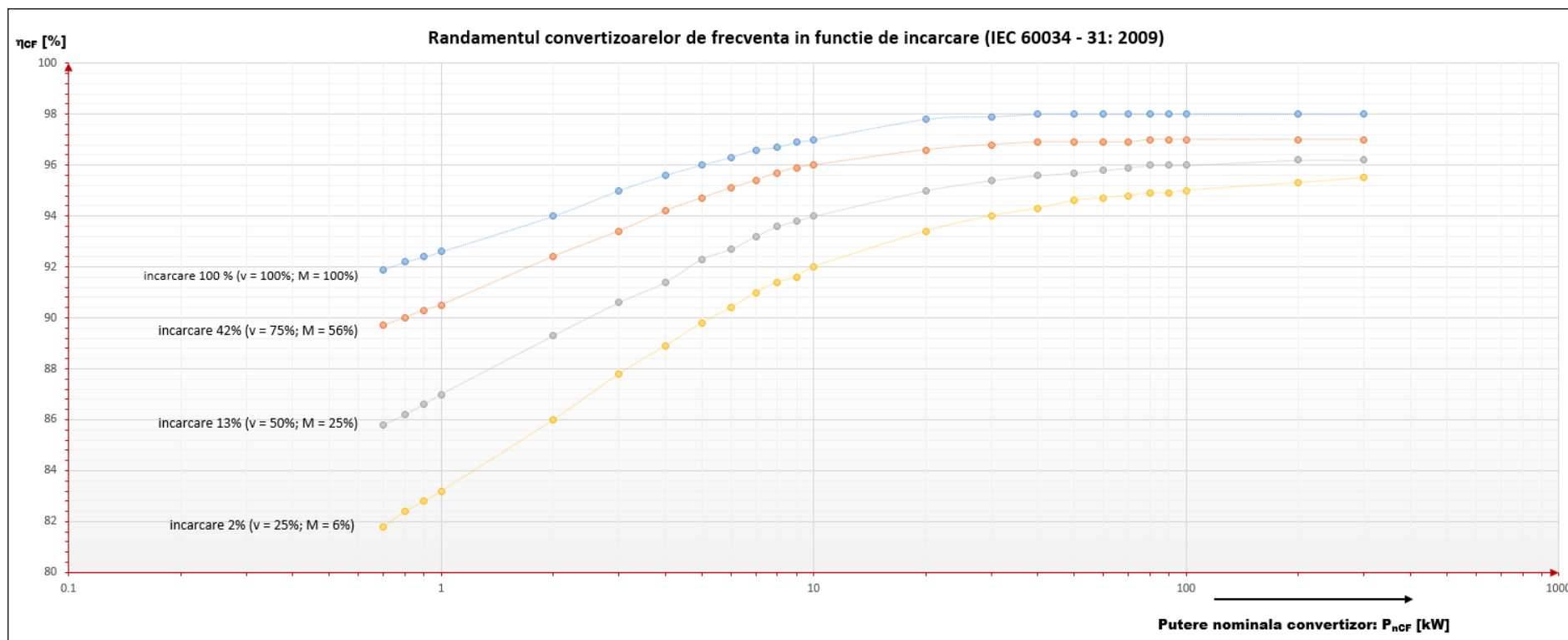


Figura 5.1 Grafic cu variația randamentului convertizoarelor de frecvență în funcție de încărcare.

5.1.1 Stabilirea conturului de bilanț electroenergetic.

Se elaborează bilanțul electroenergetic al fabricii de produse din aluminiu, pentru producția de piese și repere din aluminiu utilizate în industria aeronautică.

Regimul de lucru al fabricii este organizat în flux continuu: 3 schimburi a câte 8 ore/zi, 7 zile/săptămână, cu excepția sărbătorilor legale (8400 ore/an).

Bilanțul electroenergetic analizează toți consumatorii de JT ai fabricii cu excepția celor incluși în bilanțul termoeenergetic.

Analiza electroenergetică are la baza măsurătorile efectuate în conformitate cu listele și tabelele cu consumatori puse la dispoziție de beneficiar. Măsurătorile s-au efectuat urmărind fluxul tehnologic al fabricii pentru fiecare secție.

Conturul de bilanț cuprinde de asemenea instalațiile de joasă tensiune (0,4 kV și 1kV) – cabluri, utilaje – acestea din urmă în conformitate cu listele puse la dispoziție de beneficiar, în lipsa schemei monofilare a consumatorilor de joasă tensiune și a listei cu motoarele de JT. Conturul cuprinde următoarele zone de lucru din fabrica:

2018													
Sectia	Total MWh	ian	feb	mart	apr	mai	iun	iul	aug	sept	oct	nov	dec
Extruziuni	11,135	865.08	813.96	901.44	783.36	988.92	962.28	1,002.60	1,005.48	931.68	987.48	987.12	905.76
Turnatorie	10,207	792.99	746.13	826.32	718.08	906.51	882.09	919.05	921.69	854.04	905.19	904.86	830.28
Prelucrari	7,114	552.69	520.03	575.92	500.48	631.81	614.79	640.55	642.39	595.24	630.89	630.66	578.68
Anodizare	2,474	192.24	180.88	200.32	174.08	219.76	213.84	222.8	223.44	207.04	219.44	219.36	201.28
Asamblare si vopsitorie	619	48.06	45.22	50.08	43.52	54.94	53.46	55.7	55.86	51.76	54.86	54.84	50.32
Administrativ	309	24.03	22.61	25.04	21.76	27.47	26.73	27.85	27.93	25.88	27.43	27.42	25.16
	31,859	2,475	2,329	2,579	2,241	2,829	2,753	2,869	2,877	2,666	2,825	2,824	2,591

Tabel 5.2 Consumurile de energie electrică ale fabricii în anul 2018.

Aparatele folosite în etapa de măsurare a marimilor electrice sunt următoarele:

- Cleste ampermetric (clampmetru) trifazic digital, tip Mastech - MS220
- Analizor trifazic al calitatii rețelei (energiei) în sistemele de joasă și medie tensiune, tip PowerQ MI 2492.

Caracteristicile acestor aparate sunt redată în cele ce urmează.

Clestele ampermetric Mastech - MS2203, portabil, este un instrument destinat măsurării puterii și curentului electric. Măsurarea se face pe 3 canale- pentru tensiune, curent și putere. Are încorporat un microcontroller cu software implementat pentru măsurarea și procesarea

datelor, realizand masurarea, calcularea si afisarea a 8 parametrii: tensiune, curent, putere activa, putere reactiva, putere aparenta, factor de putere, energie activa si frecventa. Instrumentul poate fi folosit pentru măsurarea puterii in circuite mono si trifazate.

Specificații tehnice:

- Dimensiunea maxima a conductorului: $\Phi 50\text{mm}$
- Curent alternativ (A): 40/100/400/1000A $\pm 2\%$
- Tensiune alternativa (V): 100/300/600V $\pm 1.2\%$
- Putere activa (kW): 4/10/40/100/600kW $\pm 3.0\%$
- Putere aparenta (kVA): 4/10/40/100/600kVA $\pm 3.0\%$
- Factor de putere (PF): 0.3~1 capacitiv, 0.3~1 inductiv $\pm 0.02\%$
- Putere reactiva (kVAR): 4/10/40/100/600kVAR $\pm 4.0\%$
- Energie activa (kWh): 10/100/1000/10000kWh $\pm 3.0\%$
- Frecventa (Hz): 20 ~ 1000Hz 0.5%
- Tensiune maximă de mod comun: 600V AC
- Afisaj: 4 digits LCD 9999

Aparatul este prezentat in imaginea de mai jos:



Imaginea 1. Clește ampermetric trifazic digital, tip Mastech - MS220

Analizorul trifazic PowerQ MI 2492, portabil, pentru evaluare rapidă a calității energiei în sistemele de joasă și medie tensiune. Toți parametrii principali referitori la calitatea energiei cum ar fi U, I, $\cos \varphi$, P, Q și S pot fi monitorizati in timp real, măsurati sau înregistrați. Modulul de memorie permite până la cinci zile de înregistrare. Aparatul poate fi folosit in diverse aplicatii, cum ar fi: evaluarea calității energiei și a diverselor probleme ce pot aparea în instalatiile electrice de joasă și medie tensiune, verifica performantele echipamentului de corectie a factorului de putere, analiza spectrala a armonicilor in vederea selectiei filtrelor de

46/307

www.energobit.com

armonici, monitorizarea și înregistrarea tensiunii, curentului, puterii, cât și a energiei consumate, verificări de UPS-uri, generatoare de tensiune și reglatoare.

Funcții măsurabile cu ajutorul acestui aparat: analiza simultană a parametrilor de bază ai calitatii energiei (U, I, P, Q, S, $\cos \varphi$), analiza armonicilor (până la armonica de ordinul 50), diagrama fazorială și calculul dezechilibrului pentru sistemele trifazate.

Aparatul și accesoriile sunt prezentate în imaginea de mai jos:



Imaginea 2. Analizor trifazic al calității energiei, tip PowerQ MI 2492 și accesoriile aferente

5.1.2 Stația de racord adânc.

Fabrica este alimentată cu energie electrică prin intermediul SRA 110/20kV, echipată cu două transformatoare identice, având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală	$S_n = 25 \text{ MVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară	$U_1/U_2 = 110/20 \text{ kV}$
- Pierderi la mers în gol	$P_0 = 16.5 \text{ kW}$
- Pierderi la mers în scurtcircuit	$P_k = 121 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit	$u_k = 11.54 \%$
- Curentul de mers în gol	$i_0 = 0.09 \%$

Din cele două transformatoare, unul este în funcțiune (Tr_2), iar celălalt este în rezervă (Tr_1).

Fișa de măsurători a transformatorului în funcțiune este prezentată în **tabelul 5.3**.

SRA 110/20 kV UAC Dumbravita		Pe										Pi							
Total Fabrica	Caracteristici nominale					Rezultate masuratori in secundar						Pierderi in SRA		Marimi calculate in primar					
	S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	U ₂ [kV]	I ₂ [A]	S ₂ [kVA]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVAr]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVAr]	S ₁ [kVA]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVAr]	cos φ ₁	C _i [%]	C _u [%]
	25,000					126.59	29.10	6,380.68	5,742.61	2,781.27	0.90	78.84	187.93	6,534.94	5,821.45	2,969.20	0.89	0.00	63.25
celula 1, 110/20 kV	25,000	11.54	16.50	121.00	0.09	126.59	29.10	6,380.68	5,742.61	2,781.27	0.900	78.84	187.93	6,534.94	5,821.45	2,969.20	0.89	25.52	63.25
celula 2, 110/20 kV																			
												ΔP _T = 1.37%		ponderea pierderilor din puterea activa masurata in secundar P ₂					

Tabelul 5.3 Fișa de măsurători Tr Sn 25MVA, U₂/U₁ = 110/20kVA (SRA 110/20kV)

5.1.3 Cabluri de MT (20kV).

Nu există o schemă monofilară, detaliată, a rețelei de distribuție a energiei electrice, de MT (20kV), din care să rezulte caracteristicile tehnice ale conductorilor electrici, cu referire specială la lungimile, secțiunile și materialele acestora.

Pentru determinarea pierderilor active în conductorii electrici de MT(20kV) s-au măsurat puterile active și factorul de putere pe plecările din SRA 110/20 kV și s-a determinat prin măsurători, o valoare medie a tensiunii la bornele consumatorilor de energie electrică la MT (20kV) – transformatoare 20/0.4 kV și motoare electrice. S-a considerat că valoarea factorului de putere nu se modifică pe traseul conductorilor electrici(rezistența, inductanța și capacitatea conductorilor electrici de MT se presupune că mențin constantă valoarea factorului de putere). Schema de principiu utilizată la determinarea pierderilor active de putere în conductorii electrici de MT (20kV) este prezentată în **figura 5.2**.

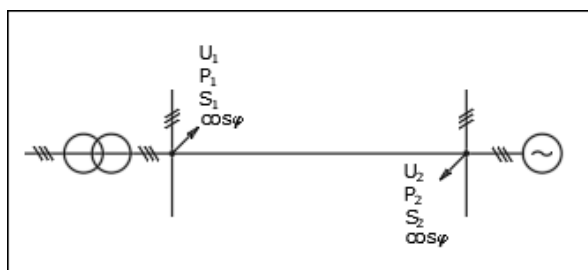


Figura 5.2 Schema de principiu pentru determinarea pierderilor active de putere, în conductorii electrici.

Relațiile de calcul, utilizate sunt:

- pentru determinarea pierderilor de puteri active în conductorii electrici:

$$\Delta P_c = P_1 \frac{\frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}}{1 + \frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}}$$

unde: ΔP_c – pierderea de putere activă în conductorii electrici,

P_1 – puterea electrică la intrarea conductorilor electrici,

$\Delta U_c = U_1 - U_2$ – căderea de tensiune pe conductorii electrici,

$U = 20$ kV – tensiunea nominală a rețelei electrice,

$\cos\phi$ – factorul de putere pe traseul conductorilor electrici.

- pentru determinarea puterii electrice la ieșirea conductorilor electrici (la

$$\text{consumatori}): P_2 = P_1 - \Delta P_c = \frac{P_1}{1 + \frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos\phi}}$$

Utilizând relațiile prezentate mai sus s-a întocmit fișa de măsurători a conductorilor electrici de MT(20kV), prezentată în **tabelul 5.4**.

Căderea medie de tensiune pe cabluri, măsurată a fost $\Delta U \approx 100$ V, adică 0,5 % din valoarea tensiunii de alimentare ($U = 20000 \dots 20100$ V).

FISA DE MASURATORI: cabluri m.t. (20 kV)									
Nr. crt.	Consumator	marimi masurate			marimi calculate				
		P_e [kW]	$\cos\phi$	$\Delta U/U$ [%]	P_2 [kW]	ΔP_{cMT} [kW]	$\cos\phi_2$	S_2 [kVA]	η_{cMT} [%]
0	1	2	3	5	6	7	8	9	10
1	Cabluri m.t.	5,742.61	0.900	0.50%	5,710.86	31.74	0.90	6,345.40	99.45

Tabelul 5.4 Fișa de măsurători a conductorilor electrici de MT (20kV)

5.1.4 Stații electrice (20/0.4kV)

Se întocmesc fișele de măsurători pentru următoarele stații electrice:

- SE 20/0.4 kV:

substatia 1	Post Trafo 1/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA
	Post Trafo 2/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA

- SE 20/0.4 kV:

substatia 2	Post Trafo 1/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA
	Post Trafo 2/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA

- SE 20/0.4 kV:

substatia 3	Post Trafo 1/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA
	Post Trafo 2/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA

- SE 20/0.4 kV::

substatia 4	Post Trafo 1/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA
	Post Trafo 2/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA

- SE 20/0.4 kV:

substatia 5	Post Trafo 1/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA
	Post Trafo 2/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA

- SE 20/0.4 kV:

substatia 6	Post Trafo 1/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA
	Post Trafo 2/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA

- SE 20/0.4 kV:

substatia 7	Post Trafo 1/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA
	Post Trafo 2/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA

Stațiile electrice sunt dispuse în conformitate cu **tabelul 5.5**.

Nr. crt.	Statia Instalatie electrica	Denumire Celula 20 KV	Tipul Cablului Sectioniune mmp	Lungimea cablului 3 x [m]	Puterea transform. KVA	Nr. buc trafo	Observatii
1	Statie AEE 110kV	intrarea LEA 110 kV					
2		intrarea LEA 110 kV			10000	1	
3		Plecure SS 5 _ L1	N2XSY 3 x 240	260		2	20/1kV
4		Plecure SS 6 _ L2	N2XSY 3 x 240	560		2	20/0.4kV
5	Substatie SS 5	Intrare AEE 1_L 1	N2XSY 3 x 240	260			
6		Trafo 5.1	N2XSY 3 x 50	6	1000	1	20/1kV
7		Trafo 5.1 - rezerva rece	N2XSY 3 x 50	8	1000	1	20/1kV
8		Plecure SS 2	-	-	2500	2	
9	Substatie SS 2	Intrare LEA 20 kV Negreia	-	-			
10		Intrare SS 5	-	-			
11		Trafo 2.1	N2XSY 3 x 70	6	2500	1	20/0.4kV
12		Trafo 2.2	N2XSY 3 x 70	8	2500	1	20/0.4kV
13		Plecure SS 1	-	-	1000	2	
14	Substatie SS 1	Intrare SS 2	-	-			
15		Trafo 1.1	N2XSY 3 x 50	6	1000	1	20/1kV
16		Trafo 1.2	N2XSY 3 x 50	8	1000	1	20/1kV
17		Plecure SS 7	-	-	1000	2	
18	Substatie SS 7	Intrare SS 1	-	-			
19		Trafo 7.1	N2XSY 3 x 70	16	2500	1	20/0.4kV
20		Trafo 7.2	N2XSY 3 x 70	18	2500	1	20/0.4kV
21		Plecure / Intrare SS 4	-				
22	Substatie SS 6	Intrare AEE 1_L 2	N2XSY 3 x 240	620			
23		Trafo 6.1	N2XSY 3 x 70	6	2500	1	20/0.4kV
24		Trafo 6.1	N2XSY 3 x 70	8	2500	1	20/0.4kV
25		Plecure SS 3	-	-	1000	2	
26	Substatie SS 3	Intrare SS 6	N2XSY 3 x 90	-			
27		Trafo 3.1	N2XSY 3 x 50	6	1000	1	20/0.4kV
28		Trafo 3.2	N2XSY 3 x 50	8	1000	1	20/0.4kV
29		Plecure SS 4	-	-	2500	2	
30	Substatie SS 4	Intrare SS 3	-	-			
31		Trafo 4.1	N2XSY 3 x 70	26	2500	1	20/0.4kV
32		Trafo 4.2	N2XSY 3 x 70	28	2500	1	20/0.4kV
33		Plecure / Intrare SS 7	-				

Tabelul 5.5 Detalii dispunere statii electrice

5.1.4.1 Stația electrică SS1 (20/0.4kV)

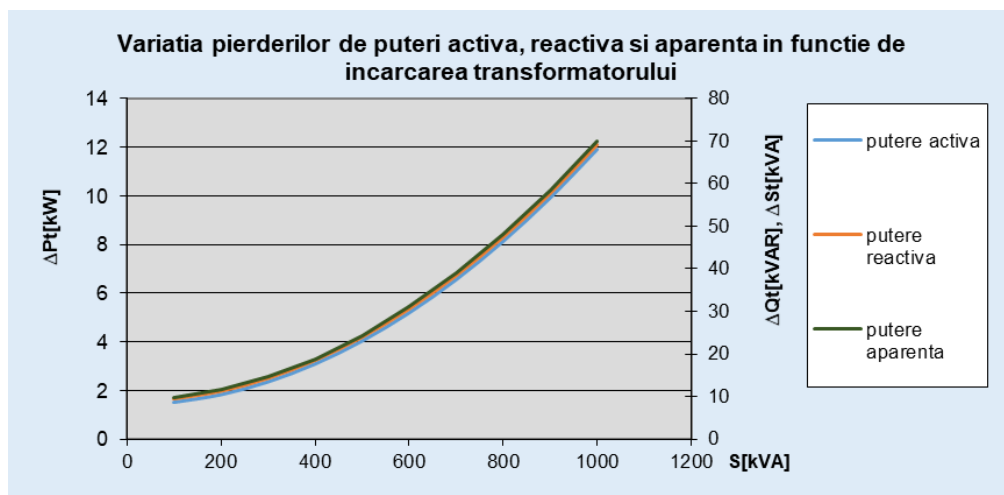
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 1000 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 1.4 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 10.5 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.9\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.6**.

	Tip consumator	Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo				Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
	Hala	S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	P _i [kW]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVar]	cos φ ₂	C _u [%]	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVar]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVar]	cos φ ₁	η _T [%]	C _i [%]
	Total SS1	2.000	6.00			0.90		1.095.81	155.52	0.99		4.62	3.675.84	1.100.42	3.831.36	0.28	99.58	55.34
substatia 1	Post Trafo 1/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA	1.000	6	1.4	10.5	0.90	-	437.17	61.67	0.99	0.00	3.45	1.170.43	440.62	1.232.10	0.34	99.25	44.15
	Post Trafo 2/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA	1.000	6	1.4	10.5	0.90	-	658.64	93.85	0.99	0.00	6.05	2.656.56	664.68	2.750.41	0.23	99.37	66.53

Tabelul 5.6 Fisele de masuratori ale transformatoarelor din SE 1, 20/0.4kV.



Variația pierderilor de putere ale transformatoarelor de 1000kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.2 Stația electrică SS2 (20/0.4kV)

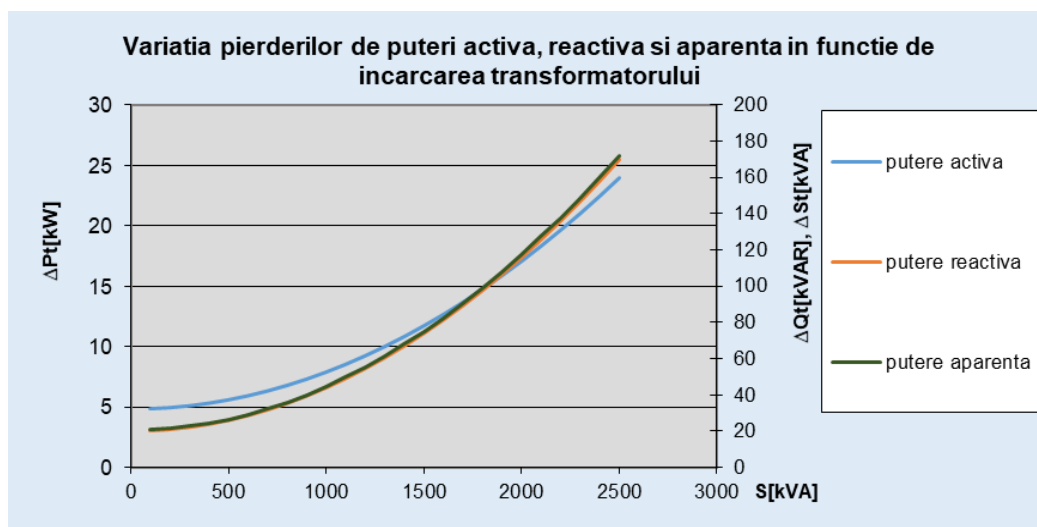
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 2500$ kVA
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4$ kV
- Puterea de mers în gol $P_0 = 4.8$ kW
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 19.2$ kW
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.8\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.7**.

Tip consumator		Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo			Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
Hala		S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _x [kW]	i ₀ [%]	P _i [kW]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVar]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVar]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVar]	cos φ ₁	η _T [%]	C _i [%]
Total SS2		5,000.00	6.00			0.80		1,016.13	299.30	0.96	5.66	1,347.32	1,021.79	1,646.61	0.53	99.45	21.19
substatia 2	Post Trafo 1/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.8	19.2	0.80	-	450.08	93.85	0.98	5.45	508.12	455.53	601.97	0.60	98.77	18.39
	Post Trafo 2/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.8	19.2	0.80	-	566.05	205.45	0.94	5.91	871.08	571.96	1,076.53	0.47	98.97	24.09

Tabelul 5.7 Fisele de masuratori ale transformatoarelor din SE 2, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 2500kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.3 Stația electrică SS3 (20/0.4kV)

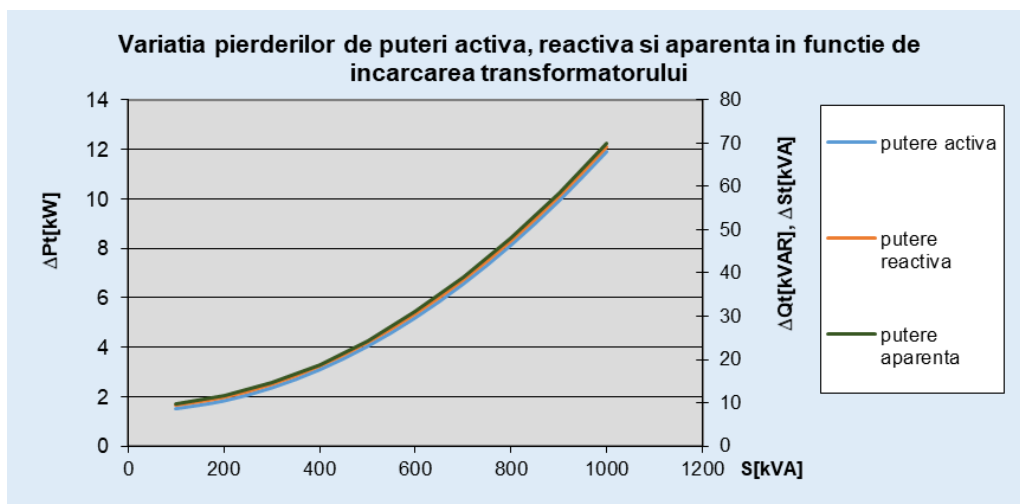
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 1000 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 1.4 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 10.5 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.9\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.8**.

Tip consumator		Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo				Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
Hala		S_n [kVA]	u_k [%]	ΔP_0 [kW]	ΔP_k [kW]	i_0 [%]	P_i [kW]	P_2 [kW]	Q_2 [kVar]	$\cos \varphi_2$	ΔP_T [kW]	ΔQ_T [kVar]	P_1 [kW]	Q_1 [kVar]	$\cos \varphi_1$	η_T [%]	C_i [%]	
Total SS3		2,000.00	6.00			0.90		793.35	179.10	0.98	3.14	1,985.35	796.49	2,164.45	0.35	99.61	40.67	
substatia 3	Post Trafo 1/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	-	590.14	119.83	0.98	5.21	2,176.61	595.34	2,296.45	0.25	99.18	60.22	
	Post Trafo 2/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	-	203.22	59.27	0.96	1.87	269.76	205.09	329.03	0.53	99.10	21.17	

Tabelul 5.8 Fisele de masuratori ale transformatoarelor din SE 3, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 1000kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.4 Stația electrică SS4 (20/0.4kV)

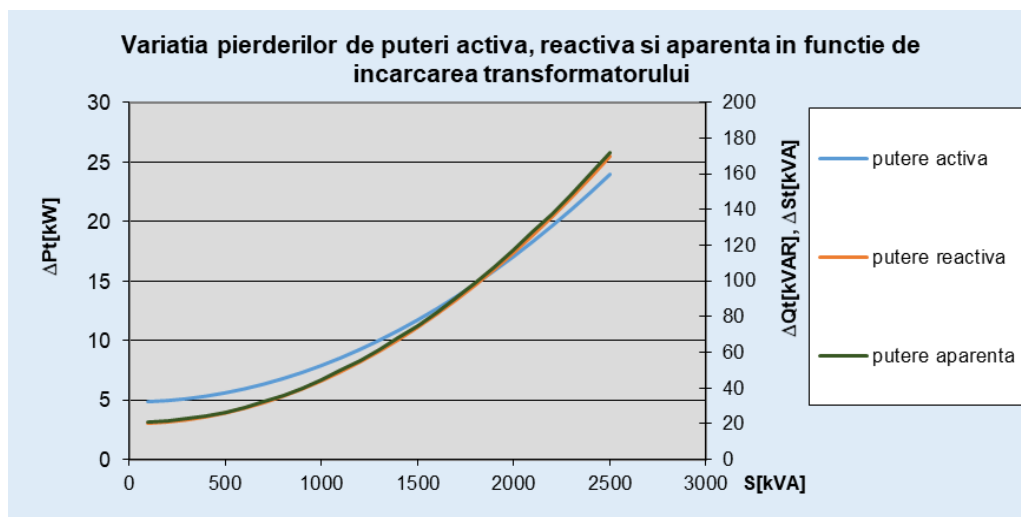
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 2500 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 4.8 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 19.2 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.8\%$

Fişele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.9**.

Tip consumator		Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo				Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
Hala		S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	P ₁ [kW]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVA _r]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVA _r]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVA _r]	cos φ ₁	η _T [%]	C ₁ [%]	
Total SS4		5,000.00	6.00			0.80		666.13	162.40	0.97	5.16	564.92	671.29	727.32	0.68	99.23	13.71	
substatia 4	Post Trafo 1/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	452.50	131.98	0.96	5.48	534.02	457.98	666.00	0.57	98.80	18.85	
	Post Trafo 2/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	213.63	30.42	0.99	4.94	112.55	218.57	142.97	0.84	97.70	8.63	

Tabelul 5.9 Fişele de masuratori ale transformatoarelor din SE 4, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 2500kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.5 Stația electrică SS5 (20/0.4kV)

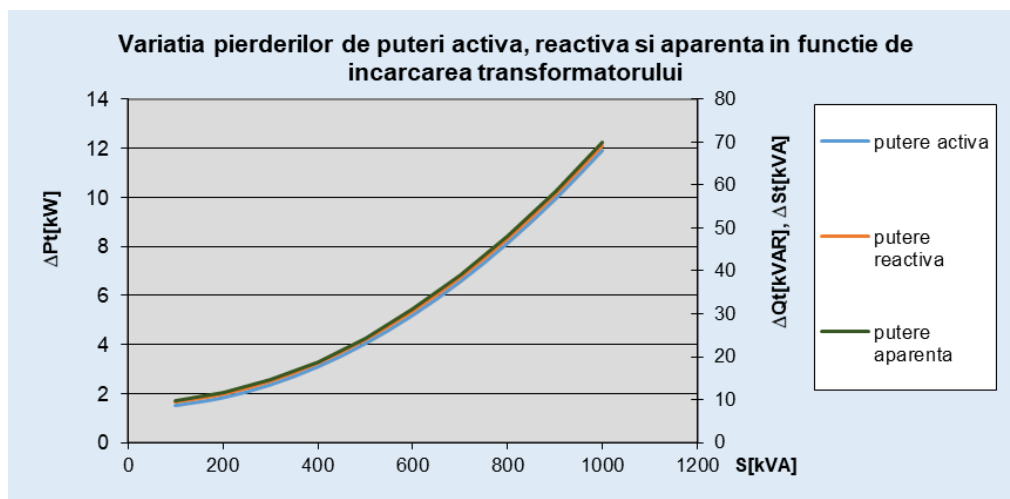
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, unul in functiune, celalat rezerva calda, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 1000 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 1.4 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 10.5 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.9\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.10**.

Hala	S_n [kVA]	u_k [%]	ΔP_0 [kW]	ΔP_k [kW]	i_0 [%]	P_1 [kW]	P_2 [kW]	Q_2 [kVar]	$\cos \varphi_2$	ΔP_T [kW]	ΔQ_T [kVar]	P_1 [kW]	Q_1 [kVar]	$\cos \varphi_1$	η_T [%]	C_1 [%]
Total SS5	2,000.00	6.00			0.90		183.26	78.07	0.92	1.50	119.93	184.76	198.00	0.68	99.19	9.96
substatia 5																
Post Trafo 1/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	-	183.26	78.07	0.92	1.82	238.97	185.07	317.03	0.50	99.03	19.92
Post Trafo 2/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	-	0.00	0.00	0.00	1.40	0.90	1.40	0.90	0.84	-	0.00

Tabelul 5.10 Fișele de masuratori ale transformatoarelor din SE 5, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 1000kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.6 Stația electrică SS6 (20/0.4kV)

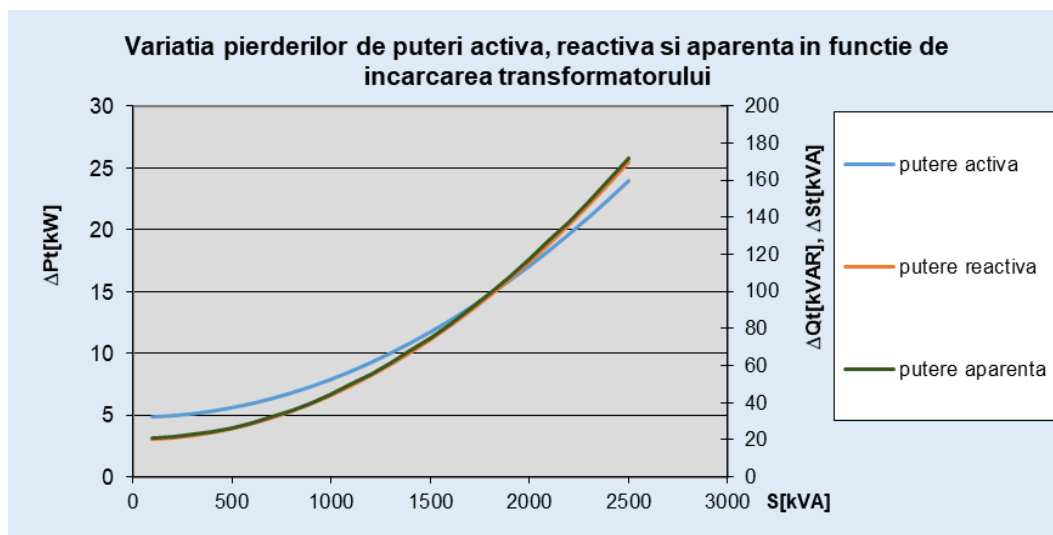
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 2500 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 4.8 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 19.2 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.8\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.11**.

substatia	Tip consumator	Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo				Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
		S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	P ₁ [kW]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVA _r]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVA _r]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVA _r]	cos φ ₁	η _T [%]	C ₁ [%]	
	Total SS6	5,000.00	6.00			0.80		1,175.97	202.76	0.99	5.89	1,709.62	1,181.86	1,912.38	0.53	99.50	23.87	
6	Post Trafo 1/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	594.86	84.76	0.99	5.91	867.29	600.76	952.05	0.53	99.02	24.03	
	Post Trafo 2/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	581.12	118.00	0.98	5.88	844.69	586.99	962.69	0.52	99.00	23.72	

Tabelul 5.11 Fișele de măsurători ale transformatoarelor din SE 6, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 2500kVA, 20/0.4kV.

5.1.4.7 Stația electrică SS7 (20/0.4kV)

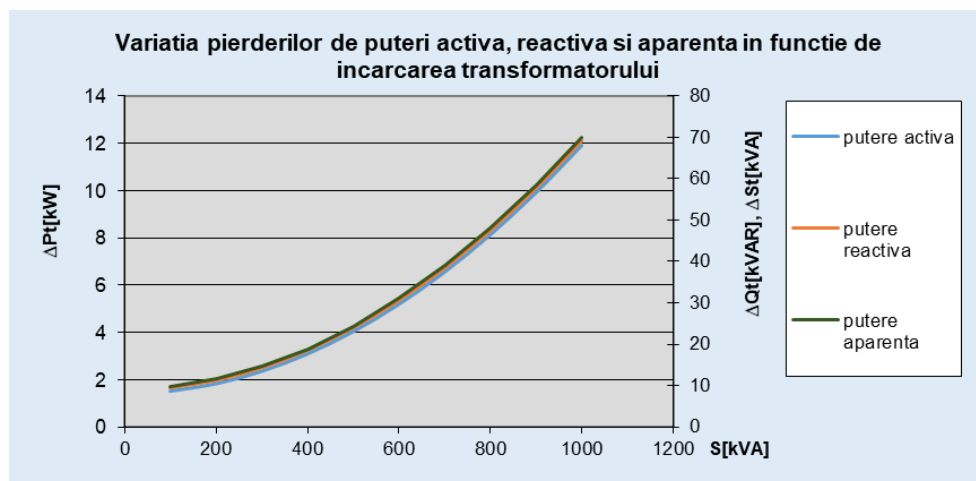
Stația electrică este echipată cu două transformatoare similare, în funcțiune, de tip uscat (turnat în rășină), având următoarele caracteristici tehnice:

- Putere nominală $S_n = 1000 \text{ kVA}$
- Tensiunea primară/tensiunea secundară $U_1/U_2 = 20/0.4 \text{ kV}$
- Puterea de mers în gol $P_0 = 1.4 \text{ kW}$
- Puterea de mers în scurtcircuit $P_k = 10.5 \text{ kW}$
- Tensiunea la scurtcircuit $u_k = 6\%$
- Curentul de mers în gol $i_0 = 0.9\%$

Fișele de măsurători ale transformatoarelor sunt prezentate în **tabelul 5.12**.

Tip consumator		Caracteristici nominale					Putere instalata	Rezultate masuratori - secundar trafo				Pierderi		Marimi calculate - primar trafo			Parametrii	
Hala		S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	P _i [kW]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVA _r]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVA _r]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVA _r]	cos φ ₁	η _T [%]	C _i [%]	
Total SS7		5,000.00	6.00			0.80		794.46	156.91	0.98	11.28	1,315.70	805.73	1,472.60	0.48	98.60	16.20	
substatia 7	Post Trafo 1/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	721.56	146.52	0.98	6.46	1,301.89	728.02	1,448.41	0.45	99.12	29.45	
	Post Trafo 2/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	-	72.89	10.39	0.99	4.82	13.81	77.71	24.20	0.95	93.43	2.95	

Tabelul 5.12 Fișele de măsurători ale transformatoarelor din SE 7, 20/0.4kV.



Variatia pierderilor de putere ale transformatoarelor de 1000kVA, 20/0.4kV.

Se prezinta în mod sintetic toate stațiile electrice ale fabricii în **tabelul 5.13**.

	Hala	S _n [kVA]	u _k [%]	ΔP ₀ [kW]	ΔP _k [kW]	i ₀ [%]	P ₂ [kW]	Q ₂ [kVar]	S ₂ [kVA]	cos φ ₂	ΔP _T [kW]	ΔQ _T [kVar]	P ₁ [kW]	Q ₁ [kVar]	S ₁ [kVA]	cos φ ₁	η _T [%]	C _i [%]
	Total Fabrica	26,000.00	6.00	3.34	15.44	0.84	5,725.10	1,234.06	5,867.35	0.98	64.63	19,355.01	5,789.73	20,589.06	21,719.47	0.27	98.88	22.57
substatia 1	Post Trafo 1/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.4	10.5	0.90	437.17	61.67	441.50	0.99	3.45	454.87	440.62	516.54	678.94	0.65	99.22	44.15
	Post Trafo 2/SS1, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.4	10.5	0.90	658.64	93.85	665.29	0.99	6.05	1,032.81	664.68	1,126.66	1,308.12	0.51	99.09	66.53
	total substatia 1	2,000	6	1.4	10.5	0.9	1,096	156	1,107	0.99	9	1,488	1,105	1,643	1,987	0.56	99.14	55.34
substatia 2	Post Trafo 1/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.8	19.2	0.80	450.08	93.85	459.76	0.98	5.45	1,691.10	455.53	1,784.95	1,842.16	0.25	98.80	18.39
	Post Trafo 2/SS2, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.8	19.2	0.80	566.05	205.45	602.18	0.94	5.91	2,900.99	571.96	3,106.44	3,158.65	0.18	98.97	24.09
	total substatia 2	5,000	6	4.8	19.2	0.8	1,016	299	1,059	0.96	11	4,592	1,027	4,891	5,001	0.21	98.89	21.19
substatia 3	Post Trafo 1/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	590.14	119.83	602.18	0.98	5.21	846.17	595.34	966.00	1,134.72	0.52	99.13	60.22
	Post Trafo 2/SS3, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	203.22	59.27	211.68	0.96	1.87	104.61	205.09	163.88	262.52	0.78	99.09	21.17
	total substatia 3	2,000	6	1.4	10.5	0.9	793	179	813	0.98	7	951	800	1,130	1,397	0.58	99.12	40.67
substatia 4	Post Trafo 1/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	452.50	131.98	471.36	0.96	5.48	1,777.46	457.98	1,909.44	1,963.60	0.23	98.80	18.85
	Post Trafo 2/SS4, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	213.63	30.42	215.78	0.99	4.94	372.54	218.57	402.96	458.42	0.48	97.74	8.63
	total substatia 4	5,000	6	4.8	19.2	0.8	666	162	686	0.97	10	2,150	677	2,312	2,422	0.28	98.46	13.71
substatia 5	Post Trafo 1/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	183.26	78.07	199.19	0.92	1.82	92.64	185.07	170.70	251.78	0.74	99.02	19.92
	Post Trafo 2/SS5, 20/0.4 kV, 1000kVA	1,000	6	1.40	10.50	0.90	0.00	0.00	0.00	-	1.40	0.05	1.40	0.05	1.40	1.00	0.00	0.00
	total substatia 5	2,000	6	1.4	10.5	0.9	183	78	199	0.92	3	93	186	171	253	0.74	98.28	40.49
substatia 6	Post Trafo 1/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	594.86	84.76	600.86	0.99	5.91	2,888.34	600.76	2,973.11	3,033.20	0.20	99.02	24.03
	Post Trafo 2/SS6, 20/0.4 kV, 2500kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	581.12	118.00	592.97	-	5.88	2,813.00	586.99	2,931.00	2,989.20	0.20	99.00	23.72
	total substatia 6	5,000	6	4.8	19.2	0.8	1,176	203	1,193	0.99	12	5,701	1,188	5,904	6,022	0.20	99.01	23.87
substatia 7	Post Trafo 1/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	721.56	146.52	736.29	0.98	6.46	4,337.00	728.02	4,483.52	4,542.25	0.16	99.11	29.45
	Post Trafo 2/SS7, 20/0.4 kV, 1000kVA	2,500	6	4.80	19.15	0.80	72.89	10.39	73.63	-	4.82	43.42	77.71	53.81	94.52	0.82	93.80	2.95
	total substatia 7	5,000	6	4.8	19.2	0.8	794	157	810	0.98	11	4,380	806	4,537	4,637	0.17	98.60	16.20

Tabel 5.13 Fișa sintetică de măsurători ale stațiilor electrice 20/0.4 kV.

Ponderea pierderilor de putere din suma puterilor active măsurate $P_2 = 5\,725.1\text{ kW}$, este $\Delta P_T = 1.13\%$.

5.1.5 Cabluri de JT (0.4kV)

Nu există o schemă monofilară, detaliată, a rețelei de distribuție a energiei electrice, de JT (0.4 kV), din care să rezulte caracteristicile electrice ale conductorilor electrici, cu referire specială la lungimile, secțiunile acestora și materialele din care sunt fabricate.

Pentru determinarea pierderilor active în conductorii electrici de JT s-au însumat puterile active pe plecările din stațiile electrice SE 20 / 0.4kV și s-a considerat un factor de putere mediu $\cos\varphi = 0.9$.

Prin măsuratori s-a determinat valoarea medie a căderii de tensiune pe conductorii electrici de JT (0.4 kV), ca diferența între tensiunile la plecările din SE 6 / 0.4kV și tensiunile la nivelul consumatorilor de JT (0.4 kV). A rezultat o valoare $\Delta U_{cJT} = 6V$ (1.5% din $U_n = 0.4$ kV).

Se consideră că valoarea factorului de putere nu se modifică pe traseul conductorilor electrici (rezistența, inductanța și capacitatea conductorilor electrici de JT se presupune că mențin constantă valoarea factorului de putere).

Schema de principiu utilizată la determinarea pierderilor active de putere în conductorii electrici de JT (0.4 kV) este prezentată în **figura 5.3**.

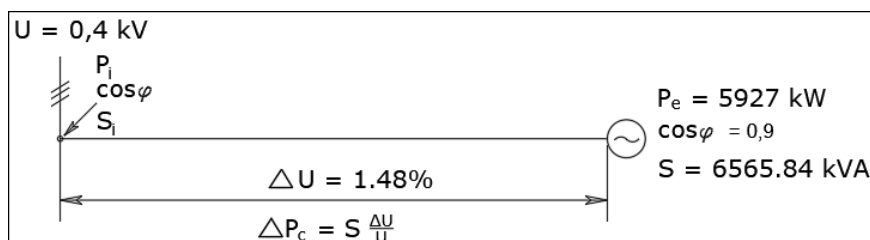


Figura 5.3 Schema de principiu pentru determinarea pierderilor active de putere, în conductorii electrici.

Relațiile de calcul utilizate sunt:

- Pentru determinarea pierderilor de puteri active în conductorii electrici:

$$\Delta P_c = P_1 \cdot \frac{\frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}}{1 + \frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}}$$

unde:

- ΔP_c – pierderea de putere activă în conductorii electrici;
- P_1 – puterea electrică la intrarea conductorilor electrici;
- ΔU_c – căderea de tensiune pe conductorii electrici;
- U – tensiunea nominală a rețelei electrice;
- $\cos\varphi$ – factorul de putere, pe traseul conductorilor electrici.

- Puterea electrică la ieșirea conductorilor electrici este:

$$P_2 = P_1 - \Delta P_c = \frac{P_1}{1 + \frac{\Delta U_c}{U} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}}$$

Utilizând relațiile prezentate, s-a întocmit fișa de măsurători a conductorilor electrici de JT (0.4 kV), prezentată în **tabelul 5.14**.

Caderea medie de tensiune pe cabluri, masurata a fost $\Delta U \cong 6V$, adica 1,48 % din valoarea tensiunii de alimentare ($U = 402...405V$).									
FISA DE MASURATORI: cabluri j.t. (0,4 kV)									
Nr. crt.	Consumator	marimi masurate			marimi calculate				
		P_e [kW]	$\cos \varphi$	ΔU	P_1 [kW]	ΔP_{cJT} [kW]	$\cos \varphi_1$	S_1 [kVA]	η_{cJT} [%]
0	1	2	3	5	6	7	8	9	10
1	Cabluri j.t.	5,926.68	0.90	1.48%	5,829.40	97.28	0.90	6,458.61	98.36

Tabel 5.14. Fișa de măsurători a conductorilor electrici de JT(0.4 kV) .

5.1.6 Consumatori de joasă tensiune (0,4 kV)

Fișa de măsurători pentru consumatorii de joasă tensiune (0,4 kV) este prezentată în **tabelul 5.14**. Se întocmesc fișele de măsurători **pentru toți consumatorii de JT (0.4 kV) din fabrică**. În mare acești consumatori pot fi repartizați în următoarele categorii: ateliere de producție, si iluminat (interior si exterior).

În marea majoritate consumatorii JT sunt reprezentați de prese de extrudare, cuptoare de tratament termic, mașini de prelucrat piese și repere din aluminiu, agregate pentru prelucrare matrițe și alte operații specifice industriei fabricării produselor din aluminiu pentru aeronave. Un astfel de agregat are în componența 1, 2 sau mai multe motoare, având și alte tipuri de consumatori de energie electrică, cum ar fi rezistențe electrice pentru încălzire.

Fiecare agregat a fost caracterizat de puterea nominală (instalată) și randamentul nominal al consumatorilor individuali din cadrul agregatului.

S-au măsurat puterile active și reactive absorbite de fiecare agregat P_e , Q , $\cos \varphi$ la un moment dat al funcționării sale și s-au calculat puterea utilă P , pierderea de putere ΔP și randamentul în funcționare η .

Având în vedere modul de efectuare a măsurătorilor, coeficientul de utilizare în timp a motoarelor este echivalent cu coeficientul de disponibilitate a agregatului pe perioada ciclului de funcționare, fiind astfel $C_u = 0,92$.

Menționăm că ciclul de funcționare în această variantă este $T = 8\,400$ ore/an.

Coeficientul de încărcare C_i s-a calculat, din același motiv – modul de efectuare a măsurărilor
- prin raportarea puterii utile P la puterea nominală a agregatului P_n .

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

PRESA P33	M1	132	1,488	0.86	93.5	98	231	109	0.84	69.63		101.92	7.08	93.50	97.05	90.74	77.21
	M2	132	1,485	0.88	93.5	98	231	nu functioneaza									
	M3	22	980	0.83	82	98	42	17.32	0.81	12.54		13.49	3.83	77.90	97.06	75.61	61.33
	M4	7.5	1,500	0.84	86	95	17	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	95.94	78.00	39.02
	Rezistente Container	16.8	-	1	100		43.1	3.5	0.72	3.4		3.50	0.00	100.00		100.00	20.83
	Rezistente RAM	3.35	-	1	100		8.6	2	0.89	1		2.00	0.00	100.00		100.00	59.70
Total Presa P33		313.65		0.90	92.50		231	135.42	0.81	89.27		123.83	11.59	90.54	96.68	88.87	39.48
PRESA P33-SCALPER	M1	55	1,495	0.89	92.00	98	103	39.23	0.75	35.03		35.03	4.20	89.30	95.13	84.95	63.70
	M2	7.5	1,475	0.77	86.00	96.7	16	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	M3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	nu functioneaza									
	M4	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
Total Presa P33-SCALPER		64.7		0.84	81.00			43.43	0.77	38.26		38.36	5.07	79.17	93.82	74.34	59.29
PRESA P33- PULER	M1	1.5	1,420	0.79	73.00	94	3.5	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M2	1.5	1,420	0.79	73.00	94	4	nu functioneaza									
	M3	7.5	3,000	0.84	86.00	96.5	26	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	95.94	78.00	39.02
	M4	15	1,440	0.89	96.10	97.9	25	11.6	1.00	0.66		9.51	2.09	82.00	96.84	79.41	63.41
	M5	55	1,495	0.89	92.00	98	103	39.23	0.75	35.03		35.03	4.20	89.30	95.1	84.92	63.70
Total Presa P33 - PULER		80.5		0.84	84.02			55.33	0.82	39.24		48.17	7.16	82.45	95.16	78.49	59.83
PRESA P34	M1	90	990	0.86	94.50	98	161	11.10	0.74	10.17	22.9	9.95	1.15	89.60	90.48	81.07	11.05
	M2	90	990	0.86	94.50	98	161	nu functioneaza									
	M3	90	990	0.86	94.50	98	161	nu functioneaza									
	M4	90	990	0.86	94.50	98	161	nu functioneaza									
	M5	45	1,500	0.85	93.60	98	85	26.4	0.54	40.87		22.62	3.78	85.70	97.62	83.66	50.28
	M6	22	980	0.83	82	98	39.7	3.3	0.25	12.54		2.57	0.73	77.90	97.06	75.61	11.69
	Rezistente Container	16.3	-	1	100		41.79	8.6	0.93	3.4		8.60	0.00	100.00		100.00	52.76
	Rezistente RAM	3.8	-	1	100		9.74	2	0.89	1		2.00	0.00	100.00		100.00	52.63
Total Presa P34		447.1		0.89	94.20			51.4	0.67	67.98		45.74	5.66	90.64	95.05	88.07	10.23
PRESA P33-SCALPER	M1	55	1,495	0.89	97.00	98	103	nu functioneaza									
	M2	7.5	1,475	0.77	86.00	94	16	nu functioneaza									
	M3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	M4	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
Total Presa P33-SCALPER		64.7		0.84	82.25			1.2	0.75	1.06		0.80	0.40	66.90	93.26	62.39	1.24
PRESA P34- PULER	M1	1.5	1,420	0.79	73.00	94	3.5	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M2	1.5	1,420	0.79	73.00	94	4	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M3	7.5	3,000	0.84	86.00	96.5	26	nu functioneaza									
	M4	15	1,440	0.89	96.10	99		nu functioneaza									
	M5	55	1,495	0.89	97.00	98		nu functioneaza									
Total Presa P34 PULER		80.5		0.84	85.02			1.8	0.73	1.7		1.39	0.41	77.20	92.76	71.61	1.73

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _o [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

PRESA P31	M1	132	1,488	0.86	96.1	98	163	129	0.88	69.63		117.78	11.22	91.30	96.91	88.48	89.23
	M2	132	1,485	0.88	96.1	98	161	NU FUNCTIONEAZA									
	M3	22	980	0.83	82		15.8	17.32	0.81	12.54		13.49	3.83	77.90	97.1	75.64	61.33
	M4	7.5	1,500	0.84	86		58.1	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	Rezistente Container	16.8	-	1	100		16.15	3.5	0.72	3.4		3.50	0.00	100.00		100.00	20.83
	Rezistente RAM	3.35	-	1	100		7.18	1.7	0.86	1		1.70	0.00	100.00		100.00	50.75
Total Presa P31		313.65		0.90	93.37			155.12	0.81	89.27		139.40	15.72	90.10	95.69	87.96	44.44
PRESA P31-SCALPER	M1	0.375	1,495		74.00		1	0.3	0.64	0.36		0.27	0.03	89.30		89.30	71.44
	M2	0.37	1,380		74.00		1.24	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30		81.30	791.03
	M3	45	1,480	0.85	92.00	98	88.9	39.23	1.00	0.53		26.24	12.99	66.90	97.27	65.07	58.32
	M4	5.5	1,480	0.85	85.00		11	3.6	0.99	0.53		2.41	1.19	66.90	93.06	62.26	43.79
Total Presa P31-SCALPER		51.245		0.85	81.25			46.73	0.86	4.12		31.85	14.88	76.10	95.17	74.48	62.15
PRESA P31- PULER	M1	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M2	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M3	7.5	3,000	0.84	86.00			3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	M4	15	1,440	0.89	96.10			11.6	1.00	0.66		9.51	2.09	82.00	96.8	79.38	63.41
	M5	55	1,495	0.89	97.00	98		39.23	0.75	35.03		35.03	4.20	89.30	97	86.62	63.70
Total Presa P31-PULER		80.5		0.84	85.02			56.23	0.80	40.09		48.86	7.37	81.40	94.48	76.98	60.70
PRESA P32	M1	90	990	0.86	96.00	98		11.10	0.74	10.17	35	9.95	1.15	89.60	90.48	81.07	11.05
	M2	90	990	0.86	96.00			NU FUNCTIONEAZA									
	M3	7.5	1,475	0.77	86.00			3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	M4	30	985	0.85	88.00			24.36	0.70	24.85		20.05	4.31	82.30	96.86	79.72	66.83
	Rezistente Container	16.3	-	1	100			14	0.76	12		14.00	0.00	100.00		100.00	85.89
	Rezistente RAM	3.8	-	1	100			1.1	0.46	2.1		1.10	0.00	100.00		100.00	28.95
Total Presa P32		237.6		0.89	94.33			54.16	0.69	51.82		48.02	6.14	90.64	94.97	87.29	20.21
PRESA P32-SCALPER	M1	0.37	890	0.7	61.40			0.12	0.26	0.44		0.07	0.05	55.60		55.60	18.03
	M2	0.37	890	0.7	61.40			0.29	0.65	0.34		0.13	0.16	44.40		44.40	34.80
	M3	45	1,480	0.87	79.00	98	88.9	21.4	0.60	28.6		18.98	2.42	88.70	97.27	86.28	42.18
	M4	5.5	1,440	0.83	86.30			1.5	0.40	3.44		1.19	0.31	79.52	93.06	74.00	29.75
Total Presa P32-SCALPER		51.24		0.78	72.03			23.31	0.48	32.82		20.37	2.94	67.06	95.10	65.07	39.75
PRESA P32- PULER	M1	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M2	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M3	7.5	3,000	0.84	86.00			3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	M4	15	1,440	0.89	96.10			nu functioneaza									
	M5	55	1,495	0.89	97.00	97		nu functioneaza									
Total Presa P32-PULER		80.5		0.84	85.02			5.4	0.75	4.4		4.32	1.08	78.57	92.86	72.96	5.36

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

PRESA P40	M1	90	990	0.86	96.00	98	165	11.10	0.74	10.17	35	8.88	2.22	80.00	90.48	72.38	9.87
	M2	90	990	0.86	96.00	98	165	NU FUNCTIONEAZA									
	M3	90	990	0.86	96.00	98	165	NU FUNCTIONEAZA									
	M4	90	990	0.86	96.00	98	165	NU FUNCTIONEAZA									
	M5	45	1,480	0.87	79.00		88.9	21.4	0.60	28.6		18.98	2.42	88.70	97.27	86.28	42.18
	M6	22	1,470	0.86	92.00		44.4	17.32	0.81	12.54		13.49	3.83	77.90	97.06	75.61	61.33
	M7	5.5	2,890	0.85	86.00		11	2.55	0.65	2.98		2.01	0.54	78.90	93.06	73.42	36.58
	M8	11	1,466	0.79	88.00	97	22.4	10.8	0.80	8.1		8.63	2.17	79.90	96.7	77.26	78.45
	Rezistente Container	16.3	-	1	100		41.79	14.4	0.82	10		14.40	0.00	100.00		100.00	88.34
	Rezistente RAM	3.8	-	1	100		5.13	3.6	0.85	2.2		3.60	0.00	100.00		100.00	94.74
Total Presa P40		463.6		0.88	92.90			81.17	0.75	74.59		70.00	11.17	86.49	94.91	83.57	15.10
PRESA P40-SCALPER	M1	75	1,485	0.85	93.60	98	140	52.5	0.92	-22.36		48.52	3.98	92.42	97.26	89.89	64.69
	M2	5.5	1,457	0.77	85.00		11.7	2.6	0.60	3.47		2.05	0.55	79.00	93.06	73.52	37.35
	M3	45	1,480	0.87	79.00			21.4	0.60	28.6		18.98	2.42	88.70	97.27	86.28	42.18
	M4	1.1	1,410	0.84	73.00			0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	M5	1.1	1,410	0.84	73.00			0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	94.26	63.06	36.49
Total Presa P40-SCALPER		127.7		0.83	80.72			77.70	0.72	10.77		70.36	7.34	78.78	95.02	75.03	55.10
PRESA P40- PULER	M1	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M2	1.5	1,420	0.79	73.00			0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M3	7.5	3,000	0.84	86.00			3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	93.07	75.67	39.02
	M4	15	1,440	0.89	96.10		25	11.6	1.00	0.66		9.51	2.09	82.00	96.8	79.38	63.41
	M5	55	1,495	0.89	97.00	98		39.23	0.75	35.03		35.03	4.20	89.30	97	86.62	63.70
Total Presa P40-PULER		80.5		0.84	85.02			56.23	0.80	40.09		48.86	7.37	81.40	94.48	76.98	60.70
HHT	M1	25.9	3,500		81.70		81.7	nu functioneaza									
	M2	30	1,465	0.84	91.40	97	61	16.37	0.80	12.16		13.85	2.52	84.60	94.00	79.52	46.16
	FILTRARE	22	1,500	0.85	89.50	97		13.5	0.64	16.08		12.06	1.44	89.31	97.06	86.68	54.80
	AGITARE	4	3,000	0.87	82.00	96		1.8	0.81	1.3		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	VENTILATOR1	75	750	0.82	93.00	98		13.5	0.80	10.13		11.11	2.39	82.30	96.43	79.36	14.81
	VENTILATOR1	75	750	0.82	93.00	98		48	0.81	34.8		42.58	5.42	88.70	96.98	88.70	56.77
	REZISTENTE	700		1	100.00		1840	686	1.00	29.9		686.00	0.00	100.00		100.00	98.00
Total HHT		931.9		0.87	90.09			779.17	0.81	104.37		766.95	12.22	86.77	95.94	84.39	82.30
AGE 1	M1	2.2	1,420	0.82	79.00	94		0.6	0.46	1.16		0.40	0.20	67.00	91.7	61.41	18.27
	M2	15	1,460	0.86	88.00	97.8		12.1	0.94	-4.39		10.15	1.95	86.44	97.0	83.85	67.67
	M3	2.2	1,420	0.82	79.00	94		nu functioneaza									
	M4	15	1,460	0.86	88.00	97.8		nu functioneaza									
	M5	2.2	1,420	0.82	79.00	94		nu functioneaza									
	M6	15	1,460	0.86	88.00	97.8		nu functioneaza									
	M7	2.2	1,420	0.82	79.00	94		nu functioneaza									
	M8	15	1,460	0.86	88.00	97.8		nu functioneaza									
	REZISTENTE	180		1	100.00			176	0.98	33.28		176.00	0.00	100.00		100.00	97.78
Total AGE 1		248.8		0.86	85.33			188.7	0.79	30.05		186.55	2.15	84.48	94.33	81.75	74.98

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
AGE 2	M1	5.5	1,450	0.82	86.10	96	11.2	3.3	0.69	3.47	7.28	2.92	0.38	88.34	95.19	84.09	53.00
	M2	5.5	1,450	0.82	86.10	96		3.3	0.69	3.47	7.28	2.92	0.38	88.34	95.19	84.09	53.00
	M3	5.5	1,450	0.82	86.10	96		5.3	0.84	3.47	9.62	4.77	0.53	90.00	95.86	86.27	86.73
	REZISTENTE	126		1	100.00		323	112	1	17.8	172.30	112.00	0.00	100.00		100.00	88.89
Total AGE 2		142.5		0.87	89.58			123.9	0.80	28.21		122.60	1.30	91.67	95.41	88.61	86.04
AGE 3	M1	5.5	1,450	0.82	86.10	96		0.3	0.09	3.47	5.29	0.22	0.08	74.70	91.63	68.45	4.07
	M2	5.5	1,450	0.82	86.10	96		2.2	0.54	3.47	6.24	1.81	0.39	82.40	95.12	78.38	32.96
	REZISTENTE	84		1	100.00		215	64	1	28.6	106.51	64.00	0.00	100.00		100.00	76.19
Total AGE 3		95.00		0.88	90.73			66.5	0.54	35.54		66.04	0.46	85.70	93.38	82.28	69.51
AGE 4	M1	5.5	1,450	0.82	86.10	96		0.3	0.09	3.47	5.29	0.22	0.08	74.70	91.63	68.45	4.07
	M2	5.5	1,450	0.82	86.10	96		2	0.50	3.47	6.09	1.65	0.35	82.40	95.12	78.38	29.96
	REZISTENTE	84		1	100.00		215	71	1	17.3		71.00	0.00	100.00		100.00	84.52
Total AGE 4		95.00		0.88	90.73			73.3	0.53	24.24		72.87	0.43	85.70	93.38	82.28	76.71
AGE 5	M1	30	1,475	0.9	91.40	98		6.95	0.49	12.52		6.07	0.88	87.31	96.15	83.95	20.23
	M2	4	1,460	0.92	95.24	96		4.2	0.92	1.79		4.00	0.20	95.24	96.00	91.43	100.00
	M3	30	1,475	0.9	91.40	98		nu functioneaza									
	M4	4	1,460	0.92	95.24	96		nu functioneaza									
	M5	30	1,475	0.9	91.40	98		nu functioneaza									
	M6	4	1,460	0.92	95.24	96		nu functioneaza									
	M7	30	1,475	0.9	91.40	98		nu functioneaza									
	M8	4	1,460	0.92	95.24	96		nu functioneaza									
	M7	30	1,475	0.9	91.40	98		nu functioneaza									
	M8	4	1,460	0.92	95.24	96		nu functioneaza									
Total AGE 5		390		0.92	93.93			116	0.90	56.3		116.00	0.00	100.00		100.00	52.73
VHT	QUENCH TANK PUMP	30	1,475	0.9	91.40	98	57	6.95	0.49	12.52		6.07	0.88	87.31	96.15	83.95	20.23
	QUENCH TANK PUMP	30	1,475	0.9	91.40	98	57	nu functioneaza									
	AGITATOR	30	1,475	0.9	91.40	98	57	nu functioneaza									
	AGITATOR	4.1	965	0.76	86.40	96	9.3	4.1	0.31	12.52		3.90	0.20	95.20	96.00	91.39	95.20
	POMPA FILTRARE	7.5	2,915	0.84	86.00	96	14.3	3.6	0.80	2.7		2.93	0.67	81.30	95.94	78.00	39.02
	POP TANK PUMP	7.5	2,915	0.84	86.00	96	14.3	nu functioneaza									
	HEAT POP TANK PUMP	7.5	2,915	0.84	86.00	96	14.3	nu functioneaza									
	CIRCULATING FAN	37.25	1,475	0.87	93.00	98	68	11.2	0.76	9.6		9.22	1.98	82.30	96.57	79.48	24.75
	GANTRY DRIVE	4.1	965	0.76	86.40	96	9.23	4.1	0.31	12.52		3.90	0.20	95.20	96.00	91.39	95.20
	SABINA	93.2	1,480	0.87	97.10	98	239	84.3	0.81	62.1		73.85	10.45	87.60	96.56	84.59	79.23
Total VHT		600		1	100.00		1538	488	0.98	88.2		488.00	0.00	100.00		100.00	81.33
Total VHT		851.15		0.86	90.46			602.25	0.64	200.16		587.87	14.38	89.84	96.20	86.97	69.07

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate						
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{mn} [%]	η _{cfn} [%]	I [A]	P _e [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _m [%]	η _{cf} [%]	η [%]	C _i [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
VISI	M1	4	2,300	0.83	81.70	96			1.1	0.39	2.6		0.78	0.32	70.85	92.92	65.83	19.48
	M2	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M3	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M4	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M5	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M6	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M7	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
	M8	4	2,300	0.83	81.70	96							nu functioneaza					
Conveyor	3	1,410	0.82	81.30	95			0.2	0.22	0.89		0.13	0.07	65.00	90.15	58.60	4.33	
Total VISI		35		0.83	81.66				1.3	0.30	3.49		0.91	0.39	67.93	91.54	62.22	2.60
STRETCHER 160T	M1	90	900	0.86	94.30	98			86.1	1.00	-0.91		80.80	5.30	93.84	97.73	91.71	89.77
	M2	90	900	0.86	94.30	98							nu functioneaza					
	M3	5.5	1,440	0.88	86.10	96			2.2	0.48	4.04		1.77	0.43	80.45	92.18	74.16	32.18
	M4	0.75	1,400	0.75	70.00				0.6	0.79	0.47		0.40	0.20	66.99		66.99	53.59
	M5	2.2	1,420	0.82	79.00	94			0.6	0.46	1.16		0.40	0.20	67.00	91.66	61.41	18.27
Total STRETCHER 160T		188.45		0.83	84.74				89.5	0.68	4.76		83.37	6.13	77.07	93.86	73.57	44.24
Stretcher forming	M1 MOTOR	28.7			90.00	97.8			28	0.92	-11.93		25.76	2.24	92.00	98	90.16	89.76
	M2	28.7			90.00	97			7.59	0.6	10.12		6.15	1.44	81.00	94	76.14	21.42
	M3	1.5	1,420	0.79	73.00	93			0.9	0.56	1.33		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	M4	2.2	1,425	0.82	79.00	94			0.6	0.46	1.16		0.40	0.20	67.00	91.66	61.41	18.27
	M5	2.2	1,425	0.82	79.00	94							nu functioneaza					
Total Stretcher forming		63.3		0.81	82.20				37.09	0.64	0.68		33.00	4.09	79.30		74.83	52.14
HOMO OVEN	REZISTENTE	1098	-	1	100				964	0.82	668		964.00	0.00	100.00		100.00	87.80
	Ventilator 1	30	1,475	0.9	91.40	98			6.95	0.49	12.52		6.07	0.88	87.31	96.15	83.95	20.23
	rezistenta	3	-	1	100	95			1.2	0.48	2.2		1.20	0.00	100.00		100.00	40.00
	Ventilator 2	30	1,475	0.9	91.40	98							nu functioneaza					
	rezistenta	3	-	1	100				2.3	0.72	2.2		2.30	0.00	100.00		100.00	76.67
	MOTOR USA	2.2	1,425	0.82	79.00				0.6	0.46	1.16		0.40	0.20	67.00	91.7	61.44	18.27
	MOTOR USA	2.2	1,425	0.82	79.00								nu functioneaza					
	MOTOR	3	1,410	0.82	81.30	95			0.2	0.22	0.89		0.13	0.07	65.00	90.15	58.60	4.33
	VENTILATOARE	30	1,475	0.9	91.40	98			6.95	0.9	12.52		6.07	0.88	87.31	96.2	83.99	20.23
Total HOMO OVEN		1201.4		0.91	90.39				982.2	0.58	699.48		980.17	2.03	86.66	93.55	84.00	81.59
POMPE RECICLARE	POMPA1	15	2,910	0.845	88.00	97.5			2.25	0.63	-2.75		1.97	0.28	87.60	96.01	84.10	13.14
	POMPA2	15	2,910	0.845	88.00								rezerva					
	POMPA3	7.5	3,000	0.85	86.00	95.6			7.84	0.82	5.47		6.74	1.10	85.97	95.6	82.19	89.87
	POMPA4	7.5	3,000	0.85	86.00								rezerva					
Total POMPE		45		0.85	87.00				10.09	0.73	2.72		8.71	1.38	86.79	95.81	83.15	19.36
COMPRESOARE	GA22P	22	1,500	0.85	92.10				18.5	0.86	10.98		17.04	1.46	92.1		92.10	77.45
	GA55*FF	55	2,987			98			39.54	0.86	23.46	120	35.06	4.48	88.67	96.77	85.81	63.75
	GA55VSD	55				98							rezerva					
	GA55VSD+FF	55	3,000			98			17.58	0.76	15.03	35	15.52	2.06	88.30	94.6	83.53	28.22
	AIR DRYER FX 13	2.6											nu functioneaza					
Total COMPRESOARE		189.6		0.85	92.10				75.62	0.83	49.47		67.62	8.00	89.69	95.69	87.15	35.67

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _o [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _a [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Exhaustor VISI	Motor 1	37	3,000	0.89	91.60	98		11.6	0.6	15.47		9.80	1.80	84.5	96.55	81.58	26.49
	Motor 2	7.5	2,920	0.89	13.80	96		4.8	0.8	3.60		3.90	0.90	81.30	96	78.05	52.03
Total Exaustor VISI		44.5		0.89	52.70			16.4	0.70	19.07		13.70	2.70	82.90	96.28	79.82	30.80
Chiller CHA/K 36012 - P	compresoare	355		0.96	92			211.44	0.88	114.12	346.80	182.32	29.11	86.23		86.23	51.36
	pompa	11	1,440	0.88	89	97		9.66	0.93	3.82	15.00	7.86	1.81	81.30	96.81	78.71	71.43
Total chiller CH/K		366		0.92	90.50			221.10	0.91	117.94		190.18	30.92	83.77	96.81	82.47	51.96
Chiller CHA/K 16812 - P	compresoare	164.5		0.96	94			51.00	0.8	38.25	92.02	44.88	6.12	88		88.00	27.28
	pompa	5.5	1,440	0.83	87	96		1.80	0.91	0.82	2.86	1.48	0.32	82.00	96.3	78.97	26.84
Total chiller CH/K		170		0.90	90.50			52.80	0.86	39.07		46.36	6.44	85.00	96.30	83.48	27.27
Total utilaje sectii extrudare + turnare		7,132						4,211	0.91	1,941		4,023	187	95.55	91.74	87.66	56.41

Iluminat interior																	
1 x 36W (540 buc_LED)		19.44		1.00	96.00			21.12	1.00	0.00		19.44	1.68	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior Hale		19.44		1.00	96.00			21.12	1	0.00		19.44	1.68	92.06	0	92.06	100

Iluminat exterior																	
1x250W (18 buc_LED)		4.50		1.00	96			5.16	1	0.00		4.50	0.66	87.17	0	87.17	100

Total sectii extrudare + turnare		7,156						4,237	0.91	1,941		4,047	190	95.53	91.74	87.64	56.56
----------------------------------	--	-------	--	--	--	--	--	-------	------	-------	--	-------	-----	-------	-------	-------	-------

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate						
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _m [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Centrala termica - cazan abur Fulton 2500kW, 4t/h, 10bar	Pompa alimentare cu apa	3	1,500	0.78	83.00			4	1.07	0.77	0.89	2.0	0.75	0.32	70		70.00	24.97
	Ventilator arzator cazan	3	3,000	0.85	83.00			4	2.12	0.85	1.31	3.6	1.66	0.46	78.40		78.40	55.40
	Pompa alimentare cu apa	3	1,500	0.77	83.00			5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	Pompa adaos	3	1,500	0.77	83.00			5.6					nu functioneaza					
Total CT - cazan abur		12		0.79	83.00			5.54	0.80	4.15		4.29	1.25	76.13		76.13	35.76	
Evaporator ENCON 5400LBS (2.45t) - ape uzate, capacitate evaporare 23620 L/24h	Ventilator arzator 1 (P _{ar})	0.75	3,000	0.82	73.00			1.4	0.52	0.75	0.46	1	0.36	0.16	68.83		68.83	47.72
	Ventilator arzator 2 (P _{ar})	0.75	3,000	0.82	73.00			1.4					rezerva					
	Exhaustor	3	3,000	0.85	83.00			4	2.12	0.85	1.31	3.6	1.66	0.46	78.40		78.40	55.40
Total Evaporator ENCON		4.5		0.83	76.33			2.64	0.80	1.77		2.02	0.62	73.62		73.62	44.89	
Pod rulant 1 (macara 4t)	Translatie 1	2.2	1500	0.8	79				0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	Translatie 2	2.2	1500	0.8	79								nu functioneaza					
	Infasurare cablu	1.5	1500	0.79	76				0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Sarcina 1	12.5	1500	0.74	84				5	0.40	11.46		3.89	1.11	77.8		77.80	31.12
	Sarcina 2	12.5	1500	0.74	84								nu functioneaza					
	Carucior 1	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
	Carucior 2	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
Total pod rulant 1		32.4		0.77	80.40			6.7	0.52	13.99		5.14	1.56	74.60		74.60	15.85	
Pod rulant 2 (macara 4t)	Translatie 1	2.2	1500	0.8	79				0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	Translatie 2	2.2	1500	0.8	79								nu functioneaza					
	Infasurare cablu	1.5	1500	0.79	76				0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Sarcina 1	12.5	1500	0.74	84				5	0.40	11.46		3.89	1.11	77.8		77.80	31.12
	Sarcina 2	12.5	1500	0.74	84								nu functioneaza					
	Carucior 1	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
	Carucior 2	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
Total pod rulant 2		32.4		0.77	80.40			6.7	0.52	13.99		5.14	1.56	74.60		74.60	15.85	
Baie 1	Transportor 1	5.5	1500	0.85	86				0.88	0.29	2.90		0.55	0.33	62.6		62.60	10.02
	Transportor 2	5.5	1500	0.85	86								nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 1		77		0.87	88.25			0.88	0.29	2.90		0.55	0.33	62.60		62.60	0.72	
Baie 2	Motor 1	15	2860	0.86	89.5			28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5			28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 2		96		0.88	89.13			43.29	0.88	23.70		37.73	5.56	87.11		87.11	39.30	

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Baie 3	Motor 1	15	2860	0.86	89.5		28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5		28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
Total baie 3		96		0.88	89.13			33.02	0.88	18.16		28.79	4.23	87.14		87.14	29.99
Baie 4	Motor 1	15	2860	0.86	89.5		28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5		28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
Total baie 4		96		0.88	89.13			33.02	0.88	18.16		28.79	4.23	87.14		87.14	29.99
Baie 5	Motor 1	15	2860	0.86	89.5		28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5		28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
Total baie 5		96		0.88	89.13			53.56	0.88	29.25		46.66	6.90	87.09		87.09	48.61
Baie 6	Motor 1	15	2860	0.86	89.5		28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5		28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89		20.3	nu functioneaza									
Total baie 6		96		0.88	89.13			33.02	0.88	18.16		28.79	4.23	87.14		87.14	29.99

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate						
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _e [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Baie 7	Motor 1	15	2860	0.86	89.5			28.1	12.48	0.87	7.07	20.7	10.98	1.50	88		88.00	73.22
	Motor 2	15	2860	0.86	89.5			28.1	10.27	0.88	5.54	16.85	8.88	1.39	86.43		86.43	59.18
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 7		96		0.88	89.13				53.56	0.88	29.25		46.66	6.90	87.09		87.09	48.61
Baie 8	Motor 1	11	2900	0.85	88.6				5.33	0.70	5.44	11	4.39	0.94	82.29		82.29	39.87
	Motor 2	11	2900	0.85	88.6				2.77	0.80	2.08	5	2.07	0.70	74.9		74.90	18.86
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 8		88		0.87	88.90				28.64	0.82	18.60		24.33	4.31	82.80		82.80	27.65
Baie 9	Motor 1	4	2850	0.85	84.3				1.42	0.93	0.56	2.2	1.04	0.38	73.31		73.31	26.03
	Motor 2	4	2850	0.85	84.3				1.42	0.93	0.56	2.2	1.04	0.38	73.31		73.31	26.04
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 9		41		0.87	87.12				13.11	0.91	6.67		11.02	2.09	77.87		77.87	26.87
Baie 11	Motor 1	7.457	2865	0.9	87.1				2.29	0.60	3.05	5.5	1.75	0.54	76.23		76.23	23.41
	Motor 2	7.457	2865	0.9	87.1				2.49	0.88	1.34	6	1.91	0.58	76.79		76.79	25.64
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 11		80.91		0.89	88.53				15.05	0.79	9.94		12.59	2.46	80.01		80.01	15.56
Baie 12	Motor 1	7.457	2865	0.9	87.1				2.29	0.60	3.05	5.5	1.75	0.54	76.23		76.23	23.41
	Motor 2	7.457	2865	0.9	87.1				2.49	0.88	1.34	6	1.91	0.58	76.79		76.79	25.64
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.23
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3					nu functioneaza					
Total baie 12		80.91		0.89	88.53				35.59	0.82	21.03		30.46	5.13	82.80		82.80	37.65

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate						
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Baie 14	Motor 1	1.1	3000	0.83	76.3				1.03	0.74	0.94		0.75	0.28	73.00		73.00	68.3
	Motor 2	1.1	3000	0.83	76.3				1.03	0.74	0.94		0.75	0.28	73.00		73.00	68.3
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.2
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		9.04	1.23	88		88.00	82.1
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
Total baie 14		68.2		0.87	85.83				22.60	0.81	12.96		19.48	3.12	80.25		80.25	28.5
Baie 15	Motor 1	1.1	3000	0.83	76.3				1.03	0.74	0.94		0.75	0.28	73.00		73.00	68.3
	Motor 2	1.1	3000	0.83	76.3				1.03	0.74	0.94		0.75	0.28	73.00		73.00	68.3
	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00			0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Ventilator arzator 2	0.55	3,000	0.83	68.00				0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	10.27	0.88	5.54		8.93	1.34	87		87.00	81.2
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	11	1440	0.88	89			20.3	nu functioneaza									
Total baie 15		69.3		0.86	82.26				13.37	0.80	8.11		11.15	2.22	74.00		74.00	16.0
Rooftop Mark 1	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00			0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Ventilator arzator 2	0.55	3,000	0.83	68.00				0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Motor ventilator	5.5	2,890	0.85	11.00			11	2.55	0.84	2.98	4.4	2.01	0.54	78.90	93.06	73.42	36.5
Total Rooftop 1		6.6		0.84	49.00				3.59	0.83	3.68		2.72	0.87	71.97	93.06	70.14	41.2
Rooftop Mark 2	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00			0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Ventilator arzator 2	0.55	3,000	0.83	68.00				0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Motor ventilator	5.5	2,890	0.85	11.00			11	2.55	0.84	2.98	4.4	2.01	0.54	78.90	93.06	73.42	36.5
Total Rooftop 2		6.6		0.84	49.00				3.59	0.83	3.68		2.72	0.87	71.97	93.06	70.14	41.2
Rooftop Mark 3	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00			0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Ventilator arzator 2	0.55	3,000	0.83	68.00				0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.7
	Motor ventilator	5.5	2,890	0.86	86.00			11	2.55	0.84	2.98	4.4	2.01	0.54	78.90	93.06	73.42	36.5
Total Rooftop 3		6.6		0.84	74.00				3.59	0.83	3.68		2.72	0.87	71.97	93.06	70.14	41.2
Cuptor tratament termic aluminiu	M1	1.5	1,380	0.77	78.30		94	3.5	nu functioneaza									
	M2	1.5	1,380	0.77	78.30		94	3.6	nu functioneaza									
	M3	4	2850	0.85	84.3				nu functioneaza									
	M4	4	2850	0.85	84.3				nu functioneaza									
	M5	4	2850	0.85	84.3				nu functioneaza									
	M6	4	2850	0.85	84.3				nu functioneaza									
	Rezistente 1	150	-	1	100				nu functioneaza									
Total cuptor tratament termic aluminiu		319		0.87	86.73				0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate						
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{lm} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _e [kW]	cos φ	Q [kVar]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _{lm} [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Statie acid	Suflanta barbotare	7.5	1455	0.81	87.1			20.3	3.99	0.80	2.99	7.2	3.35	0.64	84		84.00	44.69
	Suflanta barbotare	7.5	1455	0.81	87.1			20.3	nu functioneaza									
	Suflanta barbotare	7.5	1455	0.81	87.1			20.3	nu functioneaza									
	Exhaustor	45	3000	0.87	92.8	98		80.5	13.27	0.84	8.57	22.8	11.15	2.12	84	95.83	80.50	24.77
	Exhaustor	45	3000	0.87	92.8	98		80.5	nu functioneaza									
	Pompa apa racita la bol acid 1	4	3,000	0.87	82.00	96			1.8	0.81	1.30		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	Pompa apa racita la bol acid 2	4	3,000	0.87	82.00	96			nu functioneaza									
	Pompa apa racita la bol acid 3	4	3,000	0.87	82.00	96			nu functioneaza									
	Pompa apa racita la bol acid 4	4	3,000	0.87	82.00	96			1.8	0.81	1.30		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	Pompa circulatie apa	11	1440	0.88	89	97.8	20.3	10.27	0.88	5.54			8.93	1.34	87	96.75	84.17	81.23
	Pompa circulatie apa	11	1440	0.88	89	97.8	20.3		nu functioneaza									
	Pompa circulatie apa	11	1440	0.88	89	97.8	20.3		nu functioneaza									
Total statie acid		161.5		0.86	86.83	97.04			31.13	0.83	19.71		26.16	4.97	81.28	95.76	78.57	16.20
Rooftop magazine	Motor ventilator 1	7.5	2,915	0.84	86.00	96		14.3	3.6	0.80	2.70		2.93	0.67	81.30	95.94	78.00	39.02
	Motor ventilator 2	7.5	2,915	0.84	86.00	96		14.3	nu functioneaza									
Total Rooftop magazine		15		0.84	86.00				3.6	0.80	2.70		2.93	0.67	81.30	95.94	78.00	19.51
Chiller CHA/K 36012 - P	compresoare	355		0.96	92			211.44	0.88	114.12	346.80	182.32	29.11	86.23		86.23	51.36	
	pompa	11	1,440	0.88	89	97		9.66	0.93	3.82	15.00	7.86	1.81	81.30	96.81	78.71	71.43	
Total chiller CH/K - magazine		366		0.92	90.50			221.10	0.91	117.94		190.18	30.92	83.77	96.81	82.47	51.96	
Pod rulant 3 (macara 5t)	Translatie 1	1.5	1500	0.77	78.30			3.6	0.9	0.73	0.84		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Translatie 2	1.5	1500	0.77	78.30			3.6	0.9	0.73	0.84		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Infasurare cablu	1.5	1500	0.79	76				0.9	0.73	0.84		0.69	0.21	77.2		77.20	46.32
	Sarcina 1	12.5	1500	0.74	84				5	0.40	11.46		3.89	1.11	77.8		77.80	31.12
	Sarcina 2	12.5	1500	0.74	84				nu functioneaza									
	Carucior 1	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
	Carucior 2	0.75	750/15000	0.63/0.76	66/72													
Total pod rulant 3		31		0.76	80.12				7.7	0.65	13.98		5.97	1.73	77.35		77.35	19.27
Redresoare	Redresor 1 (20V)	240						12000	nu functioneaza									
	Redresor 2 (20V)	240						12000	nu functioneaza									
	Redresor 3 (18V)	101						6000	nu functioneaza									
Total redresoare		581							0	0.00	0.00	0	0.00	0.00		0.00	0.00	
Total utilaje sectie anodizare		2,656							675	0.85	416		577	98	85.53	94.62	80.93	21.73
Iluminat interior								108.62%										
1 x 250W (64 buc_LED)		16			1.00	96.00			17.38	1.00	0.00		16	1.38	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior Hale		16			1.00	96.00			17.38	1	0.00		16	1.38	92.06	0	92.06	100
Iluminat exterior								114.72%										
1x250W (8 buc_LED)		2.00			1.00	96			2.29	1	0.00		2.00	0.29	87.17	0	87.17	100
Total sectie anodizare		2,674							694	0.86	416		595	99	85.70	94.62	81.09	22.25

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _a [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Hala tratament chimic apa	Pompa "magnetica"	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2	2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	Pompa "magnetica"	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2	2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	Pompa "magnetica"	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2	2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	Pompa "magnetica"	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2	2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	Pompa "magnetica"	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2	2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	Pompa circulatie apa	1.5	1500	0.77	78.30		3.6	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Pompa circulatie apa	1.5	1500	0.77	78.30		3.6	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Pompa circulatie apa	1.5	1500	0.77	78.30		3.6	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Pompa circulatie apa	1.5	1500	0.77	78.30		3.6	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Pompa circulatie apa	1.5	1500	0.77	78.30		3.6	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20		77.20	46.32
	Suflanta	2.2	2700	0.84	82	92.4	4.6	0.99	0.77	0.82	1.85	0.75	0.24	76.1	91.28	69.46	34.25
	Pompa apa la bar acid	4	3,000	0.8	82.00	96		1.8	0.81	1.30		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	Pompa apa la bar acid	4	3,000	0.8	82.00	96		1.8	0.81	1.30		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	Pompa apa la bar acid	4	3,000	0.8	82.00	96		1.8	0.81	1.30		1.36	0.44	75.70	95.23	72.09	34.07
	Pompa apa	5.5	3,000	0.8	86.00	95		1.71	0.77	1.42		1.25	0.46	73.30	92.83	68.04	22.79
	Pompa "magnetica"	7.5	2,850	0.92	87.00	96.7	14	1.8	0.81	1.30	3.2	1.35	0.45	74.80	95.40	71.36	17.95
	Pompa apa (spalare)	15	2,910	0.845	88.00	97.5		2.25	0.89	-2.75	3.75	1.65	0.60	73.30	96.01	70.38	11.00
	Pompa circulatie apa 1 (spalare)	11	960	0.8	88.7	97.8	22	1.29	0.81	0.93	2.3	0.94	0.35	72.6	94.11	68.32	8.51
	Pompa circulatie apa 2 (spalare)	11	960	0.8	88.7	97.8	22	nu functioneaza									
	Pompa circulatie apa 3	11	1,440	0.88	89	98		9.66	0.93	3.82	15.00	7.86	1.81	81.30	96.81	78.71	71.43
Total tratament chimic		88.2		0.82	80.60	94.95		30.60	0.78	16.35		23.37	7.24	73.63	94.17	70.55	26.49
CTA hala chimica 1	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.76
	Motor ventilator 1	5.5	3,000	0.8	86.00	95		1.71	0.77	1.42		1.25	0.46	73.30	92.83	68.04	22.79
	Motor ventilator 2	5.5	3,000	0.8	86.00	95		1.71	0.77	1.42		1.25	0.46	73.30	92.83	68.04	22.79
Total CTA hala chimica 1		11.55		0.81	80.00			3.94	0.79	3.18		2.86	1.08	71.70	92.83	68.20	24.79
CTA hala chimica 2	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95	nu functioneaza									
	Motor ventilator 1	5.5	3,000	0.8	86.00	95		nu functioneaza									
	Motor ventilator 2	5.5	3,000	0.8	86.00	95		nu functioneaza									
Total CTA hala chimica 2		11.55		0.81	80.00			0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chiller CHA/K 16812 - P	compresoare	164.5		0.96	94			51.00	0.8	38.25	0.00	44.88	6.12	88		88.00	27.28
	pompa	5.5	1,440	0.83	87	96		1.80	0.91	0.82	151.82	1.48	0.32	82.00	96.3	78.97	26.84
Total chiller CH/K		170		0.90	90.50			52.80	0.86	39.07		46.36	6.44	85.00	96.30	83.48	27.27
Total utilaje hala chimica		281						87	0.83	59		73	15	83.10	70.83	58.86	25.80
Iluminat interior																	
1 x 36W (240 buc_LED)		8.64		1.00	96.00		105.62%	9.38	1.00	0.00		8.64	0.74	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior Hale		8.64		1.00	96.00			9.38	1	0.00		8.64	0.74	92.06	0	92.06	100
Iluminat exterior																	
1x250W (8 buc_LED)		2.00		1.00	96		114.72%	2.29	1	0.00		2.00	0.29	87.17	0	87.17	100
Total hala chimica		292						99	0.86	59		83	16	84.04	70.83	59.53	28.51

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate							
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVAr]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Chiller 1 Clint CHA/K 91 - P (100kW)	compresoare	10.2			0.85	87		112	3.00	0.8	2.25	5.41	2.30	0.70	76.75		76.75	22.57	
	pompa	0.55	1,350	0.73	72	92		3.8	0.46	0.6	0.61	1.10	0.38	0.08	82.00	89.56	73.44	68.58	
	ventilator	0.55	3,000	0.83	68.00			2.1	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.76	
	Total chiller 1 CH/K		11.3		0.80	75.67			3.98	0.74	3.21		3.04	0.94	75.75	89.56	72.90	26.87	
Chiller 2 Clint CHA/K 91 - P (100 kW)	compresoare	10.2			0.85	87		112	3.00	0.8	2.25	5.41	2.30	0.70	76.75		76.75	22.57	
	pompa	0.55	1,350	0.73	72	92		3.8	0.46	0.6	0.61	1.10	0.38	0.08	82.00	89.56	73.44	68.58	
	ventilator	0.55	3,000	0.83	68.00			2.1	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.76	
	Total chiller 2 CH/K		11.3		0.80	75.67			3.98	0.74	3.21		3.04	0.94	75.75	89.56	72.90	26.87	
Cabina robotizata vopsire 1 _ piese lungi	Sufianta racire roboti	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49	
	Robot 1	2.2																	
	Robot 2	2.2																	
	Sufianta inventar 1 _	11	1,440	0.88	89	98			9.66	0.93	3.82	15.00	7.86	1.81	81.30	96.81	78.71	71.43	
	Sufianta inventar 2 _	11	960	0.8	88.7	97.8		22	1.29	0.81	0.93	2.3	0.94	0.35	72.6	94.11	68.32	8.51	
	Sufianta inventar 3 _	11	960	0.8	88.7	97.8		22	nu functioneaza										
	aer proaspat	11	960	0.8	88.7	97.8		22	nu functioneaza										
	Sufianta inventar 4 _	11	960	0.8	88.7	97.8		22	nu functioneaza										
	aer proaspat	11	960	0.8	88.7	97.8		22	nu functioneaza										
	ventilator 1	15	2,910	0.845	88.00	97.5			2.25	0.89	-2.75	3.75	1.65	0.60	73.30	96.01	70.38	11.00	
ventilator 2	15	2,910	0.845	88.00	97.5			2.25	0.89	-2.75	3.75	1.65	0.60	73.30	96.01	70.38	11.00		
ventilator 3	15	2,910	0.845	88.00	97.5			nu functioneaza											
ventilator 4	15	2,910	0.845	88.00	97.5			nu functioneaza											
Total cabina vopsire 1			109.5		0.83	86.68			16.05	0.85	-0.22		12.49	3.56	73.48	95.24	70.03	11.41	
Statie mixare vopsele	Mixer vopsea 1	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49	
	Mixer vopsea 2	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49	
	Mixer vopsea 3	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	0.6	0.74	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49	
	Mixer vopsea 4	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	nu functioneaza										
	Mixer vopsea 5	1.1	1,410	0.84	73.00	92.2		2.5	nu functioneaza										
Total mixare vopsea			5.5		0.84	73.00			1.80	0.74	1.59		1.20	0.60	66.90	93.26	62.39	21.89	
Umidificatoare	Umidificator 1	30	985	0.88	91.50	98		54	4.8	0.77	3.98	9	3.71	1.09	77.32	96.38	74.52	12.37	
	Umidificator 2	30	985	0.88	91.50	98		54	7.3	0.81	5.29	13	5.79	1.51	79.38	96.1	76.28	19.32	
	Umidificator 3	30	985	0.88	91.50	98		54	nu functioneaza										
	Umidificator 4	30	985	0.88	91.50	98		54	nu functioneaza										
	Umidificator 5	30	985	0.88	91.50	98		54	nu functioneaza										
	Umidificator 6	30	985	0.88	91.50	98		54	nu functioneaza										
Total umidificatoare			180		0.88	91.50			12.10	0.79	9.26		9.51	2.59	78.35	96.24	75.40	5.28	
Iluminat cabina vopsire 1 x 58W (12x6 buc. LED)			4.18			1.00	96.00			4.54	1.00	0.00		4.176	0.36	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior cabina vopsire automata				4.176		1.00	96.00			4.54	1.00	0.00		4.18	0.36	92.06	0.00	92.06	100.00

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA _r]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cabina vopsire manual 2 _ piese scurte	Sufianta inventar 1 _ substanta	11	1,440	0.88	89		98		9.66	0.93	3.82	15.00	7.86	1.81	81.30	96.81	71.43
	Sufianta inventar 2 _ aer proaspat	11	960	0.8	88.7		97.8	22	1.29	0.81	0.93	2.3	0.94	0.35	72.6	94.11	8.51
	ventilator 1	15	2,910	0.845	88.00		97.5		2.25	0.89	0	3.75	1.65	0.60	73.30	96.01	11.00
	ventilator 2	15	2,910	0.845	88.00		97.5		2.25	0.89	0	3.75	1.65	0.60	73.30	96.01	11.00
Total cabina vopsire 2		52		0.84	88.43				15.45	0.88	4.75		12.09	3.36	75.13	95.74	23.25
Iluminat cabina vopsire 2 x 36W (52 buc_LED)		3.74		1.00	96.00				4.07	1.00	0.00		3.744	0.32	96.00	-	100
Total iluminat interior cabina vopsire manuala		3.744		1.00	96.00				4.07	1.00	0.00		3.74	0.32	92.06	0.00	100.00
Chiller 1 CHA/K 16812 - P	compresoare	164.5		0.96	94				51.00	0.8	38.25	0.00	44.88	6.12	88		27.28
	pompa	5.5	1,440	0.83	87		96		1.80	0.91	0.82	0.00	1.48	0.32	82.00	96.3	26.84
Total chiller 1 CH/K		170		0.90	90.50				52.80	0.86	39.07		46.36	6.44	85.00	96.30	27.27
Chiller 2 CHA/K 16812 - P	compresoare	164.5		0.96	94				nu functioneaza								
	pompa	5.5	1,440	0.83	87		96		nu functioneaza								
Total chiller 2 CH/K		170		0.90	90.50				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTA hala vopsire 1	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95		0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		64.76
	Motor ventilator 1	5.5	3,000	0.8	86.00		95		1.71	0.77	1.42		1.25	0.46	73.30	92.83	68.04
	Motor ventilator 2	5.5	3,000	0.8	86.00		95		1.71	0.77	1.42		1.25	0.46	73.30	92.83	68.04
Total CTA hala vopsire 1		11.55		0.81	80.00				3.94	0.79	3.18		2.86	1.08	71.70	92.83	68.20
CTA hala vopsire 2	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95		nu functioneaza								
	Motor ventilator 1	5.5	3,000	0.8	86.00		95		nu functioneaza								
	Motor ventilator 2	5.5	3,000	0.8	86.00		95		nu functioneaza								
Total CTA hala vopsire 2		11.55		0.81	80.00				0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COMPRESOARE	Atlas Copco GA90FF	90							18.5	0.86	10.98		17.02	1.48	92	96	18.91
	Atlas Copco GA90FF	90							nu functioneaza								
	GA90VSD+FF	90							17.58	0.76	15.03		15.65	1.93	89.00	95	17.38
	AIR DRYER FX 13	2.6							nu functioneaza								
Total COMPRESOARE		272.6							36.08	0.81	26.01		32.67	3.41	90.50	95.50	86.44
Total utilaje hala vopsire		1,013							155	0.94	64		131	24	84.74	64.94	12.95
Iluminat interior								108.62%									
1 x 250W (54 buc_LED)			13.5		1.00	96.00			14.66	1.00	0.00		13.5	1.16	96.00	-	100
Total iluminat interior hala			13.5		1.00	96.00			14.66	1	0.00		13.5	1.16	92.06	0	100
Iluminat exterior								114.72%									
1x250W (8 buc_LED)			2.00		1.00	96			2.29	1	0.00		2.00	0.29	87.17	0	100
Total hala vopsire			1,029						172	0.95	64		147	25	85.40	64.94	14.26

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{mn} [%]	η _{crn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVar]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _m [%]	η _{cr} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CNC Hartman HBZ TR 160	motor	63	980	0.86	95.4	98	82	13.40	0.81	9.70	23.80	11.09	2.31	82.73	96.1	79.50	17.60
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 4	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 5	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 6	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 7	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 8	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 9	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 10	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 11	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 12	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	1.86	0.77	1.54	3.48	1.41	0.45	76	92.2	70.07	35.34
	motor 2	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 3	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 4	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.00	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 4	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	0.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 4	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 5	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 6	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 7	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 8	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 9	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
Total CNC HBZ TR 160		180.15		0.77	78.30		338.6	26.62	0.73	18.78		21.73	4.89	73.06	93.60	68.55	12.06
masina 1 - 2 HBZ CC 400	motor	63	980	0.86	95.4	98	82							nu functioneaza			
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 4	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 5	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 2	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 3	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.00	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	0.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 4	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 5	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 6	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
Total 2 masini HBZ CC 400		240.6		0.78	77.11		417.6	1.76	0.53	1.48		1.16	0.60	64.97	92.15	59.88	0.48

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVar]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
masina 1 _ 2 PBZ NT 600	motor	63	980	0.86	95.4	98	82	nu functioneaza									
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	1.86	0.77	1.54	4.48	1.41	0.45	76	92.2	70.07	35.34
	motor 2	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 3	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 3	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 4	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 1	1.5	1,420	0.79	73.00	94	4	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 4	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	3.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
Total 2 masini PBZ NT 600		235.8		0.78	78.63		365.2	20.10	0.73	17.70		15.70	4.40	73.70	93.16	70.17	6.66
masina 3 _ 6 PBZ NT 600	motor	63	980	0.86	95.4	98	82	13.40	0.81	9.70	23.80	11.09	2.31	82.73	96.1	79.50	17.60
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	1.86	0.77	1.54	4.48	1.41	0.45	76	92.2	70.07	35.34
	motor 2	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 3	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95		1.90	0.45	81.00		81.00	63.45
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 3	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 4	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 1	1.5	1,420	0.79	73.00	94	4	0.9	0.73	0.85		0.69	0.21	77.20	92.76	71.61	46.32
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	1.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	2.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 4	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	3.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
Total 4 masini PBZ NT 600		471.6		0.78	78.63		730.4	107.52	0.73	89.55		86.28	21.24	73.04	93.14	69.81	18.30

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _e [kW]	cos φ	Q [kVar]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

masina 7 _ 14 PBZ NT 600	motor	63	980	0.86	95.4	98	82	nu functioneaza									
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16	nu functioneaza									
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 2	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 3	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 3	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 4	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 1	1.5	1,420	0.79	73.00	94	4	nu functioneaza									
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	nu functioneaza									
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 4	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
Total 8 masini PBZ NT 600		943.2		0.78	78.63		1460.8	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
masina 1_2 PBZ HD	motor 1	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	10.8	0.80	8.1		8.63	2.17	79.90	96.7	77.26	78.45
	motor 2	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	nu functioneaza									
	motor 3	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	nu functioneaza									
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95		1.90	0.45	81.00		81.00	63.45
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	1.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
Total 2 masini PBZ HD		97.8		0.77	60.34		183	28.18	0.70	23.66		22.35	5.83	73.43	94.15	71.42	22.85
masina 3 _ 6 PBZ HD	motor 1	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	nu functioneaza									
	motor 2	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	nu functioneaza									
	motor 3	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	nu functioneaza									
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	nu functioneaza									
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	nu functioneaza									
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			nu functioneaza									
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	nu functioneaza									
Total 4 masini PBZ HD		195.6		0.77	60.34		366	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{me} [%]	η _{gr} [%]	I [A]	P ₁ [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP ₂ [kW]	η _m [%]	η _{gr} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
masina 1 _3 CHIRON FZ 15 S	motor	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	10.8	0.80	8.1		8.63	2.17	79.90	96.7	77.26	78.45
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79							nu functioneaza					
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	2.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	Total 3 x CHIRON FZ 15 S	71.85		0.78	67.47		126.3	48.51	0.74	40.90		37.60	10.91	69.04	93.04	65.46	52.33
masina 1 _3 CHIRON MPS 15	motor	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	10.8	0.80	8.1		8.63	2.17	79.90	96.7	77.26	78.45
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79							nu functioneaza					
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	2.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	Total 3 x CHIRON MPS 15	71.85		0.78	67.47		126.3	44.07	0.71	37.09		34.65	9.42	71.92	93.85	69.42	48.23
masina 4 _5 CHIRON MPS 15	motor	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4					nu functioneaza					
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6					nu functioneaza					
	motor 1	2.2	1500	0.8	79							nu functioneaza					
	motor 2	2.2	1500	0.8	79							nu functioneaza					
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	Total 2 x CHIRON MPS 15	47.9		0.78	67.47		84.2	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
masina 1 CHIRON MILL 6000	motor	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4	10.8	0.80	8.1		8.63	2.17	79.90	96.7	77.26	78.45
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16					nu functioneaza					
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	6.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16	3.40	0.84	2.20	7.00	2.82	0.58	83	96	79.68	37.63
	motor 4	7.5		0.78	87.4	96.7	16					nu functioneaza					
	motor 5	7.5		0.78	87.4	96.7	16					nu functioneaza					
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7	1.86	0.77	1.54	4.48	1.41	0.45	76	92.2	70.07	35.34
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	4.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	5.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 3	3	1,500	0.77	83.00		5.6	2.35	0.77	1.95	6.41	1.88	0.47	80.00		80.00	62.67
	motor 1	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 2	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 3	2.2	1500	0.8	79			0.8	0.43	1.68		0.55	0.25	68.8		68.80	25.02
	motor 4	2.2	1500	0.8	79							nu functioneaza					
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5	0.6	0.75	0.53		0.40	0.20	66.90	93.26	62.39	36.49
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5					nu functioneaza					
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11	2.25	0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2	0.14	0.8	0.11		0.09	0.05	64	91.6	58.62	11.95
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2					nu functioneaza					
	Total CHIRON MILL 6000	75.85		0.78	75.99		142	29.79	0.71	25.65		23.56	6.23	74.09	93.91	71.75	31.06

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{Mn} [%]	η _{CFn} [%]	I [A]	P _s [kW]	cos φ	Q [kVA]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP _m [kW]	η _M [%]	η _{CF} [%]	η [%]	C ₁ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
masina 2 si 3 CHIRON MILL 6000	motor	11	1,466	0.79	22.40	97	22.4							nu functioneaza			
	motor 1	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 2	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 3	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 4	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 5	7.5		0.78	87.4	96.7	16							nu functioneaza			
	motor 1	4	955	0.79	84	96	8.7							nu functioneaza			
	motor 1	3	1,500	0.77	83.00		5.6							nu functioneaza			
	motor 2	3	1,500	0.77	83.00		5.6							nu functioneaza			
	motor 3	3	1,500	0.77	83.00		5.6							nu functioneaza			
	motor 1	2.2	1500	0.8	79									nu functioneaza			
	motor 2	2.2	1500	0.8	79									nu functioneaza			
	motor 3	2.2	1500	0.8	79									nu functioneaza			
	motor 4	2.2	1500	0.8	79									nu functioneaza			
	motor 1	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 2	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 3	1.1	1,410	0.84	73.00		2.5							nu functioneaza			
	motor 1	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 2	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
	motor 3	0.75	970	0.72	64.1	96	2.2							nu functioneaza			
Total 2 x CHIRON MILL 6000		151.7		0.78	75.99		284	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTA hala 1	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95	0.52	0.83	0.35	0.9	0.36	0.16	68.5		68.50	64.76
	Motor ventilator 1	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28	14.9	0.81	10.75		13.11	1.79	88.00	96.28	84.73	87.41
	Motor ventilator 2	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28	1.71	0.68	1.84		1.27	0.44	74.10	93.80	69.51	8.45
Total CTA hala 1		30.55		0.85	82.33			17.13	0.77	12.94		14.74	2.39	76.87	95.04	74.24	48.23
CTA hala 2	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95							nu functioneaza			
	Motor ventilator 1	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28							nu functioneaza			
	Motor ventilator 2	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28							nu functioneaza			
Total CTA hala 2		30.55		0.85	82.33			0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTA hala 3	Ventilator arzator 1	0.55	3,000	0.83	68.00		0.95							nu functioneaza			
	Motor ventilator 1	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28							nu functioneaza			
	Motor ventilator 2	15	3,000	0.86	89.50	97.8	28							nu functioneaza			
Total CTA hala 3		30.55		0.85	82.33			0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total utilaje hala		2,876					4,624	324	0.78	268		258	66	79.63	52.63	41.91	8.96
Iluminat interior																	
1 x 36W (440 buc_LED)		15.84		1.00	96.00			17.21	1.00	0.00		15.84	1.37	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior		15.84		1.00	96.00			17.21	1	0.00		15.84	1.37	92.06	0	92.06	100
Iluminat exterior																	
1x250W (18 buc_LED)		4.50		1.00	96			5.16	1	0.00		4.50	0.66	87.17	0	87.17	100
Total hala prelucrari		2,896						346	0.79	268		278	68	80.37	52.63	42.29	9.60

Consumator		Caracteristici nominale						Rezultate masuratori				Marimi calculate					
Denumire	Simbol	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cos φ _n	η _{me} [%]	η _{cre} [%]	I [A]	P ₁ [kW]	cos φ	Q [kVar]	I [A]	P ₂ [kW]	ΔP ₁ [kW]	η _m [%]	η _{cr} [%]	η [%]	C _i [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Centrala tratare aer 1	Motor ventilator 1	14	1.500		90.00			7.5	0.77	6.21		6.50	1.01	86.60		86.60	46.39
	Motor ventilator 2	40	3.000		92.00			7.5	0.77	6.21		6.50	1.01	86.60		86.60	16.24
Total CTA 1		54			91.00			15	0.77	12.43		12.99	2.01	86.60		86.60	24.06
Centrala tratare aer 2	Motor ventilator 1	12	1.500		90.00			7.35	0.80	5.51		6.47	0.88	88.00		88.00	53.90
	Motor ventilator 2	34	3.000		92.00			7.35	0.80	5.51		6.47	0.88	88.00		88.00	19.02
Total CTA 2		46			91.00			14.7	0.80	11.03		12.94	1.76	88.00		88.00	28.12
Iluminat si circuite secundare	Iluminat	105		0.99	98.00			42	0.99	5.98		41.16	0.84	98.00		98.00	39.20
	Circuit prize 220V	168			100.00			33.6	0.99	4.79		33.60	0.00	100.00		100.00	20.00
	Circuit prize 380V	116			100.00			11.6	0.85	7.19		11.60	0.00	100.00		100.00	10.00
	Circuite secundare adm	132			100.00			26.4	0.99	3.76		26.40	0.00	100.00		100.00	20.00
Total ilum. si circuite sec.		521		0.99	99.50			113.6	0.96	15.74		112.76	0.84	99.50		99.50	21.64
Total consumatori administrativ		621						143	0.96	39		139	5	96.78		96.78	22.33
Iluminat interior																	
2 x 36W (840 buc. LED)		60.48		1.00	96.00			65.69	1.00	0.00		60.48	5.21	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior		60.48		1.00	96.00			65.69	1	0.00		60.48	5.21	92.06		92.06	100
Iluminat exterior																	
1x250W (38 buc. LED)		9.50		1.00	96			10.90	1	0.00		9.50	1.40	87.17		87.17	100
Total administrativ		691						220	0.98	39		209	11.23	94.89		94.89	30.20
Centrala tratare aer 1	Motor ventilator 1	14	1.500		90.00			7.5	0.77	6.21		6.50	1.01	86.60		86.60	46.39
	Motor ventilator 2	40	3.000		92.00			7.5	0.77	6.21		6.50	1.01	86.60		86.60	16.24
Total CTA 1		54			91.00			15	0.77	12.43		12.99	2.01	86.60		86.60	24.06
Centrala tratare aer 2	Motor ventilator 1	12	1.500		90.00			7.35	0.80	5.51		6.47	0.88	88.00		88.00	53.90
	Motor ventilator 2	34	3.000		92.00			7.35	0.80	5.51		6.47	0.88	88.00		88.00	19.02
Total CTA 2		46			91.00			14.7	0.80	11.03		12.94	1.76	88.00		88.00	28.12
Iluminat si circuite secundare	Iluminat	105		0.99	98.00			42	0.99	5.98		41.16	0.84	98.00		98.00	39.20
	Circuit prize 220V	168			100.00			33.6	0.99	4.79		33.60	0.00	100.00		100.00	20.00
	Circuit prize 380V	116			100.00			11.6	0.85	7.19		11.60	0.00	100.00		100.00	10.00
	Circuite secundare adm	132			100.00			26.4	0.99	3.76		26.40	0.00	100.00		100.00	20.00
Total iluminat si circuite secundare		521		0.99	99.50			113.6	0.96	15.74		112.76	0.84	99.50		99.50	21.64
Total consumatori ansamblari		621						143	0.96	39		139	5	96.78		96.78	22.33
Iluminat interior																	
1x 36W (340 buc. LED)		12.24		1.00	96.00			13.30	1.00	0.00		12.24	1.06	96.00	-	96.00	100
Total iluminat interior		12.24		1.00	96.00			13.30	1	0.00		12.24	1.06	92.06		92.06	100
Iluminat exterior																	
1x250W (8 buc. LED)		2.00		1.00	96			2.29	1	0.00		2.00	0.29	87.17		87.17	100
Total ansamblari		635						159	0.97	39		153	5.96	96.25		96.25	24.07
Total GENERAL UAC (fabrica)		15,372						5,927	0.90	2,826		5,512	414.84	93.00		93.00	35.86

Tabel 5.14 Fișele de măsurători ale consumatorilor de JT(0.4 kV) – toate etapele.

5.1.7 Centralizatorul consumatorilor de energie electrica JT ai fabricii.

Pentru simplificarea vizualizarii listelor de măsurători se va utiliza în continuare un centralizator **tabel 5.15** al măsurătorilor efectuate pe tipuri de consumatori, cu scoaterea în evidență a motoarelor de acționare, importante din punct de vedere al creșterii eficienței energetice.

Nr. crt.	Agregat	Denumire utilaj / echipament	Caracteristici nominale								Marimi masurate				Marimi calculate				
			cantitati [buc]	U _n [V]	I _n [A]	P _n [kW]	n _n [rot/min]	cosφ _n	η _n [%]	η ¹⁾ _{cr} [%]	P ₁ sau P _e [kW]	Q _t [kVAr]	cosφ ₁	P ₂ [kW]	ΔP [kW]	η [%]	C _i [%]	C _u [%]	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	motor asincron 7.5kW	7.5 kW / 1500 rot/min (4 poli)	14	400	214.2	105	1500	0.81	87.1	95	46	32	0.82	38	8	82	35.94	-	
2	motor asincron 7.5kW	7.5 kW / 3000 rot/min (2 poli)	15	400	219	113	3000	0.85	87.1		34	27	0.78	27	7	80	24.18	-	
3	motor asincron 11kW	11 kW / 900 rot/min (6 poli)	6	400	134.4	66	900	0.8	88.7		4	3	0.81	3	1	73	4.26	-	
4	motor asincron 11kW	11 kW / 1500 rot/min (4 poli)	92	400	1867.6	1012	1500	0.88	89		279	159	0.87	238	41	85	23.48	-	
5	motor asincron 15kW	15 kW / 1500 rot/min (4 poli)	7	400	191.8	105	1500	0.88	90		37	-1	1.00	31	7	82	29.05	-	
6	motor asincron 15kW	15 kW / 3000 rot/min (2 poli)	27	400	758.7	405	3000	0.86	89.5		151	76	0.89	130	21	86	32.13	-	
7	motor asincron 22kW	22 kW / 900 rot/min (6 poli)	2	400	80.2	44	900	0.88	90		34.64	25.08	0.81	26.98	8	78	61.33	-	
8	motor asincron 22kW	22 kW / 1500 rot/min (4 poli)	3	400	117.6	66	1500	0.89	91		49.32	39.60	0.78	42.59	7	86	64.53	-	
9	motor asincron 30kW	30 kW / 1500 rot/min (4 poli)	11	400	585.2	330	1500	0.89	91.5		44.17	62.24	0.58	38.12	6	86	11.55	-	
10	motor asincron 30kW	30 kW / 900 rot/min (6 poli)	6	400	322.8	180	900	0.88	91.5		4.80	3.98	0.77	3.71	1	77	2.06	-	
11	motor asincron 45kW	45 kW / 1500 rot/min (4 poli)	5	400	397	225	1500	0.88	93		129.83	127.20	0.71	105.82	24	82	47.03	-	
12	motor asincron 55kW	55 kW / 1500 rot/min (4 poli)	8	400	768	440	1500	0.88	94		90.06	70.72	0.79	79.58	10	88	18.09	-	
13	motor asincron 55kW	55 kW / 3000 rot/min (2 poli)	3	400	293.7	165	3000	0.87	93.2		57.12	38.50	0.83	50.58	7	89	30.66	-	
14	motor asincron 75kW	75 kW / 900 rot/min (6 poli)	2	400	268	150	900	0.84	94		61.50	44.93	0.81	53.69	8	87	35.79	-	
16	motor asincron 90kW	90 kW / 1500 rot/min (4 poli)	10	400	1580	900	1500	0.87	94.5		97.2	9.3	1.00	89.7	8	92	9.96	-	
17	motor asincron 132kW	132 kW / 1500 rot/min (4 poli)	4	400	900	528	1500	0.89	95		238.00	139.26	0.86	219.69	18	92	41.61	-	
						543.64	4834	0.87 91.19		1357		856	0.85	1176	181	86.69	24.34		
18	iluminat interior					146					159	0	1.00	146	13	92	100.00	100	
19	iluminat exterior					27					30	0	1.00	27	4	87	100.00	100	
20	Alte masini si utilaje cu motor asincron	compresoare, centrala termica, climatizare, chillere, etc				10,410					4,415	1,994	0.91	4,190	225	95	40.25		
TOTAL						15,372.3					5,926.68	2,825.7	0.90	5,511.85	415	93.00	35.86		

Tabel 5.15 Tabel centralizator al măsurătorilor efectuate, pe tipuri de consumatori.

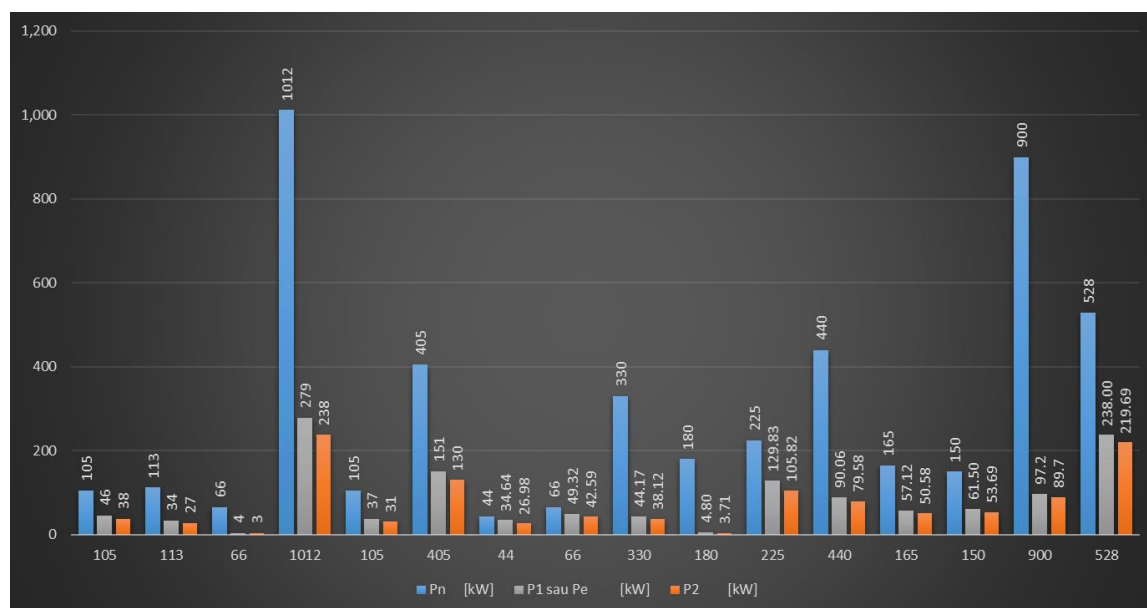


Figura 5.5 Centralizator măsurători consumatori de JT.

Având în vedere modul de efectuare a măsurărilor, coeficientul de utilizare în timp a motoarelor electrice, al consumatorilor de energie electrica industriali in general, este aproximativ echivalent cu coeficientul de disponibilitate a utilajelor pe joasa tensiune in perioada ciclului de funcționare, $c_u = 23.35\%$. Menționăm că ciclul de funcționare în această variantă este de $T = 8400\text{ore/an}$.

Coeficientul de utilizare în timp pentru iluminatul fabricii s-a considerat $C_u = 100\%$, pe întreg ciclul de funcționare al acesteia (8400 ore/an).

5.2 Întocmirea bilanțului electroenergetic.

Din fișele de măsurători rezultă bilanțul electroenergetic real al fabricii, întocmit pe durata unui an de zile (decembrie 2017– decembrie 2018), estimând că ciclul anual de funcționare este de 8 400 ore/an, conform informațiilor primite de la beneficiar.

Pe baza informațiilor furnizate de beneficiar, consumul anual de energie electrică, al fabricii a fost de $E_e = 30\,931\text{ MWh}$, iar durata anuală de funcționare a fost de $T = 8\,400\text{ ore}$.

În continuare se prezintă rezultatele măsurărilor efectuate:

- Puterea în primar trafo (SRA 110/20 kV):	$P_{1TSRA} = 5\,821.4\text{ kW}$
- Pierderi de putere în trafo (SRA 110/20 kV):	$\Delta P_{TSRA} = 78.8\text{ kW}$
- Puterea în secundarul trafo (SRA 110/20 kV):	$P_{2TSRA} = P_{1CMT} = 5\,742.6\text{ kW}$
- Pierderi de putere în conductorii de MT (20 kV):	$\Delta P_{CMT} = 31.7\text{ kW}$
- Puterea la ieșirea conductorilor de MT (20 kV):	$P_{2CMT} = 5\,710.8\text{ kW}$
- Puterea în primarul trafo din SE 20/0.4 kV:	$P_{1TSE} = 5\,789.7\text{ kW}$
- Pierdere de putere în trafo din SE 20/0.4 kV:	$\Delta P_{TSE} = 64.6\text{ kW}$
- Puterea în secundarul trafo din SE 20/0.4 kV:	$P_{2TSE} = P_{1CJT} = 5\,725.1\text{ kW}$
- Pierdere de putere in conductorii de JT (0.4 kV):	$\Delta P_{CJT} = 97.6\text{ kW}$
- Puterea la iesirea conductorilor de JT (0.4 kV):	$P_{2CJT} = 5\,829.1\text{ kW}$
- Puterea consumurilor de JT(0.4 kV):	$P_{eJT} = 5\,926.9\text{ kW}$
- Pierderi de putere in consumatorii de JT (0.4 kV):	$\Delta P^1_{JT} = 414.8\text{ kW}$
- Puterea utilă a consumatorilor de JT (0.4 kV):	$P^1_{JT} = 5\,511.84\text{ kW}$

¹⁾ Valori extrapolate, incluzând consumatorii cu puteri nominale necunoscute (4.35%).

Astfel, în conformitate cu fișele de măsurători cu consumatorii de energie electrică din cadrul fabricii, rezultă următoarele valori:

- ♦ Energia electrică absorbită pe unitate:

$$E_e = 5\,821.4\text{ MWh};$$

83/307

www.energo bit . com

- ◆ Energia electrică utilă:

$$E_u = 27\,313.4 \text{ MWh};$$

- ◆ Pierdere totală de energie electrică:

$$\Delta E_e = 3\,617.6 \text{ MWh};$$

Coeficientul de utilizare în timp, a consumurilor de energie electrică, la nivelul SRA 110/20kV este:

$$C_u = (E \times 10^3 / T \times P_{1TSRA}) \times 100 = 63.25\%$$

În **tabelul 5.16** este prezentat bilanțul electroenergetic, real, anual, iar în **figura 5.6** este prezentat gafic, sub forma diagramei Sankey.

$E_{JT} =$ 30,931,000.00 kWh energie consumata 2018

		putere intrata	putere iesita (utila)	pierderi putere el.			energie intrata	energie iesita - utila	pierderi energie el.	
Nr. Crt.	Consumator	P_i [kW]	P_{eJT} [kW]	ΔP [kW]	t_c [h/an]	C_u %	E_i [MWh]	E_e [MWh]	ΔE [MWh]	η_E [%]
1	SRA 110/20kV (IT/MT)	5,821.45	5,742.61	78.8	8,400	63.25	30,931.0	30,512.1	418.9	98.65
2	Cabluri MT	5,742.61	5,710.86	31.7	8,400	63.25	30,512.1	30,343.4	168.7	99.45
3	Substatii 20/0.4kV (MT/JT)	5,789.73	5,725.10	64.6	8,400	63.60	30,931.0	30,585.7	345.3	98.88
4	Cabluri JT	5,926.68	5,829.40	97.3	8,400	63.60	31,662.7	31,143.0	519.7	98.36
5	Consumatori JT	5,926.68	5,511.84	414.8	8,400	62.13	30,931.0	28,766.0	2,165.0	93.00
		3,682.3	3,251.6	430.7	8,400	100.00	30,931.0	27,313.4	3,617.6	88.30

Tabel 5.16 Bilanț electroenergetic real, anual, al fabricii.

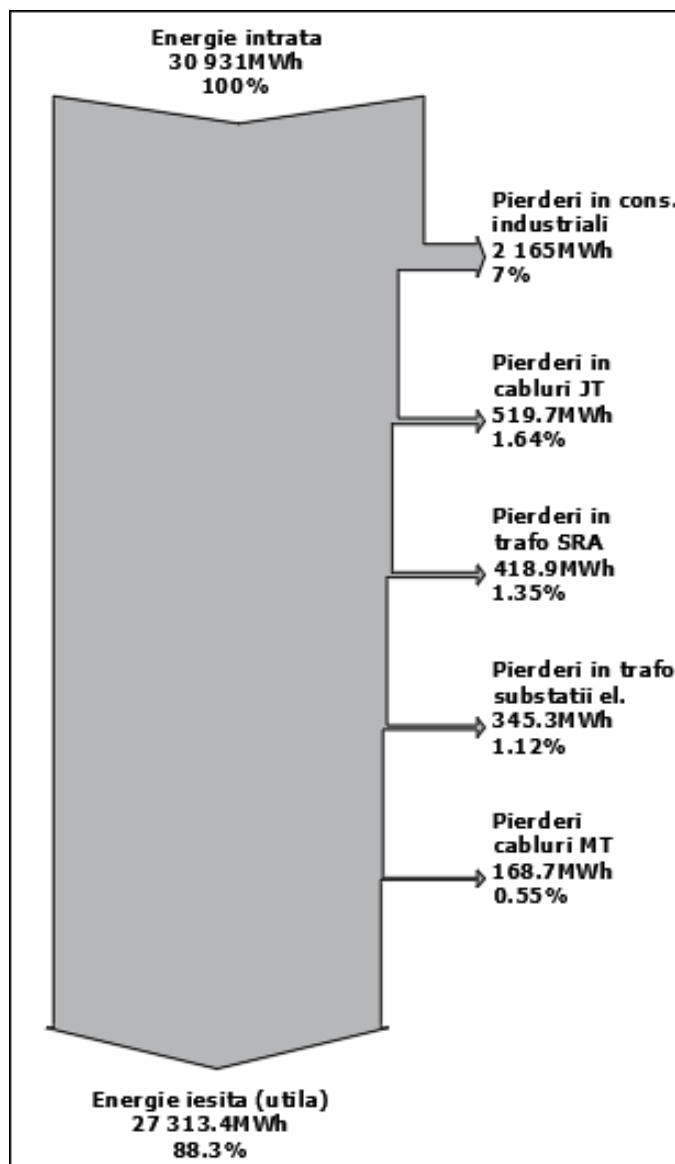


Figura 5.6 Bilanț electroenergetic real, anual - Diagrama Sankey.

Randamentul electroenergetic al fabricii, este:

$$\eta_{eJT} = (E_u / E_i) \times 100 = 88.3\%$$

După cum putem observa din diagrama Sankey pierderile de energie în transformatoare și în cablurile de JT sunt mari dar justificate din punct de vedere energetic.

Pierderile pe cablurile de MT sunt reduse, dar ținând seama de lungimea acestora, și de faptul că tensiunea de alimentare este de 20 kV, această pierdere este justificată.

Pierderile în motoare (vezi tabel centralizator 5.15) au o valoare semnificativă (181kW), însă ținând seama de faptul că majoritatea motoarelor sunt cu convertizoare de frecvență, această pierdere de energie este minimizată.

Din fișele de măsurători reiese faptul că randamentul motoarelor este unul bun (86.69%), ținând cont de specificul de funcționare al acestora în fluxul tehnologic.

5.3 Eroarea de închidere a bilanțului electroenergetic.

Datorita faptului ca la întocmirea bilanțului electroenergetic s-au utilizat datele de consum energetic real al fabricii și măsurători indirecte efectuate în instalațiile electrice interioare (tablouri de alimentare cu energie și la bornele consumatorilor), eroarea de închidere a bilanțului energetic întocmit se încadrează în limita de $\pm 5\%$ în cazul bilanțurilor în care unele mărimi nu pot fi măsurate direct, dar pot fi deduse cu suficientă precizie prin măsurarea altor mărimi (determinare indirectă), la care se augă eroarea medie ale aparatele de măsura utilizate ($\pm 2\%$), descrise la capitolul 1.2.

În acesta situație, abateri / erori valorice de la datele de bilanț sunt incluse în indicatorii:

gradul mediu de incarcare a consumatorilor de energie electrica c_i

și

gradul mediu de utilizare în timp a consumatorilor de energie electrică c_u

dar care nu pot depași pragul limită normat al erorilor de bilanț a carui mărimi s-au determinat prin măsuratori.

5.4 Concluzii și propuneri asupra bilanțului electroenergetic, real, anual.

În urma elaborării bilanțului electroenergetic a observațiilor proprii și a discuțiilor cu specialiștii din fabrică, rezultă următoarele **concluzii**:

1. Starea tehnică a instalațiilor și echipamentelor electrice din conturul de bilanț electroenergetic este bună.
2. Activitățile de întreținere și exploatare a instalațiilor și echipamentelor electrice se fac cu personal calificat corespunzător, în conformitate cu prescripțiile tehnice și la termenele stabilite.
3. Documentațiile – schemele electrice monofilare, listele cu consumatorii de energie electrică cu caracteristicile tehnice, nominale, repartizate pe secții / hale și instalațiile tehnologice din cadrul acestora sunt neactualizate, incomplete, sau lipsesc.

4. Pe baza datelor furnizate de beneficiar, referitoare la producțiile lunare și consumurile lunare de energie electrică, pe durata unui an s-au putut determina caracteristicile electroenergetice ale fabricii.

Fabrica este într-un proces de dezvoltare, de creștere a capacității de producție, astfel încât cererea de energie electrică va spori, fără a apare însă „puncte înguste” în alimentarea cu energie electrică.

Distribuția primară a energiei electrice se face la medie tensiune MT(20kV), din SRA 110/20kV către cele șapte substații cu câte 2 posturi de transformare fiecare. Distribuția secundară a energiei electrice se face la JT(0.4kV), pentru toți consumatori din fabrică.

Din bilanțul electroenergetic, real, anual și din măsurătorile efectuate rezultă următoarele aspecte:

din consumul anual de energie electrică de 30 391 MWh (100%), 418.9 MWh (1.35%) reprezintă pierderi în stația de racord adânc SRA 110/20kV, 168.7 MWh (0.55%) reprezintă pierderi în conductorii de medie tensiune, 345.3 MWh (1.12%) reprezintă pierderi în substațiile de transformare 20/0.4kV, 519.7 MWh (1,64%) reprezintă pierderi în conductorii de JT (0.4kV), iar 2 165 MWh (7%) reprezintă pierderi în consumatorii de JT (0.4kV și 263,39 MWh (3,65%) reprezintă alte pierderi.

Energia utilă este de 5 511.84 MWh, de unde rezultă un randament de utilizare a energiei electrice pentru consumatorii din fabrică de $\eta_e = 88.3\%$;

Din fișele de măsurători ale consumatorilor de JT (0.4kV) – motoare electrice de acționare - rezultă randamentul mediu al acestora $\eta_m = 86.7\%$; la un grad mediu de încărcare de $(C_i) = 24.34\%$. Este o valoare relativ bună a randamentului (ținând seama de numeroasele motoare electrice au puteri foarte mici 0.55...3kW, cu randamente nominale sub randamentul mediu, rezultat din fișele de măsurători) și corespunzătoare gradului mediu de încărcare de sub 50%, ceea ce asigură funcționarea motoarelor la randamente sub cele nominale.

Transformatoarele din substații lucrează independent – nu sunt cuplate în paralel – motiv pentru care au sarcini diferite și pierderile aferente, diferite. Transformatoarele alimentează întreaga platformă dar măsurătorile și calculele energetice din prezenta analiză s-a efectuat strict pentru consumatorii care aparțin beneficiarului raportându-se la producția înregistrată de acesta. Acest aspect duce la o necorelare între puterile măsurate la consumatori și cele măsurate în posturile de transformare.

Iluminatul interior și exterior al fabricii deține o pondere însemnată în puterea instalată – 189kW – și în consumul anual de energie electrică – 2 948.83 MWh.

5. Randamentul conturului de bilanț este unul bun 88.3%, ținând cont de specificul de funcționare a consumatorilor în fluxul tehnologic.

6. Coeficientul mediu de utilizare în timp al motoarelor de acționare, echipamentelor și instalațiilor electrice este $C_u = 63.25\%$, bun, acesta fiind rezultat al procesului tehnologic existent/utilizat în unitatea analizată;

7. Gradul de încărcare mediu al motoarelor electrice de acționare este unul slab de asemenea, $C_i = 24.34\%$, având în vedere faptul că majoritatea acestora funcționează cu convertizoare de frecvență.

8. Majoritatea echipamentelor/mașinilor electrice sunt relativ noi și sunt acționate de motoare asincrone, echipate cu convertizoare de frecvență și ca atare funcționează optim din punct de vedere energetic.

Pierderile de putere în cablurile de MT au o valoare de ~ 31.74 kW.

Pierderile de putere în transformatoare ($\approx 1.13\%$) și în cablurile de JT ($< 2\%$) sunt reduse și justificate din punct de vedere energetic.

Personalul de exploatare este bine instruit asupra modului de operare a echipamentelor electrice, ceea ce conduce la diminuarea pierderilor de energie electrică.

Pe baza concluziilor prezentate, se fac următoarele **propuneri**:

1. Completarea documentațiilor tehnice aferente echipamentelor electrice, cu datele constructive ale acestora, pentru o cunoaștere mai completă a comportării acestora din punct de vedere tehnic, pe durata funcționării.

2. Reactualizarea documentațiilor – scheme electrice monofilare, în conformitate cu cerințele de elaborare a acestora, elaborarea listelor cu consumatorii de energie electrică, repartizați pe ateliere și de instalații, cu caracteristicile lor tehnice nominale. De mare utilitate ar fi astfel de liste, lipite pe spatele ușilor de la dulapurile electrice din ateliere / hale / secții. Numirea unui responsabil cu actualizarea permanentă a acestor documentații, având în vedere modificările și dezvoltările continue din fabrică și cu diseminarea schemelor monofilare în stațiile electrice relevante. Costurile pentru realizarea acestei soluții propuse sunt nule.

3. Contorizarea separată la nivelul fiecărui sector de activitate prin dezvoltarea unui sistem de contorizare automat pentru o mai bună urmărire a consumului de energie electrică.

88/307

www.energobit.com

Acest sistem poate fi inclus totodată într-un sistem de tip SCADA pentru urmărirea centralizată a consumurilor la nivelul fiecărei unități de producție. Aceste măsuri nu aduc în mod direct o economie de energie, dar determină o mai bună urmărire a consumurilor și deci a cheltuielilor și pot asigura o foarte bună gestionare a cheltuielilor cu energia prin posibilitatea optimizării consumurilor energetice.

Având contorizarea individuală automată se vor putea observa eventuale puncte deficitare și se vor putea lua măsurile adecvate pentru îmbunătățirea eficienței consumurilor de energie în funcție de cerințele proceselor de producție.

4. Elaborarea unui bilanț electroenergetic nou după aplicarea măsurilor/soluțiilor de creștere a eficienței energetice propuse.

6. SOLUȚII DE CREȘTERE A EFICIENȚEI ELECTROENERGETICE

Pe baza măsurărilor și observațiilor proprii efectuate asupra consumatorilor de energie electrică din fabrica, se fac următoarele propuneri de creștere a eficienței energetice:

6.1 Soluții / măsuri fără costuri, recomandate.

1. Inițierea unui sistem de premiere pentru angajații fabricii, care propun și/sau aplică măsuri de creștere a eficienței energetice; în acest fel, corpul de angajați / colectivele / grupurile / echipele de lucru, vor fi motivate să abordeze în mod direct problema eficientizării consumurilor de energie, să urmărească realizarea unor condiții optime în raportul consum energie / producție;

2. Inițierea unui sistem de bonificare pentru propunerile de măsuri de creștere a eficienței energetice la care se angajează responsabilul tehnic al fabricii; acordarea unui rol important acestuia; stabilirea unor ședințe comune pe tema creșterii eficienței energetice între acesta și conducerea tehnică a societății;

3. Monitorizarea unor indicatori de calitate a energiei, astfel încât să fie identificate din timp eventuale probleme, datorate unor perturbații din RED/SEN, sau asociate funcționării unor echipamente / utilaje din conturul energetic al fabricii;

4. Verificarea periodică a transformatoarelor prin măsurarea rezistențelor de izolație ale înfășurărilor;

5. Etichetarea și menținerea actualizată a etichetelor echipamentelor și plecărilor din tablourile electrice de distribuție; se recomandă dotarea talourilor electrice cu scheme electrice de forță și comandă pentru a facilita accesul personalului autorizat în instalații;

6. Măsurarea periodică a prizelor de împământare;

89/307

www.energobit.com

7. Se recomandă aspirarea periodică a prafului din tablourile electrice de alimentare;
8. Reciclarea lămpilor de iluminat defecte prin servicii specializate;
9. Renegocierea periodică a pretului la energia electrică;
10. Realizarea unor evaluări tehnice periodice cu caracter de mentenanță cum ar fi: termografierea instalațiilor electrice, inspecția cu ultrasunete pentru detecție a pierderilor de gaze de ardere, evaluarea iluminării la planul de lucru al operatorilor; achiziția pentru aceste activități a unor aparate de măsură adecvate;
11. Se recomandă menținerea curată a luminatoarelor / geamurilor prin curățarea periodică a acestora;
12. Se recomandă solicitarea IBD-urilor orare, lunare, de la furnizorul de energie electrică, pentru a corela încărcările planificate cu consumurile înregistrate.

6.2 Soluții / măsuri recomandate, care implică costuri.

În cele ce urmează se propun câteva măsuri de creștere a eficienței energetice care necesită includerea lor într-un program de investiții.

6.2.1 Implementarea unui sistem de telegestiune.

Se recomandă implementarea unui sistem de telegestiune care să monitorizeze consumurile de energie electrică pe utilități (iluminat, preparare agent termic, încălzire etc) cu posibilitatea de extindere, certificat compatibil SAP și BRML. Se urmărește astfel separarea consumurilor electrice față de cele legate strict de producție.

Sistemul de contorizare propus este format din trei componente:

1. software:

Modulul de achiziție: realizează achiziția datelor primare de la aparate / echipamente.

Modulul de timp real: realizează actualizarea datelor (pe ecranul calculatorului) la intervale de maxim 1 minut.

Modulul de raportare: realizează rapoarte retroactive pe orice perioadă de timp.

2. echipamentele de măsură: Contor electronic de energie electrică activă și reactivă cu teletransmisie.

3. comunicație: interfețe de comunicație a datelor, conectate la o consola de management și dispecerizare.

Punctul 2 și 3 se realizează prin dotarea cu echipamente de contorizare, echipamente de măsură (contoare) monitorizare și control prevăzute cu interfețe de comunicație a datelor, conectate la o consola de management și dispecerizare prin care coordonatorul programului de management energetic (managerul energetic) realizează strategia companiei privind gestiunea resurselor energetice alocate.

Beneficiile principale ale utilizării sistemului de monitorizare a consumurilor energetice propus, sunt:

- eliminarea penalitatilor platite datorita depasirii limitelor in varf de sarcina;
- diminuarea facturii de energie electrica;
- introducerea unui instrument de masurare performant pe baza caruia sa fie posibila optimizarea sistemului pe parcursul utilizarii;
- monitorizarea in timp real a sistemului de consum si distributie pentru energie si utilitati (energie electrica, apa);
- selectia tipului optim de contract, a furnizorului si a generarii previzionatelor – cumpararea energiei in cele mai avantajoase conditii;
- selectia tehnologiilor de reducere a amprentei consumului de CO₂;
- monitorizarea disciplinei de utilizare a energiei;
- evaluarea eficientei energetice a tehnologiilor existente si viitoare si a masurilor de reducere a consumurilor si a intensitatii energetice;
- determinarea exacta a eficientei energetice a locatiilor, a zonelor, a proceselor tehnologice, a fluxurilor tehnologice, a echipamentelor / utilajelor;
- monitorizarea energiei si utilitatilor (electric);
- urmarirea si inregistrarea efectelor de mediu corelate cu aceste consumuri (ape uzate, noxe, pulberi, gaze – CO, CO₂, N₂O, SO₂)
- termene de recuperare a investitiei reduse **_in functie de măsurile de creștere a eficienței energetice aplicate;**

Principalii parametri monitorizati (propunere) sunt:

- Tensiuni, curenti, puteri, energii, factor de putere, cos φ ;
- Nivele lichide și solide;
- Volum material și cantitate;
- Debit, temperatură, umiditate;
- Presiuni.

Integrarea tuturor parametrilor monitorizati într-un sistem centralizat de achizitie date. Transmiterea informatiilor către sisteme de supervizare și control tip SCADA/HMI. În funcție de necesitatea beneficiarului transmiterea se poate face în diferite modalități: Serial – RS 485/232/422 sau Ethernet sau Fibră optică sau GSM/GPRS sau Wireless (0,9 - 2.4GHz) sau Power Line Carrier.

Sistemul de monitorizare consumuri de energie electrică propus are în vedere 9 circuite / consumatori de energie electrică. Această propunere se poate modifica la cererea beneficiarului.

Sistemul de telegestiune propus se compune din următoarele:

- Transformatori de curent toroidali de tip clipsabil (datasabil in doua bucati);
- Contoare electronice de energie electrica activa si reactiva cu teletransmisie;
- Soft si configurare soft PME pentru 1 server;
- Configurare locala contoare;
- Concentrator de date;
- Calculator PC.

Soluția tehnică propusă, presupune achiziția și montajul următoarelor elemente:

- Instalații/echipamente necesare realizarii de sisteme de monitorizare a consumului de energie la întreprinderi din industrie cu consumuri de peste 1.000 tep/an, în scopul reducerii imediate a pierderilor și cuantificarea potențialului de economisire și de localizare a punctelor de aplicare pentru maximizarea eficienței prin măsurile de creștere a eficienței energetice ce pot fi aplicate ulterior consumatorului;
- Sisteme de monitorizare (hardware și software): senzori pentru instrumente de măsură și/sau instrumente de măsură și dispozitive de control pentru date de proces industrial ;
- RTU (Remote Terminal Units) – Unitate de prelevare date din proces industrial sau din câmp;
- Sistem de comunicare și transmitere date;
- Stație master (stația la care ajung toate comunicațiile și care este legată de toate echipamentele și subsistemele).

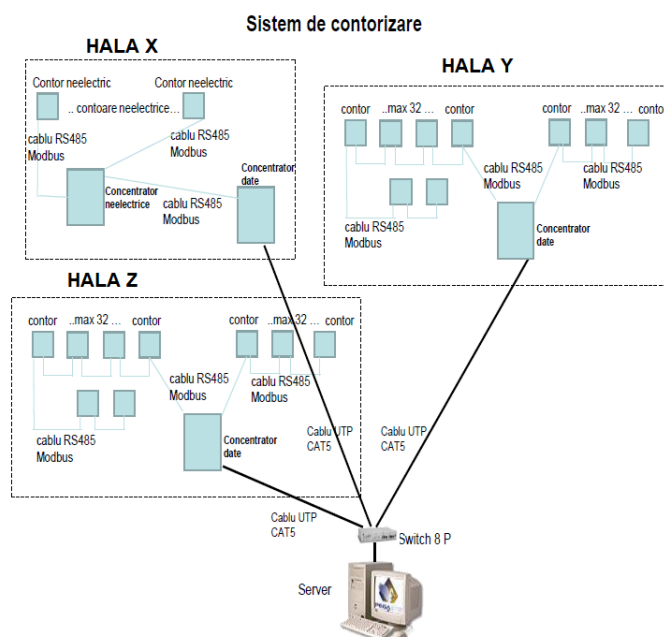


Figura 6.1 Schema de principiu a sistemului de telegestiune propus.

Soluția propusă are în vedere montarea a 9 contoare de energie electrică pentru monitorizarea consumurilor aferente halelor de producție și a stației de compresoare, considerate obiective cu consum energetic important.

Denumirea echipament	Caracteristici tehnice	Cantitate (buc)	Preț unitar - lei	Preț - lei	
Transformatori de curent toroidali de tip clipsabil (datasabil in doua bucati)	Un= 20/ V3 V In = 50/5 A Cl= 0.5 % Sn2 = 5-10 VA	21	610.00 lei	12,810.00 lei	€2,668.75
Transformatori de curent toroidali de tip clipsabil (datasabil in doua bucati)	Un= 20/ V3 V In = 300/5 A Cl= 0.5 % Sn2 = 5-10 VA	6	635.00 lei	3,810.00 lei	€793.75
Contor electronic de energie electrica activa si reactiva cu teletransmisie	Un= 3x100 V In = 2x5 A Cl = 0.5	2	2,100.00 lei	4,200.00 lei	€875.00
Contor electronic de energie electrica activa si reactiva cu teletransmisie	Un= 3x100/V3 V In = 3x5 A Cl = 0.5	7	2,220.00 lei	15,540.00 lei	€3,237.50
TOTAL echipamente contorizare		9		36,360.00 lei	€7,575.00
TOTAL C+M		-		19,800.00 lei	€4,125.00
TOTAL configurari contoare si soft		-		9,900.00 lei	€2,062.50
				66,060.00 lei	€13,762.50

Tabel 6.1 Evaluarea estimativă a investiției în contorizarea energiei propusă.

Valoarea estimată a investiției și economiile ce pot fi obținute, estimate la 0,3% din cantitatea de energie electrică de joasă tensiune utilizată de fabrică în anul 2018, sunt:

Măsurile pe termen mediu, de 2 pana la 3 ani, vizand un program de investitii:							Reducerea emisiilor de CO ₂	Perioada de recuperare a investitiei actualizata (perioada de actualizare 20 ani)	Venitul net actualizat VNA	Rata internă de rentabilitate RIR	Rata de actualizare k
nr.crt.	Descrierea masurii	Termenul de aplicare	Costul aplicarii masurii [mii lei]	Economie anuala de energie							
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
1	Instalarea unui sistem de telegestiune pentru urmărirea tuturor consumurilor utilitatii (energie electrică) în condițiile aplicării măsurilor propuse de creștere a eficienței energetice din prezentul audit energetic	2019 - 2022	66.06	20.83	1.79	0.3	14.60	10.55	21.84	16.76%	12.00%
TOTAL				2019 - 2022	66.06	20.83	1.79	0.30	14.60	-	-

Tabel 6.2 Centralizatorul investiției în contorizarea energiei (9 contoare).

Este o durată mare de recuperare a investiției, față de duratele „bancabile” acceptate de 5 ... 7 ani.

Investiția se propune a se realiza etapizat, în decursul a 3 ani, pe măsura implementării celorlalte măsuri de creștere a eficienței energetice propuse.

Implementarea sistemului de telegestiune propus, economiile ce pot fi obținute prin punerea lui în practică, sunt de fapt economiile obținute prin aplicarea măsurilor prezentate în auditul energetic.

Valoarea acestor economii, dacă sunt aplicate măsurile propuse, poate să depășească 0,3% din cantitatea de energie facturată în 2018 și reprezintă o valoare măsurabilă a economiilor de energie ce pot fi obținute prin implementarea sistemului de telegestiune.

6.2.2 Modernizarea treptată a motoarelor de acționare prin înlocuire cu motoare de înaltă eficiență IEE3.

Măsura propune înlocuirea unor motoare electrice (215 buc), trifazate, asincrone, în scurtcircuit, uzate fizic și moral, din clasa de eficiență IE-1 sau 2 cu motoare de eficiență energetică superioară IE-3 și/sau 4 (conform EN 60034 – 30:2009), eventual redimensionate, pentru reducerea pierderilor în acestea.

În general, gradul de încărcare al motoarelor electrice este slab ($C_i \approx 25\%$), însă din observațiile proprii există și suficiente mașini-agregat echipate cu motoare electrice vechi.

Se propune înlocuirea treptată a acestor motoare, a motoarelor rebobinate sau a celor ce urmează a fi rebobinate cu motoare electrice noi, de „înaltă eficiență” (EFF3, EFF4).

În ultima perioadă de timp, având în vedere creșterea permanentă a prețului energiei electrice, producătorii au scos pe piață motoare electrice de „înaltă eficiență”, care au randamente mai mari decât motoarele electrice „standard” cu 2...7 %, diferențele mai mici corespunzând motoarelor de putere mai mare. Mai multe informații despre acest tip de motoare sunt prezentate în Anexa.

Prin înlocuirea motoarelor „standard” cu motoare de „înaltă eficiență” se obține reducerea consumului (anual) de energie electrică în conformitate cu relația:

$$\Delta E = P \times (1/\eta_V - 1/\eta_N) \times t \text{ [kWh]}$$

unde: P [kW] – puterea utilă la arbore;

η_V – randamentul motorului vechi;

η_N – randamentul motorului nou;

t [ore] – durata anuală de funcționare.

Pe baza acestor considerente propunem înlocuirea – etapizată – a unei puteri instalate în motoare electrice $P_i = 4\,834\text{ kW}$, ceea ce reprezintă ~ 31 % din puterea instalată a mașinilor din fabrica. Din fișele de măsurători rezultă că puterea utilă corespunzătoare este $P = 1\,176\text{ kW}$, la un randament $\eta_V = 86.7\%$.

Înlocuind aceste motoare cu motoare electrice de „înalță eficiență” (tip EFF4), se reduc pierderile cu cca 4% și randamentul crește la $\eta_N = 91\%$.

În **tabelul 6.3** se prezintă economiile de energie si electrică obținute prin înlocuirea motoarelor de acționare propuse (215 buc.), cu motoare de înaltă eficiență.

Nr. crt.	Motor de acționare	Denumire utilaj / echipament	Caracteristici nominale											Marimi măsurate		Marimi calculate						
			cantități [buc]	U_n [V]	I_n [A]	ΔI_n [A]	P_n [kW]	n_n [rot/min]	$\cos\varphi_n$	$\Delta\cos\varphi_n$	η_n [%]	$\Delta\eta_n$ [%]	η_{cr}^{11} [%]	P_1 sau P_2 [kW]	Q_1 [kVA]	$\cos\varphi_1$	P_2 [kW]	ΔP [kW]	δP [kW]	η [%]	C_i [%]	C_u [%]
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	motor asincron 7.5kW IE4	7.5 kW / 1500 rot/min (4 poli)	14	400	179.2	-35	105	1500	0.95	0.14	93	5.9	95	42.05	18.61	0.91	36.11	6	-2	86	34.39	-
2	motor asincron 7.5kW IE4	7.5 kW / 3000 rot/min (2 poli)	15	400	190.5	-28.5	113	3000	0.96	0.11	93	5.9		31.37	17.65	0.87	26.41	5	-2	84	23.48	-
3	motor asincron 11kW IE4	11 kW / 900 rot/min (6 poli)	6	400	111.6	-22.8	66	900	0.96	0.16	93.5	4.8		3.55	1.70	0.90	2.69	1	0	76	4.07	-
4	motor asincron 11kW IE4	11 kW / 1500 rot/min (4 poli)	92	400	1720.4	-147.2	1012	1500	0.95	0.07	94	5		255.99	66.69	0.97	229.99	26	-15	90	22.73	-
5	motor asincron 15kW IE4	15 kW / 1500 rot/min (4 poli)	7	400	175.7	-16.1	105	1500	0.96	0.08	94.5	4.5		34.03	0.00	1.00	29.43	5	-2	86	28.03	-
6	motor asincron 15kW IE4	15 kW / 3000 rot/min (2 poli)	27	400	680.4	-78.3	405	3000	0.96	0.1	94	4.5		138.53	0.00	1.00	124.79	14	-7	90	30.81	-
7	motor asincron 22kW IE4	22 kW / 900 rot/min (6 poli)	2	400	72.8	-7.4	44	900	0.97	0.09	94.5	4.5		31.81	15.19	0.90	25.79	6	-2	81	58.62	-
8	motor asincron 22kW IE4	22 kW / 1500 rot/min (4 poli)	3	400	109.8	-7.8	66	1500	0.96	0.07	95	4		45.30	25.82	0.87	40.71	5	-2	90	61.68	-
9	motor asincron 30kW IE4	30 kW / 1500 rot/min (4 poli)	11	400	546.7	-38.5	330	1500	0.96	0.07	95.5	4		40.57	48.09	0.64	36.64	4	-2	90	11.10	-
10	motor asincron 30kW IE4	30 kW / 900 rot/min (6 poli)	6	400	298.2	-24.6	180	900	0.97	0.09	94.5	3		4.41	2.64	0.86	3.55	1	0	80	1.97	-
11	motor asincron 45kW IE4	45 kW / 1500 rot/min (4 poli)	5	400	367	-30	225	1500	0.97	0.09	96	3		119.24	90.74	0.80	101.14	18	-6	85	44.95	-
12	motor asincron 55kW IE4	55 kW / 1500 rot/min (4 poli)	8	400	717.6	-50.4	440	1500	0.97	0.09	96	2		82.71	45.49	0.88	76.62	6	-4	93	17.41	-
13	motor asincron 55kW IE4	55 kW / 3000 rot/min (2 poli)	3	400	270.6	-23.1	165	3000	0.97	0.1	95.5	2.3		52.46	21.73	0.92	48.35	4	-2	92	29.30	-
14	motor asincron 75kW IE4	75 kW / 900 rot/min (6 poli)	2	400	244.6	-23.4	150	900	0.97	0.13	96	2		56.48	27.42	0.90	51.31	5	-3	91	34.21	-
16	motor asincron 90kW IE4	90 kW / 1500 rot/min (4 poli)	10	400	1460	-120	900	1500	0.97	0.1	96.5	2		89.27	0.00	1.00	86.40	3	-5	97	9.60	-
17	motor asincron 132kW IE4	132 kW / 1500 rot/min (4 poli)	4	400	843.6	-56.4	528	1500	0.98	0.09	97	2		218.59	62.42	0.96	209.99	9	-10	96	39.77	-
			215		499.29	-44.34	4,834		0.96	0.10	94.91	3.71		1,246	444	0.94	1,130	116	-64	90.66	23.38	

Tabel 6.3 Economii de energie obținute prin înlocuirea motoarelor asincrone cu motoare asincrone de înaltă eficiență (215 buc.).

Din calcule și din analiza **tabelelor 5.15 și 6.3** rezultă că pierderile de puteri în motoarele de acționare propuse se reduc prin înlocuire cu $\delta P_e = 64.1\text{ kW}$ (35.51%).

Acestei reduceri de putere îi corespunde o economie anuală la consumul de energie electrică al fabricii pentru toate cele 215 motoare avute în vedere:

$$\delta E_e = (\delta P_e \cdot \text{nr. masini} \cdot \text{nr. motoare} / \text{masina} \cdot T \cdot C_u / 100) / 1000$$

$$\delta E_e = (64.1 \times 8\,400 \times 62.13 / 100) / 10000 = 334.53\text{ MWh}$$

ceea ce la un preț estimat al energiei electrice achiziționată $p_e = 61\text{ euro/MWh}$, înseamnă o **reducere a costurilor cu energia electrică:**

$$\delta C_e = 334.53 \times 61 = 20\,406.5\text{ euro}$$

Valoarea estimată a investiției pentru înlocuirea motoarelor este $I = 521\,452$ euro (2 500 mii lei), deci durata de recuperare neactualizată a investiției devine:

$$D_e = I / \delta C_e > 20 \text{ ani}$$

Durata de recuperare a investiției este foarte mare, dar din motive de siguranță a funcționării instalațiilor, a creșterii productivității și scaderii consumului specific de energie electrică, înlocuirea motoarelor de acționare cu motoare de înaltă eficiență trebuie începută.

6.2.2 Automatizarea sistemului de iluminat interior în spațiile comune.

Soluția tehnică propusă are în vedere achiziția și montajul de senzori de mișcare și crepusculari în toate spațiile comune ale fabricii, integrate în circuitele de alimentare cu energie electrică a corpurilor de iluminat aferente spațiilor menționate.

Avantajele soluției tehnice propuse derivă din faptul că[,] corpurile de iluminat interior cu senzor se dovedesc a fi foarte utile în spații comune cu necesar de iluminare sporadică, fie că sunt montate în holuri, băi, bucătării, birouri sau spații de depozitare. Lumina se aprinde astfel în mod automat, doar atunci când este nevoie de ea, la detecția mișcării în raza de acțiune a senzorului, fără a fi necesar întrerupătorul.

În lipsa unei contorizări a energiei electrice pentru iluminat interior, s-au calculat consumurile anuale utilizând metoda simplificată dată de Metodologia Mc 001 – partea II.

energie electrica utilizata anual pentru iluminat interior metoda simplificata pag. 533 man instalatii el.		
P _n =	75.55	kW putere instalata iluminat interior spatii de servicii
C3		
t _D =	2,250	timp utilizare lumina naturala fctie de tipul cladirii
t _N =	250	timp in care nu se utilizeaza lumina naturala
F ₀ =	1.0	factor de dependenta fctie de durata de utilizare
F _D =	1.0	factor de dependenta la lumina naturala fctie de sistemul de automatizare si control
6A =	850.00	m² aria totala a pardoselii folosite pt. spatii servicii
C3		

Tabel 6.4 Puterea instalată și energia anuală necesară iluminatului interior al fabricii în spațiile comune.

În aceste condiții se reduc timpurile de utilizare pentru iluminatul spațiilor comune, de la 3 285 ore/an diurn, la 2 190 ore/an, implicit cantitatea de energie electrică consumată în acest sector.

ILUMINAT INTERIOR spatii comune			
ECONOMII PRIN montaj senzori si reducere ore			
iluminat interior in spatii de servicii corectat 2018	reducere ore functionare		
energie consumata 2018 _in spatii de servicii (20% din total iluminat interior)	443.21	MWh/an	
ore/zi iluminat saptii gospodaresti actual	9	ore/zi	2018
ore/zi iluminat saptii gospodaresti propus	6	ore/zi	propuneri
saptamini medii pe luna	4.2	sapt./luna	
ore anuale iluminat actual	3,285	ore/an	2018
ore anuale reduce	2,190	ore	propuneri
energie consumata prin automatizare cu senzor respectiv reducere nr. ore de functionare	33.09	MWh_2040 ore functionare/an	
economie energie obtinuta	410.11	MWh	propuneri
	1.33%		

economie putere 15.11 kW

Tabel 6.5 Economii obținute prin implementarea automatizării iluminatului interior în spații comune.

Având în vedere numărul corpurilor de iluminat interior, valoarea investiției propuse devine:

68.00buc	4,352.00 lei	etaj office
64.00buc	4,096.00 lei	parter offi
32.00buc	2,048.00 lei	poarta
86.00buc	5,504.00 lei	atelier
12.00buc	768.00 lei	anexe
46.00buc	2,944.00 lei	compreso
308.00buc	19,712.00 lei	

Din calcule și din analiza **mai sus prezentat** rezultă că pierderile de puteri in iluminatul interior se reduc cu **$\delta P_e = 15.1$ kW**.

Acestei reduceri de putere îi corespunde o economie anuală la consumul de energie electrică al fabricii pentru întreg sistemul interior de iluminat:

$$\delta E_e = (\delta P_e \times T \times c_u / 100) / 1000;$$

$$\delta E_e = (15.11 \times 8\,400 \times 100 / 100) / 10000 = 126.92 \text{ MWh}$$

ceea ce la un preț estimat al energiei electrice achiziționată **$p_e = 61$ euro/MWh**, înseamnă o **reducere a costurilor cu energia electrica:**

$$\delta C_e = 126.92 \times 61 = 7\,742.4 \text{ euro}$$

Valoarea estimată a investiției pentru achiziția și montajul senzori de mișcare și crepusculari în toate spațiile comune ale fabricii este:

$$I = 740 \text{ euro},$$

deci durata de recuperare a investiției devine:

97/307

www.energobit.com

$$D_e = I / \delta C_e \approx 10 \text{ ani}$$

Valoarea estimată a investiției și economiile ce pot fi obținute, estimate la 1.33% din cantitatea de energie electrică utilizată de fabrică pentru iluminatul interior (245.5MWh) în anul 2018.

Valoarea estimată a investiției $I = 3\,533$ lei la care se adaugă costurile de montaj ce pot fi realizat cu costuri minime (forțe proprii), este o valoare mică, care raportată la economiile de energie obținute se amortizează în cca. 1 an.

Este o durată foarte scurtă de recuperare a investiției care justifică pe deplin realizarea ei.

6.2.3 Automatizarea sistemului de iluminat exterior.

Soluția tehnică propusă are în vedere achiziția și montajul unui ceas programator în circuitele de alimentare cu energie electrică a corpurilor de iluminat exterior.

Avantajele soluției tehnice propuse derivă din faptul că, corpurile de iluminat exterioare se vor aprinde în funcție de un orar stabilit de responsabilul sistemului. Lumina se va programa astfel în mod automat, doar în intervalul orar dorit, iar intensitatea luminoasă poate fi controlată / scăzută tot într-un interval orar dorit considerat neimportant.

În aceste condiții se reduc timpurile de utilizare pentru iluminatul exterior, precum și cantitatea de energie electrică consumată în acest sector între anumite ore, programate.

Soluția tehnică propusă are în vedere scăderea intensității energiei electrice de alimentare a circuitului electric cu 60% o perioadă de 888 de ore/an, defalcate zilnic și lunar astfel:

LOCATIE:											
	ore diurne/zi NASA	ore nocturne/zi gagarin	zile/luna	total ORE diurne/luna	total ore nocturne/luna	zile fara soare (inourat)/luna NASA	ORE fara soare (inourat)/luna	total ore nocturne sau fara insorire CONSIDERATE	total ore lumina naturala (fara nori) CONSIDERATE	ORE NOCTURNE/zi REDUS 60% ILUMINARE_ PROPUNERE	Total ore reduse lunar
ian	8.98	15.02	31	278.38	465.62	4.46	107.04	470.08	171	2.3	71.3
feb	10.3	13.7	28	288.4	383.6	4.51	108.24	388.11	180	2.3	64.4
mart	11.9	12.1	31	368.9	375.1	5.33	127.92	380.43	241	2.3	71.3
apr	13.5	10.5	30	405	315	3.29	78.96	318.29	326	2.4	72
mai	15	9	31	465	279	10.2	244.8	289.2	220	2.4	74.4
iun	15.8	8.2	30	474	246	5.89	141.36	251.89	333	2.6	78
iul	15.4	8.6	31	477.4	266.6	4.72	113.28	271.32	364	2.6	80.6
aug	14.2	9.8	31	440.2	303.8	6.65	159.6	310.45	281	2.8	86.8
sept	12.6	11.4	30	378	342	10.1	242.4	352.1	136	2.6	78
oct	10.9	13.1	31	337.9	406.1	8.23	197.52	414.33	140	2.3	71.3
nov	9.43	14.57	30	282.9	437.1	7.1	170.4	444.2	113	2.3	69
dec	8.58	15.42	31	265.98	478.02	5.55	133.2	483.57	133	2.3	71.3
	12.22	11.78	365	4462.06	4297.94	76.03	1824.72	4,374	2,637	2.4	888

Tabel 6.6 Orele nocturne zilnice, calculate lunar și anual (sursa datelor nasa.gov).

ILUMINAT EXTERIOR			
ECONOMII PRIN montaj senzori si reducere ore			
iluminat exterior 2018	reducere ore functionare		
energie consumata 2018	115.91	MWh/an	
ore iluminat nocturn actual	4,374	ore/an	2018
ore iluminat reduce 60%_propus	888	ore/an	iluminare redusa 60%
energie consumata prin reducere nr. ore de functionare si scadere intensitate luminoasa 60%	14.13	MWh / ore funct. redusa 60%	
economie energie obtinuta	101.78	MWh	propuneri
	0.33%		

economie putere 15.90 kW

Tabel 6.7 Economii obținute prin implementarea automatizării iluminatului interior în spații comune.

Din calcule și din analiza **mai sus prezentat** rezultă că pierderile de puteri în iluminatul interior se reduc cu **$\delta P_e = 15.9 \text{ kW}$** .

Acestei reduceri de putere îi corespunde o economie anuală la consumul de energie electrică al fabricii pentru întreg sistemul interior de iluminat:

$$\delta E_e = (\delta P_e \times T \times c_u / 100) / 1000;$$

$$\delta E_e = (15.9 \times 8\,400 \times 100 / 100) / 10000 = 133.6 \text{ MWh}$$

ceea ce la un preț estimat al energiei electrice achiziționată **$p_e = 61 \text{ euro/MWh}$** , înseamnă o **reducere a costurilor cu energia electrica:**

$$\delta C_e = 133.6 \times 61 = 8\,147.2 \text{ euro}$$

Valoarea estimată a investiției pentru achiziția și montajul senzori de mișcare și crepusculari în toate spațiile comune ale fabricii este:

$$I = 740 \text{ euro},$$

deci durata de recuperare a investiției devine:

$$D_e = I / \delta C_e \approx 10 \text{ ani}$$

Economiile ce pot fi obținute, estimate la 0.33% din cantitatea de energie electrică utilizată de fabrica anual pentru iluminatul exterior (115.9MWh) în anul 2018.

6.3 Centralizatorul măsurilor tehnice propuse pentru creșterea eficienței electroenergetice.

Masuri de crestere a eficientei electroenergetice propuse:							Reducerea emisiilor de CO ₂	Perioada de recuperare a investitiei (perioada de actualizare 20 ani)	Venitul net actualizat VNA	Rata internă de rentabilitate RIR	Rata de actualizare k
nr. crt.	Descrierea masurii	Termenul de aplicare	Costul aplicarii masurii [mii lei]	Economie anuala de energie							
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
1	Instalarea unui sistem de telegestiune pentru urmărirea tuturor consumurilor utilitatii (energie electrică) in conditiile aplicării masurilor propuse de crestere a eficientei energetice din prezentul audit energetic	2020 - 2023	102.42	129.98	11.18	0.30	91.12	1.85	425.84	0.65	0.12
2	Pentru sistemul de iluminat interior a spatiilor comune: Achizitia si montajul de senzori lumina, prezenta / miscare si montajul in circuitele electrice din grupuri sociale, holuri, depozite / magazinei.	2020	3.53	410.11	35.26	1.33	287.49	0.02	1,642.84	56.89	0.12
3	Pentru sistemul de iluminat exterior: Achizitia si montajul a 5 ceasuri programabile in circuitele electrice de iluminat exterior.	2020	3.85	101.78	8.75	0.33	71.35	0.66	9.87	1.71	0.12
4	Inlocuirea motoarelor electrice, de acționare (215buc), inclusiv a dulapurilor aferente de alimentare cu energie electrică a acestora, cu motoare electrice de inalta eficienta (IE4)	2020 - 2026	2,492.54	334.67	28.78	1.08	234.61	7.99	1,439.31	0.20	0.12
TOTAL		2020	2,602.35	976.56	83.97	3.04	684.57	2.63	879.46	14.86	0.12

Tabel 6.8 Tabel centralizator cu indicatorii de creștere a eficienței electroenergetice, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de rentabilitate economică, pentru implementarea măsurilor propuse.

Notă:

- În analizele economice se consideră că soluțiile tehnice propuse aduc venituri pe o perioadă de 20 ani deoarece după această perioadă se consideră uzate moral.
- Pentru calculul indicatorilor economici, s-a luat în calcul o rată de actualizare de 12%.
- S-au notat cu roșu investițiile propuse dar nebancabile (nefezabile din punct de vedere economic).
- Analizele de cash flow și cele de fezabilitate se prezintă în Anexe.

7. BILANȚ ELECTROENERGETIC, OPTIMIZAT, ANUAL.

Bilanțul electroenergetic optimizat, anual, se întocmește prin aplicarea soluțiilor tehnice propuse pentru creșterea eficienței energetice, respectiv:

1. înlocuirea treptată a motoarelor electrice de acționare cu motoare electrice de înaltă eficiență (IE4) propusă a se realiza eşalonat pe o perioadă de 6 ani;
2. achiziția și montajul de senzori de lumină/prezență/mișcare și montajul acestora în spații comune neproductive (grupuri sociale, vestiare, depozite, holuri, căi de acces);
3. achiziția și montajul de ceasuri programabile și dimming în tablourile electrice de alimentare a zonelor exterioare de iluminare aferente.

Bilanțul electroenergetic, optimizat, anual, se întocmește în ipoteza ca măsurile propuse pentru creșterea eficienței electroenergetice în fabrica sunt aplicate în totalitate.

Prin aplicarea soluțiilor tehnice de creștere a eficienței energetice prezentate, rezultă bilanțul energetic, optimizat, anual, prezentat tabelar în **tabelul 7.1** și grafic sub forma diagramei Sankey în **figura 7.1**.

E =		30,930,060.63	kWh	energie consumata dupa optimizare							
		putere intrata	putere iesita utila	pierderi putere el.			energie intrata	energie iesita - utila	pierderi energie el.		
Nr. Crt.	Consumator	P _i [kW]	P _{eJT} [kW]	ΔP [kW]	t _c [h/an]	C _u %	E _i [MWh]	E _e [MWh]	ΔE [MWh]	η _E [%]	
1	SRA 110/20kV (IT/MT)	5,499.64	5,437.51	62.1	8,400	66.95	30,930.1	30,580.7	349.4	98.87	
2	Cabluri MT	5,437.51	5,409.33	28.2	8,400	66.95	30,580.7	30,422.2	158.5	99.48	
3	Substatii 20/0.4kV (MT/JT)	5,789.73	5,725.10	64.6	8,400	63.60	30,930.1	30,584.8	345.3	98.88	
4	Cabluri JT	5,877.90	5,784.98	92.9	8,400	63.60	31,401.1	30,904.7	496.4	98.42	
5	Consumatori JT	5,784.98	5,437.51	347.5	8,400	63.65	30,930.1	29,072.3	1,857.8	93.99	
TOTAL		5,499.6	5,437.5	62.1	8,400	100.00	30,930.1	27,722.7	3,207.3	89.63	

Tabel 7.1 Bilanț electroenergetic, optimizat, anual, al fabricii.

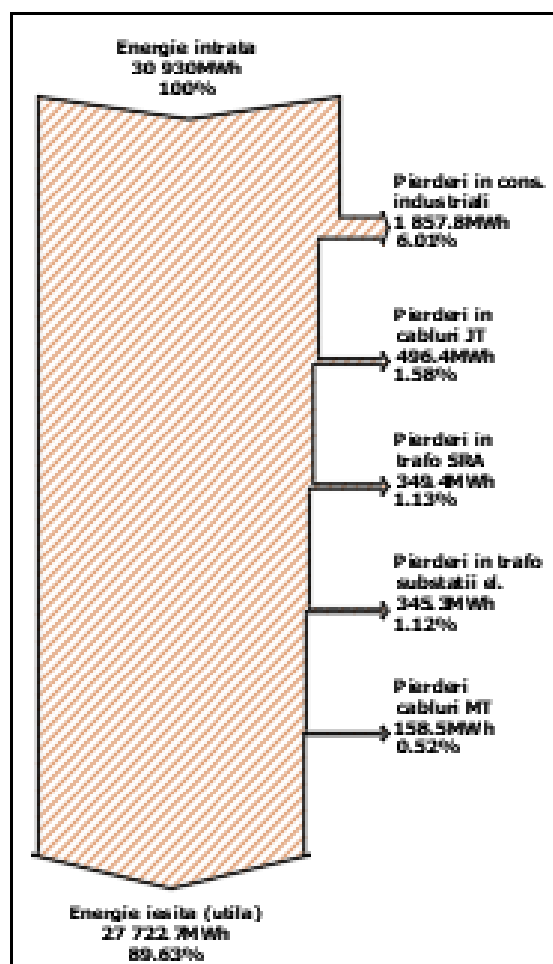


Figura 7.1 Bilanț energetic, optimizat, anual, al fabricii. Diagrama Sankey.

Randamentul electroenergetic ala fabricii, în urma aplicării măsurilor propuse:

$$\eta_{eJT} = (E_u / E_i) \times 100 = 89.63\%$$

8. BILANȚ TERMOENERGETIC

Generalități.

Uzina produce piese și repere din aluminiu pentru aeronave tot timpul anului, procesul tehnologic utilizează agent termic abur în secția de anodizare. Agentul termic necesar este asigurat în permanență de un cazan.

Pentru încălzirea spațiilor necesarul de agent termic este asigurat de cazane murale care produc apa caldă (pentru clădirea administrativă și spații neproductive) și de centrale de tratare a aerului pentru secții.

Producerea aburului în centrala termică se realizează în mod clasic, prin utilizarea unui cazan de abur, echipat cu arzător pe gaz natural și pompa de alimentare. Instalațiile auxiliare ale centralei termice cuprind, pompe de adaos, stație de dedurizare / tratare chimică a apei de adaos și un sistem complex de automatizare pentru comanda, controlul și monitorizarea funcționării în condiții de siguranță a întregului proces tehnologic de producere a aburului.

Întreg ansamblul centralei termice, procesul tehnologic în sine, este supravegheat de personal autorizat ISCIR conform prescripțiilor tehnice aplicabile producerii, transportului și utilizării aburului (presiune $p_{max} = 10\text{bar}$).

Combustibilul utilizat pentru asigurarea necesarului termic este gazul natural.

Alimentarea cu apă a cazanelor de abur se face cu respectarea strictă a regimului chimic al apei de adaos.

Toate echipamentele din centrala termică, în special cele sub presiune, sunt prevăzute cu elemente de siguranță și protecție în funcționare.

Consumurile de combustibil, energie, apă de adaos și producția de abur, nu sunt contorizate în mod individual.

Toate echipamentele și instalațiile din centrala termică precum și cele de încălzire a spațiilor sunt izolate termic.

Necesarul de căldură / agentul termic este obținut prin arderea gazului natural, alimentat din stația de reglare (SRM) printr-un racord la rețeaua distribuitorului zonal.

În cadrul procesului tehnologic al fabricii, se execută multe operațiuni de prelucrare la cald a pieselor de aluminiu inclusiv turnare prin inducție. Aceste procese tehnologice care au nevoie de temperaturi mari pentru prelucrarea aluminiului, utilizează energie electrică.

103/307

www.energobit.com

Din aceste considerente mașinile și utilajele care topesc sau tratează termic piese și subansamble din aluminiu se analizează prin bilanțul termoeenergetic al fabricii.

Pe baza considerațiilor de mai sus și a datelor puse la dispoziție de beneficiar se prezintă, în **tabelul 8.1**, consumurile lunare de gaz natural, pe parcursul perioadei de analiză (anul 2018).

2018	Cons. gaz natural			Prod realizata			Ore funcț. anual	Cons. spec. gaz natural	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	m	kg	P ["m+kg"]	T [h]	b [kWh/"m+kg"]	
ian	163,571	1,717	147.65	97,056	591,720	688,776	696	2.49	
feb	177,275	1,861	160.02	96,497	588,760	685,257	672	2.72	
mart	161,543	1,696	145.82	107,362	605,900	713,262	744	2.38	
apr	70,513	740	63.65	83,140	616,310	699,450	672	1.06	
mai	63,998	672	57.77	97,629	611,545	709,174	744	0.95	
iun	59,616	626	53.81	96,442	605,640	702,082	720	0.89	
iul	63,561	667	57.38	101,524	617,256	718,780	744	0.93	
aug	54,054	567	48.79	119,959	595,240	715,199	600	0.79	
sept	52,384	550	47.29	124,382	608,440	732,822	720	0.75	
oct	37,282	391	33.65	143,954	607,740	751,694	744	0.52	
nov	86,244	905	77.85	133,651	599,640	733,291	720	1.23	
dec	191,011	2,005	172.42	118,000	562,400	680,400	624	2.95	
Total	1,181,051	12,397	1,066	1,319,597	7,210,591	8,530,188	8,400	1.45	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala 2018)

PCS = 9.950 kWh/Nm³ (media anuala 2018) -

Tabel 8.1 Consumul de gaz natural și producțiile realizate în cursul anului 2018.

Ca pondere din consumul energetic al fabricii, gazul natural, ca energie primară utilizată, reprezintă 28.6% din totalul energetic al anului 2018.

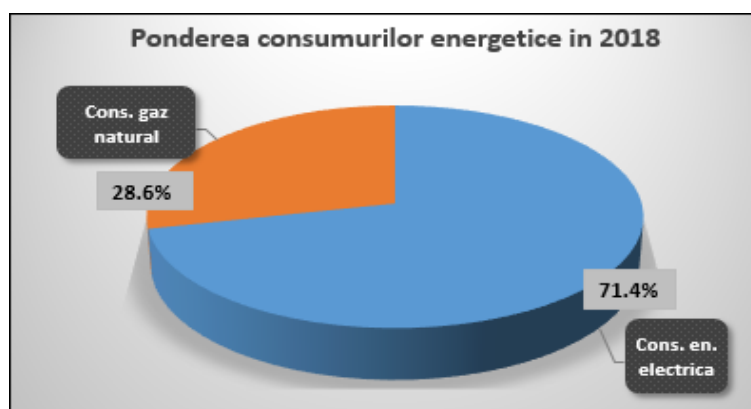


Figura 8.1 Ponderile consumurilor de energie primară ale fabricii din consumul total al anului 2018.

Toate cel mai sus descrise s-au analizat la capitolul 3 „Analiza energetică a fabricii”, unde s-au trasat caracteristicile energetice ale fabricii.

8.1 Conturul bilanțului termooenergetic.

Se elaborează bilanțul termooenergetic al centralelor termice (CT) din fabrică, care produc abur tehnologic, a centralelor murale pentru încălzire și pentru toate mașinile și utilajele care toarnă aluminiu, prelucreează la cald sau tratează termic piese din aluminiu, precum și a centralelor de tratare a aerului utilizate la încălzirea spațiilor.

Prin elaborarea bilanțului termooenergetic se pun în evidență cantitățile de energie intrate într-un anumit interval de timp (oră, zi, lună, an) într-un sistem energetic considerat, pierderile de energie și energia utilă, rezultate în acel interval de timp și aferente sistemului analizat.

Consumatorii de energie avuți în vedere în cadrul bilanțului termooenergetic și consumurile de energie sub formă de gaz natural pe secțiile fabricii puse la dispoziție de către beneficiar sunt prezentate în **tabelul 8.2**.

Nr. crt.	Secție _consumator gaz natural	consumator	consum anual [kWh]	Volum de gaz natural calculat V_{GN} [Sm ³ /an]
1	Prelucrări mecanice _ PM	incalzire -CTA	1,295,853	123,462
2	Asamblare _ Ans	incalzire -CTA	1,196,945	114,038
3	Logistica _ Log	incalzire -CTA	622,155	59,275
4	Vopsire _ Vop	incalzire -CTA	540,425	51,489
		cabine vopsire	3,606,165	343,575
5	Anodizare _ Ano	incalzire -CTA	580,895	55,344
		incalzire - Make up	781,297	74,438
		Cazan abur	1,803,082	171,788
		Evaporator	1,586,712	151,173
6	Turnatorie _ Turn	arzatoare TD	216,369	20,614
7	Administrativ _ Adm	CT 55 kW	165,845	15,801
			12,395,743	1,180,997
			12,395.74 MWh	
			1,065.84 TEP	

Tabel 8.2 Consumul de gaz natural și repartitia acestuia pe secții și tipuri de consumatori, pentru anul 2018.

În toate calculele efectuate s-a utilizat o putere calorifică superioară a gazului natural PCS = 10.496 kWh/Sm³.

În sistemul de producere, transport sau distribuție agent termic nu există contoare pentru niciun element / component energetic ce intră sau iese din sistem (combustibil, apă adăos sau apă de alimentare).

8.1.1 Bilanț termoeenergetic: centrala termică abur (secția anodizare).

Centrala termică este amplasată în secția de anodizare a fabricii și deservește procesele tehnologice specifice derulate de respectiva secție (spălare, încălzire etc).

Centrala termică are instalat un cazan de abur FULTON, model RB 2500 B, echipat cu arzator Nu-Way.

Apa de adăos este dedurizată (prin osmoză inversă, prin membrană permeabilă numai pentru moleculele de apă), iar apa de alimentare a cazanului (apa de adăos dedurizată fără condensat recuperat) este degazată într-un degazor termomecanic, cu ajutorul aburului prelevat cu presiune redusă (≈ 1.2 bar) de la cazan.

Apa de alimentare este introdusă în cazan cu pompa cu turație variabilă, pentru menținerea la valoare constantă a nivelului apei din cazan.

Caracteristicile nominale ale cazanului Fulton sunt următoarele:

- Puterea cazanului: 2 500 kW;
- Presiunea maximă abur: 10 bar;
- Temperatura maximă a aburului: 180 °C;
- Debit de abur maxim (informativ): 3.1 t/h;
- Temperatura apei de alimentare: 105 °C;
- Randament nominal: 90.3%;
- Arzător: 1 buc.(Nu-Way), pe gaz natural.

Schema termomecanică, de principiu, a centralei termice și punctele de măsură sunt prezentate în **figura 8.2**.

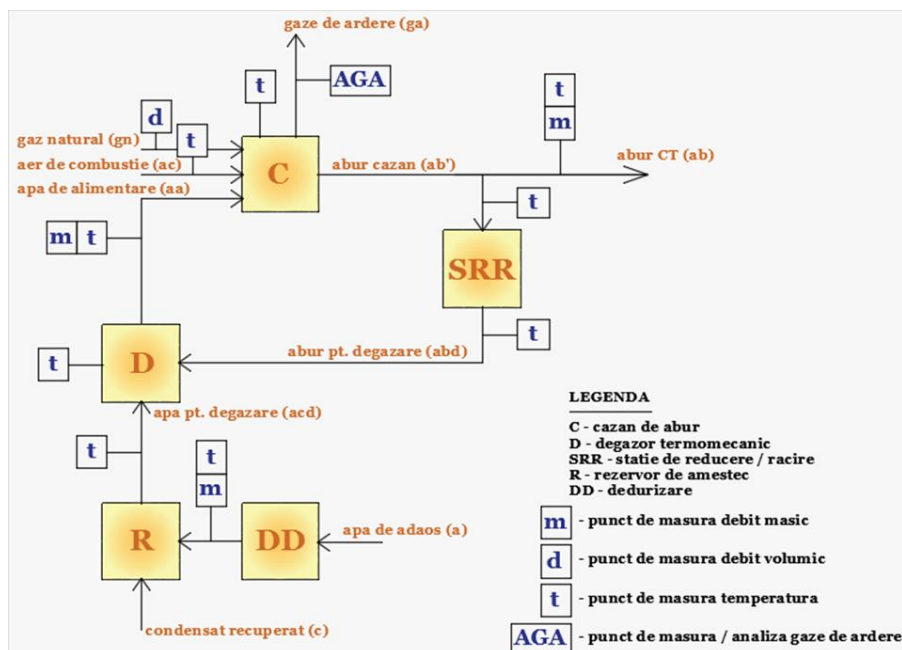


Figura 8.2 Schema termomecanică de principiu a centralei termice și punctele de măsură.

Cazanul a fost montat și pus în funcțiune în anul 2013 și funcționează cca 1 640 ore/an (4.5ore/zi), fără întreruperi neprogramate.

Consumurile de combustibil primar și producția de agent termic aferentă sunt:

În sistemul de producere, transport sau distribuție agent termic nu există contoare pentru niciun element / component energetic ce intră sau iese din sistem (combustibil gaz natural, apă adaos sau apă de alimentare).

Din acest motiv pentru instalația de producere a aburului se va întocmi bilanțul termooenergetic raportat la timp, durata acestuia fiind de o oră. Acest fapt va permite de asemenea elaborarea bilanțului termic orar al centralei termice, în ansamblul ei.

Agentul termic produs în CT este necesar pentru satisfacerea cerințelor procesului tehnologic, cu aport direct în realizarea producției.

Transportul energiei termice de la locul de producere la locul de consum se face prin rețele termice de distribuție pozate aerian, toate izolate termic.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț termoeenergetic este limitat la centrala termică.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor termice din fabrică, conturul de bilanț termoeenergetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

8.1.1.1 Parametrii mășurați cazan abur:

Parametrul măsurat	Simbol	U.M.	Valoare
Debit orar de gaz natural	D_{gn}	Nm^3/h	74
Analiza gazelor de ardere:			
- gaz natural	CH_4	%	100
- oxigen	O_2	%	5.6
- bioxid de carbon	CO_2	%	8.6
- temperatura gazelor de ardere	t_{ga}	$^{\circ}C$	262
- temperatura aerului de combustie	t_{ac}	$^{\circ}C$	39.2
- excesul de aer	λ	-	1.32
- oxid de carbon	CO	ppm	0
- oxizi de azot	NO_x	ppm	28
Masa aburului produs	m_{ab}	kg/h	837.44
Masa aburului pentru degazare	m_{abd}	kg/h	388.00
Presiunea aburului produs	p_{ab}	bar	2.80
Temperatura aburului produs	t_{ab}	$^{\circ}C$	131.00
Suprafata exterioara a cazanului	S_c	m^2	26.06
Suprafata exterioara a degazorului	S_d	m^2	9.60
Temperatura suprafetei exterioare a cazanului	t_c	$^{\circ}C$	60
Temperatura suprafetei exterioare a degazorului	t_d	$^{\circ}C$	78
Masa apei purjate din cazan (0.5% din nominal abur cazan)	m_{aj}	kg/h	15.9
Temperatura apei purjate din cazan	t_{aj}	$^{\circ}C$	109
Temperatura aburului pentru degazare	t_{abd}	$^{\circ}C$	107
Debitul apei de alimentare cazan	D_a	m^3/h	0.84
Temperatura apei de alimentare	t_a	$^{\circ}C$	15

Tabel 8.3 Tabel centralizator cu date măsurate la centrala termica de abur.

8.1.1.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare
Puterea calorifica, inferioara, a gazului natural	PCI	$[kWh/Nm^3]$	9.950
Entalpia aerului umed, de combustie ($t_{ac}=39.2^{\circ}C$)	i_{ac}	$[kJ/Nm^3]$	51.90
Caldura apei de alimentare	Q_{a1}	kJ/h	52.646
Entalpia aburului produs ($p_{ab}=2.1bar$)	h''	$[kJ/kg]$	2.723.53
Densitatea aburului produs ($p_{ab}=2.1bar$)	ρ_{ab}	$[kg/m^3]$	1.55
Entalpia oxigenului ($t_{ga} = 231^{\circ}C$)	i_{O2}	$[kJ/Nm^3]$	353.74
Entalpia bioxidului de carbon	i_{CO2}	$[kJ/Nm^3]$	498.06
Entalpia azotului	i_{N2}	$[kJ/Nm^3]$	341.72
Entalpia apei (vapori)	i_{H2O}	$[kJ/Nm^3]$	402.45
Coefficient global de transfer a caldurii	α	$[W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)]$	8.61
Entalpia apei purjate din cazan	h'	$[kJ/kg]$	457.37
Entalpia aburului pentru degazare ($107^{\circ}C$)	h''_{abd}	$[kJ/kg]$	2.686.78
Entalpia apei pentru degazare	h'_{acd}	$[kJ/kg]$	62.96
Entalpia apei de adaos	h'_a	$[kJ/kg]$	62.96
Entalpia condensatului recuperat (apa)	h'_c	$[kJ/kg]$	376.94
Entalpia apei de alimentare a cazanului	h'_{a1}	$[kJ/kg]$	62.96
Densitatea apei de alimentare	ρ_a	$[kg/m^3]$	999.6
Caldura specifica a apei de alimentare a cazanului	c_a	$[kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)]$	4.191
Coefficient global de transfer termic	α	$[W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)]$	8.61

Tabel 8.4 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.1.3 Parametrii calculați cazan abur:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	Valoare
Caldura rezultata din arderea gazului natural	$Q_{gn} = D_{gn} \times PCI \times 3600$	kJ/h	2,650,605
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{gas} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	11.63
Volum specific de azot in aer de combustie	$N_2 = 100 - O_2 - CO_2$	Nm ³ /Nm ³	85.80
Volum specific de aer de combustie	$V_{ac} = N_2 \times V_{gas} / 79$	Nm ³ /Nm ³	12.63
Debit de aer de combustie	$D_{ac} = D_{gn} \times V_{ac}$	Nm ³ /h	935
Caldura aerului de combustie	$Q_{ab} = D_{ac} \times i_{ac}$	kJ/h	48,499
Caldura apei de alimentare	$Q_a = D_a \times \rho_a \times C_p \times t_a$	kJ/h	52,646
Suma caldurilor intrate	$\Sigma Q_i = Q_{gn} + Q_{ac} + Q_a$	kJ/h	2,751,749
Debitul masic de abur cazan	$m'_{ab} = m_{aa} - m_{pj}$	kg/h	822
Caldura aburului produs	$Q_{ab} = m_{ab} \times h^*$	kJ/h	2,280,787
Debitul gazelor de ardere, uscate	$D_{gas} = D_{gn} \times V_{gas}$	Nm ³ /h	860
Debitul de oxigen	$D_{O_2} = O_2 \times D_{gas} / 100$	Nm ³ /h	48.2
Debitul de bioxid de carbon	$D_{CO_2} = CO_2 \times D_{gas} / 100$	Nm ³ /h	74
Debitul de azot	$D_{N_2} = (100 - O_2 - CO_2) \times D_{gas} / 100$	Nm ³ /h	738.3
Volum specific de vapori de apa	$V_{H_2O} = 0.01 \times (4 / 2 \times CH_4)$	Nm ³ /Nm ³	2
Debit de vapori de apa	$D_{H_2O} = D_{gn} \times V_{H_2O}$	Nm ³ /h	148
Debit de gaze de ardere	$D_{ga} = D_{gas} \times D_{H_2O}$	Nm ³ /h	127,349
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ga} = D_{O_2} \times i_{O_2} + D_{CO_2} \times i_{CO_2} + D_{N_2} \times i_{N_2} + D_{H_2O} \times i_{H_2O}$	kJ/h	365,751
Caldura pierduta prin convecție și radiație	$Q_{crd} = S_r \times \alpha \times (t_c - t_{amb}) \times 3.6$	kJ/h	16,803
Caldura pierduta prin purjare	$Q_{pj} = m_{pj} \times h^*$	kJ/h	7,272
Suma caldurilor iesite	$\Sigma Q_e = Q_{ab} + Q_{ga} + Q_{crd} + Q_{pj}$	kJ/h	2,670,612
Eroarea absoluta de calcul:	$\epsilon = \Sigma Q_i - \Sigma Q_e$	kJ/h	81,137
Eroarea relativa de calcul:	$\epsilon = \Sigma Q_i - \Sigma Q_e$	%	2.95%

Tabel 8.5 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cazan de abur.

Eroarea medie de calcul:

$$\epsilon_{medie} = (1 - Q_{e \text{ medie}} / Q_{i \text{ medie}}) \times 100 = 2.95 \% < 5\% \Rightarrow \text{eroarea este acceptabilă.}$$

8.1.1.4 Bilanț de puteri, real, orar, cazan abur (secția anodizare):

Pe baza calculelor efectuate se întocmește bilanțul termic, de puteri, al CT, ecuația de bilanț fiind:

$$\Sigma Q_i = Q_u + Q_p$$

unde: ΣQ_i - suma căldurilor intrate

Q_u - căldura utilă

Q_p - căldura pierdută

$$\Sigma Q_i = Q_{GN} + Q_{ac} + Q_a$$

unde: Q_{GN} - căldura dezvoltată prin arderea gazului;

Q_{ac} - căldura aerului de combustie;

Q_a - căldura apei de alimentare;

$$Q_u = Q_{ab} - Q_a$$

unde: Q_{ab} – căldura transmisă aburului produs

$$Q_p = Q_{cr} + Q_{ga} + Q_{pj}$$

unde: Q_{ga} – căldura pierdută prin gazele de ardere;

Q_{cr} - căldura dezvoltată prin convecție/radiație;

Q_{pj} – căldura pierdută prin purjare;

Călduri intrate	kW	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN (74Nm ³ /h)	736.28	96.32
Q_{ac} - caldura aerului de combustie	13.47	1.76
Q_a - caldura apei de alimentare	14.62	1.91
ΣQ_i - total călduri intrate	764.37	100
Călduri ieșite	kW	%
Q_{ab} - Caldura aburului produs	633.55	87.12
Q_p - căldura pierdută	108.28	14.89
din care:		
Q_{ga} – pierderi în gaze de ardere	101.60	13.97
Q_{cr} – pierderi prin convecție/radiație	4.67	0.64
Q_{pj} – pierderi prin apa purjată	2.02	0.28
Q_{pj} - căldura recirculată (condensat)	107.20	14.74
ΣQ_e - total călduri ieșite	727.21	100
ε – eroare de închidere a bilanțului	37.16	4.86

$$\varepsilon = (\Sigma Q_i - \Sigma Q_e) / \Sigma Q_i \quad 4.86\%$$

$Q_u = Q_{ab} - Q_a$ - căldura utilă (transmisă aburului produs)	618.93	85.11
Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	11.87	1.63

Tabel 8.6 Bilanț real de puteri, cazan abur.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = [(\Sigma Q_i - \Sigma Q_e) / \Sigma Q_i] \times 100 = 4.86\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

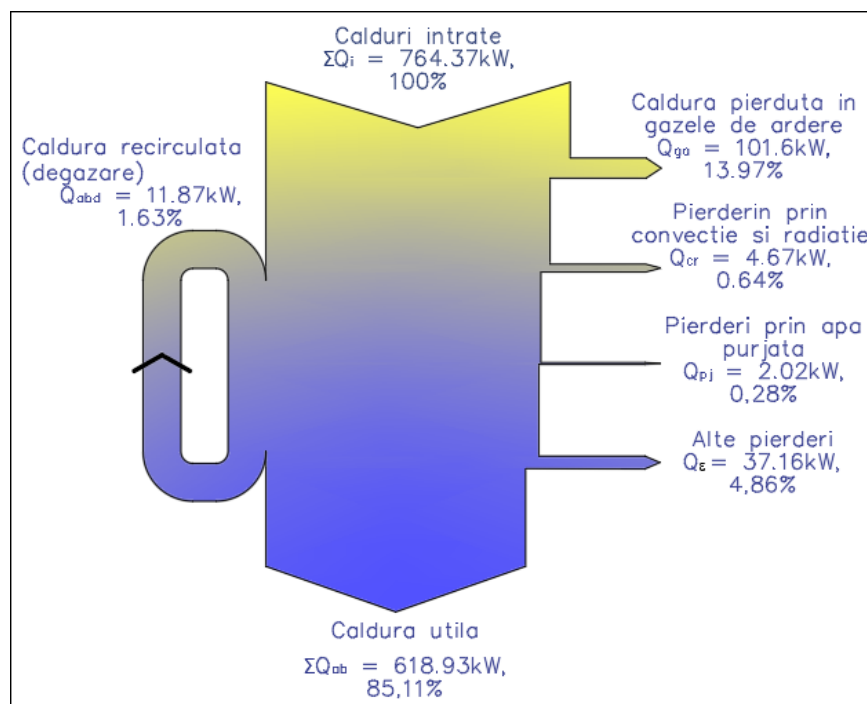


Figura 8.3 Bilanț real de puteri, cazan abur, diagrama Sankey.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural raportat pentru anul 2018 din **tabel 8.7** și alocat doar cazanului de abur și cunoscând bilanțul de puteri (tabel 8.6) se întocmește bilanțul termoeenergetic real, anual conform **tabel 8.8** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.4**.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa (abur)		Abur produs	Obs.	Nm ³ /h	Nm ³ /t _{ab}
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _i [MWh]	E _i [TEP]	[t/h]			
ian	23,793	250	21.48	22,553.76	21.48	131	1.49	0.13	1.96		173	88.36
feb	25,786	271	23.28	24,443.29	23.28	126	1.67	0.14	2.20		194	88.36
mart	23,498	247	21.21	22,274.09	21.21	140	1.37	0.12	1.81		160	88.36
apr	10,257	108	9.26	9,722.58	9.26	126	0.66	0.06	0.87		77	88.36
mai	9,309	98	8.40	8,824.25	8.40	140	0.54	0.05	0.72		63	88.36
iun	8,672	91	7.83	8,220.06	7.83	135	0.52	0.05	0.69		61	88.36
iul	9,246	97	8.35	8,764.07	8.35	140	0.54	0.05	0.71		63	88.36
aug	7,863	83	7.10	7,453.17	7.10	113	0.57	0.05	0.75		66	88.36
sept	7,620	80	6.88	7,222.92	6.88	135	0.46	0.04	0.61		54	88.36
oct	5,423	57	4.90	5,140.61	4.90	140	0.32	0.03	0.42		37	88.36
nov	12,545	132	11.32	11,891.58	11.32	135	0.76	0.07	1.00		88	88.36
dec	27,784	292	25.08	26,337.30	25.08	117	1.94	0.17	2.55		225	88.36
Total	171,795	1,803	155	162,848	155	1,575	10.84	0.93	1.19		105	88

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala 2018)

PCI = 9.950 kWh/Nm³ (media anuala 2018)

**INFORMA
TIV**

Tabel 8.7 Consumul de gaz natural, lunar, a cazanului de abur Fulton, în anul 2018.

Călduri intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN (162 848Nm ³ /an)	1,620.29	96.32
Q_{ac} - caldura aerului de combustie	29.65	1.76
Q_a - caldura apei de alimentare	32.18	1.91
ΣQ_i - total călduri intrate	1,682.12	100
Călduri ieșite	MWh	%
Q_u - căldura utilă (transmisă aburului produs)	1,394.22	85.40
Q_p - căldura pierdută	238.30	14.60
din care:		
Q_{pa} – pierderi în gaze de ardere	223.58	13.70
Q_{cr} – pierderi prin convecție/radiație	10.27	0.63
Q_{pa} – pierderi prin apa purjată	4.45	0.27
ΣQ_e - total călduri ieșite	1,632.52	100
ε – eroare de închidere a bilanțului	49.60	2.9

Randamentul energetic al cazanului	$\eta_{ec} = Q_u / (Q_u + Q_p + Q_{ac} + Q_a)$	82.29%
------------------------------------	--	--------

Randamentul energetic al centralei termice	$\eta_{ect} = Q_u / \Sigma Q_i$	80.97%
--	---------------------------------	--------

$Q_u = Q_{ab} - Q_a$ - căldura utilă (transmisă aburului produs)	1,362.04	83.43
--	----------	-------

Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	26.11	1.60
--	-------	------

Tabel 8.8 Bilanț termooenergetic rea, anual, al cazanului de abur.

Randamentul energetic, al cazanului de abur este:

$$\eta_{ec} = Q_u / (Q_u + Q_p + Q_{ac} + Q_a) = 82.29 \%$$

Randamentul energetic al CT abur este:

$$\eta_{ect} = Q_u / \Sigma Q_i = 80.97 \%$$

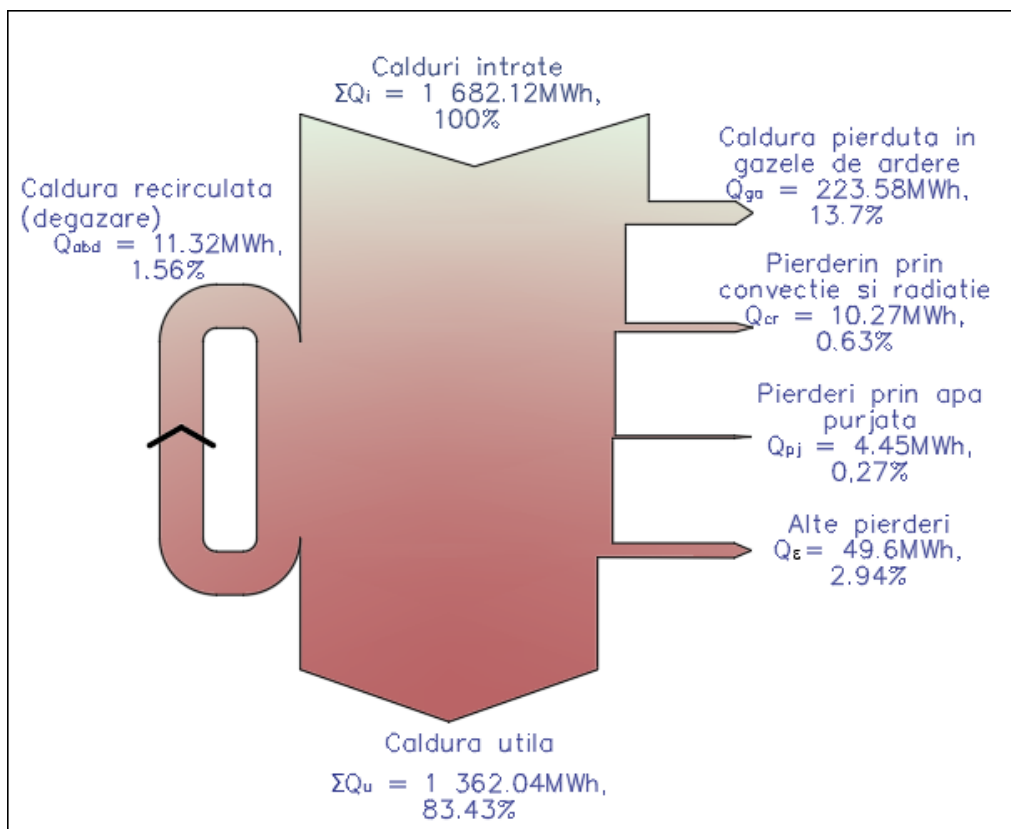


Figura 8.4 Bilanț termooenergetic, anual, real – CT abur. Diagrama Sankey.

8.1.2 Bilanț termooenergetic: centrala termică apă caldă (office_administrativ)

Centrala termică este amplasată în clădirea administrativă a fabricii, în încăperea special amenajată și deservește sistemul de încălzire al acesteia (o parte).

Centrala termică are instalate două cazane murale de apă caldă Wiessman, model Vitodens 200-W, în condensatie. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Caracteristicile nominale ale cazanelor sunt următoarele:

- Puterea maxima a cazanului: 150 kW;
- Presiunea maximă apă caldă: 6 bar;
- Temperatura maximă a agentului termic: 80 °C;
- Randament nominal: 98%;
- Arzător: încorporat, pe gaz natural.

Schema termomecanică, de principiu, a centralei termice și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.5**.

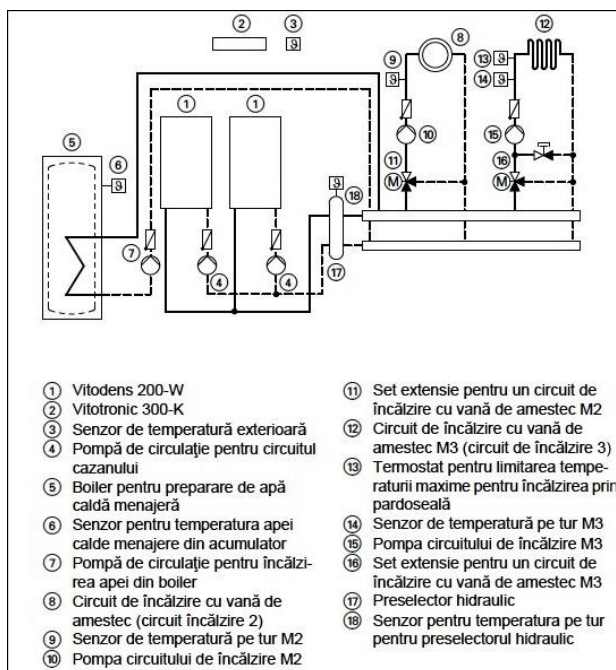


Figura 8.5 Schema tehnologică de funcționare a centralei termice.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț termooenergetic este limitat la centrala termică.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor termice din fabrică, conturul de bilanț termooenergetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

8.1.2.1 Parametrii măsurăți cazan apă caldă:

Parametru	Simbol	UM	Valoare	
			cazan 1	cazan 2
Temperatura apei calde:				
• Intrare cazan	t_{ai}	°C	39	39
• Ieșire cazan	t_{ae}	°C	53	53
Temperatura exterioră cazan C	t_c	°C	27	27
Temperatura exterioră BRP	t_{BRP}	°C	26	
Temperatura aerului	t_{aer}	°C	26	
Suprafața exterioră cazan C	S_C	m ²	1.66	1.66
Suprafața exterioră BRP	S_{BRP}	m ²	0.46	
Putere electrică absorbită de pompa circulație cazan PCC	P_i	kW	2.25	
Analiza gazelor de ardere:				
• Oxigen	O_2	%	5.4	5.3
• Bioxid de carbon	CO_2	%	8.6	8.4
• Temperatura gazelor de ardere	t_{ga}	°C	111	113
• Randamentul arderii	η	%	91.26	91.26
• Excesul de aer	λ	-	1.31	1.30
Ore funcționare anual	T	h	3.357	

Tabel 8.9 Tabel centralizator cu date măsurate la centrala termică de apă caldă.

8.1.2.2 Parametrii preluați din literatură de specialitate:

Parametru	Simbol	UM	Valoare	
			cazan 1	cazan 2
Puterea calorifică a gazului natural	PCI	kWh/Nm ³	9.950	
Umiditatea aerului de combustie	X	g/kg _{ausc.}	10	
Căldura specifică a aerului umed la ... °C	c _{aum}	kJ/(Nm ³ x °C)	1.32	1.32
Căldura specifică a gazelor de ardere, uscate, la ... °C	c _{gu}	kJ/(Nm ³ x °C)	1.30	1.30
Căldura specifică a vaporilor de apă, la 103 °C	c _{H2O}	kJ/(Nm ³ x °C)	1.51	1.51
Coeficient global de transfer termic pe suprafețe verticale, în încăperi	α _v	W/(m ² x °C)	12	
Coeficient global de transfer termic, pe suprafețe orizontale, în încăperi	α _o	W/(m ² x °C)	6	
Căldura specifică a apei la 15 °C	c _{apa}	kJ/(kg x °C)	4.1900	
Densitatea apei la 90 °C	ρ _{apa}	kg/m ³	965.31	
Coeficient de transmitere a caldurii la suprafața exterioară a cazanului	α _C	W/m ² x °C	7.7866	8.8682
Coeficient de transmitere a caldurii la suprafața exterioară BPR	α _{BPR}	W/m ² x °C	7.745	
Conținut de metan în gazul natural	CH ₄	%	100	

Tabel 8.10 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.2.3 Parametrii calculați cazan apă caldă:

Debit gaz natural (medie orară an 2018)	$D_{GN} = B_{GN} / T$	Nm ³ /h	4.40	3.61
Căldura rezultată din arderea GN	$Q_{GN} = D_{GN} \times PCI$	kW	43.78	35.90
Debitul gazelor de ardere, uscate	$D_{gu} = D_{GN} \times CH_4/CO_2$	Nm ³ /h	51.16	41.95
Conținut volumetric de azot în gazele de ardere	$N_2 = 100 - O_2 - CO_2$	%	86.00	86.30
Debitul aerului uscat	$D_{au} = D_{gu} \times N_2/79$	Nm ³ /h	55.70	45.83
Debitul aerului umed	$D_{aum} = (1 + 0.00761 \times X) \times D_{au}$	Nm ³ /h	56.59	46.57
Debitul vaporilor de apă	$D_{H2O} = D_{GN} \times 0.012 \times CH_4 + 0.00761 \times X \times D_{au}$	Nm ³ /h	9.70	7.95
Debitul gazelor de ardere, umede	$D_{gum} = D_{gu} + D_{H2O}$	Nm ³ /h	60.86	49.91
Entalpia aerului umed, de combustie (căldura înglobată în aerul umed de combustie)	$I_{aum} = D_{aum} \times C_{aum} \times t_{aer}$	kJ/h	1,942.02	1,596.28
		kW	0.54	0.44
Entalpia gazelor de ardere (căldura pierdută în gazele de ardere, la cos)	$I_{gs} = (D_{gu} \times C_{gu} + D_{H2O} \times C_{H2O}) \times t_{gs}$	kJ/h	9,009.06	7,521.95
		kW	2.50	2.09
Pierderi de căldură prin convecție/radiație				
• Cazan C	$Q_{C,C} = S_C \times \alpha_C \times (t_C - t_{aer}) \times T / 10^6$	kW	0.04	0.05
• BRP	$Q_{C,BPR} = S_{BPR} \times \alpha_{BPR} \times (t_{BPR} - t_{aer}) \times T / 10^6$	kW	0.00	0.00
Debit de apă caldă	Din caracteristicile pompei WILLO TOP S100/10 pentru $PI = 0.38kW$, rezultă D_{apa}	m ³ /h	2.6	2.13
Căldura transmisă apei calde	$Q_{apa} = D_{apa} \times \rho_{apa} \times C_{apa} \times (t_{sc} - t_{sa})$	kJ/h	147,223.46	120,723.24
		kW	40.90	33.53

Tabel 8.11 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cazanele de apă caldă.

8.1.2.4 Bilanț de puteri, real, orar, cazan apă caldă (clădirea administrativă):

Ecuția bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\sum Q_i = \sum Q_e$$

unde: $\sum Q_i$ este suma energiilor intrate, iar $\sum Q_e$ este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru cazanele de apa calda (C), căldurile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{ac} sau Q_u – căldura apei calde produsă sau căldura utilă;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{aer} + Q_{gn} = Q_{ac} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{ac}$$

Călduri intrate	kW	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN (8.01Nm ³ /h)	79.68	98.78
I_{aum} - entalpia aerului de combustie	0.98	1.22
ΣQ_i - total călduri intrate	80.66	100
Călduri ieșite	kW	%
Q_u - căldura utilă (transmisă apei)	74.43	94.08
Q_p - căldura pierdută	4.68	5.92
din care:		
I_{ga} - pierderi în gaze de ardere	4.59	5.80
Q_{cr} - pierderi prin convecție/radiație	0.09	0.12
ΣQ_e - total călduri ieșite	79.11	100
ϵ - eroare de închidere a bilanțului	1.55	1.92

$$\epsilon = (\Sigma Q_i - \Sigma Q_e) / \Sigma Q_i \quad 1.92\%$$

Tabel 8.11 Bilanț de puteri, real, al cazanelor de apă caldă (C).

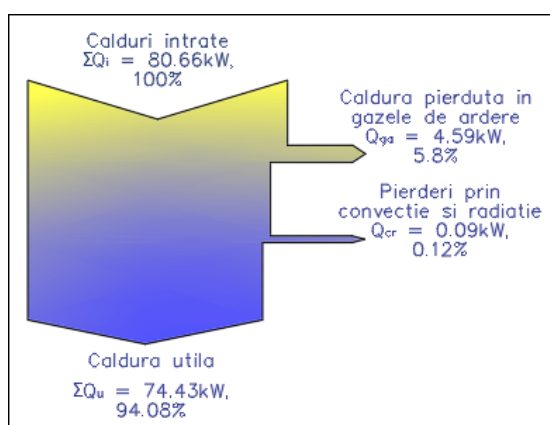


Figura 8.6 Bilanț de puteri, real, anual, al centralei termice de apă caldă – Diagrama Sankey.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural raportat pentru anul 2018 din **tabel 8.12** și alocat cazanelor de apă caldă și cunoscând bilanțul de puteri (tabel 8.11) se întocmește bilanțul termoeenergetic real, anual conform **tabel 8.13** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.7**.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa		Volum de aer de incalzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _i [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	2,986	31	2.70	2,830.53	2.70	609	29.71	2.56	5,163	
feb	3,222	34	2.91	3,054.37	2.91	588	32.06	2.76	4,985	
mart	2,885	30	2.60	2,734.27	2.60	496	28.70	2.47	4,205	
apr	1,644	17	1.48	1,558.62	1.48	392	16.36	1.41	3,323	
mai	856	9	0.77	811.64	0.77	248	8.52	0.73	2,102	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	499	5	0.45	472.83	0.45	248	4.96	0.43	2,102	
nov	1,154	12	1.04	1,093.77	1.04	360	11.48	0.99	3,052	
dec	2,556	27	2.31	2,422.47	2.31	416	25.43	2.19	3,527	
Total	15,802	166	14	14,979	14	3,357	157	14	28,459	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala)

Tabel 8.12 Consumul de gaz natural, lunar, a cazanelor de apă caldă (2x150kW), în anul 2018.

Călduri intrate	MWh	%
Q _{GN} – căldura rezultată din arderea GN (14 979Nm ³ /an)	149.03	98.78
I _{aum} - entalpia aerului de combustie	1.84	1.22
ΣQ_i - total călduri intrate	150.87	100
Călduri ieșite	MWh	%
Q _u - căldura utilă (transmisă apei)	139.22	94.08
Q _p - căldura pierdută	8.76	5.92
din care:		
I _{ga} – pierderi în gaze de ardere	8.59	5.80
Q _{cr} – pierderi prin convecție/radiație	0.17	0.12
ΣQ_e - total călduri ieșite	147.98	100
ε – eroare de închidere a bilanțului	2.89	1.92

Randamentul energetic al cazanelor	$\eta_{ec} = Q_u / (Q_u + Q_p + I_{aum})$	92.92%
Randamentul energetic al CT 2x150kW	$\eta_{ect} = Q_u / \Sigma Q_i$	92.28%

Tabel 8.13 Bilanț termoeenergetic rea, anual, al cazanelor de apă caldă (2x150kW).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma Q_i - \Sigma Q_e) / \Sigma Q_i = 1.92\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cazanului de apă caldă este:

$$\eta_{ec} = Q_u / (Q_u + Q_p + I_{aum}) = 92.92 \%$$

Randamentul energetic al CT apă caldă este:

$$\eta_{eCT} = Q_u / \Sigma Q_i = 92.28 \%$$

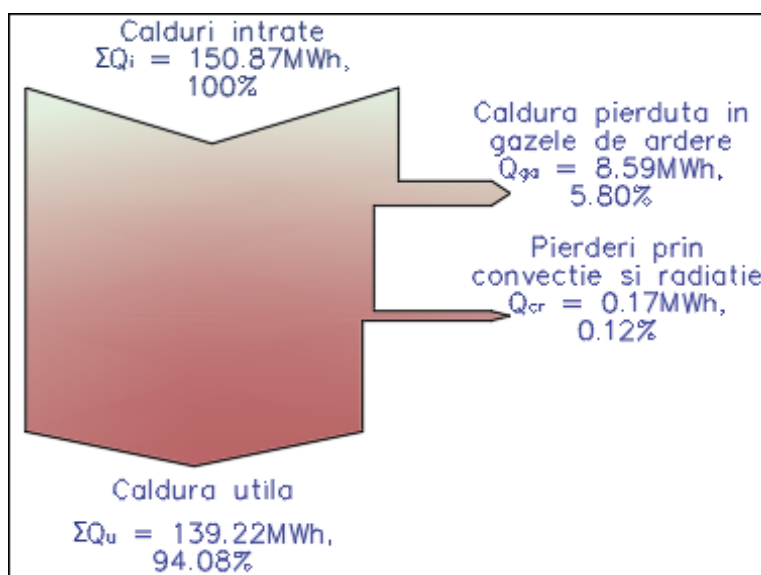


Figura 8.7 Bilanț termooenergetic, anual, real – CT apă caldă. Diagrama Sankey.

8.1.3 Bilanț termooenergetic: instalația de vopsire robotizată (secția vopsitorie).

Instalația de vopsire robotizată a pieselor din aluminiu, servește la acoperirea acestora cu un strat de vopsea cu rol de protecție și cu rol estetic.

Piese ce urmează a fi vopsite așezate pe mese transporatoare care alimentează tunelul de vopsire și tunelul de uscare, după vopsire. Întreg procesul tehnologic de vopsire se desfășoară în interiorul unor tuneluri ce asigură protecție pieselor față de mediul exterior și izolarea termică față de acesta.

Productivitatea instalației de vopsire (piese vopsite/oră) nu este cunoscută exact, beneficiarul nefurnizând datele necesare.

S-a adoptat un proces tehnologic de vopsire similar, conform parcursului din **figura 8.8**.

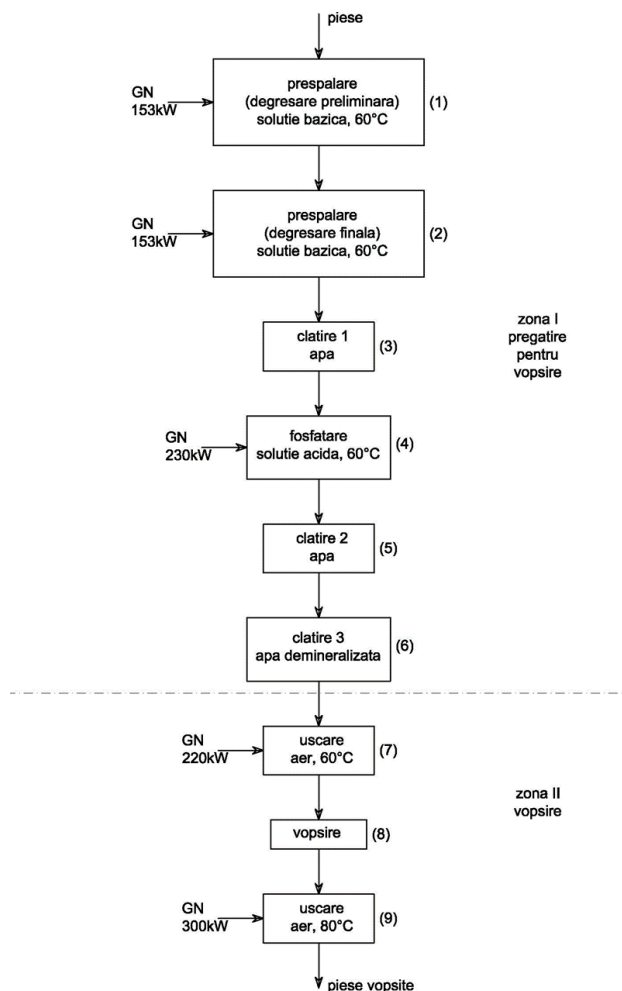


Figura 8.8. Parcursul tehnologic al procesului de vopsire a pieselor din aluminiu, în instalația de vopsire.

În fazele (1) și (2) – respectiv prespălare și spălare – piesele sunt imersate în baie de soluție bazică, la temperatura de 60°C.

Pentru fiecare fază există un rezervor de soluție bazică, cu capacitatea de 3500 l. Soluția este preparată în hala chimică a secției de anodizare, încălzită și menținută la temperatura de 60°C, de la o serpentină, parcursă de gazele de ardere ale unui arzător pe gaz natural, cu puterea de 153 kW. O pompă centrifugală aspiră soluția din rezervor și alimentează baia/bazinul, asigurând spălarea acestora. Soluția din bazin se recuperează în rezervor.

Pierderile de soluție de spălare se completează, iar după cca 3 săptămâni de funcționare, soluția uzată se înlocuiește cu soluție proaspătă.

În faza (3) piesele sunt clătite de soluția de degresare, baie de apă, la temperatura mediului.

În faza (4) piesele sunt imersate în bazin/baie de soluție acidă ($\text{pH} = 4,5 \dots 5,2$), la temperatura de 60°C . Soluția se păstrează într-un rezervor, cu capacitatea de 3500 l. Aceasta este încălzită și menținută la temperatura de 60°C de la o serpentină, parcursă de gazele de ardere ale unui arzător pe gaz natural, cu puterea de 230 kW. O pompă centrifugală aspiră soluția din rezervor și alimentează bazinul unde se imersează piesele în mișcare, asigurând îmbunătățirea calității suprafețelor pieselor, înaintea vopsirii. Soluția din baie se recuperează în rezervor. Pierderile de soluție se completează, iar după 3 săptămâni de funcționare, soluția uzată se înlocuiește cu soluție proaspătă.

În faza (5) piesele sunt clătite de soluția de fosfatare, imersate în bazin, la temperatura mediului.

În faza (6) piesele sunt clătite în bazin cu apă demineralizată, la temperatura mediului, pentru a îndepărta sărurile depuse pe suprafețele pieselor.

În faza (7) piesele sunt uscate în curent de aer cald, în cuptor, la temperatura de 60°C . Căldura este asigurată de la un arzător pe gaz natural, cu putere de 220 kW.

În faza (8) piesele sunt vopsite pentru a asigura o aderență bună a vopselei la suprafețele pieselor și pătrunderea ei în zonele cele mai greu accesibile.

În faza (9) piesele sunt uscate în curent de aer cald, la temperatura de 80°C . Căldura este asigurată de la un arzător pe gaz natural, cu puterea de 300 kW.

După ieșirea din faza (9), piesele vopsite sunt scoase de pe dispozitivele transport și înlocuite cu piese ce urmează a fi vopsite și care intră în faza (1).

Ciclul săptămânal de lucru adoptat, al instalației de vopsire, este următorul:

- 5 zile din săptămână, în care:
 - lucru 16 ore (2 schimburi),
 - pauză 8 ore (1 schimb),
- 2 zile din săptămână: pauză.

Având în vedere că ciclul săptămânal de lucru este repetitiv pe parcursul anului, se elaborează bilanțul termoeenergetic, săptămânal, al instalației de vopsire.

Parcursul tehnologic, al pieselor, în instalația de vopsire, se împarte în două zone:

- zona I, în care purtătorul de energie termică este apa (lichid),
- zona II, în care purtătorul de energie termică este aerul.

Consumul anual de gaz, al instalației de vopsire este de 325 696 Nm³/an (vezi **tabelul 8.14.**).

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa (abur)		Abur produs	Obs.	Nm ³ /h
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[t/h]		
ian	47,586	499	42.96	45,107.54	42.96	131	2.97	0.26	3.91		346
feb	51,573	541	46.55	48,886.60	46.55	126	3.34	0.29	4.39		388
mart	46,996	493	42.42	44,548.20	42.42	140	2.75	0.24	3.61		319
apr	20,514	215	18.52	19,445.16	18.52	126	1.33	0.11	1.75		154
mai	18,618	195	16.81	17,648.51	16.81	140	1.09	0.09	1.43		127
iun	17,343	182	15.66	16,440.12	15.66	135	1.05	0.09	1.38		122
iul	18,491	194	16.69	17,528.15	16.69	140	1.08	0.09	1.42		126
aug	15,725	165	14.20	14,906.35	14.20	113	1.14	0.10	1.50		133
sept	15,240	160	13.76	14,445.84	13.76	135	0.92	0.08	1.21		107
oct	10,846	114	9.79	10,281.23	9.79	140	0.63	0.05	0.83		74
nov	25,090	263	22.65	23,783.17	22.65	135	1.52	0.13	1.99		176
dec	55,569	583	50.16	52,674.62	50.16	117	3.87	0.33	5.09		450
Total	343,591	3,606	310	325,696	310	1,575	21.68	1.86	2.38		210

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala 2018)
 PCI = 9.950 kWh/Nm³ (media anuala 2018)

INFORMA TIV

Tabel 8.14 Consumul de gaza natural, lunar, a instalației de vopsire, în anul 2018.

Acest consum de gaz se împarte între zona I și zona II în funcție de puterile instalate ale acestora:

- zona I – 536 [kW] / 1 056 [kW] x 325 696 [Nm³/an] = 165 315.4 Nm³/an
 adică 3 179 Nm³/săptămână,

- zona II – 520 [kW] / 1 056 [kW] x 325 696 [Nm³/an] = 160 380.6 Nm³/an
 adică 3 084 Nm³/săptămână.

Bilanț termooenergetic Zona I vopsire:

Bilanțul termooenergetic se elaborează în conformitate cu ecuația de bilanț:

$$Q_i = Q_u + Q_p + \Sigma Q$$

unde: Q_i – căldurile intrate,

Q_u – căldura utilă,

Q_p – căldura pierdută,

ΣQ – alte pierderi de căldură.

$$Q_i = Q_{GN} + I_{aum}$$

unde: Q_{GN} – căldura rezultată din arderea gazului,
 I_{aum} – căldura aerului de combustie,

$$Q_u = Q_{POL}$$

unde: Q_{POL} – căldura utilă în piesele din oțel (masa transportoare),

$$Q_p = Q_{IOL} + I_g + Q_{cr} + Q_{pz}$$

unde: Q_{IOL} – căldura pierdută în masa transportoare,
 I_g – căldura pierdută în gazele de ardere,
 Q_{cr} – căldura pierdută prin convecție/radiație,
 Q_{pz} – căldura pierdută în pauze de lucru

$$\Sigma Q$$

unde: ΣQ – căldura acumulată în structura instalației, căldura pierdută prin vaporizare, căldura pierdută prin ventilare, căldura pierdută prin înlocuirea soluțiilor uzate, etc.

Mărimea	Zona I	Zona II	Obs.
O_2 [%]	13,7	15,2	medie
CO_2 [%]	4,1	3,3	medie
t_{ga} [°C]	119	37,6	medie
t_{aer} [°C]	34	34	medie
$V_{gu} = CH_4 / CO_2$ [Nm ³ / Nm ³]	24,4	30,3	
$N_2 = 100 - O_2 - CO_2$ [%]	82,2	81,5	
$V_a = N_2 \cdot V_{gu} / 79$ [Nm ³ / Nm ³]	25,4	31,3	
x [g/kg aer uscat]	10	10	
$V_{aum} = (1 + 0,00161 \cdot x) \cdot V_a$ [Nm ³ / Nm ³]	25,8	31,8	
$V_{H_2O} = 0,012 \cdot CH_4 + 0,00161 \cdot x \cdot V_a$ [Nm ³ / Nm ³]	2,4	2,5	
$V_g = V_{gu} + V_{H_2O}$ [Nm ³ / Nm ³]	26,8	32,8	
C_{aum} [kJ/(Nm ³ ·°C)]	1,32	1,32	
$I_{aum} = V_{aum} \cdot C_{aum} \cdot t_{aer}$ [kJ/Nm ³]	1158	1427	
C_{gu} [kJ/(Nm ³ ·°C)]	1,31	1,31	
C_{H_2O} [kJ/(Nm ³ ·°C)]	1,5	1,49	
$I_g = (V_{gu} \cdot C_{gu} + V_{H_2O} \cdot C_{H_2O}) \cdot t_{ga}$ [kJ/Nm ³]	4232	1633	
$Q_{GN} = PCI$ [kJ/Nm ³]	35590	35590	
$\eta = (Q_{GN} + I_{aum} - I_g) / (Q_{GN} + I_{aum}) \cdot 100$ [%]	88,48	95,59	
$\lambda = 21 / (21 - 79 \cdot O_2 / N_2)$	2,68	3,35	

Tabel 8.15 Analiza gazelor de ardere (Zona I).

- Căldura intrată Q_i

Mărimea	Valoare
D_{GN} [Nm ³ /sapt.]	3,179.14
PCI [kWh/Nm ³]	9.95
$Q_{GN} = D_{GN} \times PCI$ [kWh]	31,631.40
i_{aum} [kJ/Nm ³] (vezi tabel 8.15)	1,158.00
$I_{aum} = D_{GN} \times i_{aum} / 3600$ [kWh]	1,022.62
$Q_i = Q_{GN} + I_{aum}$ [kWh]	32,654.03

Tabel 8.16 calculul căldurii intrate Q_i (Zona I).

- Căldura utilă Q_u

$$Q_u = \sum_1^2 m_{pAl} \times c_{Al} \times (t - t_0) / 3\,600 = 2 \times 124\,960 \times 0.9 \times (60 - 30) / 3\,600 = 1\,874.4 \text{ kWh}$$

unde: m_{pAl} [kg] – masa pieselor din aluminiu vopsite săptămânal

$$m_{pAl} = 110 \text{ piese / h} \times 80 \text{ ore/săptămână} \times 14.2 \text{ kg/piesă} = 124\,960 \text{ kg/săpt.},$$

$c_{Al} = 0.9 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ – căldura specifică a aluminiului,

$t = 60^\circ\text{C}$ – temperatura finală a pieselor,

$t_0 = 30^\circ\text{C}$ – temperatura inițială a pieselor,

\sum_1^2 – sunt 2 încălziri succesive ale pieselor: în fazele (1) și (2) și în faza (4).

- Căldura pierdută Q_p

$$Q_{IOI} = \sum_1^2 m_{pOI} \times c_{OI} \times (t - t_0) / 3\,600 = 2 \times 89\,600 \times 0.5 \times (60 - 30) / 3\,600 = 746.67 \text{ kWh}$$

unde: m_{IOI} [kg] – masa elevatorului cu role (masa transportoare), aferenta pieselor vopsite săptămânal,

$$m_{IOI} = m_{POL} \times 4 = 280 \times 4 = 89\,600 \text{ kg/săptămână},$$

$c_{OI} = 0.5 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ – căldura specifică a otelului,

$$I_g = D_{GN} \times i_g / 3\,600 = 3\,179 \times 4\,232 / 3\,600 = 3\,737.25 \text{ kWh}$$

unde: $i_g = 4\,322 \text{ kJ/Nm}^3$ – entalpia gazelor de ardere (vezi **tabel 8.15**)

$$Q_{cr} = [3(S'_v \alpha_v + S'_0 \alpha_0) \Delta t' + 3(S''_v \alpha_v + S''_0 \alpha_0) \Delta t''] \cdot 5 \text{ zile/săpt} \cdot 16 \text{ ore/zi}$$

unde: $S'_v = 9 \text{ m}^2$ – suprafața laterală a unui bazin de soluție,

$S'_0 = 3 \text{ m}^2$ – suprafața orizontală (superioară) a unui bazin de soluție,

$S''_v = 65.5 \text{ m}^2$ – suprafața laterală a tunelului de pregătire a pieselor, pentru vopsire,

$S''_0 = 26.5 \text{ m}^2$ – suprafața orizontală (superioară) a tunelului de pregătire a pieselor, pentru vopsire,

$\Delta t' = 55 - 30 = 25^\circ\text{C}$ – ecart între temperatura suprafeței bazinului și mediu,

$\Delta t'' = 40 - 34 = 6^\circ\text{C}$ – ecart între temperatura suprafeței tunelului și mediu,

$\alpha_v = 12 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ – coeficient global de pierdere de căldură, la suprafețe verticale,

$\alpha_0 = 6 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ – coeficient global de pierdere de căldură, la suprafețe orizontale.

$$Q_{cr} = [3 \cdot (9 \cdot 12 + 3 \cdot 6) \cdot 25 + (65.5 \cdot 12 + 26.5 \cdot 6) \cdot 6] \cdot 5 \cdot 16 / 1\,000 = 1\,209.6 \text{ kWh}$$

$$Q_{pz} = m \cdot c \cdot (4 \cdot \Delta t_1 + \Delta t_2) = 10\,500 \cdot 4.187 \cdot (4 \cdot 8.5 + 27.1) / 3\,600 = 746.2 \text{ kWh}$$

unde: $m = 3 \times 3\,500 = 10\,500 \text{ kg}$ – masa soluțiilor din cele 3 bazine încălzite (2 spălare + 1 fosfatare),

$c = 4.187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ – căldura specifică a apei,

$\Delta t_1 [^\circ\text{C}]$ – răcirea soluțiilor, în pauzele dintre zilele lucrătoare,

$\Delta t_2 [^\circ\text{C}]$ – răcirea soluțiilor, în pauza de la sfârșitul săptămânii.

Considerăm că expresia analitică a variației temperaturii soluțiilor din rezervoare, în funcție de timp, în perioadele pauzelor (răcirii) este:

$$\theta(t) = \theta_{lim} \cdot (1 + e^{-t/T}) = 30 \cdot (1 + e^{-t/24})$$

unde: $\theta_{lim} = 30^\circ\text{C}$ – temperatura limită inferioară, la răcire,

$T = 24\text{h}$ – constanta de timp a fenomenului de răcire.

Utilizând această relație, temperatura soluțiilor din bazine, după o pauză de 8 ore, este:

$$\theta(8) = 30 \cdot (1 + e^{-8/24}) = 51,5^\circ\text{C}$$

deci: $\Delta t_1 = 60 - 51,5 = 8,5^\circ\text{C}$

După o pauză de 56 ore (sfârșitul săptămânii), temperatura soluțiilor din bazine este:

$$\theta(56) = 30 \cdot (1 + e^{-56/24}) = 32,9^\circ\text{C}$$

deci: $\Delta t_2 = 60 - 32,9 = 27,1^\circ\text{C}$

Pierderile cumulate de căldură sunt prezentate în **tabelul 8.17**.

Căldura pierdută	Valoare
$Q_{OL} [\text{kWh}]$	746.67
$I_g [\text{kWh}]$	3,737.25
$Q_{Cr} [\text{kWh}]$	1,209.60
$Q_{pz} [\text{kWh}]$	746.20
TOTAL $Q_p [\text{kWh}]$	6,439.72

Tabel 8.17 Pierderile cumulate de căldură (Zona1).

Alte pierderi de căldură ΣQ

$$\Sigma Q = Q_i - Q_u - Q_p = 32\,653.63 - 26.4 - 5\,705.56 = 26\,921.04 \text{ kWh}$$

Bilanț termoeenergetic Zona II vopsire:

Bilanțul termoeenergetic se elaborează în conformitate cu ecuația de bilanț:

$$Q_i = Q_u + Q_p + \Sigma Q$$

unde: Q_i – căldurile intrate,
 Q_u – căldura utilă,
 Q_p – căldura pierdută,
 ΣQ – alte pierderi de căldură.

$$Q_i = Q_{GN} + I_{aum}$$

unde: Q_{GN} – căldura rezultată din arderea gazului,
 I_{aum} – căldura aerului de combustie,

$$Q_u = 1,2 \cdot Q_{vap}$$

unde: Q_{vap} – căldura utilă necesară evaporării apei de clătire finală a pieselor,
1,2 – coeficient ce ține seama de căldura utilă necesară evaporării solventului și uscării vopselei,

$$Q_p = Q_{pAI} + Q_{IOI} + I_g + Q_{cr} + Q_v$$

unde: Q_{pAI} – căldura pierdută în piese,
 Q_{IOI} – căldura pierdută în masa transportoare,
 I_g – căldura pierdută în gazele de ardere,
 Q_{cr} – căldura pierdută prin convecție/radiație,
 Q_{pz} – căldura pierdută prin ventilație

$$\Sigma Q$$

unde: ΣQ – căldura acumulată în structura instalației, etc.

- Căldura intrată Q_i

Mărimea	Valoare
D_{GN} [Nm ³ /sapt.]	3,084.24
PCI [kWh/Nm ³]	9.95
$Q_{GN} = D_{GN} \times PCI$ [kWh]	30,687.18
i_{aum} [kJ/Nm ³] (vezi tabel 8.15)	1,427.00
$I_{aum} = D_{GN} \times i_{aum} / 3600$ [kWh]	1,222.56
$Q_i = Q_{GN} + I_{aum}$ [kWh]	31,909.74

Tabel 8.18 Calculul căldurii intrate Q_i (Zona II).

- Căldura utilă Q_u

$$Q_u = 1.2 \times Q_{vap} / 3600 = 1.2 \times m \times (c \times \Delta t + I_v) / 3600 = 1.2 \times 125 \times (4.187 \times 30 + 2256.4) / 3600 = 99.25 \text{ kWh}$$

unde: $m = 125$ kg – masa apei ce trebuie evaporată de pe piese,
 $c = 4.187$ kJ/(kg.°C) – căldura specifică a apei,
 $\Delta t = 60 - 30 = 30^\circ\text{C}$ – ecart de temperatură la încălzirea apei,

$I_v = 2\,256.4 \text{ kJ/kg}$ – căldura latentă de vaporizare a apei.

- Căldura pierdută Q_p

$$Q_{pAl} = m_{pAl} \times c_{Al} \times \Delta t / 3\,600 = 124\,960 \times 0.9 \times 50 / 3\,600 = 1\,562.00 \text{ kWh}$$

unde: $m_p = 124\,960 \text{ kg}$ – masa pieselor din aluminiu săptămânal,

$c_{Al} = 0.9 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ – căldura specifică a aluminiului,

$\Delta t = 80 - 30 = 50^\circ\text{C}$ – ecart final de temperatură la încălzirea pieselor

$$Q_{pOl} = m_l \times c_{Ol} \times \Delta t / 3\,600 = 89\,600 \times 0.5 \times 50 / 3\,600 = 622.22 \text{ kWh}$$

unde: $m_l = 89\,600 \text{ kg}$ – masa elevatorului orizontal cu role, săptămânal

$c_{Ol} = 0.5 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ – căldura specifică a oțelului,

$$I_g = D_{GN} \times i_g / 3\,600 = 3\,084 \times 1\,633 / 3\,600 = 1\,399.04 \text{ kWh}$$

unde: $i_g = 1\,633 \text{ kJ/Nm}^3$ – entalpia specifică a gazelor de ardere (vezi **tabel 8.15**)

$$Q_{cr} = (S_v \alpha_v + S_0 \alpha_0) \Delta t \cdot 5 \text{ zile/săpt} \cdot 16 \text{ ore/zi}$$

unde: $S_v = 104 \text{ m}^2$ – suprafața laterală a zonei II,

$S_0 = 57.6 \text{ m}^2$ – suprafața orizontală (superioară) a zonei II,

$\Delta t = 40 - 34 = 6^\circ\text{C}$ – ecart între temperatura suprafeței și mediu,

$$Q_{cr} = (104 \cdot 12 + 57.6 \cdot 6) \cdot 6 \cdot 5 \cdot 16 / 1\,000 = 764.9 \text{ kWh}$$

$$Q_v = D_v \cdot c_{aum} \cdot \Delta t \cdot 5 \text{ zile/săpt} \cdot 16 \text{ ore/zi}$$

unde: $D_v = 45\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ – debitul de aer ventilat,

$\Delta t = t_{ga} - t_{aer} = 37.6 - 34 = 3.6^\circ\text{C}$ – ecart de temperatură între aerul evacuat și cel introdus,

$c_{aum} = 1.32 \text{ kJ/(Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C)}$ – căldura specifică a aerului

$$Q_v = 45\,000 \cdot 1.32 \cdot 3.6 \cdot 5 \cdot 16 / 3\,600 = 4\,752 \text{ kWh}$$

Pierderile cumulate de căldură sunt prezentate în **tabelul 8.19**.

Căldura pierdută	Valoare
$Q_{pAl} \text{ [kWh]}$	1,562.00
$Q_{pOl} \text{ [kWh]}$	622.22
$I_g \text{ [kWh]}$	1,399.04
$Q_{cr} \text{ [kWh]}$	764.90
$Q_v \text{ [kWh]}$	4,752.00
TOTAL $Q_p \text{ [kWh]}$	9,100.17

Tabel 8.19 Pierderile cumulate de căldură Q_p (Zona II).

Alte pierderi de căldură ΣQ

$$\Sigma Q = Q_i - Q_u - Q_p = 31\,909.74 - 99.25 - 9\,100.17 = 22\,710.32 \text{ kWh}$$

Bilanțul termoeenergetic, săptămânal, al instalației de vopsire este prezentat în **tabelul 8.20** și grafic sub forma diagramei Sankey din **figura 8.9**.

Randamentul termoeenergetic al instalației de vopsire, pe un ciclu de funcționare (1 săptămână) este:

$$\eta_{\text{esapt}} = Q_u / \Sigma Q_i \times 100 = 1\,973.65 / 64\,563.77 \times 100 = 3.06\%$$

Călduri intrate	kWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	62,318.59	96.52%
l_{aum} – căldura aerului de combustie	2,245.18	3.48%
ΣQ_i – total călduri intrate	64,563.77	100
Călduri ieșite	kWh	%
Q_u – căldura utilă	1,973.65	3.06%
Q_p – căldura pierdută	15,539.89	24.07%
din care : Q_{pAI} – în piese	1,562.00	2.42%
Q_{IOL} – în transportor	1,368.89	2.12%
l_g – în gaze de ardere	5,136.30	7.96%
Q_{cr} – prin convecție/radiație	1,974.50	3.06%
Q_{pz} – prin răcire în pauze	746.20	1.16%
Q_v – prin ventilare	4,752.00	7.36%
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții, etc.)	47,050.23	72.87%
ΣQ_e – total călduri ieșite	64,563.77	100

Tabel 8.20. Bilanț termoeenergetic, săptămânal (un ciclu) – instalația de vopsire.

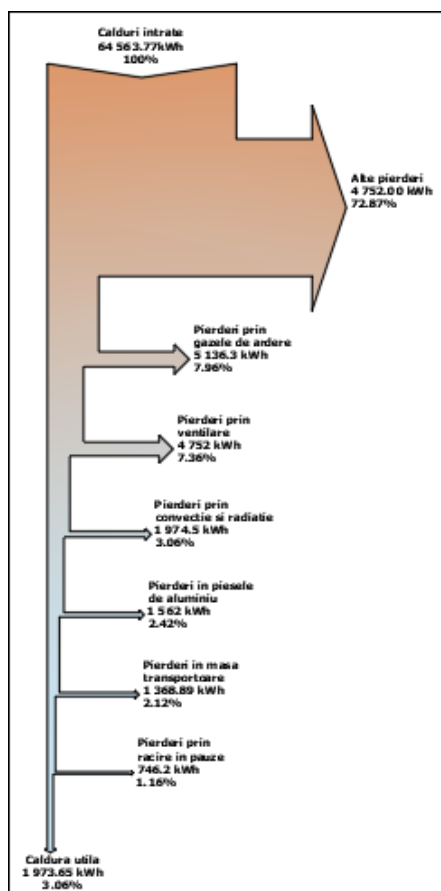


Figura 8.9 Bilanț termoeenergetic, săptămânal (un ciclu) – instalația de vopsire_Diagrama Sankey.

Pe baza bilanțului săptămânal se întocmește bilanțul termoeenergetic, anual, real, al instalației de vopsire. Acesta este prezentat în **tabelul 8.21** și în diagrama Sankey din **figura 8.10**.

Călduri intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	3,240.57	96.52%
I_{aum} – căldura aerului de combustie	116.75	3.48%
ΣQ_i – total călduri intrate	3,357.32	100
Călduri ieșite	kWh	%
Q_u – căldura utilă	102.63	3.06%
Q_p – căldura pierdută	808.07	24.07%
din care : Q_{pAl} – în piese	81.22	2.42%
Q_{OL} – în transportor	71.18	2.12%
I_g – în gaze de ardere	267.09	7.96%
Q_{cr} – prin convecție/radiație	102.67	3.06%
Q_{pz} – prin răcire în pauze	38.80	1.16%
Q_v – prin ventilare	247.10	7.36%
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții, etc.)	2,446.61	72.87%
ΣQ_e – total călduri ieșite	3,357.32	100

Tabel 8.21. Bilanț termoeenergetic, real, anual – instalația de vopsire.

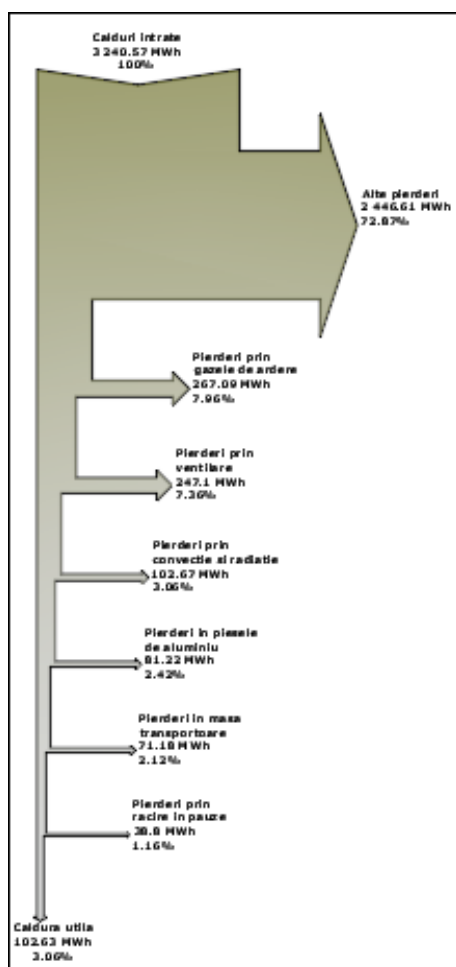


Figura 8.10 Bilanț termooenergetic, real, anual – instalația de vopsire_Diagrama Sankey.

Randamentul termooenergetic al instalației de vopsire, anual, este:

$$\eta_{\text{anual}} = Q_u / \Sigma Q_i \times 100 = 102.63 / 3\,357.32 \times 100 = 3.06\%$$

8.1.4 Bilanț termooenergetic: CTA (830kW_t)_secția asamblari_montaj:

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasă al secției de montaj din cadrul fabricii, expusă intemperiei. Deservește secția de montaj prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Nordairniche (AmbiRad), model DF18MUA875. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P_{max} [kW _t]	P_{nom} [kW _t]	η_{nom} [%]	Debit gaz_max. [m ³ /h]	Dim. ventilator [mm]	P_v [kW _e]	Debit aer_max. [m ³ /h]	Debit aer_min. [m ³ /h]	Δ aer_max. °C
DF18MUA875	Nordairniche (AmbiRad)	879.27	792.12	90.1	84.54	900	22	61,272.00	55,620.00	39.8

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.11**.

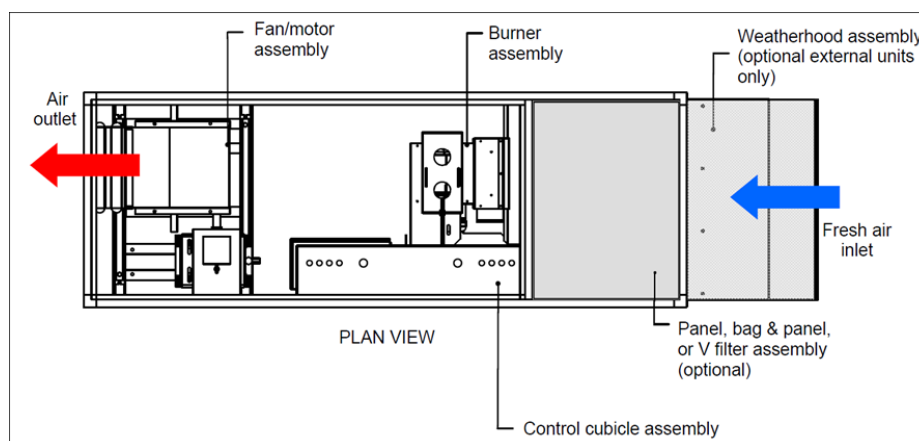


Figura 8.11 Schema tehnologica de functionare a CTA 830kW_t– secția montaj (asamblare).

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț termoenergetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor termice din fabrică, conturul de bilanț termoenergetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.22** este prezentat consumul de combustibil gaz natural al CTA 830kW_t, aferent secției de asamblări (montaj).

2018	Cons. gaz natural			Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa		Volum de aer de incalzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	21,551	226	19.45	19.45	609	203.79	17.53	21,114,999	
feb	23,255	244	20.99	20.99	588	219.90	18.91	20,386,896	
mart	20,818	219	18.79	18.79	496	196.86	16.93	17,197,109	
apr	11,867	125	10.71	10.71	392	112.21	9.65	13,591,264	
mai	6,180	65	5.58	5.58	248	58.44	5.03	8,598,555	
iun	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	3,600	38	3.25	3.25	248	34.04	2.93	8,598,555	
nov	8,328	87	7.52	7.52	360	78.75	6.77	12,481,773	
dec	18,444	194	16.65	16.65	416	174.41	15.00	14,423,382	
Total	114,043	1,197	103	103	3,357	1,078	93	116,392,531	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala)

Tabel 8.22 Tabel centralizator cu consumul de gaz natural, anual al CTA 830kW_t.

8.1.4.1 Parametrii măsurati CTA 830kW_t:

Parametrul masurat	Simbol	U.M.	Valoare C14MW
Consum mediu, orar, de gaz natural	D _{gn}	Sm ³ /h	33.97
Aer cald iesire	D _v	Nm ³ /h	29,817.57
Puterea termica, medie	P _q	MW	0.68
Puterea electrica, medie	P _e	MW	0.019
Analiza gazelor de ardere			
- oxigen	O ₂	%	4.5
- bioxid de carbon	CO ₂	%	9.3
- temperatura gazelor de ardere	t _{ga}	°C	133
- temperatura aerului de combustie	t _{ac}	°C	21
- excesul de aer	λ	-	1.27
- oxizi de azot	NO _x	mg/m ³	82
Aria suprafetei exterioare a echipamentului	A _{cr}	m ²	105.99
Temperatura suprafetei exterioare a echipamentului	t _{cr}	°C	30
Durata anuala de functionare a echipamentului	T	h	3,357
Temperatura aer ventilatie la intrare	t _{iaer}	°C	21
Temperatura aer ventilatie la iesire	t _{iaer}	°C	34

Tabel 8.23 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA 830kW_t.

8.1.4.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare C8MW
Puterea calorifică, inferioară, a gazului natural (media anuală 2018)	PCI	[kWh/Sm ³]	10.496
Entalpia aerului de combustie	i _{ac}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i _{O₂}	[kJ/Nm ³]	188.57
- bioxid de carbon	i _{CO₂}	[kJ/Nm ³]	265.29
- azot	i _{N₂}	[kJ/Nm ³]	184.37
- vapori de apă	i _{H₂O}	[kJ/Nm ³]	215.11
Coefficient global de transmisie a căldurii la suprafața echipamentelor	α _{cr}	[W/(m ² ·°C)]	8
Presiunea de referință	p _N	[bar]	1.01325
Temperatura normală	t _N	[°C]	0
Temperatura standard	t _s	[°C]	15
Coefficient de conversie	cc	[Sm ³ /Nm ³]	0.94792
Randament mediu sistem ventilație (motor + CF + ventilator)	η _v	%	59.70%
Căldura specifică a aerului la intrare	c _{iaer}	[kJ/Nm ³ x °C]	1.297
Căldura specifică a aerului la ieșire	c _{eaer}	[kJ/Nm ³ x °C]	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ _{iaer}	[kg/Nm ³]	1.200
Densitatea aerului la ieșire	ρ _{eaer}	[kg/Nm ³]	1.149
Entalpia aerului de ventilație, intrare	i _{lav}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia aerului de ventilație, ieșire	i _{eav}	[kJ/Nm ³]	44.20

Tabel 8.24 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.4.3 Parametrii calculați CTA 830kW_t:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	MWh	
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{ar} = D_{ar} \times PCI \times T / 1000$	MWh	1,071.78	
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{ar} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.75	
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_2 = (100 - CO_2 - O_2) \%$	%	86.20	
Volum specific de aer de combustie	$V_{ar} = N_2 \times V_{ar} / 79$	Nm ³ /Nm ³	11.73	
Debit de aer de combustie	$D_{ar} = D_{ar} \times cc \times V_{ar}$	Nm ³ /h	377.82	
Caldura aerului de combustie	$Q_{ar} = D_{ar} \times i_{ac} \times T / 3.600.000$	MWh	9.62	
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E_v	MWh	63.51	
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{ar} + Q_{av}$	MWh	1,144.91	
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{ar} = D_{ar} \times cc \times V_{ar} \times T / 1000$	Nm ³ /h	1,162.41	
Debit de CO ₂	$D_{CO2} = CO_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	108.10	
Debit de O ₂	$D_{O2} = O_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	52.31	
Debit de N ₂	$D_{N2} = N_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	1,002.00	
Volum specific de vapori de apa	$V_{H2O} = 0.0(4/2 \times CH_4) = 0.0(4/2 \times 100)$	Nm ³ /Nm ³	2	
Debit de vapori de apa	$D_{H2O} = D_{ar} \times cc \times V_{H2O}$	Nm ³ /h	64.41	
Debit de gaze de ardere	$D_{ar} = D_{ar} + D_{H2O}$	Nm ³ /h	1,226.81	
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ar} = (D_{CO2} \times i_{CO2} + D_{O2} \times i_{O2} + D_{N2} \times i_{N2} + D_{H2O} \times i_{H2O}) \times T / 3.600.000$	MWh	221.13	
Caldura pierduta prin convecție și radiație	$Q_{cr} = A_{cr} \times \alpha_{cr} \times (t_{av} - t_{ext}) \times T / 10^3$	MWh	25.62	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF și ventilatoare)	$\Delta W_v = (E_v - W_{ev}) / 1000$	MWh	0.03	
Din caracteristicile ventilatorului pentru P _v = 18.9 kW, rezulta:	D_{av}	Nm ³ /h	51,260.00	
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{util} = D_{av} \times (i_{eav} - i_{lav}) \times T / 3.600.000$	MWh	807.82	
Energia electrica utila in ventilatie	W_{av}	MWh	38.44	
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{util} + W_{av} + Q_{cr} + Q_{ev}$	MWh	1,093.005	
Eroarea de inchidere a bilanțului:	-absoluta	$\Delta W = \Sigma W_i - \Sigma W_e$	MWh	51.91
Eroarea de inchidere a bilanțului:	-relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W_i$	%	4.53%
Randamentul energetic al CTA830	$\eta_e = (Q_{util} + Q_{cr}) / W_i$	%	73.91%	
Consum specific de energie	$w_{spez} = W_i / D_{ar}$	MWh/Nm ³	0.02	

Tabel 8.25 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru CTA 830 kW_t.

8.1.4.4 Bilanț termoeenergetic, real, orar, CTA 830 KW_t (secția montaj_asamblări):

Ecuția bilanțului termoeenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrica in instalatia de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisă aerului (din gaz) sau caldura utila gaz;
- W_{uv} – energia electrica utila in ventilatie;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominala motor

Δp pierderi in motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.12** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.12** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF f_{ctie} de P_n motor (se alege din tabel variație p_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat f_{ctie} de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice alt consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

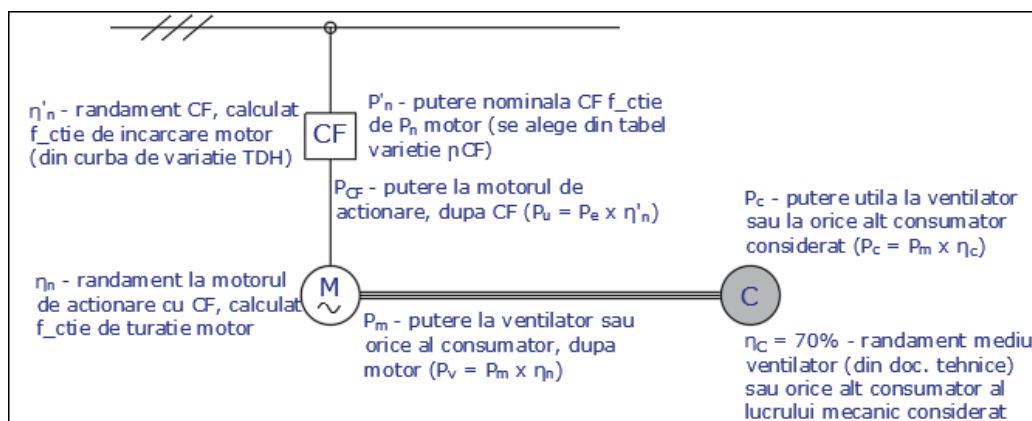


Figura.8.12 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.22** și alocat CTA 830 kW_t, orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuate în **tabel 8.25** se întocmește bilanțul termooenergetic real, anual conform **tabel 8.26** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.13**.

Energii intrate	MWh	%
Q _{gn} - Caldura intrata din gaz natural	1,071.78	94
Q _{ac} - Caldura aerului de combustie	9.62	0.84
E _v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	63.51	5.55
ΣW_i - suma energiilor intrate	1,144.91	100
Energii iesite	MWh	%
Q _u - Energia utila a CTA_urilor	846.26	77.42
Q _{uaer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	807.8192	73.91
W _{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	38.4395	3.52
Q _{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	221.13	20.23
Q _{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	25.62	2.34
ΣW_e - suma energiilor iesite	1,093.01	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	51.91	4.53

< 5

Tabel 8.26 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA 830 kW_t).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 4.53\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA 830 kW_t este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (807.82 + 38.44) / 1\,144.91 = 73.91\%$$

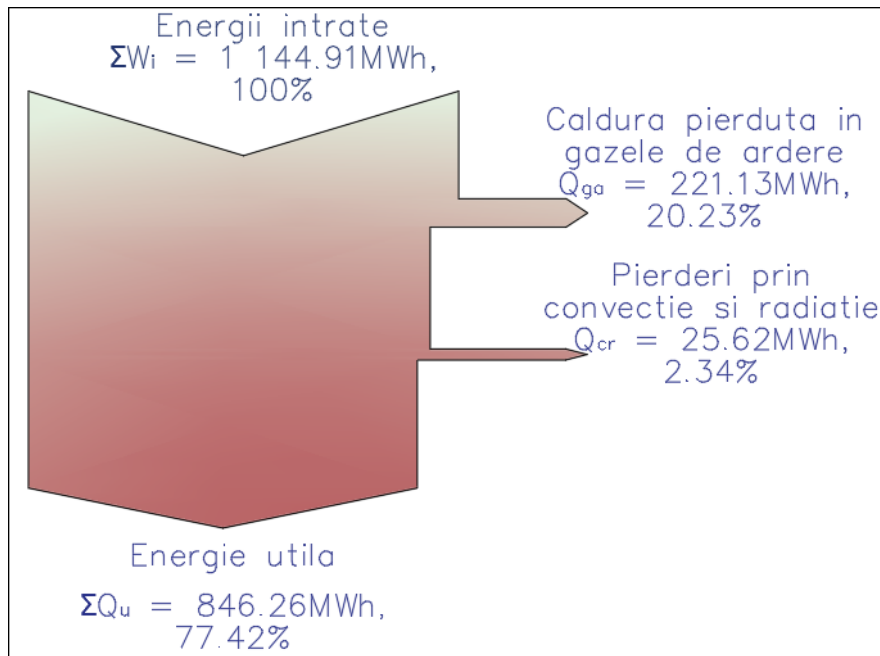


Figura 8.13 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA 830 kW_t)_Diagrama Sankey.

8.1.5 Bilant termoeenergetic: CTA_sectia prelucrari mecanice.

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasa al secției de prelucrări mecanice din cadrul fabricii, expusă intemperiei. Deservește secția de machining prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Mark BV, model G+ 150. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P _{max.} [kW _t]	P _{nom.} [kW _t]	η _{nom.} [%]	Debit gaz_max. [m ³ /h]	Debit gaz_max. [m ³ /h]	Dim. venti- lator [mm]	P _v [kW _e]	Nr. vent.	Debit aer_nom. [m ³ /h]	Debit aer_min. [m ³ /h]	Δ aer_max. °C
G+ 150	Mark BV	166.7	150	94.8	15.3	3.37	-	15	2	18,500.00	14,000.00	23.1

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.14.**

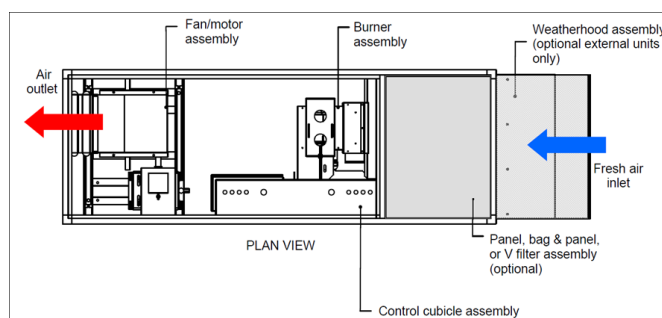


Figura 8.14 Schema tehnologică de funcționare a CTA 150kW_t– secția montaj (asamblare).

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț termoeenergetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor termice din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.27** este prezentat consumul de combustibil gaz natural al CTA, aferent secției de prelucrări mecanice.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa		Volum de aer de incalzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	23,332	245	21.06	22,116.77	21.06	609	232.17	19.97	5,167	
feb	25,177	264	22.73	23,865.73	22.73	588	250.53	21.55	4,988	
mart	22,539	237	20.35	21,364.62	20.35	496	224.27	19.29	4,208	
apr	12,848	135	11.60	12,178.52	11.60	392	127.84	10.99	3,326	
mai	6,690	70	6.04	6,341.88	6.04	248	66.57	5.73	2,104	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	3,897	41	3.52	3,694.50	3.52	248	38.78	3.34	2,104	
nov	9,016	95	8.14	8,546.34	8.14	360	89.71	7.72	3,054	
dec	19,968	210	18.03	18,928.30	18.03	416	198.70	17.09	3,529	
Total	123,467	1,296	111	117,037	111	3,357	1,229	106	28,479	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala)

Tabel 8.27 Tabel centralizator cu consunsumul de gaz natural, anual al CTA.

8.1.5.1 Parametrii măsurati CTA:

Parametrul masurat	Simbol	U.M.	Valoare CTA 150 kW
Consum mediu, orar, de gaz natural	D_{gn}	Sm^3/h	34.86
Aer cald iesire	D_v	Nm^3/h	6
Puterea termica, medie	P_q	MW	0.11
Puterea electrica, medie	P_e	MW	0.0108
Analiza gazelor de ardere			
- oxigen	O_2	%	4.2
- bioxid de carbon	CO_2	%	9.1
- temperatura gazelor de ardere	t_{ga}	$^{\circ}C$	136
- temperatura aerului de combustie	t_{ac}	$^{\circ}C$	21
- excesul de aer	λ	-	1.24
- oxizi de azot	NO_x	mg/m^3	81
Aria suprafetei exterioare a echipamentului	A_{cr}	m^2	106
Temperatura suprafetei exterioare a echipamentului	t_{cr}	$^{\circ}C$	30
Durata anuala de functionare a echipamentului	T	h	3,357
Temperatura aer ventilatie la intrare	t_{iaer}	$^{\circ}C$	21
Temperatura aer ventilatie la iesire	t_{iaer}	$^{\circ}C$	36

Tabel 8.28 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA.

8.1.5.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare CTA 150 kW
Puterea calorifica, inferioara, a gazului natural (media anuala 2018)	PCI	$[kWh/Sm^3]$	10.496
Entalpia aerului de combustie	i_{ac}	$[kJ/Nm^3]$	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i_{O_2}	$[kJ/Nm^3]$	27.66
- bioxid de carbon	i_{CO_2}	$[kJ/Nm^3]$	35.97
- azot	i_{N_2}	$[kJ/Nm^3]$	27.21
- vapori de apa	i_{H_2O}	$[kJ/Nm^3]$	27.80
Coeficient global de transmisie a caldurii la suprafata echipamentelor	α_{cr}	$[W/(m^2 \times ^{\circ}C)]$	8
Presiunea de referinta	p_N	[bar]	1.01325
Temperatura normala	t_N	$[^{\circ}C]$	0
Temperatura standard	t_S	$[^{\circ}C]$	15
Coeficient de conversie	cc	$[Sm^3/Nm^3]$	0.94792
Randament mediu sistem ventilatie (motor + CF + ventilator)	η_v	%	59.66%
Caldura specifica a aerului la intrare	c_{iaer}	$[kJ/Nm^3 \times ^{\circ}C]$	1.297
Caldura specifica a aerului la iesire	c_{eaer}	$[kJ/Nm^3 \times ^{\circ}C]$	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ_{iaer}	$[kg/Nm^3]$	1.200
Densitatea aerului la iesire	ρ_{eaer}	$[kg/Nm^3]$	1.142
Entalpia aerului de ventilatie, intrare	i_{iav}	$[kJ/Nm^3]$	27.30
Entalpia aerului de ventilatie, iesire	i_{eav}	$[kJ/Nm^3]$	46.80

Tabel 8.29 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.5.3 Parametrii calculați CTA:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	CTA 150 kW	
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{gn} = D_{gn} \times PCI \times T / 1000$	MWh	1,164.48	
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{gn} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.99	
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_2 = (100 - CO_2 - O_2)$	%	86.70	
Volum specific de aer de combustie	$V_{ac} = N_2 \times V_{gn} / 79$	Nm ³ /Nm ³	12.06	
Debit de aer de combustie	$D_{ac} = D_{gn} \times cc \times V_{ac}$	Nm ³ /h	398.56	
Caldura aerului de combustie	$Q_{ac} = D_{ac} \times t_{ac} \times T / 3.600.000$	MWh	10.15	
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E_v	MWh	72.51	
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{ac} + Q_{gn}$	MWh	1,247.13	
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{gn} = D_{gn} \times cc \times V_{gn} \times T / 1000$	Nm ³ /h	1,219.14	
Debit de CO ₂	$D_{CO_2} = CO_2 \times D_{gn} / 100$	Nm ³ /h	110.94	
Debit de O ₂	$D_{O_2} = O_2 \times D_{gn} / 100$	Nm ³ /h	51.20	
Debit de N ₂	$D_{N_2} = N_2 \times D_{gn} / 100$	Nm ³ /h	1,056.99	
Volum specific de vapori de apa	$V_{H_2O} = 0.04(4/2 \times CH_4) = 0.04(4/2 \times 100)$	Nm ³ /Nm ³	2	
Debit de vapori de apa	$D_{H_2O} = D_{gn} \times cc \times V_{H_2O}$	Nm ³ /h	66.10	
Debit de gaze de ardere	$D_{ga} = D_{gn} + D_{H_2O}$	Nm ³ /h	1,285.23	
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ga} = (D_{CO_2} \times h_{CO_2} + D_{CO} \times h_{CO} + D_{H_2} \times h_{H_2} + D_{H_2O} \times h_{H_2O}) \times T / 3.600.000$	MWh	33.58	
Caldura pierduta prin convecție si radiatie	$Q_{lr} = A_{lr} \times \alpha_{lr} \times (t_{int} - t_{ext}) \times T / 10^4$	MWh	25.62	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF si ventilatoare)	$\Delta W_v = (E_v - W_{uv}) / 1000$	MWh	0.03	
Din caracteristicile ventilatorului pentru P _i = 10.8 kW, rezulta:	D_{air}	Nm ³ /h	61,330	
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{uaer} = D_{air} \times (t_{uaer} - t_{ext}) \times T / 3.600.000$	MWh	1,115.21	
Energia electrica utila in ventilatie	W_{uv}	MWh	43.31	
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{lr}$	MWh	1,217.714	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	$\Delta W = \Sigma W_i - \Sigma W_e$	MWh	29.42
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W_i$	%	2.36%
Randamentul energetic al CTA150	$\eta_e = (Q_{uaer} + Q_{ac}) / W_i$	%	92.89%	
Consum specific de energie	$w_{exp} = W_i / D_{air}$	MWh/Nm ³	0.02	

Tabel 8.30 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru CTA.

8.1.5.4 Bilanț energetic, real, anual, CTA (secția prelucrări mecanice):

Ecuția bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrica in instalatia de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisa aerului (din gaz) sau caldura utila gaz;
- W_{uv} – energia electrica utila in ventilatie;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominala motor

Δp pierderi in motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.15** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.15** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF funcție de P_n motor (se alege din tabel variație η_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat funcție de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice alt consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

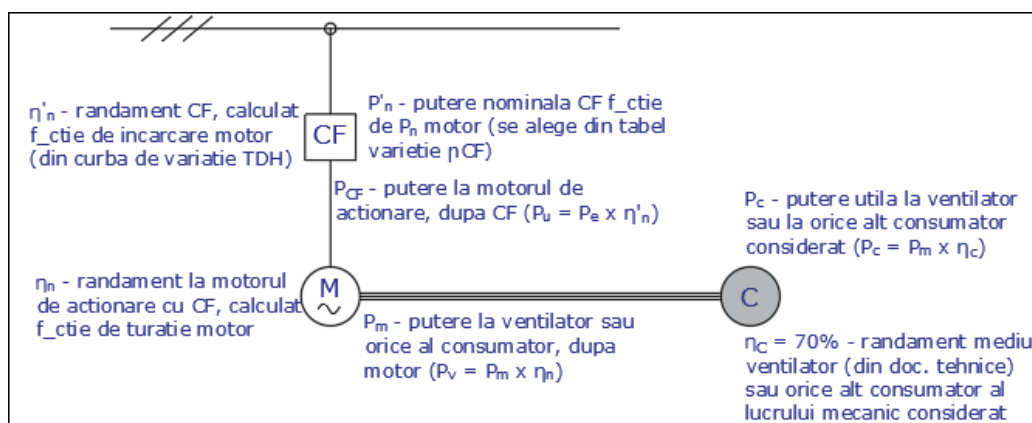


Figura.8.15 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.27** și alocat CTA, orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuat în **tabel 8.31** se întocmește bilanțul termooenergetic real, anual conform **tabel 8.32** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.16**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{gn} - Caldura intrata din gaz natural	1,164.48	93
Q_{ac} - Caldura aerului de combustie	10.15	0.81
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	72.51	5.81
ΣW_i - suma energiilor intrate	1,247.13	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a CTA_urilor	1,158.52	95.14
Q_{uaer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	1,115.21	91.58
W_{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	43.31	3.56
Q_{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	33.58	2.76
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	25.62	2.10
ΣW_e - suma energiilor iesite	1,217.71	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	29.42	2.36

Tabel 8.32 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului –secția prelucrări mecanice.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 2.36\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (1\,115.21 + 43.31) / 1\,247.13 = 92.9\%.$$

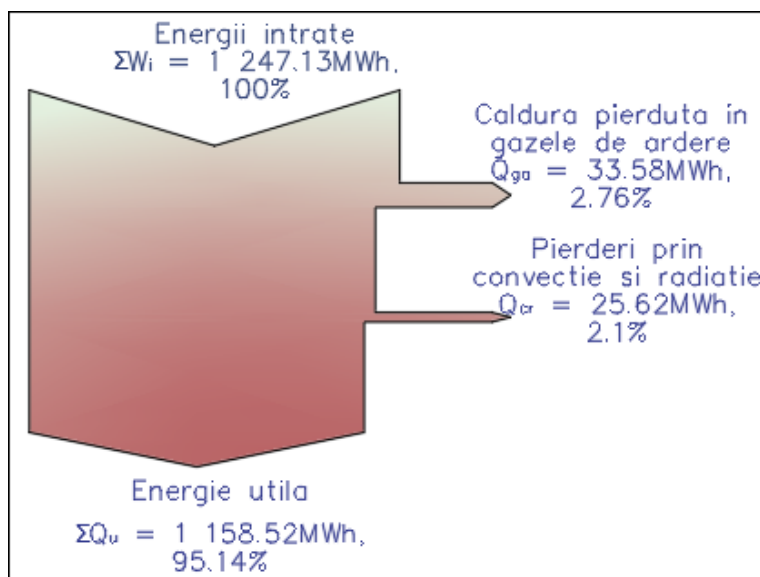


Figura 8.16 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului – secția prelucrări mecanice_Diagrama Sankey.

8.1.6 Bilanț termoeconomic: CTA secția - logistică

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasă al clădirii de logistică din cadrul fabricii, expusă intemperiei. Deservește clădirea logistică prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Mark BV, model G+ 150. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P _{max.} [kW _e]	P _{nom.} [kW _e]	η _{nom.} [%]	Debit gaz_max. [m ³ /h]	Debit gaz_max. [m ³ /h]	Dim. venti- lator [mm]	P _v [kW _e]	Nr. vent. [buc]	Debit aer_nom. [m ³ /h]	Debit aer_min. [m ³ /h]	Δ aer_max. °C
G+ 150	Mark BV	166.7	150	94.8	15.3	3.37	-	15	2	18,500.00	14,000.00	23.1

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.17**.

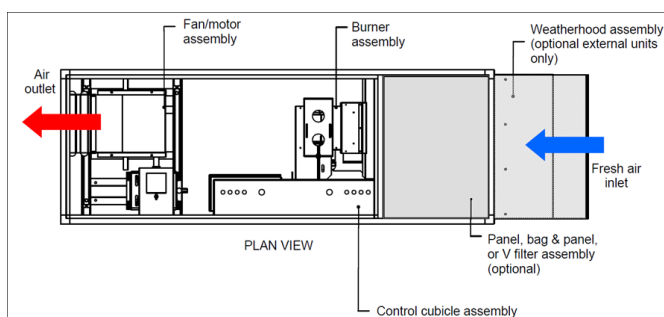


Figura 8.17 Schema tehnologică de funcționare a CTA 150kW_t–logistică.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.32** este prezentat consumul de combustibil gaz natural al CTA, aferent clădirii de logistică.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa		Volum de aer de incalzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	11,202	118	10.11	10,618.53	10.11	609	111.47	9.59	5,164	
feb	12,088	127	10.91	11,458.23	10.91	588	120.28	10.34	4,986	
mart	10,821	114	9.77	10,257.42	9.77	496	107.68	9.26	4,206	
apr	6,168	65	5.57	5,847.06	5.57	392	61.38	5.28	3,324	
mai	3,212	34	2.90	3,044.82	2.90	248	31.96	2.75	2,103	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	1,871	20	1.69	1,773.77	1.69	248	18.62	1.60	2,103	
nov	4,329	45	3.91	4,103.20	3.91	360	43.07	3.70	3,053	
dec	9,587	101	8.65	9,087.71	8.65	416	95.40	8.20	3,528	
Total	59,278	622	54	56,191	54	3,357	590	51	28,468	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala)

Tabel 8.32 Tabel centralizator cu consunsumul de gaz natural, anual al CTA.

8.1.6.1 Parametrii măsurăți CTA:

Parametrul masurat	Simbol	U.M.	Valoare CT150kW	administrativ
Consum mediu, orar, de gaz natural	D _{gn}	Sm ³ /h	16.74	
Aer cald iesire	D _v	Nm ³ /h	7	
Puterea termica, medie	P _q	MW	0.12	
Puterea electrica, medie	P _e	MW	0.0122	
Analiza gazelor de ardere				
- oxigen	O ₂	%	4.2	
- bioxid de carbon	CO ₂	%	9.1	
- temperatura gazelor de ardere	t _{ga}	°C	136	
- temperatura aerului de combustie	t _{ac}	°C	21	
- excesul de aer	λ	-	1.24	
- oxizi de azot	NO _x	mg/m ³	81	
Aria suprafetei exterioare a echipamentului	A _{cr}	m ²	106	
Temperatura suprafetei exterioare a echipamentului	t _{cr}	°C	30	
Durata anuala de functionare a echipamentului	T	h	3,357	
Temperatura aer ventilatie la intrare	t _{iaer}	°C	21	
Temperatura aer ventilatie la iesire	t _{iaer}	°C	36	

Tabel 8.33 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA.

8.1.6.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare CT150kW
Puterea calorifică, inferioară, a gazului natural (media anuală 2018)	PCI	[kWh/Sm ³]	10.496
Entalpia aerului de combustie	i _{ac}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i _{O2}	[kJ/Nm ³]	27.66
- bioxid de carbon	i _{CO2}	[kJ/Nm ³]	35.97
- azot	i _{N2}	[kJ/Nm ³]	27.21
- vapori de apă	i _{H2O}	[kJ/Nm ³]	27.80
Coefficient global de transmisie a caldurii la suprafața echipamentelor	α _{cr}	[W/(m ² ·°C)]	8
Presiunea de referință	p _N	[bar]	1.01325
Temperatura normală	t _N	[°C]	0
Temperatura standard	t _S	[°C]	15
Coefficient de conversie	cc	[Sm ³ /Nm ³]	0.94792
Randament mediu sistem ventilație (motor + CF + ventilator)	η _v	%	59.64%
Caldura specifică a aerului la intrare	c _{iaer}	[kJ/Nm ³ ·°C]	1.297
Caldura specifică a aerului la ieșire	c _{eaer}	[kJ/Nm ³ ·°C]	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ _{iaer}	[kg/Nm ³]	1.200
Densitatea aerului la ieșire	ρ _{eaer}	[kg/Nm ³]	1.142
Entalpia aerului de ventilație, intrare	i _{iaer}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia aerului de ventilație, ieșire	i _{eaer}	[kJ/Nm ³]	46.80

Tabel 8.34 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.6.3 Parametrii calculați CTA:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	C14MW	
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{gn} = D_{gn} \times PCI \times T / 1000$	MWh	559.08	
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{gu} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.99	
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_2 = (100 - CO_2 - O_2)$	%	86.70	
Volum specific de aer de combustie	$V_{ac} = N_2 \times V_{gu} / 79$	Nm ³ /Nm ³	12.06	
Debit de aer de combustie	$D_{ac} = D_{gn} \times cc \times V_{ac}$	Nm ³ /h	191.35	
Caldura aerului de combustie	$Q_{ac} = D_{ac} \times i_{ac} \times T / 3.600.000$	MWh	4.87	
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E_v	MWh	81.58	
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{gn} + Q_{ac}$	MWh	645.53	
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{gu} = D_{gn} \times cc \times V_{gu} \times T / 1000$	Nm ³ /h	585.32	
Debit de CO ₂	$D_{CO_2} = CO_2 \times D_{gu} / 100$	Nm ³ /h	53.26	
Debit de O ₂	$D_{O_2} = O_2 \times D_{gu} / 100$	Nm ³ /h	24.58	
Debit de N ₂	$D_{N_2} = N_2 \times D_{gu} / 100$	Nm ³ /h	507.47	
Volum specific de vapori de apa	$V_{H_2O} = 0,01(4/2 \times CH_4) = 0,01(4/2 \times 100)$	Nm ³ /Nm ³	2	
Debit de vapori de apa	$D_{H_2O} = D_{gu} \times cc \times V_{H_2O}$	Nm ³ /h	31.73	
Debit de gaze de ardere	$D_{ga} = D_{gu} + D_{H_2O}$	Nm ³ /h	617.06	
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ga} = (D_{CO_2} \times i_{CO_2} + D_{O_2} \times i_{O_2} + D_{N_2} \times i_{N_2} + D_{H_2O} \times i_{H_2O}) \times T / 3.600.000$	MWh	16.12	
Caldura pierduta prin convectie si radiatie	$Q_{cr} = A_{cr} \times \alpha_{cr} \times (t_{cr} - t_{\text{amb}}) \times T / 10^6$	MWh	25.62	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF si ventilatoare)	$\Delta W_v = (E_v - W_{av}) / 1000$	MWh	0.03	
Din caracteristicile ventilatorului pentru P _i = 12.2 kW, rezulta:	D_{aer}	Nm ³ /h	29,260	
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{aer} = D_{aer} \times (i_{aer} - i_{aer1}) \times T / 3.600.000$	MWh	532.06	
Energia electrica utila in ventilatie	W_{av}	MWh	48.65	
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{aer} + W_{av} + Q_{ga} + Q_{cr}$	MWh	622.448	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	$\Delta W = \Sigma W_i - \Sigma W_e$	MWh	23.08
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W_i$	%	3.58%
Randamentul energetic al CTA150	$\eta_e = (Q_{aer} + Q_{av}) / W_i$	%	89.96%	
Consum specific de energie	$w_{aer} = W_i / D_{aer}$	MWh/Nm ³	0.02	

Tabel 8.35 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru CTA.

8.1.6.4 Bilanț energetic, real, anual, CTA secția – logistică.

Ecuția bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrică în instalația de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisă aerului (din gaz) sau căldura utilă gaz;
- W_{uv} – energia electrică utilă în ventilație;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominală motor

Δp pierderi în motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.18** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.18** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF f_{ctie} de P_n motor (se alege din tabel variație p_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat f_{ctie} de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice al consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

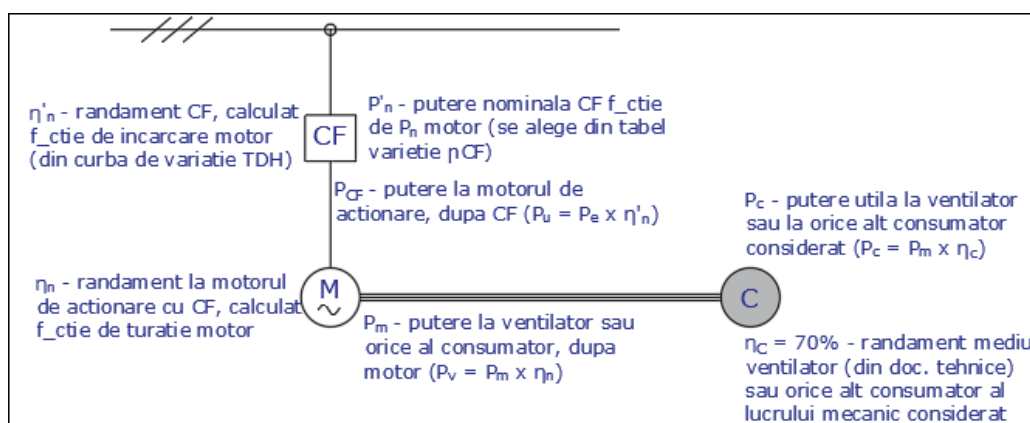


Figura 8.18 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.32** și alocat CTA, orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuat în **tabel 8.35** se întocmește bilanțul energetic real, anual conform **tabel 8.36** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.19**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_{gn} - Caldura intrata din gaz natural	559.08	87
Q_{ac} - Caldura aerului de combustie	4.87	0.75
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	81.58	12.64
ΣW_i - suma energiilor intrate	645.53	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a CTA_urilor	580.71	93.29
Q_{uaer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	532.06	85.48
W_{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	48.65	7.82
Q_{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	16.12	2.59
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	25.62	4.12
ΣW_e - suma energiilor iesite	622.45	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	23.08	3.58

< 5

Tabel 8.36 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția logistică).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.58\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA 150 kW_t este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (532.06 + 48.65) / 645.53 = 89.96\%.$$

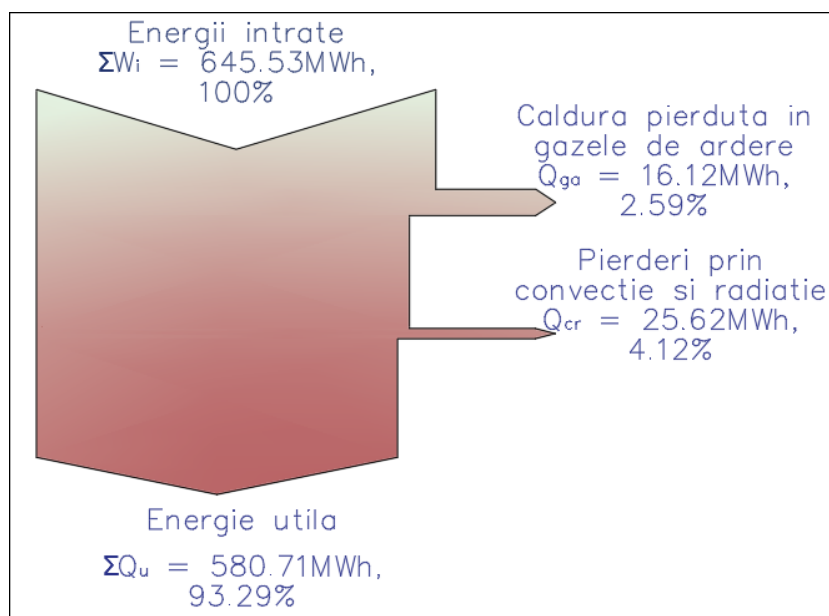


Figura 8.19 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția logistică)_Diagrama Sankey.

8.1.7 Bilanț termoeenergetic: CTA secția - vopsitorie

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasei clădirii secției de vopsitorie din cadrul fabricii, expusă intemperiei. Deservește secția de vopsitorie prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Mark BV, model G+ 150. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P_{max}	P_{nom}	η_{nom}	Debit gaz_max.	Debit gaz_max.	Dim. venti- lator	P_v	Nr. vent.	Debit aer_nom.	Debit aer_min.	Δ aer_max.
		[kW _e]	[kW _e]	[%]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mm]	[kW _e]	[buc]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	°C
G+ 150	Mark BV	166.7	150	94.8	15.3	3.37	-	15	2	18,500.00	14,000.00	23.1

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.20**.

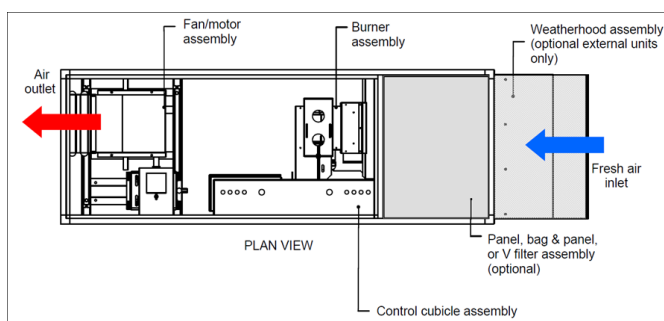


Figura 8.20 Schema tehnologică de funcționare a CTA – secția vopsitorie.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.37** este prezentat consumul de combustibil gaz natural al CTA, aferent secției vopsitorie.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primară	Ore funcț. anual	Total energie produsă		Volum de aer de încălzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	9,730	102	8.78	9,223.62	8.78	609	96.82	8.33	5,164	
feb	10,500	110	9.48	9,953.01	9.48	588	104.48	8.99	4,986	
mar	9,399	99	8.48	8,909.94	8.48	496	93.53	8.04	4,206	
apr	5,358	56	4.84	5,078.95	4.84	392	53.32	4.59	3,324	
mai	2,790	29	2.52	2,644.83	2.52	248	27.76	2.39	2,103	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	1,625	17	1.47	1,540.76	1.47	248	16.17	1.39	2,103	
nov	3,760	39	3.39	3,564.18	3.39	360	37.41	3.22	3,053	
dec	8,328	87	7.52	7,893.89	7.52	416	82.86	7.13	3,528	
Total	51,491	540	46	48,809	46	3,357	512	44	28,468	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuală)

vopsitorie

Tabel 8.37 Tabel centralizator cu consumul de gaz natural, anual al CTA.

8.1.7.1 Parametrii măsurați CTA:

Parametrul măsurat	Simbol	U.M.	Valoare C150kWh vopsitorie
Consum mediu, orar, de gaz natural	D _{gn}	Sm ³ /h	14.54
Aer cald ieșire	D _v	Nm ³ /h	5
Puterea termică, medie	P _q	MW	0.10
Puterea electrică, medie	P _e	MW	0.0096
Analiza gazelor de ardere			
- oxigen	O ₂	%	4.2
- bioxid de carbon	CO ₂	%	9.1
- temperatura gazelor de ardere	t _{ga}	°C	136
- temperatura aerului de combustie	t _{ac}	°C	21
- excesul de aer	λ	-	1.24
- oxizi de azot	NO _x	mg/m ³	81
Aria suprafeței exterioare a echipamentului	A _{cr}	m ²	106
Temperatura suprafeței exterioare a echipamentului	t _{cr}	°C	30
Durata anuală de funcționare a echipamentului	T	h	3,357
Temperatura aer ventilat la intrare	t _{iaer}	°C	21
Temperatura aer ventilat la ieșire	t _{iaer}	°C	36

Tabel 8.38 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA.

8.1.7.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare C150kWh
Puterea calorifică, inferioară, a gazului natural (media anuală 2018)	PCI	[kWh/Sm ³]	10.496
Entalpia aerului de combustie	i _{ac}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i _{O₂}	[kJ/Nm ³]	27.66
- bioxid de carbon	i _{CO₂}	[kJ/Nm ³]	35.97
- azot	i _{N₂}	[kJ/Nm ³]	27.21
- vapori de apă	i _{H₂O}	[kJ/Nm ³]	27.80
Coefficient global de transmisie a caldurii la suprafața echipamentelor	α _{cr}	[W/(m ² ·°C)]	8
Presiunea de referință	p _N	[bar]	1.01325
Temperatura normală	t _N	[°C]	0
Temperatura standard	t _s	[°C]	15
Coefficient de conversie	cc	[Sm ³ /Nm ³]	0.94792
Randament mediu sistem ventilație (motor + CF + ventilator)	η _v	%	59.64%
Caldura specifică a aerului la intrare	c _{iaer}	[kJ/Nm ³ ·°C]	1.297
Caldura specifică a aerului la ieșire	c _{eaer}	[kJ/Nm ³ ·°C]	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ _{iaer}	[kg/Nm ³]	1.200
Densitatea aerului la ieșire	ρ _{eaer}	[kg/Nm ³]	1.142
Entalpia aerului de ventilație, intrare	i _{iaer}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia aerului de ventilație, ieșire	i _{eaer}	[kJ/Nm ³]	46.80

Tabel 8.39 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.7.3 Parametrii calculați CTA:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	C150kWh	
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{ar} = D_{ar} \times PCI \times T / 1000$	MWh	485.64	
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{ar} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.99	
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_{ar} = (100 - CO_2 - O_2)$	%	86.70	
Volum specific de aer de combustie	$V_{ac} = N_{ar} \times V_{ar} / 79$	Nm ³ /Nm ³	12.06	
Debit de aer de combustie	$D_{ac} = D_{ar} \times cc \times V_{ac}$	Nm ³ /h	166.22	
Caldura aerului de combustie	$Q_{ac} = D_{ac} \times c_{ia} \times T / 3600 \times 1000$	MWh	4.23	
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E _v	MWh	64.45	
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{ar} + Q_{ac}$	MWh	554.32	
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{ar} = D_{ac} \times cc \times V_{ar} \times T / 1000$	Nm ³ /h	508.43	
Debit de CO ₂	$D_{CO_2} = CO_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	46.27	
Debit de O ₂	$D_{O_2} = O_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	21.35	
Debit de N ₂	$D_{N_2} = N_2 \times D_{ar} / 100$	Nm ³ /h	440.81	
Volum specific de vapori de apa	$V_{H_2O} = 0.014(2 \times CH_4) = 0.014(2 \times 100)$	Nm ³ /Nm ³	2	
Debit de vapori de apa	$D_{H_2O} = D_{ar} \times cc \times V_{H_2O}$	Nm ³ /h	27.56	
Debit de gaze de ardere	$D_{ar} = D_{CO_2} + D_{O_2} + D_{N_2} + D_{H_2O}$	Nm ³ /h	536.00	
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ar} = (D_{CO_2} \times i_{CO_2} + D_{O_2} \times i_{O_2} + D_{N_2} \times i_{N_2} + D_{H_2O} \times i_{H_2O}) \times T / 3600 \times 1000$	MWh	14.00	
Caldura pierduta prin convecție si radiație	$Q_{pr} = A_{pr} \times \alpha_{cr} \times (t_{eaer} - t_{iaer}) \times T / 10^3$	MWh	25.62	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF si ventilatoare)	$\Delta W_v = (E_v - W_v) / 1000$	MWh	0.03	
Din caracteristicile ventilatorului pentru P ₁ = 9.6 kW, rezulta:	D _{ar}	Nm ³ /h	24,840	
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{util} = D_{ar} \times (i_{eaer} - i_{iaer}) \times T / 3600 \times 1000$	MWh	451.68	
Energia electrica utila in ventilatie	W _v	MWh	38.54	
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{util} + W_{v1} + Q_{pr} + Q_{ar}$	MWh	529.851	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	$\Delta W = \Sigma W - \Sigma W_e$	MWh	24.47
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W$	%	4.41%
Randamentul energetic al CTA150	$\eta_p = (Q_{util} + Q_{pr}) / W_i$	%	88.44%	
Consum specific de energie	$w_{exp} = W_i / D_{ar}$	MWh/Nm ³	0.02	

Tabel 8.40 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru CTA.

8.1.7.4 Bilanț energetic, real, anual, CTA secția vopsitorie:

Ecuția bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrică în instalația de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisă aerului (din gaz) sau caldura utilă gaz;
- W_{uv} – energia electrică utilă în ventilație;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominala motor

Δp pierderi in motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.21** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.21** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF f_cție de P_n motor (se alege din tabel variație p_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat f_cție de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice al consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

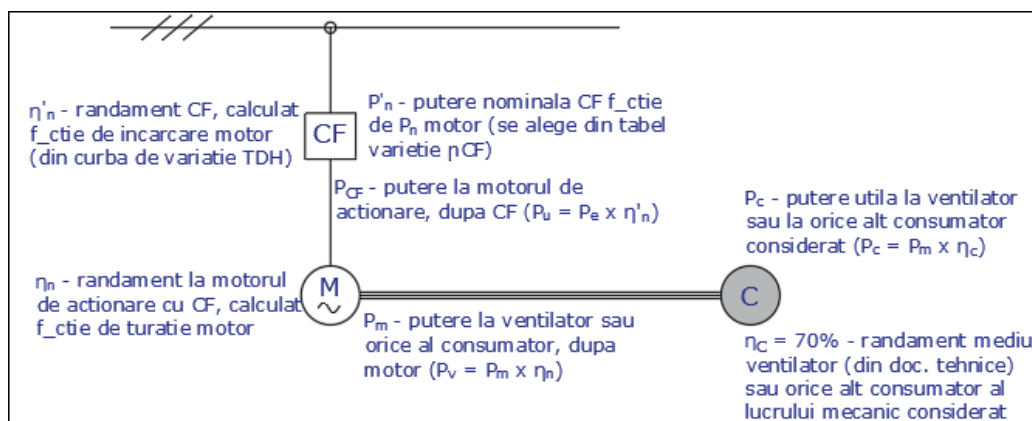


Figura 8.21 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.37** și alocat CTA, orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuat în **tabel 8.40** se întocmește bilanțul energetic real, anual conform **tabel 8.41** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.22**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{gn} - Caldura intrata din gaz natural	485.64	88
Q_{ac} - Caldura aerului de combustie	4.23	0.76
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	64.45	11.63
ΣW_i - suma energiilor intrate	554.32	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a CTA_urilor	490.23	92.52
Q_{uaer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	451.68	85.25
W_{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	38.54	7.27
Q_{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	14.00	2.64
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	25.62	4.84
ΣW_e - suma energiilor iesite	529.85	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	24.47	4.41

< 5

Tabel 8.41 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția vopsitorie).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 4.41\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA 150 kW_t este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (451.68 + 38.54) / 554.32 = 88.44\%.$$

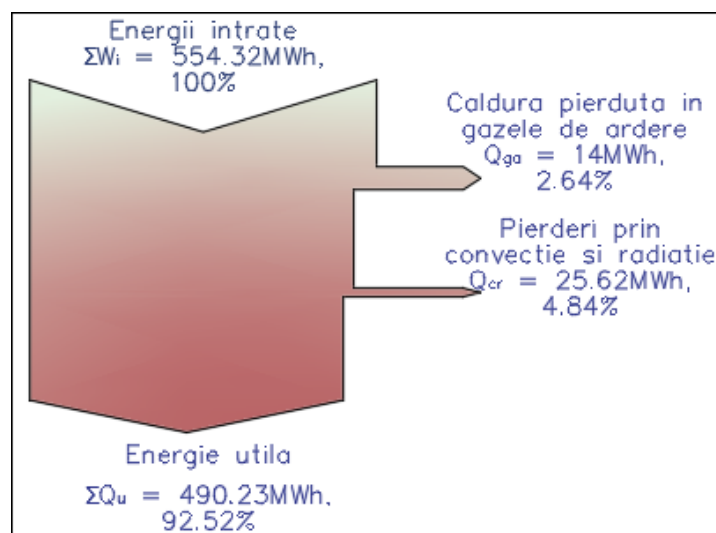


Figura 8.22 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția vopsitorie)_Diagrama Sankey.

8.1.8 Bilanț termoeenergetic: CTA secția anodizare.

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasei clădirii secției de anodizare din cadrul fabricii, expusă intemperiei. Deservește secția de anodizare prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Mark BV, model G+ 150. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P _{max.}	P _{nom.}	η _{nom.}	Debit gaz_max.	Debit gaz_max.	Dim. venti- lator	P _v	Nr. vent.	Debit aer_nom.	Debit aer_min.	Δ aer_max.
		[kW _e]	[kW _e]	[%]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mm]	[kW _e]	[buc]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	°C
G+ 150	Mark BV	166.7	150	94.8	15.3	3.37	-	15	2	18,500.00	14,000.00	23.1

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.23**.

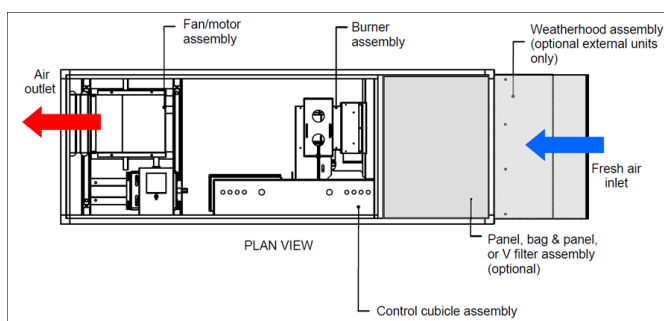


Figura 8.23 Schema tehnologica de funcționare a CTA – secția anodizare.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.42** este prezentat consumul de combustibil gaz natural al CTA, aferent secției anodizare.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primară	Ore funcț. anual	Total energie produsă		Volum de aer de încălzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _t [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	10,459	110	9.44	9,914.34	9.44	609	104.07	8.95	5,168	
feb	11,286	118	10.19	10,698.35	10.19	588	112.30	9.66	4,990	
mar	10,103	106	9.12	9,577.17	9.12	496	100.53	8.65	4,209	
apr	5,759	60	5.20	5,459.29	5.20	392	57.31	4.93	3,327	
mai	2,999	31	2.71	2,842.89	2.71	248	29.84	2.57	2,105	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	1,747	18	1.58	1,656.14	1.58	248	17.38	1.50	2,105	
nov	4,042	42	3.65	3,831.09	3.65	360	40.22	3.46	3,055	
dec	8,951	94	8.08	8,485.03	8.08	416	89.07	7.66	3,531	
Total	55,347	581	50	52,464	50	3,357	551	47	28,490	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuală)

anodizare

Tabel 8.42 Tabel centralizator cu consumul de gaz natural, anual al CTA.

8.1.8.1 Parametrii măsuțați CTA:

Parametrul masurat	Simbol	U.M.	Valoare C150kW
Consum mediu, orar, de gaz natural	D_{gn}	Sm^3/h	15.63
Aer cald iesire	D_v	Nm^3/h	6
Puterea termica, medie	P_q	MW	0.11
Puterea electrica, medie	P_e	MW	0.0114
Analiza gazelor de ardere			
- oxigen	O_2	%	4.4
- bioxid de carbon	CO_2	%	9.2
- temperatura gazelor de ardere	t_{ga}	$^{\circ}C$	133
- temperatura aerului de combustie	t_{ac}	$^{\circ}C$	21
- excesul de aer	λ	-	1.21
- oxizi de azot	NO_x	mg/m^3	81
Aria suprafetei exterioare a echipamentului	A_{cr}	m^2	106
Temperatura suprafetei exterioare a echipamentului	t_{cr}	$^{\circ}C$	30
Durata anuala de functionare a echipamentului	T	h	3,357
Temperatura aer ventilatie la intrare	t_{iaer}	$^{\circ}C$	21
Temperatura aer ventilatie la iesire	t_{iaer}	$^{\circ}C$	36

Tabel 8.43 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA.

8.1.8.2 Parametrii preluati din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare CTA150kW
Puterea calorifica, inferioara, a gazului natural (media anuala 2018)	PCI	$[kWh/Sm^3]$	10.496
Entalpia aerului de combustie	i_{ac}	$[kJ/Nm^3]$	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i_{O_2}	$[kJ/Nm^3]$	27.66
- bioxid de carbon	i_{CO_2}	$[kJ/Nm^3]$	35.97
- azot	i_{N_2}	$[kJ/Nm^3]$	27.21
- vapori de apa	i_{H_2O}	$[kJ/Nm^3]$	27.80
Coeficient global de transmisie a caldurii la suprafata echipamentelor	α_{cr}	$[W/(m^2 \times ^{\circ}C)]$	8
Presiunea de referinta	p_N	[bar]	1.01325
Temperatura normala	t_N	$[^{\circ}C]$	0
Temperatura standard	t_s	$[^{\circ}C]$	15
Coeficient de conversie	cc	$[Sm^3/Nm^3]$	0.94792
Randament mediu sistem ventilatie (motor + CF + ventilator)	η_v	%	59.69%
Caldura specifica a aerului la intrare	c_{iaer}	$[kJ/Nm^3 \times ^{\circ}C]$	1.297
Caldura specifica a aerului la iesire	c_{eaer}	$[kJ/Nm^3 \times ^{\circ}C]$	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ_{iaer}	$[kg/Nm^3]$	1.200
Densitatea aerului la iesire	ρ_{eaer}	$[kg/Nm^3]$	1.142
Entalpia aerului de ventilatie, intrare	i_{iav}	$[kJ/Nm^3]$	27.30
Entalpia aerului de ventilatie, iesire	i_{eav}	$[kJ/Nm^3]$	46.80

Tabel 8.44 Tabel centralizator cu parametrii preluati din literatura de specialitate.

8.1.8.3 Parametrii calculati CTA:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	CTA150kW
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{gn} = D_{gn} \times PCI \times T / 1000$	MWh	522.00
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{ga} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.87
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_2 = (100 - CO_2 - O_2)$	%	86.40
Volum specific de aer de combustie	$V_{aer} = N_2 \times V_{ga} / 79$	Nm ³ /Nm ³	11.89
Debit de aer de combustie	$D_{aer} = D_{gn} \times ccc \times V_{aer}$	Nm ³ /h	176.11
Caldura aerului de combustie	$Q_{ac} = D_{aer} \times t_{aer} \times T / 3.600.000$	MWh	4.48
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E_v	MWh	76.54
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{ac} + Q_{gn}$	MWh	603.03
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{ga} = D_{gn} \times ccc \times V_{ga} \times T / 1000$	Nm ³ /h	540.56
Debit de CO ₂	$D_{CO2} = CO_2 \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	49.73
Debit de O ₂	$D_{O2} = O_2 \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	23.78
Debit de N ₂	$D_{N2} = N_2 \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	467.05
Volum specific de vapori de apa	$V_{vapor} = 0.014/2 \times CH_4 = 0.014/2 \times 100$	Nm ³ /Nm ³	2
Debit de vapori de apa	$D_{vapor} = D_{ga} \times ccc \times V_{vapor}$	Nm ³ /h	29.63
Debit de gaze de ardere	$D_{ga} = D_{ga} + D_{vapor}$	Nm ³ /h	570.19
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ga} = (D_{CO2} \times t_{CO2} + D_{O2} \times t_{O2} + D_{N2} \times t_{N2} + D_{vapor} \times t_{vapor}) \times T / 3.600.000$	MWh	14.90
Caldura pierduta prin convecție si radiatie	$Q_{pr} = A_{pr} \times \alpha_{pr} \times (t_{int} - t_{ext}) \times T / 10^6$	MWh	25.62
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF si ventilatoare)	$\Delta W_i = (E_i - W_{ui}) / 1000$	MWh	0.03
Din caracteristicile ventilatorului pentru P _i = 11.4kW, rezulta:	D_{aer}	Nm ³ /h	27,230
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{uaer} = D_{aer} \times (t_{aer} - t_{amb}) \times T / 3.600.000$	MWh	495.14
Energia electrica utila in ventilatie	W_{uv}	MWh	45.68
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{pr}$	MWh	581.348
Eroarea de inchidere a bilantului: -absoluta	$\Delta W = \Sigma W_i - \Sigma W_e$	MWh	21.68
Eroarea de inchidere a bilantului: -relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W_i$	%	3.59%
Randamentul energetic al CTA150	$\eta_e = (Q_{uaer} + Q_{ga}) / W_i$	%	89.69%
Consum specific de energie	$w_{aer} = W_i / D_{aer}$	MWh/Nm ³	0.02

Tabel 8.45 Tabel centralizator cu parametrii calculati pentru CTA.

8.1.8.4 Bilanț energetic, real, anual, CTA secția anodizare:

Ecuatia bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrica in instalatia de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisa aerului (din gaz) sau caldura utila gaz;
- W_{uv} – energia electrica utila in ventilatie;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominala motor

Δp pierderi in motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.24** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.24** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF f_{ctie} de P_n motor (se alege din tabel variație η_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat f_{ctie} de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice alt consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

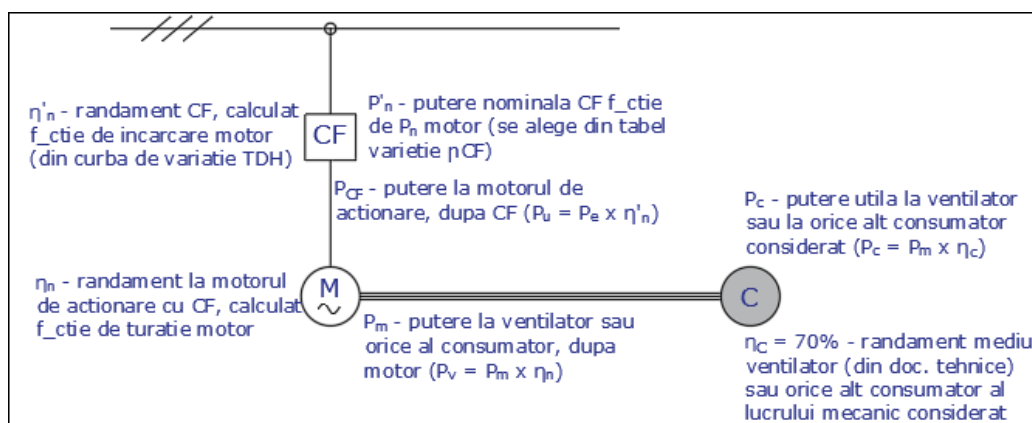


Figura 8.24 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.42** și alocat CTA orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuate în **tabel 8.45** se întocmește bilanțul energetic real, anual conform **tabel 8.46** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.25**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{gn} - Caldura intrata din gaz natural	522.00	87
Q_{ac} - Caldura aerului de combustie	4.48	0.74
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	76.54	12.69
ΣW_i - suma energiilor intrate	603.03	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a CTA_urilor	540.83	93.03
Q_{aer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	495.14	85.17
W_{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	45.68	7.86
Q_{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	14.90	2.56
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	25.62	4.41
ΣW_e - suma energiilor iesite	581.35	100
ΔW - eroarea de închidere a bilanțului	21.68	3.59

< 5

Tabel 8.46 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția anodizare).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.59\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA 150 kW_t este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (495.14 + 45.68) / 603.03 = 89.68\%.$$

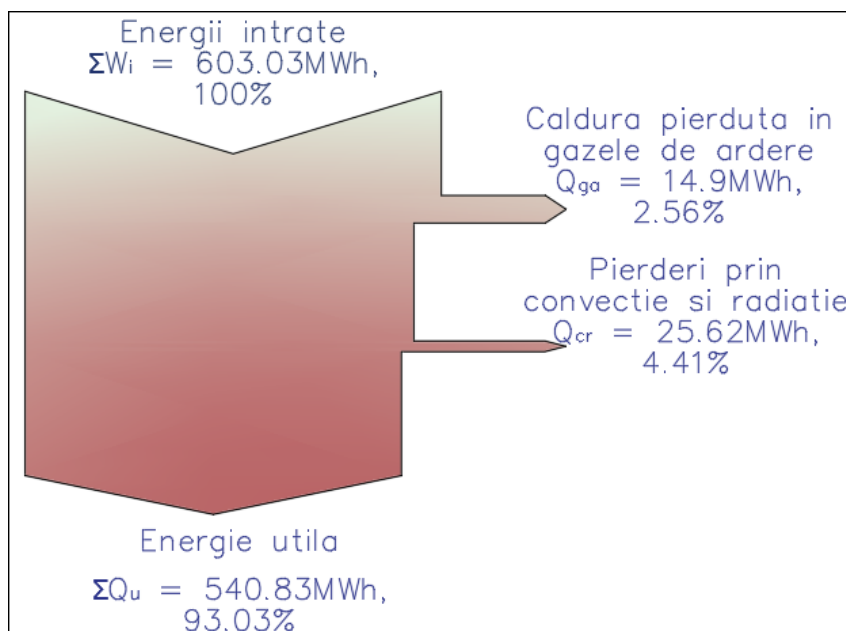


Figura 8.25 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția anodizare)_Diagrama Sankey.

8.1.9 Bilanț termoeenergetic: CTA secția Make upp.

Centrala de tratare a aerului este amplasată pe acoperișul terasei secției „Make upp” din cadrul fabricii, expusă intemperiilor. Deservește secția prin acoperirea pierderilor de căldură în cursul anotimpului rece și răcirea spațiilor în timpul anotimpului cald.

Centrala de tratare a aerului este produsă de Mark BV, model G+ 150. Combustibilul utilizat este gazul natural, necontorizat.

Datele nominale a centralei de tratare a aerului sunt:

Denumire CTA	Producator	P _{max.}	P _{nom.}	η _{nom.}	Debit gaz_max.	Debit gaz_max.	Dim. venti- lator	P _v	Nr. vent.	Debit aer_nom.	Debit aer_min.	Δ aer_max.
		[kW _t]	[kW _t]	[%]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mm]	[kW _e]	[buc]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	°C
G+ 150	Mark BV	166.7	150	94.8	15.3	3.37	-	15	2	18,500.00	14,000.00	23.1

Schema termomecanică, de principiu, a CTA și punctele de măsură este prezentată în **figura 8.26**.

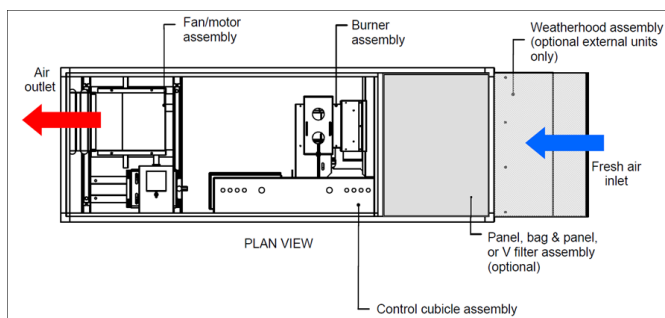


Figura 8.26 Schema tehnologica de functionare a CTA– sectia anodizare.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie termică la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la CTA.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilitati din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de căldură în rețelele de distribuție a energiei termice și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.42** este prezentat consumul de combustibil gaz natural ala CTA, aferent secției Make upp.

2018	Cons. gaz natural				Consum total energie primara	Ore funcț. anual	Total energie produsa		Volum de aer de incalzit	Obs.
Luna	B [Sm ³]	B [MWh] ¹⁾	B [TEP]	B [Nm ³]	[TEP]	T [h]	E _i [MWh]	E _t [TEP]	[Nm ³]	
ian	14,067	148	12.70	13,334.67	12.70	609	139.98	12.04	5,163	
feb	15,180	159	13.70	14,389.15	13.70	588	151.05	12.99	4,985	
mart	13,589	143	12.27	12,881.18	12.27	496	135.22	11.63	4,205	
apr	7,746	81	6.99	7,342.69	6.99	392	77.08	6.63	3,323	
mai	4,034	42	3.64	3,823.65	3.64	248	40.14	3.45	2,102	
iun	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
iul	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
aug	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
sept	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
oct	2,350	25	2.12	2,227.49	2.12	248	23.38	2.01	2,102	
nov	5,436	57	4.91	5,152.77	4.91	360	54.09	4.65	3,052	
dec	12,039	126	10.87	11,412.27	10.87	416	119.80	10.30	3,527	
Total	74,441	781	67	70,564	67	3,357	741	64	28,459	

¹⁾ PCS = 10.496 kWh/Sm³ (media anuala)

Make upp

Tabel 8.47 Tabel centralizator cu consunsumul de gaz natural, anual al CTA.

8.1.9.1 Parametrii măsurati CTA:

Parametrul masurat	Simbol	U.M.	Valoare CTA150kW
Consum mediu, orar, de gaz natural	D _{gn}	Sm ³ /h	21.02
Aer cald iesire	D _v	Nm ³ /h	7
Puterea termica, medie	P _q	MW	0.12
Puterea electrica, medie	P _e	MW	0.0125
Analiza gazelor de ardere			
- oxigen	O ₂	%	4.2
- bioxid de carbon	CO ₂	%	9.3
- temperatura gazelor de ardere	t _{ga}	°C	135
- temperatura aerului de combustie	t _{ac}	°C	21
- excesul de aer	λ	-	1.23
- oxizi de azot	NO _x	mg/m ³	83
Aria suprafetei exterioare a echipamentului	A _{cr}	m ²	106
Temperatura suprafetei exterioare a echipamentului	t _{cr}	°C	31
Durata anuala de functionare a echipamentului	T	h	3,357
Temperatura aer ventilatie la intrare	t _{iaer}	°C	21
Temperatura aer ventilatie la iesire	t _{iaer}	°C	34

Tabel 8.48 Tabel centralizator cu date măsurate la CTA.

8.1.9.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Parametrul preluat din literatura de specialitate	Simbol	U.M.	Valoare CTA150kW
Puterea calorifică, inferioară, a gazului natural (media anuală 2018)	PCI	[kWh/Sm ³]	10.496
Entalpia aerului de combustie	i _{ac}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia gazelor de ardere			
- oxigen	i _{O2}	[kJ/Nm ³]	27.66
- bioxid de carbon	i _{CO2}	[kJ/Nm ³]	35.97
- azot	i _{N2}	[kJ/Nm ³]	27.21
- vapori de apă	i _{H2O}	[kJ/Nm ³]	27.80
Coeficient global de transmisie a caldurii la suprafața echipamentelor	α _{cr}	[W/(m ² ·°C)]	8
Presiunea de referință	p _N	[bar]	1.01325
Temperatura normală	t _N	[°C]	0
Temperatura standard	t _s	[°C]	15
Coeficient de conversie	cc	[Sm ³ /Nm ³]	0.94792
Randament mediu sistem ventilație (motor + CF + ventilator)	η _v	%	59.62%
Caldura specifică a aerului la intrare	c _{iaer}	[kJ/Nm ³ x °C]	1.297
Caldura specifică a aerului la ieșire	c _{eaer}	[kJ/Nm ³ x °C]	1.298
Densitatea aerului la intrare	ρ _{iaer}	[kg/Nm ³]	1.200
Densitatea aerului la ieșire	ρ _{eaer}	[kg/Nm ³]	1.149
Entalpia aerului de ventilație, intrare	i _{iaer}	[kJ/Nm ³]	27.30
Entalpia aerului de ventilație, ieșire	i _{eaer}	[kJ/Nm ³]	44.20

Tabel 8.49 Tabel centralizator cu parametrii preluați din literatura de specialitate.

8.1.9.3 Parametrii calculați CTA:

Parametru	Relatia de calcul	U.M.	CTA150kW	
Caldura rezultata din arderea g.n.	$Q_{ga} = D_{ga} \times PCI \times T / 1000$	MWh	702.09	
Volum specific de gaze de ardere, uscate	$V_{ga} = CH_4 / CO_2$	Nm ³ /Nm ³	10.75	
Continut volumetric de azot in gazele de ardere	$N_{ga} = (100 - CO_2 - O_2) / 100$	%	86.50	
Volum specific de aer de combustie	$V_{ca} = N_{ga} \times V_{ga} / 79$	Nm ³ /Nm ³	11.77	
Debit de aer de combustie	$D_{ca} = D_{ga} \times CC \times V_{ca}$	Nm ³ /h	234.59	
Caldura aerului de combustie	$Q_{ca} = D_{ca} \times i_{ac} \times T / 3.600.000$	MWh	5.97	
Energia electrica in instalatia de ventilatie	E _v	MWh	125.38	
Suma energiilor intrate	$\Sigma W_i = Q_{ga} + Q_{ca}$	MWh	833.44	
Debit de gaze de ardere, uscate	$D_{ga} = D_{ga} \times CC \times V_{ga} \times T / 1000$	Nm ³ /h	719.24	
Debit de CO ₂	$D_{CO2} = CO_2 \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	66.89	
Debit de O ₂	$D_{O2} = O_2 \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	30.21	
Debit de N ₂	$D_{N2} = N_{ga} \times D_{ga} / 100$	Nm ³ /h	622.14	
Volum specific de vapori de apa	$V_{H2O} = 0.01(4/2 \times CH_4) + 0.01(4/2 \times 100)$	Nm ³ /Nm ³	2	
Debit de vapori de apa	$D_{H2O} = D_{ga} \times CC \times V_{H2O}$	Nm ³ /h	39.85	
Debit de gaze de ardere	$D_{ga} = D_{ga} + D_{H2O}$	Nm ³ /h	759.09	
Caldura gazelor de ardere	$Q_{ga} = (D_{CO2} \times i_{CO2} + D_{O2} \times i_{O2} + D_{N2} \times i_{N2} + D_{H2O} \times i_{H2O}) \times T / 3.600.000$	MWh	19.84	
Caldura pierduta prin convecție și radiație	$Q_{pr} = A_{pr} \times \alpha_{pr} \times (t_{ca} - t_{ext}) \times T / 10^3$	MWh	28.46	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor (in motoare el., CF si ventilatoare)	$\Delta W_v = (E_v - W_v) / 1000$	MWh	0.05	
Din caracteristicile ventilatorului pentru P _i = 11.4kW, rezulta:	D _{av}	Nm ³ /h	44,820	
Caldura utila transmisa aerului (din gaz)	$Q_{util} = D_{av} \times (i_{eaer} - i_{iaer}) \times T / 3.600.000$	MWh	706.33	
Energia electrica utila in ventilatie	W _{av}	MWh	74.75	
Suma energiilor iesite	$\Sigma W_e = Q_{util} + W_{av} + Q_{pr} + Q_{av}$	MWh	829.393	
Eroarea de inchidere a bilanțului:	-absoluta	$\Delta W = \Sigma W_i - \Sigma W_e$	MWh	4.05
Eroarea de inchidere a bilanțului:	-relativa	$\delta W = \Delta W / \Sigma W_i$	%	0.49%
Randamentul energetic al CTA150	$\eta_e = (Q_{util} + Q_{av}) / W_{av}$	%	93.72%	
Consum specific de energie	$w_{exp} = W_{av} / D_{av}$	MWh/Nm ³	0.02	

Tabel 8.50 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru CTA.

8.1.9.4 Bilanț energetic, real, anual, CTA secția Make upp:

Ecuția bilanțului termooenergetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru centralele de tratare a aerului (CTA), energiile intrate sunt:

- Q_{ac} – căldura aerului de combustie;
- Q_{gn} – căldura eliberată la arderea combustibilului;
- E_v – energia electrică în instalația de ventilare;

iar căldurile ieșite sunt:

- Q_{uaer} – căldura transmisă aerului (din gaz) sau căldura utilă gaz;
- W_{uv} – energia electrică utilă în ventilație;
- Q_{ga} – căldura gazelor de ardere;
- Q_{rc} – căldura evacuată prin radiație și convecție.

deci ecuația de bilanț este:

$$Q_{ac} + Q_{gn} + E_v = Q_{uaer} + W_{uv} + Q_{ga} + Q_{rc};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{uaer} + W_{uv}$$

Pentru calculul randamentelor în ansamblul motor de acționare electric + convertizor de frecvență (CF), sau utilizat următoarele relații de calcul:

$$\eta_n = P_n / (P_n + \Delta p)$$

$$\Delta p = P_n \times (1 - \eta_n) / \eta_n$$

$$\eta'_n = P_n / (P_n + 1.2 \times \Delta p)$$

$$\eta'_n = \eta_n / (1.2 - 0.2 \times \eta_n)$$

unde:

η_n rand. nominal motor

P_n putere nominala motor

Δp pierderi în motor

η'_n rand. nom. motor cu CF

20% din literatura de specialitate

În **figura 8.27** este reprezentat grafic modul de calcul al pierderilor de putere a motoarelor de acționare alimentate prin convertizor de frecvență (CF).

S-au mai utilizat în **figura 8.27** următoarele notații:

P'_n - putere nominală CF f_{ctie} de P_n motor (se alege din tabel variație η_{CF}),

P_{CF} - putere la motorul de acționare, după CF ($P_u = P_e \times \eta'_n$),

P_e – puterea electrică măsurată,

η_n - randament la motorul de acționare cu CF, calculat f_{ctie} de turație motor,

P_m - putere la ventilator sau orice alt consumator, după motor ($P_v = P_m \times \eta_n$),

$\eta_c = 70\%$ - randament mediu ventilator (din doc. tehnice) sau orice alt consumator al lucrului mecanic considerat,

P_c - putere utilă la ventilator sau la orice alt consumator considerat a fi acționat cu ansamblul motor + CF ($P_c = P_m \times \eta_c$).

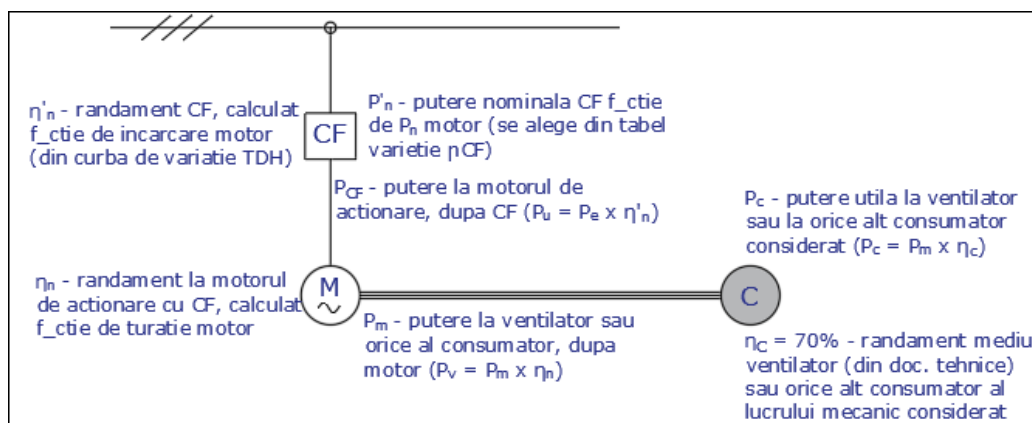


Figura 8.27 Calculul pierderilor în acționarea unui ventilator cu motor și convertizor de frecvență.

Având în vedere consumul de combustibil gaz natural și energie electrică raportate pentru anul 2018 din **tabel 8.47** și alocat CTA, orele de funcționare $T = 3\,357$ ore/an al secției asamblări și calculul efectuate în **tabel 8.50** se întocmește bilanțul energetic real, anual conform **tabel 8.51** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.28**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{gn} - Caldura intrata din gaz natural	702.09	84
Q_{ac} - Caldura aerului de combustie	5.97	0.72
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	125.38	15.04
ΣW_i - suma energiilor intrate	833.44	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a CTA_urilor	781.08	94.18
Q_{uaer} - Caldura utila transmisa aerului incalzit (din gaz)	706.33	85.16
W_{uv} - Energia electrica utila in ventilatie	74.75	9.01
Q_{ga} - Caldura pierduta in gazele de ardere	19.84	2.39
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	28.46	3.43
ΣW_e - suma energiilor iesite	829.39	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	4.05	0.49

< 5

Tabel 8.51 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția make upp).

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 0.49\% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al CTA 150 kW_t este:

$$\eta_{ec} = (Q_{uaer} + W_{uv}) / W_i \times 100 = (706.33 + 74.75) / 833.44 = 93.72\%.$$

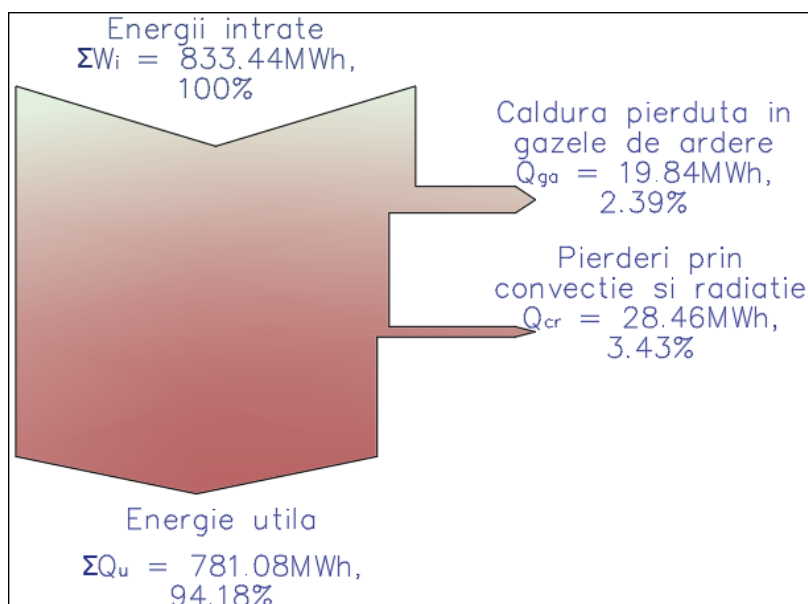


Figura 8.28 Bilanț energetic, real, anual, al centralei de tratare a aerului (CTA secția make upp)_Diagrama Sankey.

8.1.10 Centralizatorul bilanțurilor termoeenergetice, reale, anuale, ai consumatorilor de gaz natural.

Pentru simplificarea vizualizării calculelor termoeenergetice pentru consumatorii de gaz natural ai fabricii se va utiliza în continuare un tabel centralizator **tabel 8.52** al caracteristicilor termoeenergetice efectuate pe tipuri de consumatori și secții, cu scoaterea în evidență a randamentelor, importante din punct de vedere al creșterii eficienței energetice.

Sectie _consumator gaz natural	consumator dat	cant.	consum anual gaz natural	Debit gaz natural V_{GN}	pondere din total consum gaz	tip consumator	energie din gaz natural intrata Q_{GN}	alte energii intrate (aer, electrica, apa)	total energii intrate ΣW_i	total energii utile ΣW_u	total energii pierdute ΣW_p	rand. termoeenerg. η_{ECT}	total energii recirc. ΣQ_{rec}	eroare de inchidere a bilanțului ΣW
		[buc]	[kWh]	[Sm ³ /an]	[%]		[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[%]	[MWh]	[%]
Prelucrări mecanice _ PM	incalzire -CTA	8	1,295,853	123,462	10.45%	CTA Mark G+ 150	1,164.48	82.66	1,247.13	1,158.52	59.20	92.89	0	2.36
Asamblare _ Ans	incalzire -CTA	4	1,196,945	114,038	9.66%	CTA DF18MUA875 Nordaimiche	1,071.78	73.13	1,144.91	846.26	246.75	73.91	0	4.53
Logistica _ Log	incalzire -CTA	2	622,155	59,275	5.02%	CTA Mark G+ 150	559.08	86.45	645.53	580.71	41.74	89.96	0	3.58
Vopsire _ Vop	incalzire -CTA	2	540,425	51,489	4.36%	CTA Mark G+ 150	485.64	68.69	554.32	490.23	39.62	88.44	0	4.41
	cabine vopsire	3	3,606,456	343,603	29.09%	cabine vopsire	3,240.57	116.75	3,357.32	102.63	3,254.69	3.06	0	0.00
Anodizare _ Ano	incalzire -CTA	2	580,942	55,349	4.69%	CTA Mark G+ 150	522.00	81.02	603.03	540.83	40.52	89.69	0	3.59
	incalzire - Make up	3	781,360	74,444	6.30%	CTA Mark G+ 150	702.09	131.36	833.44	781.08	48.31	93.72	0	0.49
	Cazan abur	1	1,803,227	171,801	14.55%	cazan abur Fulton 2500kW	1,620.29	61.83	1,682.12	1,362.04	238.30	80.97	11.32	4.86
	Evaporator	1	1,586,712	151,173	12.80%	Encon evaporator	698.8	30.08	728.88	603.4	101.2	82.78	0	3.33
Turnatorie _ Turn	arzatoare TD		216,369	20,614	1.75%	arzatoare TD	216.37	0.00	216.37	148.6	64.2	68.68	0	1.65
Administrativ _ Adm	CT 2 x 150 kW	2	165,858	15,802	1.34%	cazan apa calda Viessmann 150kW	149.03	1.84	150.87	139.22	8.76	92.28	0	1.92
			12,396,303	1,181,050	100%		10,430.12	733.80	11,163.92	6,753.51	4,143.28	60.49	11.32	2.39

12,396.30 MWh
1,065.89 TEP

10.496	kWh/Sm ³
9.949	kWh/Nm ³ (media anului 2018)
Randamentul termoeenergetic al consumatorilor de gaz	$\eta_{\text{ect}} = \Sigma W_u / \Sigma W_i$
	60.49%

Tabel 8.52 Centralizator al caracteristicilor termoeenergetice pentru consumatorii de gaz natural.

Randamentul termoeenergetic mediu al consumatorilor de gaz ai fabricii, este $\eta_{ECT} = 60.49\%$.

8.1.11 Bilanț termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural ai fabricii.

În baza datelor din tabelul centralizator 8.52, se întocmește bilanțul termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural ai fabricii în **tabelul 8.53** și grafic sub forma diagramei Sankey în **figura 8.29**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	10,430.12	93.43%
$I_{aum}(Q_{ac})$ – căldura aerului de combustie	217.64	1.95%
Q_a - caldura apei de alimentare	32.18	0.29%
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	483.98	4.34%
ΣW_i – total energii intrate	11,163.92	100
Energii ieșite	MWh	%
Q_u – căldura utilă	6,753.51	60.82%
Q_p – căldura pierdută	1,531.27	13.79%
din care : Q_{pAl} – în piese	81.22	0.73%
Q_{IOL} – în transportor	71.18	0.64%
I_g – în gaze de ardere	818.83	7.37%
Q_{cr} – prin convecție/radiație	269.68	2.43%
Q_{pz} – prin răcire în pauze	38.80	0.35%
Q_v – prin ventilare	247.10	2.23%
Q_{pj} – prin purjare	4.45	0.04%
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții,etc.)	2,819.11	25.39%
ΣW_e – total energii ieșite	11,103.89	100
ε – eroare de închidere a bilanțului	60.03	0.5
Randamentul energetic mediu	$\eta_{eCT} = Q_u / \Sigma Q_i$	60.49%
Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	26.11	0.24

Tabel 8.53 Bilanț termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural.

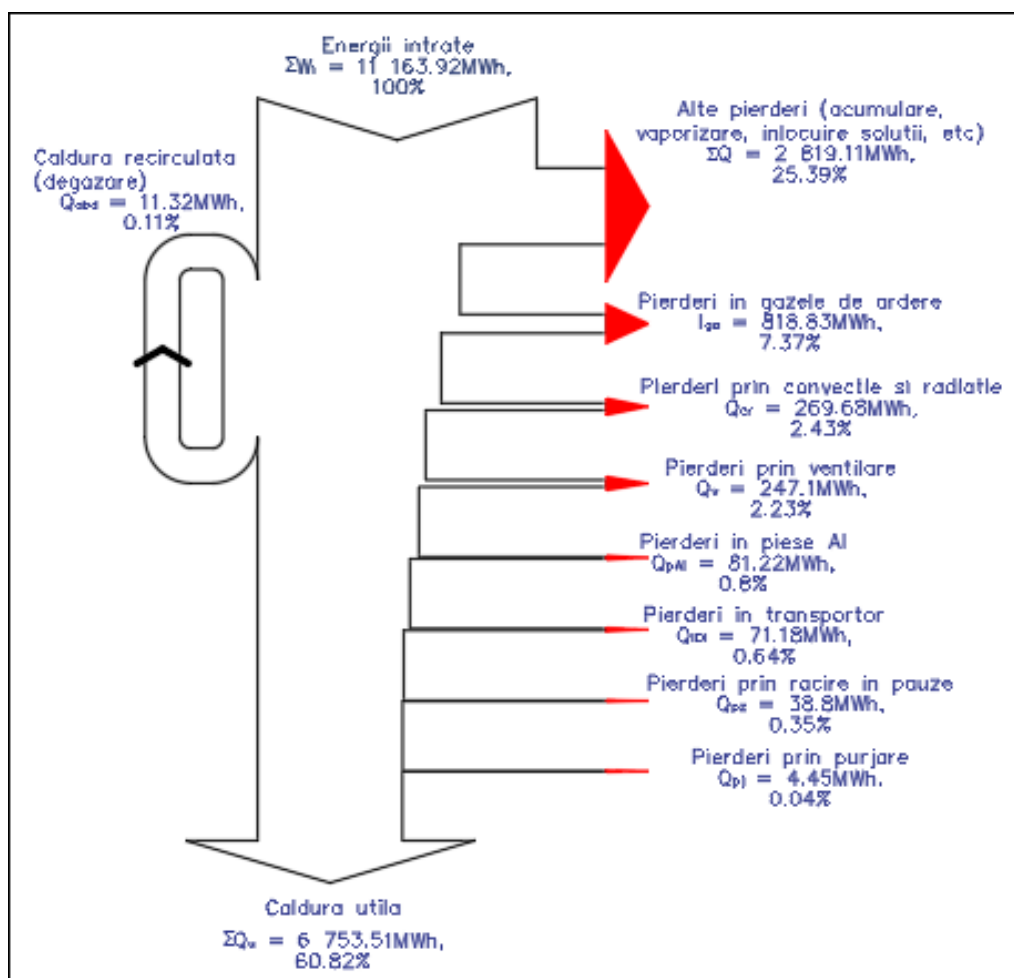


Figura 8.29 Bilanț termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural ai fabricii_Diagrama Sankey.

8.1.12 Bilant energetic: cuptor inducție

Inducția electromagnetică este una din metodele cele mai utilizate în majoritatea prelucrărilor la cald inclusiv turnare, folosită ca principală sursă de producere a căldurii.

În cadrul fabricii topirea prin inducție a aluminiului este unicul procedeu de obținere a semifabricatelor (biletts) care ulterior sunt supuse prelucrării la cald prin extrudare și prelucrării la rece prin așchiere.

În cuptorul de aluminiu se introduc pentru topire lingouri achizitive de pe piața de profil și deșeuri rezultate din procesele tehnologice derulate în fabrica sau de la terți.

Temperaturile la care se topește aluminiul în cuptorul de inducție (două pe fabrică) ajung la $t = 730^{\circ}\text{C}$ și se obțin profilele cilindrice (biletts) care se utilizează în procese tehnologice ulterioare.

Cuptoarele cu inducție sunt cu creuzet, basculante, cu bobină racită cu apă.

Schema, de principiu, a cuptorului cu inducție analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.30**.

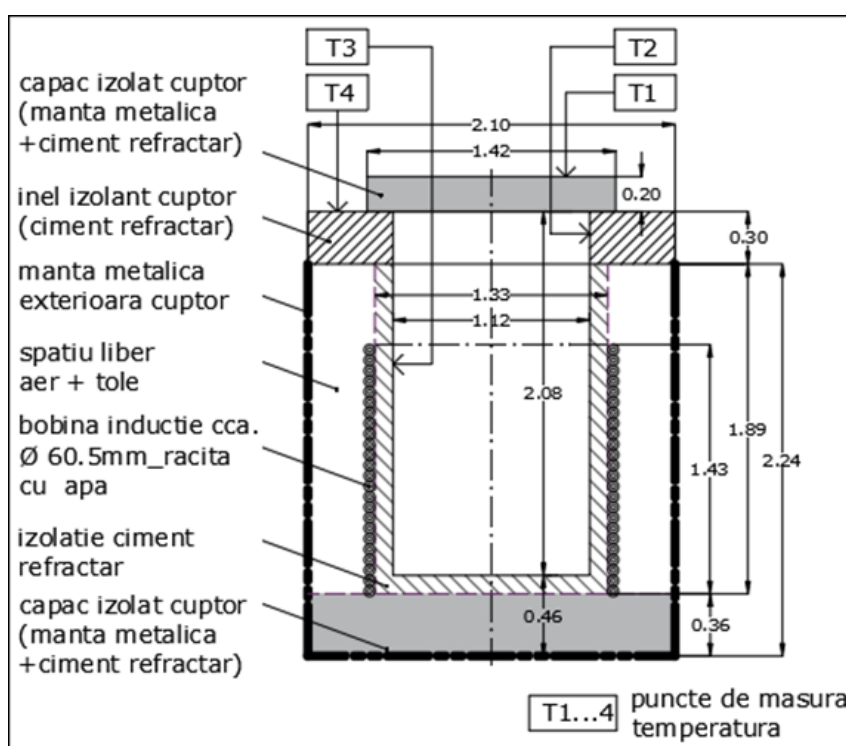
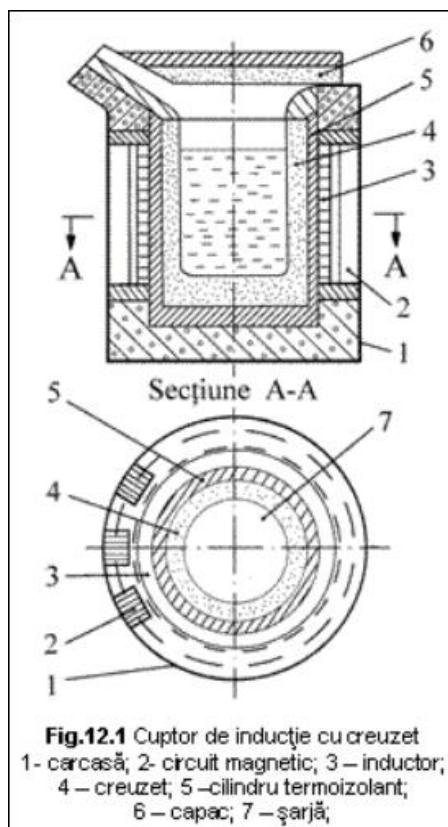


Figura 8.30 Schema de principiu a cuptorului cu inducție și punctele de măsură – secția turnatorie.

Încălzirea prin inducție se datorează pătrunderii undelor electromagnetice în corpuri bune conductoare electric, în cazul nostru lingouri și/sau deșeuri de aluminiu, plasate în câmpul magnetic variabil în timp al unei bobine, alimentată cu energie printr-un convertizor de frecvență. Tensiunea indusă în piesa de rezistență ohmică redusă generează curenți intensi care, prin efect Joule-Lenz, ridică temperatura aluminiului(șarja sau încărcătura cuptorului).

Inductorul propriu zis este principalul element constructiv al cuptorului cu inducție și este de forma unei bobine cilindrice (solenoid) într-un singur strat, din țeavă de cupru răcită cu apă.



Temperatura medie a apei de răcire nu trebuie să depășească 35-45°C, pentru a evita apariția vaporilor în fluidul de răcire (agent termic primar, refrigerent), dar nici să nu scadă sub 15-20°C, deoarece umezeala din aer duce la apariția condensului, cu consecințe grave asupra izolației electrice a bobinajului. La o temperatură a apei de răcire de 25°C, temperatura medie a inductorului este de circa 50°C.

Creuzetul este confecționat din material refractar cu rezistență mecanică mare, după rețete verificate în practica de exploatare, ce aparțin beneficiarului.

Căptușala creuzetului, se obține prin stamparea (baterea) materialului refractar granular în spațiul dintre carcasa interioară a creuzetului (cilindrul 5 din azbest sau micanită) și o formă din tablă de oțel (șablon) ce reprezintă negativul spațiului de lucru, topit ulterior.

Capacul cuptorului are rolul de reducerea pierderilor de căldură prin radiație. După terminarea topirii, pierderile radiative sunt destul de mici deoarece stratul de zgură de la suprafață are o temperatură redusă.

Mecanismul de basculare este acționat electric și permite rotirea cuptorului în jurul unei axe ce trece printr-un punct situat sub jgheabul de golire. Oala de turnare rămâne astfel fixă și pierderile de aluminiu prin picături sunt reduse.

Sursa acestor informații este : <http://www.creeza.com/referate/fizica/CUPTOARE-DE-INDUCTIE-CU-CREUZE721.php>.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic, care cuprinde toate fazele acestuia și perioadele parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.54** sunt prezentate caracteristicile tehnice ale cuptorului cu inducție.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Temperatura aerului, mediu ambiant	t_{aa}	°C	24
Temperatura apei de racire a bobinei de inducție_tur	t_{apabiT}	°C	17.8
Temperatura apei de racire a bobinei de inducție_retur	t_{apabiR}	°C	19.3
Suprafața laterală a cuptorului C1 - în mentinere (plin)	S_{l1}	m ²	17.58
Suprafața laterală a cuptorului C2 - în încărcare/topire	S_{l2}	m ²	21.94
Suprafața laterală a capac cuptor C1	S_{lc1}	m ²	1.48
Suprafața laterală a capac cuptor C2	S_{lc2}	m ²	1.59
Suprafața inferioară a cuptorului C1	S_{i1}	m ²	2.48
Suprafața inferioară a cuptorului C2	S_{i2}	m ²	3.49
Temperatura medie a suprafeței laterale interioare cuptor S_{l1}	F_{l1}	°C	150
Temperatura medie a suprafeței laterale exterioare cuptor S_{l2}	F_{l2}	°C	97.2
Temperatura suprafeței interioare cuptor C_1	t_{ic1}	°C	730
Temperatura suprafeței interioare cuptor C_2	t_{ic2}	°C	150
Temperatura aerului exterior suprafețelor S_{l1} , S_{l2}	t_{el}	°C	24
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului etalon $C_{1/2}$ (peste bobina de inducție)	$V_{1/2}$	m ³	1.96
Volumul cuptorului C_1	V_{c1}	m ³	3.40
Volumul cuptorului C_2	V_{c2}	m ³	3.56
Temperatura medie în cuptor, în cuptor etalon, în zonele de intrare / ieșire	$t_{1/2}$	°C	180
Temperatura în cuptor etalon, în zona de topire	$t_{2/1}$	°C	730
Masa cuptorului C_1	m_{c1}	kg	3,655
Masa cuptorului C_2	m_{c1}	kg	3,827
Masa cuptorului etalon $C_{1/2}$	$m_{c1/2}$	kg	3,741
Temperatura apă racire la intrare în bobina de inducție	$t_{H_2O_i}$	°C	17.8
Temperatura apă racire la ieșire din bobina de inducție	$t_{H_2O_e}$	°C	19.3

Tabel 8.54 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului cu inducție.

8.1.12.1 Parametrii măsurati, cuptor cu inducție de turnare aluminiu:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unei sarje:			
- faza: incarcare/topire	$P_{i/t}$	kW	740
- faza: mentinere	P_m		200
- faza: turnare	P_t		200
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:			
- faza: incarcare/topire	$t_{i/t}$	°C	660
- faza: mentinere	t_m		600
- faza: turnare	t_t		730
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:			
- faza: incarcare/topire	$\tau_{i/t}$	ore	2
- faza: mentinere	τ_m		4
- faza: turnare	τ_t		0.5
Temperatura mediului ambiant	t_{ac}	°C	24
Temperatura aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura aluminiu la topire	t_{tAl}	°C	660
Temperatura aluminiu la turnare	t_{tAl}	°C	730
Volumul capacului cuptorului	V_{cc}	m ³	0.32
Volumul masei termoizolante a inelului superior al cuptorului	V_{isc}	m ³	0.74
Volumul masei de stampare peste bobina cuptorului	V_{ic}	m ³	0.72
Volumul masei de stampare peste fundul cuptorului	V_{fc}	m ³	0.14
Temperatura suprafeței exterioare laterale a cuptorului $C_{1/2}$	$t_{e1/2}$	°C	97.2
Temperatura medie în cuptor, în zonele de intrare și ieșire	t_1	°C	150
Temperatura în cuptor, în zona centrală (de topire)	t_2	°C	730
Masa aluminiului introdus in cuptor	m_{Al}	kg	2,500
Masa borului introdus in cuptor	m_{Br}	kg	9.5
Masa cuprului introdus in cuptor	m_{Cu}	kg	29.5
Masa magneziului introdus in cuptor	m_{Mg}	kg	40.0
Masa zincului introdus in cuptor	m_{Zn}	kg	53.5
Debitul apei la intrare in bobina de inducție	D_{apai}	m ³ /h	98.0
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	6.5
Temperatura medie a cuptorului	t_{mC}	°C	440

Tabel 8.55 Tabel cu valori măsurate la cuptorul cu inducție.

8.1.12.2 Parametrii preluați din literatură de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu la 658°C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masica aluminiu	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.9
Caldura de fuziune aluminiu	c_{tAl}	kJ/mol	10.79
		kJ/kg	399.93
Temperatura de topire aluminiu	t_{Al}	°C	660.3
Temperatura de turnare aluminiu	t_{tAl}	°C	720
Densitatea masei de stampare (samota usoara clasa B)	ρ_{BIS}	kg/m ³	2.58
Densitatea borului	ρ_{Br}	kg/m ³	2,460
Caldura masica a borului	c_{Br}	kJ/kg x °C	1.03
Caldura de fuziune bor	c_{tBr}	kJ/mol	50.2
		kJ/kg	20.41
Densitatea cuprului	ρ_{Cu}	kg/m ³	8,960
Caldura masica a cuprului	c_{Cu}	kJ/kg x °C	0.38
Caldura de fuziune cupru	c_{tCu}	kJ/mol	13.5
		kJ/kg	1.51
Densitatea magneziului	ρ_{Mg}	kg/m ³	1,738
Caldura masica a magneziului	c_{Mg}	kJ/kg x °C	1.83
Caldura de fuziune magneziu	c_{tMg}	kJ/mol	8.954
		kJ/kg	5.15
Densitatea zincului	ρ_{Zn}	kg/m ³	7,140
Caldura masica a zincului	c_{Zn}	kJ/kg x °C	0.40
Caldura de fuziune zinc	c_{tZn}	kJ/mol	7.322
		kJ/kg	1.03
Densitatea apei la 30°C	ρ_{H2O}	kg/m ³	7,140
Caldura masica a apei 30°C	c_{H2O}	kJ/kg x °C	4.1800
Durata ciclului de fabricație	τ	H	6.5
Masa medie a cuptorului de inducție	m_1	Kg	3,741
Densitatea betonului refractar	ρ_c	kg/m ³	1,100
Caldura masica a betonului refractar	c_c	kJ/kg x °C	0.90
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Entalpia apei la intrare in bobina de inducție	i_{H2O_i}	kJ/kg	74.75
Căldura specifică a apei la intrare in bobina de inducție	$c_{ap\dot{a}i}$	kJ/(kg.°C)	4.1832
Densitatea apei la intrare in bobina de inducție	$\rho_{ap\dot{a}i}$	Kg/m ³	998.72
Entalpia apei la iesire din bobina de inducție	i_{H2O_e}	kJ/kg	81.02
Căldura specifică a apei la iesirea din bobina de inducție	$c_{ap\dot{a}e}$	kJ/(kg.°C)	4.1820
Densitatea apei la iesirea din bobina de inducție	$\rho_{ap\dot{a}e}$	Kg/m ³	998.43
Conductivitatea termica masa stampare	λ_{BIS}	W/m x °C	0.32
Grosimea masei de stampare (medie considerata)	δ_{BIS}	m	0.034
Coeficient global de transfer termic	α_c	W/m ² x °C	9.45

Tabel 8.56 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate la cuptorul cu inducție.

8.1.12.3 Parametrii calculati la cuptorul cu inducție:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare
Energia electrica intrata in faza de incarcare/topire	E_{it}	$\tau_i \times P_i$	kWh	1,480.00
Energia electrica intrata in faza de mentinere + turnare	E_{im}	$\tau_m \times P_m$	kWh	900.00
Energia electrica consumata in ciclul de turnare	E_i	$E_{it} + E_{im}$	kWh	2,380.00
Caldura aluminiu intrata	Q_{iAl}	$m_{Al} \times C_{Al} \times t_{iAl} / 3600$	kWh	15.00
Caldura initiala a cuptorului cu inductie "etalon"	Q_{iC}	$m_C \times C_C \times t_{iC} / 3600$	kWh	168.30
Masa cuptorului cu inductie "etalon"	m_C	$V_C \times \rho_C$	kg	3,740.00
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	2,380.00
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{iAl} - Q_{iC}$	kWh	718.98
Caldura finala a aluminiului topit (iesire cuptor inductie)	Q_{fAl}	$m_{Al} \times [C_{Al} \times t_{fAl} + C_{Al} \times (t_{iAl} - t_{fAl})] / 3600$	kWh	733.98
Caldura pierduta prin convecție și radiație	Q_{cr}	$S_C \times (t_C - t_{amb}) \times T / 1000$	kWh	96.88
Suprafata cuptorului cu inductie "etalon"	S_C	$\pi \times 2.1 \times 2.74 + \pi / 4 \times 2.7^2$	m ²	21.54
Pierderi de energie in convertizorul de frecventa	Q_{CF}	$(1 - \eta_{cp}) \times E_i$	kWh	119.00
Pierderi de caldura prin racirea bobinei de inductie	Q_{bob}	$D_{bob} \times \rho_{bob} \times C_{bob} \times (t_{bob} - t_{amb}) \times T / 3600$	kWh	1,108.87
Caldura finala a cuptorului cu inductie "etalon"	Q_{fC}	$m_C \times C_C \times t_{fC} / 3600$	kWh	411.40
Caldura pierduta in structura cuptorului	Q_C	$Q_{iC} - Q_{fC}$	kWh	243.10
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	2,286.82
Eroarea de inchidere a bilantului: -absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	93.18
Eroarea de inchidere a bilantului: -relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.91
Randamentul electric al cuptorului cu inductie "etalon"	η_e	Q_u / E_i	%	30.21
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	0.95

Tabel 8.57 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul cu inducție.

8.1.12.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor cu inducție (secția turnătorie):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din contur.

Pentru cuptorul cu inducție, energiile intrate sunt:

- E_i – energia electrica consumată;

iar energiile ieșite sunt:

- Q_u – căldura utilă topirii aluminiului;
- Q_C – căldura pierdută în structura cuptorului;
- Q_{cr} – căldura pierdută la suprafața exterioara a cuptorului prin convecție și radiație;
- Q_{CF} – energia pierdută în convertizorul de frecvență;
- Q_{bob} – căldura pierdută prin răcirea bobinei de inducție;
- ΔW – eroarea de închidera a bilanțului;

deci ecuația de bilanț este:

$$E_i + Q_{iAl} + Q_{ic} = Q_{fAl} + Q_{fc} + Q_{cr} + Q_{CF} + Q_{bob};$$

iar căldura utilă, devine:

$$Q_u = Q_{fAl} - Q_{iAl}$$

unde: Q_{iAl} – căldura de intrare a aluminiului în cuptor;

Q_{fAl} – căldura finală a aluminiului în cuptor;

Căldura pierdută în cuptor (în structură) este:

$$Q_c = Q_{fc} - Q_{ic}$$

unde: Q_{ic} – căldura inițială a cuptorului;

Q_{fc} – căldura finală a cuptorului;

Energia intrată devine:

$$E_i = Q_u + Q_c + Q_{cr} + Q_{CF} + Q_{bob};$$

Iar suma căldurilor pierdute este;

$$\Sigma Q_p = Q_c + Q_{cr} + Q_{CF} + Q_{bob}$$

Astfel energia intrată va fi:

$$E_i = Q_u + \Sigma Q_p$$

Randamentul cuptorului cu inducție va fi:

$$\eta_e = Q_u / E_i \times 100 [\%]$$

și consumul specific:

$$w_{sp} = E_i / M_{Al} [kWh/kg]$$

unde: w_{sp} – consumul specific de energie al cuptorului;

M_{Al} – masa aluminiului introdus în cuptor.

Se face bilanțul energetic al cuptorului cu inducție pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 6.5$ ore.

178/307

www.energobit.com

Având în vedere consumul de energie electrică pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.57** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu de turnare conform **tabel 8.58** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.31**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E _i - Energia electrica intrata in ciclul de turnare	2.38	100
ΣW_i - suma energiilor intrate	2.38	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q _u - Energia utila a cuptorului "etalon" pentru o sarja/ciclu complet	0.72	31.44
Q _{Al} - Caldura finala a aluminiului topit (iesire cuptor inductie)	0.7340	32.10
Q _{Al} - Caldura initiala a aluminiului topit (la intrare in cuptor inductie)	0.0150	0.66
Q _c - Caldura pierduta in structura cuptorului cu inductie "etalon"	0.24	10.63
Q _c - Caldura finala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.4114	17.99
Q _c - Caldura initiala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.1683	7.36
Q _{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	0.10	4.24
Q _{CF} - Pierderi de energie in convertizorul de frecventa	0.12	5.20
Q _{bob} - Caldura pierduta prin racirea bobinei de inductie	1.11	48.49
ΣW_e - suma energiilor iesite	2.29	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.09	3.91

< 5

Tabel 8.58 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de turnare/sarjă, al cuptorului cu inducție.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.91 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Nota:

Eroarea maxima (neînchiderea bilanului) admisa pentru toate tipurile de bilan energetic, trebuie a fie inferioara urmatoarelor valori: $\pm 2,5\%$, în cazul bilanurilor în care principalele marimi sunt determinate prin masuratori directe (metoda recomandata); $\pm 5\%$, în cazul bilanurilor în care unele marimi nu pot fi masurate direct, dar pot fi deduse cu suficienta precizie prin masurarea altor marimi (determinare indirecta).

Randamentul energetic, al cuptorului cu inducție pentru un ciclu de topire, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.719 / 0.238 = 30.21\%.$$

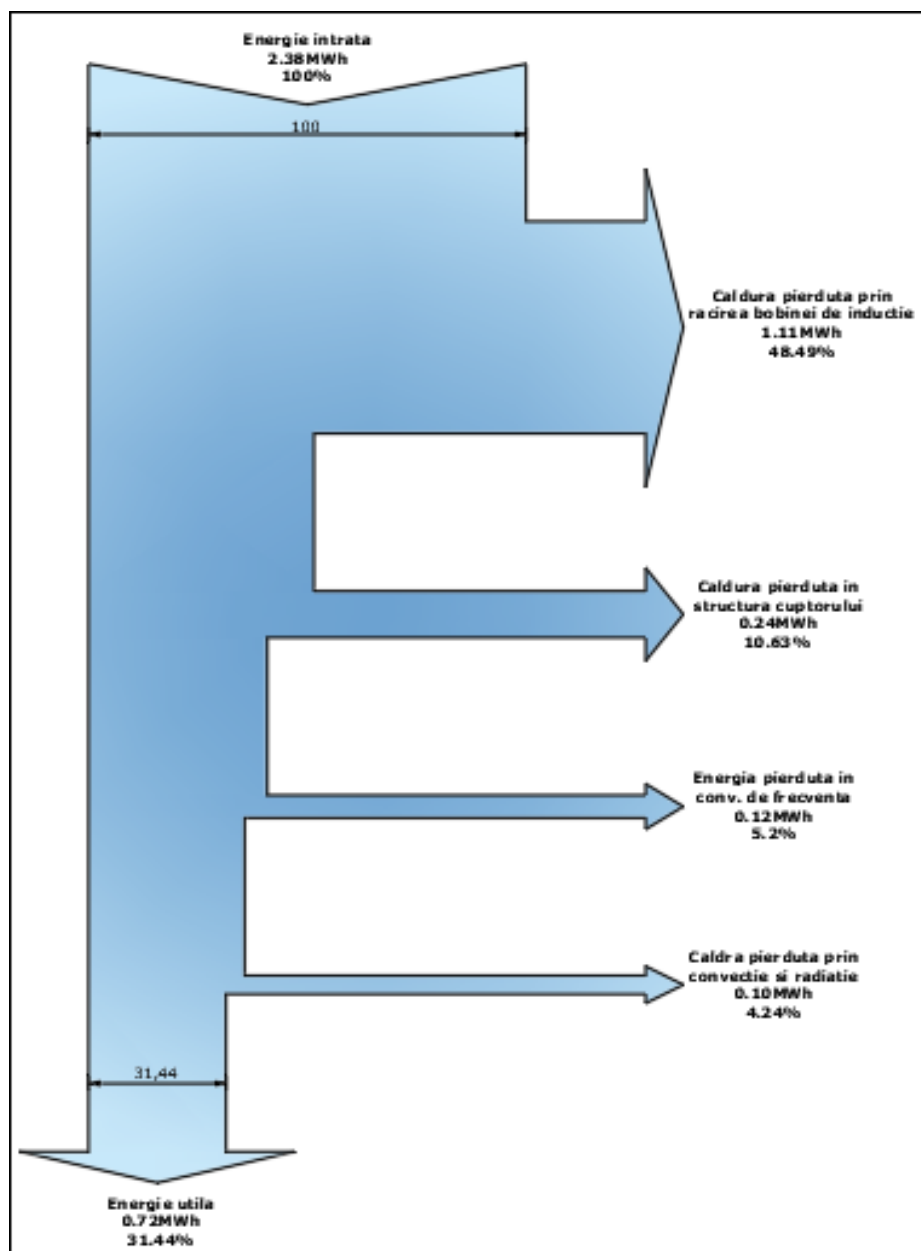


Figura 8.31 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție/sarjă, al cuptorului cu inducție.

8.1.13 Bilanț energetic: cuptor tratament termic vertical (VHT).

Cu acest cuptor se aplică un tratament termic profilelor lungi de aluminiu.

Principalul element al acestui cuptor vertical este macaraua, care poate ridica în interiorul cuptorului profile de aluminiu cu lungimi de până la 16m.

Încălzirea profilelor lungi de aluminiu se realizează cu opt rezistențe electrice, într-o singură zonă, cilindrul vertical al cuptorului de tratament termic.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul vertical (VHT) ajung până la $t = 600^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigura cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu după tratare, se realizează în baia de răcire, unde lichidul este agitat mecanic și alimentat prin grup de pompare după filtrarea prealabilă.

Schema, de principiu, a cuptorului VHT analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.32**.

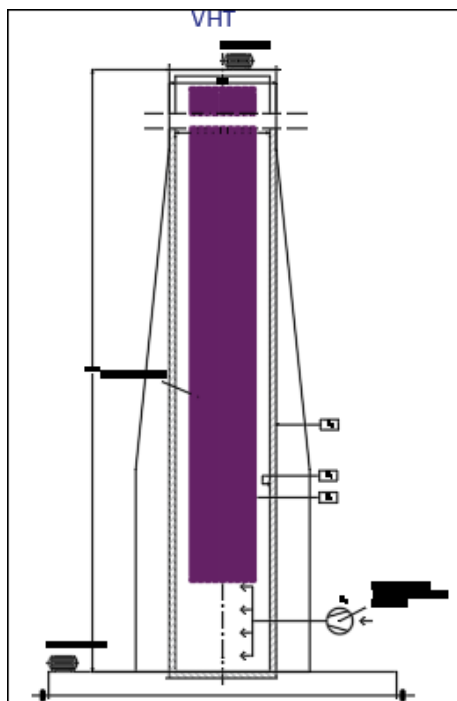


Figura 8.32 Schema de principiu a cuptorului VHT și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.59** sunt prezentate caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic vertical, VHT.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Diametrul interior cuptor	D_{ic}	m	1.8
Înălțimea interioară a camerei cuptorului	H_{ic}	m	15.8
Grosimea izolației cuptorului (vata minerală)	δ_{iz}	m	0.16
Numar zone incalzire	n_{zinc}	buc	1.0
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	8
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	75.00
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	600
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{maxC}	°C	593
Putere nominala motor macara	P_{nm}	kW	93
Turatie motor macara	n_m	rot ⁻¹	1,475
Tensiune alimentare motor macara	U_n	V	380
Frecventa alimentare motor macara	f_n	Hz	50
Ventilatoare incalzire / circulatie / mentinere	M_v	buc	1
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aserv}	m ³ /h	110,436
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	37
Turatie motor actionare ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	1,475
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	
Turatie ventilator circulatie - incalzire	n_v	rot ⁻¹	600
Tren rulare macara	n	kW	1
Putere nominala motor rulare	P_{nr1}	kW	4
Turatie nominala motor rulare	n_{r1}	rot ⁻¹	965
Intensitate la incarcare maxima tren rulare	I_{r1}	A	9.3
Pompa bazin racire	n	kW	2
Putere nominala motor pompa bazin racire	P_{np1}	kW	30
Turatie motor pompa bazin racire	n_{p1}	rot ⁻¹	1,475
Intensitate la incarcare maxima	I_{p1}	A	57
Agitator bazin racire	n	kW	2
Putere nominala motor agitator bazin racire	P_{na1}	kW	30
Turatie motor pompa bazin racire	n_{a1}	rot ⁻¹	1,475
Intensitate la incarcare maxima	I_{a1}	A	57
Filtru bazin racire	n	kW	1
Putere nominala motor pompa filtru	P_{nf1}	kW	4
Turatie nominala motor pompa filtru	n_{f1}	rot ⁻¹	965
Intensitate la incarcare maxima	I_{f1}	A	9.3
Diametrul maxim al incarcaturii	D_{maxAL}	m	1.4
Înălțime/lungime maxima al incarcaturii	H_{maxAL}	m	13.7
Masa maxima a suportului incarcaturii (otel inoxidabil)	m_{maxsCl}	kg	454
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (profile aluminiu)	m_{maxAl}	kg	4,082
Masa cuptorului cu izolație	m_c	kg	20,412

Tabel 8.59 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului VHT.

8.1.13.1 Parametrii măsurăți cuptor VHT:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	313.86
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- faza: incarcare/incalzire	P_{it}		0.00
- faza: mentinere	P_m		12.30
- faza: racire/golire	P_t		0
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza: incarcare/incalzire	t_{it}		38
- faza: mentinere	t_m		480
- faza: racire/golire	t_{rt}		415
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza: incarcare/incalzire	τ_{it}		0.6
- faza: mentinere	τ_m		1.4
- faza: racire/golire	τ_t		0.4
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	415
Temperatura profile aluminiu in cuptor	t_{iAl}	°C	480
Temperatura suprafeței exterioare laterale a cuptorului	t_{eC}	°C	38
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	3,200
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	2.4
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	259
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{mic}	°C	311
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{uc}	m ³	39
Suprafața interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	88
Suprafața exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	213

Tabel 8.60 Tabel cu valori măsurate la cuptorul VHT.

8.1.13.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	m_{ol}	g	27
Caldura masica aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolatie (fibra ceramica_placa)	ρ_{vm}	kg/m ³	320
Caldura masica a teroizolatiei	c_c	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolatiei	δ_{vm}	m	0.12
Caldura masica otel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea otel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850.00
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.001
Coeficient global de transfer al caldurii la suprafata cuptorului	α_{cr}	W/m ² x °C	8.12
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.61 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.13.3 Parametrii calculați la cuptorul VHT:

Marimea calculata		Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare	
Energia electrica consumata in rezistentele electrice		E_R	$t_{cl} \times P_{cl}$	kWh	1,117.34	
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor		E_V	$t_{cl} \times P_m$	kWh	17.23	
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu		E_i	$E_R + E_V$	kWh	1,134.57	
Caldura aluminiu la intrare		Q_{Al}	$m_{Al} \times C_{Al} \times (t_{in} - t_{amb}) / 3600$	kWh	31.23	
Caldura initiala a cuptorului		Q_{IC}	$m_{IC} \times C_{IC} \times (t_{in} - t_{amb}) / 3600$	kWh	81.37	
Total energii intrate		ΣW_i		kWh	1,134.57	
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet		Q_u	$Q_{uAl} + Q_{uVHT}$	kWh	373.74	
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului		Q_{uAl}	$m_{Al} \times C_{Al} \times (t_{in} - t_{amb}) / 3600$	kWh	363.23	
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului		Q_{uVHT}		kWh	10.51	
Masa izolatiei termice		m_{iz}		kg	5,525	
Temperatura medie a izolatiei termice		t_{iz}	$(t_{in} + t_{amb}) / 2$	°C	252.00	
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului		Q_{iz}	$m_{iz} \times C_{iz} \times (t_{iz} - t_{amb}) / 3600$	kWh	413.05	
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului		m_{Ol}		kg	3,448	
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului		Q_{Ol}	$m_{Ol} \times C_{Ol} \times (t_{in} - t_{amb}) / 3600$	kWh	138.06	
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)		m_{rez}		kg	916.67	
Temperatura medie a rezistentelor electrice		t_{rez}		°C	750.00	
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului		Q_{rez}	$m_{rez} \times C_{rez} \times (t_{rez} - t_{amb}) / 3600$	kWh	92.84	
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului		Q_{cr}	$S_c \times U_{cr} \times (t_{in} - t_{amb}) \times T / 1000$	kWh	57.97	
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu		ΔQ_C	$Q_{uAl} + Q_{uVHT} + Q_{rez} + Q_{cr}$	kWh	643.95	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)		ΔW_V	$E_V - Q_{uVHT}$	kWh	6.71	
Randamentul ventilatiei		η_V	$\Sigma \eta_{VHT} \times \eta_{CF} \times \eta_V$	%	61.06	
Total energii iesite		ΣW_e		kWh	1,082.38	
Eroarea de inchidere a bilantului:		-absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	52.19
Eroarea de inchidere a bilantului:		-relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	4.60
Randamentul electric al cuptorului		η_e	Q_u / E_i	%	32.94	
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet		w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	0.35	

Tabel 8.62 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul VHT.

8.1.13.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare):

Ecuatia bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

unde: ΣW_i este suma energiilor intrate, iar ΣW_e este suma energiilor ieșite din conturul energetic analizat.

Pentru cuptorul VHT, energiile intrate sunt:

- E_R – energia electrica consumata in rezistentele electrice, pe durata unui ciclu/sarje;
- E_V – energia electrica consumata in motoarele electrice de actionare a ventilatoarelor, pe durata unui ciclu/sarje;

iar energiile ieșite sunt:

$$W_e = \Delta Q_{Al} + \Delta Q_c + Q_{cr} + \Delta W_v$$

- ΔQ_{Al} – căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului;
- ΔQ_c – căldura pierdută în structura cuptorului, pe durata ciclului;
- Q_{cr} – căldura pierdută la suprafața exterioară a cuptorului prin convecție și radiație;
- ΔW_v – energia pierdută la acționarea ventilatoarelor pe durata ciclului (în convertizoare de frecvență, motoare și ventilatoare);

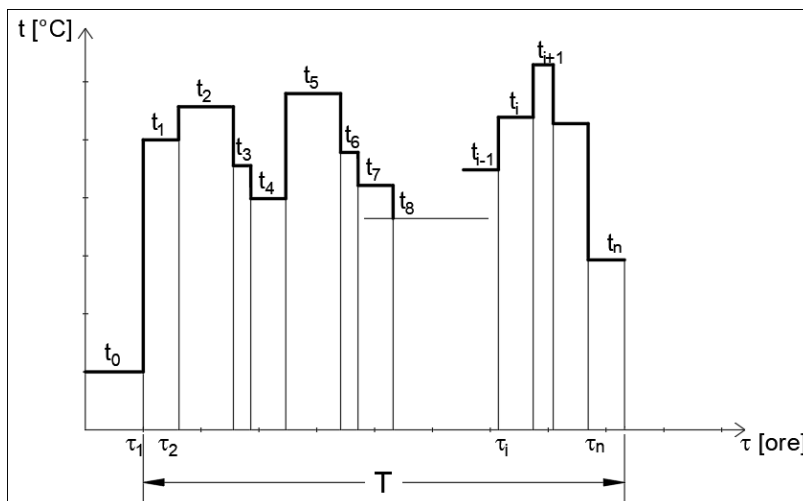


Figura 8.33 Schema de principiu a unui ciclu complet de tratament termic.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.32, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1) + \dots + (t_i - t_{i-1}) + (t_{i+1} - t_i)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.32 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Căldura pierdută în structura cuptorului, pe durata ciclului de tratament termic, este:

$$\Delta Q_c = m_c \times c_{spc} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1) + \dots + (t_i - t_{i-1}) + (t_{i+1} - t_i)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

185/307

www.energobit.com

unde:

m_c [kg] – masa cuptorului ($m_c = \sum m_{ci} = \sum V_{ci} \times \rho_i$, $i = 1, n$ – dacă cuptorul este compus din „n” structuri diferite și unde V_i [m³] este volumul structurii „i”, iar ρ_i [kg/m³] este densitatea structurii „i”);

c_{spc} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a cuptorului (c_{spc} , $i = 1, n$, căldura specifică a structurii „i”, dacă cuptorul este compus din „n” structuri diferite. În această situație se poate utiliza o căldură specifică medie = $(\sum m_{ci} \times c_{spci}) / \sum m_{ci}$, corespunzătoare masei totale a cuptorului $m_c = \sum m_{ci}$);

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

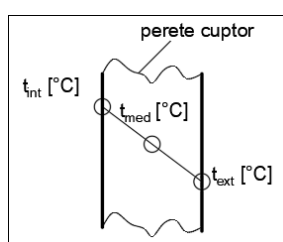


Figura 8.34 Variația temperaturii prin peretele cuptorului.

$t_{med} = (t_{int} + t_{ext}) / 2$ – temperatura medie a cuptorului;

$t_0 = (t_o - t'_o) / 2$ – temperatura medie a unui start al cuptorului;

Notăm temperaturile exterioare ale cuptorului corespunzătoare temperaturilor interioare t_i , $i = 0, n$, cu t'_i , $i = 0, n$. Dacă diferențele între temperaturile exterioare se încadrează între limitele $\pm 2^\circ\text{C}$, considerăm că temperatura exterioară a cuptorului este constantă $e = \text{cst}$, deci $t_o = (t_o - t_e) / 2$, $t_1 = (t_1 - t_e) / 2, \dots, t_i = (t_i - t_e) / 2, \dots$

Căldura pierdută la suprafața exterioară a cuptorului prin convecție și radiație se calculează cu formula:

$$Q_{cr} = S_e \times \alpha_{cr} \times (t_e - t_m) \times T / 1000 \text{ [kWh]};$$

unde:

S_e [m²] – suprafața exterioară a cuptorului;

α_{cr} [W/m² x °C] – coeficientul global de transfer al căldurii, la suprafața cuptorului;

t_e [°C] – temperatura suprafeței exterioare a cuptorului;

t_m [°C] – temperatura mediului exterior cuptorului;

T [h] – durata unui ciclu de tratament termic.

Dacă temperaturile exterioare cuptorului, diferă pe parcursul ciclului cu mai mult de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ atunci:

$$Q_{cr} = S_e \times (\sum \alpha_{cri} \times (t'_1 - t_m) \times \Theta_1) / 1000, \text{ unde } T = \sum \Theta_i.$$

Energia pierdută la acționarea ventilatoarelor pe durata ciclului (în convertizoare de frecvență, motoare și ventilatoare):

$$\Delta W_v = (1 - \eta_w) \times E_v = (1 - 0.56) \times E_v = 0.44 \times E_v;$$

unde:

η_w – randamentul ventilației;

$$\eta_w = \eta_{CF} \times \eta_M \times \eta_v \approx 0.95 \times 0.85 \times 0.7 = 0.56$$

$\eta_{CF} = 0.95$ – randamentul convertizorului de frecvență;

$\eta_M = 0.85$ – randamentul motorului electric de acționare;

$\eta_v = 0.7$ – randamentul ventilatorului;

Eroarea de închidere a bilanțului sau alte pierderi de energie, va fi:

$$\Delta W_{\xi} = W_i - W_e \text{ [kWh]};$$

Eroarea relativă de închidere a bilanțului:

$$e_w = \Delta W_{\xi} / W_i \times 100 \text{ [%]};$$

Consumul specific de energie:

$$e_w = W_i / m_{Al} \text{ [kWh/kg]}$$

Căldura utilă, devine:

$$Q_u = \Delta Q_{Al}$$

Iar suma energiilor pierdute este;

$$\sum W_p = \Delta Q_c + Q_{cr} + \Delta W_v + \Delta W_{\xi}$$

Randamentul energetic al cuptorului va fi:

$$\eta_e = Q_u / W_i \times 100 [\%]$$

$$W_i = Q_u + \Sigma W_p$$

Se face bilanțul energetic al cuptorului vertical de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 6.5$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.62** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.63** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.35**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	1.13	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	1.12	98.48
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	0.02	1.52
ΣW_i - suma energiilor intrate	1.13	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.374	34.53
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.36	33.56
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.01	0.97
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.64	59.49
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.41	38.16
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.14	12.76
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.09	8.58
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	0.06	5.36
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.01	0.62
ΣW_e - suma energiilor iesite	1.08	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.05	4.60

< 5

Tabel 8.63 Bilanț energetic, real, pe un ciclu, al cuptorului VHT.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 4.6 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Nota:

Eroarea maxima (neînchiderea bilanului) admisa pentru toate tipurile de bilan energetic, trebuie a fie inferioara urmtaorelor valori: $\pm 2,5\%$, în cazul bilanurilor în care principalele marimi sunt determinate prin masuratori directe (metoda recomandata); $\pm 5\%$, în cazul bilanurilor în care unele marimi nu pot fi masurate direct, dar pot fi deduse cu suficienta precizie prin masurarea altor marimi (determinare indirecta).

Randamentul energetic, al cuptorului VHT pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.374 / 1.13 = 33.1\%.$$

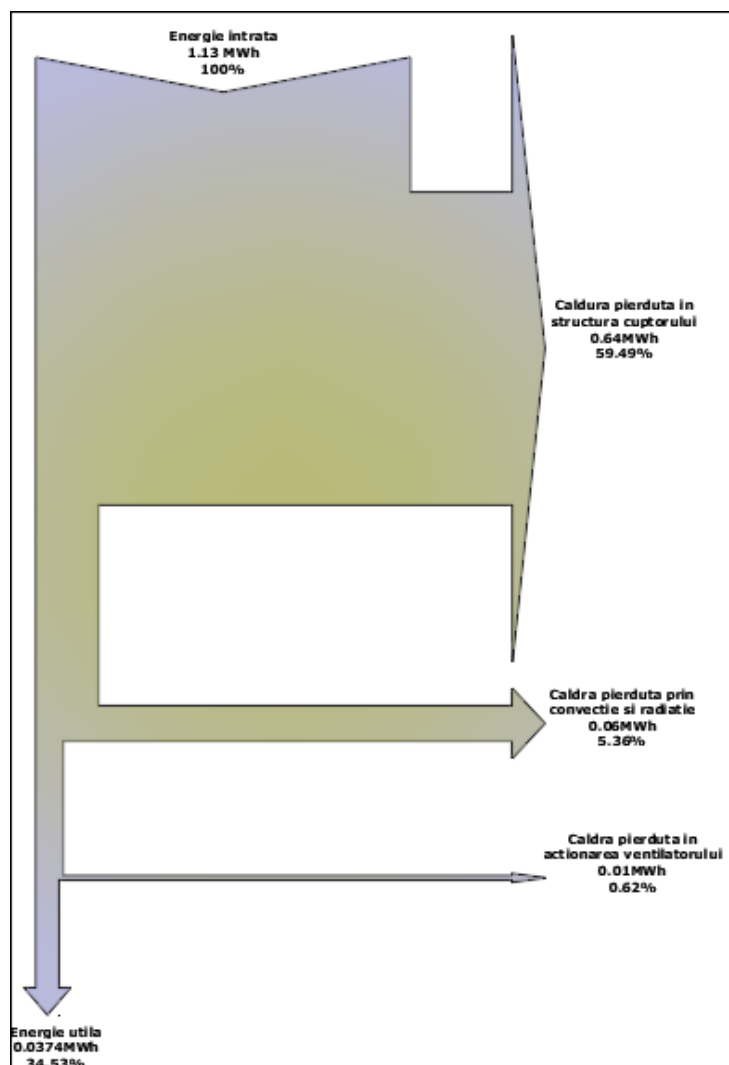


Figura 8.35 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului VHT.

8.1.14 Bilanț energetic: cuptor tratament termic orizontal (HHT).

Cu acest cuptor se aplică un tratament termic profilelor lungi de aluminiu.

Principalul element al acestui cuptor orizontal este mecanismul de basculare, care poate bascula toate profilele interioare în bazinul de răcire.

Încălzirea profilelor lungi de aluminiu se realizează cu șase rezistențe electrice, în două zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul orizontal (HHT) ajung până la $t = 500^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu după tratare, se realizează în baia de răcire, unde lichidul este agitat mecanic și alimentat prin grup de pompare după filtrare prealabilă.

Schema, de principiu, a cuptorului HHT analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.36**.

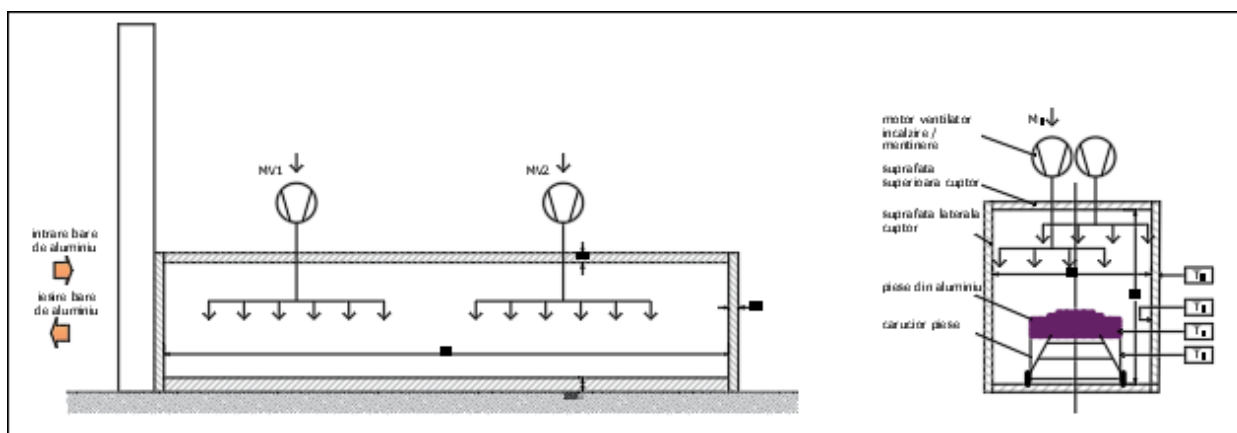


Figura 8.36 Schema de principiu a cuptorului HHT și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.64** sunt prezentate caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic orizontal, HHT.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Temperatura aerului, mediu ambiant	t_0	°C	24
Lungime camera interioară a cuptorului	L_C	m	9.31
Grosimea izolației cuptorului (fibra ceramica)	δ_z	m	0.2
Latime camera cuptor	W_{Cc}	m	3.30
Înălțime camera cuptor	H_{Cc}	m	3.40
Suprafața interioară a cuptorului	S_{iC}	m ²	147.22
Suprafața exterioară a cuptorului	S_{eC}	m ²	160.27
Numar zone incalzire	n_{inc}	buc	2
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	6
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	60
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	720
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	500
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	2
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	75
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Putere nominala motor deschidere usa cuptor	P_{nusa}	kW	1.5
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (aluminu)	m_{cAl}	kg	2,400.0
Masa maxima carucior (otel)	m_{sP}	kg	1,300.0
Masa cuptorului cu izolatie	m_c	kg	...
Temperatura suprafetei exterioare a cuptorului	t_1	°C	26
Temperatura medie a suprafetei interioare cuptor S_{i2} (de calcul)	t_{mC}	°C	199
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	371
Temperatura aerului exterior suprafetelor S_{i1} , S_{i2}	t_{ms}	°C	24
Volumul captuseli refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_C	m ³	71.11
Temperatura medie incalzire profile aluminu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	371
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	7,622

Tabel 8.64 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului HHT.

8.1.14.1 Parametrii măsurăți cuptor HHT:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	343.35
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		42.45
- in modulul 2	P_{m2}		13.50
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza 1: incalzire	t_{i1}		371
- faza 2: mentinere	t_{m1}		476
- faza 3: deschidere / racire	t_{i2}		176
- faza 4: incarcare / incalzire	t_{i3}		473
- faza 5: mentinere	t_{m2}		473
- faza 6: racire/golire	t_r		210
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza 1: incarcare/incalzire	$\tau_{i/t}$		1.7
- faza 2: mentinere	τ_m		0.3
- faza 3: deschidere / racire	t_{i2}		0.08
- faza 4: incarcare / incalzire	$\tau_{i/t}$		0.52
- faza 5: mentinere	τ_m		0.9
- faza 6: racire/golire	τ_r		0.2
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	210
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	$\overline{t_{mAl}}$	°C	343
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	26
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	230
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	3.70
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	184.5
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	394
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	155
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	113
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	124
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	$\overline{V_{nC}}$	m ³	12
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	1.1
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	154

Tabel 8.65 Tabel cu valori măsurate la cuptorul HHT.

8.1.14.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masică aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolație (fibra ceramică placă)	ρ_{vm}	kg/m ³	180
Caldura masică a termoizolației	c_c	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolației	δ_{vm}	m	0.18
Caldura masică oțel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea oțel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850.00
Durata ciclului de fabricație	T	H	30.2
Masa medie a cuptorului (partea metalică supusă încălzirii, 70% din masa totală)	m_1	Kg	42,378
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	122
Conductivitatea termică manta cuptor	λ_{vm}	W/m x °C	0.65
Grosimea mantalei din tablă Ol	δ_{vm}	m	0.0006
Coeficient global de transfer al căldurii la suprafața cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Rezistențe încălzire: - Putere nominală rezistențe la încălzire	P_{rez}	kW	720
Densitatea oțel / sîrma rezistență electrică (asimilat)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masică oțel (25°C), rezistență el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistențelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	1,100
Durata ciclului de fabricație	τ	H	30.2
Numărul cărucioarelor într-un ciclu de fabricație	N	Buc	1
Masa medie a încărcăturii utile (profile aluminiu) pe un cărucior	m_1	Kg	230
Căldura specifică aluminiu	c_1	kJ/kg·°C	0.9
Masa medie a structurii de susținere a încărcăturii utile (a caruciorului)	m_{sP}	Kg	1,300
Căldura specifică medie a structurii de susținere a încărcăturii utile-carucior aluminiu	c_2	kJ/kg·°C	0.92
Densitatea platformei căruciorului - oțel	ρ	kg/m ³	7,850
Căldura specifică a platformei căruciorului de transport al profilelor aluminiu - carucior oțel	c_3	kJ/kg·°C	0.50
Densitatea termoizolației cuptorului în zonele de intrare și ieșire	ρ_{iz}	Kg/m ³	180
Căldura specifică a termoizolației cuptorului	c_{iz}	kJ/kg·°C	1.07
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	122
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	36

Tabel 8.66 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.14.3 Parametrii calculați la cuptorul HHT:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare	
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$\tau_{it} \times P_{it}$	kWh	1,346.08	
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actioanare ale ventilatoarelor	E_V	$\tau_m \times P_m$	kWh	207.02	
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_i	$E_V + E_R$	kWh	1,553.10	
Caldura aluminiiu la intrare	Q_{Al}	$m_{Al} \times c_{AL} \times t_{AL} / 3600$	kWh	10.40	
Caldura initiala a cuptorului	Q_C	$m_C \times c_C \times t_C / 3600$	kWh	17.03	
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	1,553.10	
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{uBer}$	kWh	149.05	
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_t - t_{AL}) / 3600$	kWh	20.50	
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	Q_{uBer}		kWh	128.56	
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	10,472.40	
Temperatura medie a izolatiei termice	\overline{t}_{iz}	$(t_2 + t_1) / 2$	°C	289.13	
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (\overline{t}_{iz} - t_{ma}) / 3600$	kWh	828.34	
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	6,378.30	
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{mc} - t_{ma}) / 3600$	kWh	329.00	
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	1,100	
Temperatura medie a rezistentelor electrice	\overline{t}_{rez}		°C	750.00	
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (t_{rez} - t_{ma}) / 3600$	kWh	111.40	
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_C \times \alpha_C \times (t_1 - t_{ma}) \times T / 1000$	kWh	7.46	
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{Ol} + Q_{rez}$	kWh	1,268.74	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_V - Q_{uBer}$	kWh	78.46	
Randamentul ventilatiei	η_v	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta_n \times \eta_v$	%	57.81	
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	1,503.71	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	49.39
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.18
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i	%	9.60	
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esD}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	6.75	

Tabel 8.67 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul HHT.

8.1.14.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor HHT (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4** (Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)).

În **figura 8.37** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

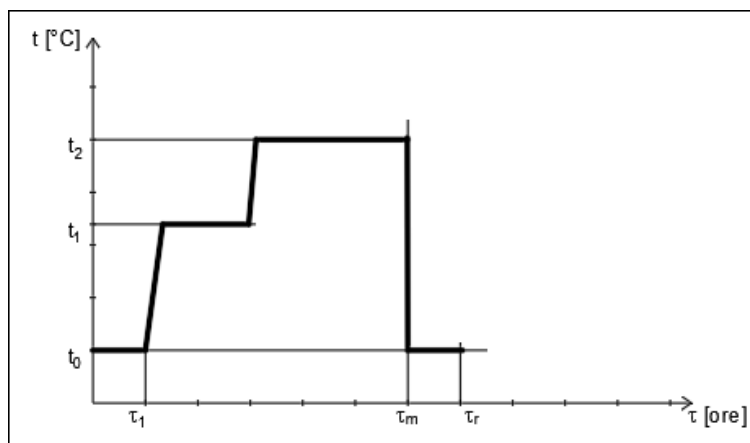


Figura 8.37 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul HHT.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.36, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.36 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului HHT de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 3.7$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.67** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.68** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.38**.

Energii intrate	MWh	%
E _i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	1.553	100
Energia electrica consumata in elementele electrice de incalzire	1.35	86.67
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare	0.21	13.33
ΣW_i - suma energiilor intrate	1.553	100
Energii iesite	MWh	%
Q _u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.149	9.91
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.02	1.36
Energia utila actionarilor electrice pe durata ciclului	0.13	8.55
Q _c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	1.269	84.37
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.83	55.09
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.33	21.88
Caldura pierduta in elementele electrice de incalzire, pe durata ciclului	0.11	7.41
Q _{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.007	0.50
ΔW _v - Pierdere de energie in actionarea consumatorilor electrici pe perioada unui ciclu	0.078	5.22
ΣW_e - suma energiilor iesite	1.504	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.049	3.18

< 5

Tabel 8.68 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului HHT.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.18 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului HHT pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.15 / 1.55 = 9.68\%.$$

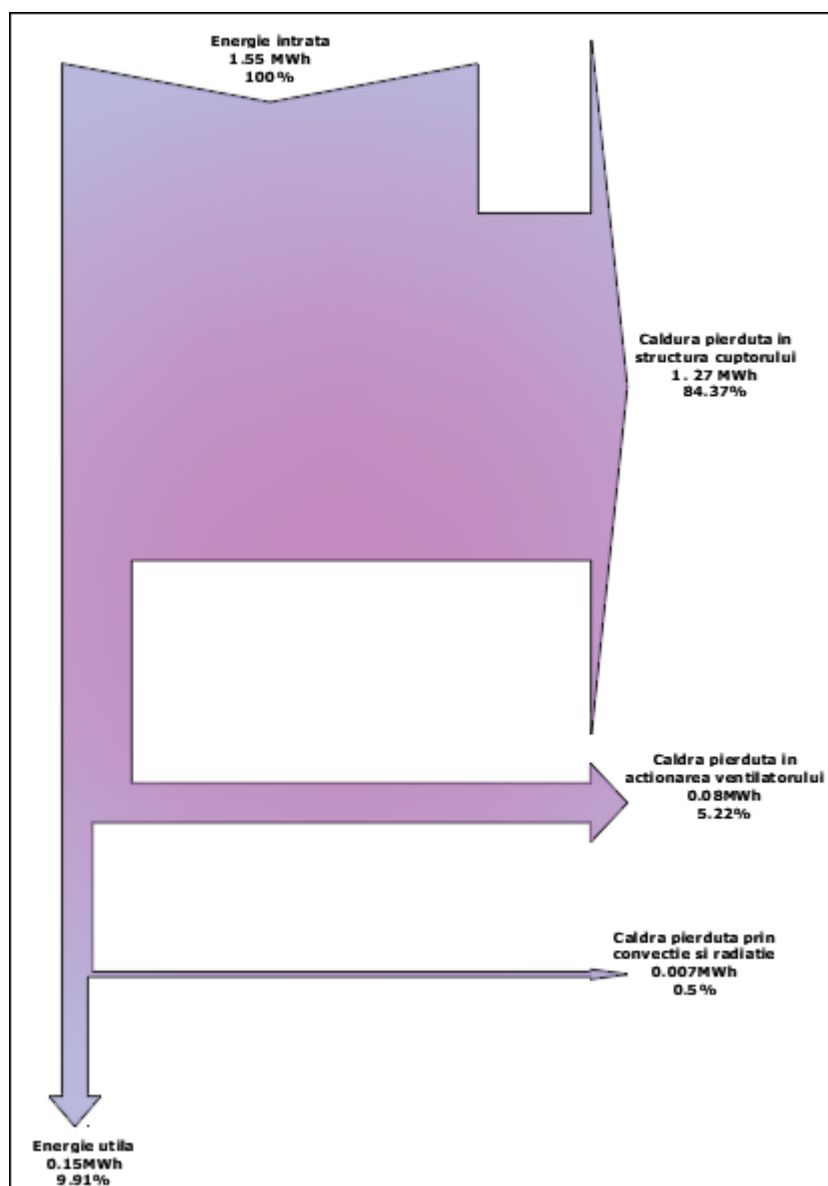


Figura 8.38 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului HHT.

8.1.15 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 5

Încălzirea profilelor de aluminiu se realizează cu 165 de rezistențe electrice, în 5 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se trateaza termic profilele de aluminiu în cuptorul SECO 5 ajung până la $t = 300^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatura controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului SECO 5 analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.39**.

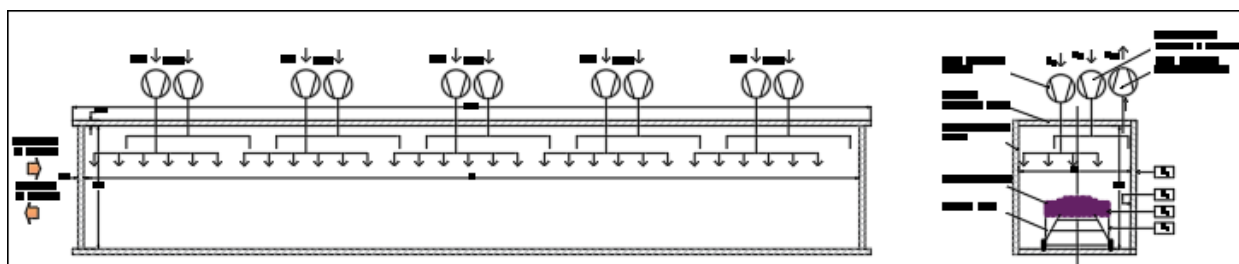


Figura 8.39 Schema de principiu a cuptorului SECO 5 și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii măsurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.69** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic SECO 5.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Temperatura aerului, mediu ambiant	t_0	°C	24
Lungime camera interioara a cuptorului	L_C	m	14.2
Grosimea izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	δ_{iz}	m	0.18
	W_{Cc}	m	2.33
	H_{Cc}	m	2.34
Suprafața interioara a cuptorului	S_{iC}	m ²	143.53
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{eC}	m ²	157.31
Numar zone incalzire	n_{zinc}	buc	5.0
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	165
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	1.65
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	270
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	300
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	5
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	58,500
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	22
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Numar ventilatoare circulatie atm.	M_{ev}	buc	5
Debit ventilator circulatie atmosferica - mentinere	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator circulatie - mentinere	P_{nv}	kW	30
Turatie motor ventilator circulatie - mentinere	n_{nv}	rot ⁻¹	1,460
Numar ventilatoare evacuare	-	buc	5
Putere nominala dispozitiv evacuare	P_{nde}	kW	4
Turatie motor dispozitiv evacuare	n_{de}	rot ⁻¹	
Putere nominala motor deschidere usa cuptor	P_{nusa}	kW	1.5
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (aluminu)	m_{cAl}	kg	4,260.0
Masa maxima carucior (otel)	m_{sP}	kg	450.0
Masa cuptorului cu izolatie	m_c	kg	50,000
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	33
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{i2}	\bar{t}_{mC}	°C	77.5
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	122
Temperatura aerului exterior suprafețelor S_{i1}, S_{i2}	t_{mS}	°C	24
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_C	m ³	74.15
Temperatura medie incalzire profile aluminu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	122
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	7,622

Tabel 8.69 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului SECO 5.

8.1.15.1 Parametrii măsurați cuptor SECO 5:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
- faza: incarcare/incalzire	P_{it}	kW	6.38
- faza: mentinere	P_m		8.70
- faza: racire/golire	P_t		1.16
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:			
- faza: incarcare/incalzire	t_{it}	°C	122
- faza: mentinere	t_m		120
- faza: racire/golire	t_t		38
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:			
- faza: incarcare/incalzire	τ_{it}	ore	4.2
- faza: mentinere	τ_m		21.2
- faza: racire/golire	τ_t		4.8
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{Al}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	38
Temperatura profile aluminiu in cuptor	t_{Al}	°C	122
Temperatura suprafetei exterioare laterale a cuptorului C_5	t_{e5}	°C	77.5
Temperatura medie în cuptor, în zonele de intrare și ieșire	t'_1	°C	120
Temperatura în cuptor, în zona centrală	t_2	°C	122
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	270
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	30.2
Temperatura medie, in interiorul cuptorului	t_{mC}	°C	121
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{uC}	m ³	77
Suprafata exterioara cuptorului	S_C	m ²	117
Puteri electrice totale absorbite de motoarele ventilatoarelor M_{ve} (circulatie) - mentinere	P_{e2}	kW	43.5
Temperatura aerului, la aspiratia ventilatoarelor M_v	t_{aa}	°C	120
Masa medie a încărcăturii utile (profile aluminiu) pe cărucior	m_1	Kg	270.00
Temperatura suprafetei exterioare a cuptorului	t_1	°C	33
Temperatura medie interioara a cuptorului	t_{mC}	°C	77.5
Temperatura aerului exterior suprafetelor	t_{mS}	°C	24
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_C	m ³	22.42
Temperatura profile aluminiu în cuptor (masurata)	$t_{1/2}$	°C	122
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	7,622.5

Tabel 8.70 Tabel cu valori măsurate la cuptorul SECO 5.

8.1.15.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masica aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolatie (fibra ceramica_placa)	ρ_{vm}	kg/m ³	180
Caldura masica a termoizolatiei	c_c	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolatiei	δ_{vm}	m	0.18
Caldura masica otel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea otel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850.00
Durata ciclului de fabricație	T	H	30.2
Masa medie a cuptorului (partea metalica supusa incalzirii, 70% din masa totala)	m_1	Kg	42,378
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	122
Conductivitatea termica manta cuptor	λ_{vm}	W/m x °C	0.65
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0006
Coeficient global de transfer al caldurii la suprafata cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Rezistente incalzire:			
- Putere nominală rezistente la incalzire	P_{rez}	kW	720
Densitatea otel / sirma rezistenta electrica (asimilat)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masica otel (25°C), rezistenta el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistentelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	1,100
Durata ciclului de fabricație	τ	H	30.2
Numărul cărucioarelor într-un ciclu de fabricație	N	Buc	1
Masa medie a încărcăturii utile (profile aluminu) pe un cărucior	m_1	Kg	230
Căldura specifică aluminiu	c_1	kJ/kg.°C	0.9
Masa medie a structurii de susținere a încărcăturii utile (a caruciorului)	m_{sP}	Kg	1,300
Căldura specifică medie a structurii de susținere a încărcăturii utile-carucior aluminiu	c_2	kJ/kg.°C	0.92
Densitatea platformei căruciorului - otel	ρ	kg/m ³	7,850
Căldura specifică a platformei căruciorului de transport al profilelor aluminiu - carucior otel	c_3	kJ/kg.°C	0.50
Densitatea termoizolatiei cuptorului în zonele de intrare și ieșire	ρ_{iz}	Kg/m ³	180
Căldura specifică a termoizolatiei cuptorului	c_{iz}	kJ/kg.°C	1.07
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	122
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	36

Tabel 8.71 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.15.3 Parametrii calculați la cuptorul SECO 5:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$\tau_{it} \times P_{it}$	kWh	596.00
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	E_v	$\tau_m \times P_m$	kWh	1,084.02
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_i	$E_v + E_R$	kWh	1,680.02
Caldura aluminiu la intrare	Q_{uAI}	$m_{AI} \times c_{AL} \times t_{uAL} / 3600$	kWh	1.66
Caldura initiala a cuptorului	Q_C	$m_C \times c_C \times t_C / 3600$	kWh	0.15
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	1,680.02
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAI} + Q_{uDef}$	kWh	659.70
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAI}	$m_{AI} \times c_{AI} \times (t_e - t_{uAI}) / 3600$	kWh	6.80
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	Q_{uDef}		kWh	652.91
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	7,622.46
Temperatura medie a izolatiei termice	t_{iz}	$(t_2 + t_1) / 2$	°C	77.50
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (t_{iz} - t_{ma}) / 3600$	kWh	121.66
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	3,323.11
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{trC} - t_{ma}) / 3600$	kWh	44.97
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	1,100
Temperatura medie a rezistentelor electrice	t_{rez}		°C	750.00
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (t_{rez} - t_{ma}) / 3600$	kWh	111.40
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_C \times \alpha_C \times (t_1 - t_{ma}) \times T / 1000$	kWh	257.75
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{Ol} + Q_{rez}$	kWh	278.03
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_v - Q_{uDef}$	kWh	431.11
Randamentul ventilatiei	η_v	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta_n \times \eta_v$	%	57.81
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	1,626.60
Eroarea de inchidere a bilantului: -absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	53.42
Eroarea de inchidere a bilantului: -relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.18
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i	%	39.27
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{AI}	kWh/kg	6.22

Tabel 8.72 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul SECO 5.

8.1.15.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor SECO 5 (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_v$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4** (Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)).

În **figura 8.40** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

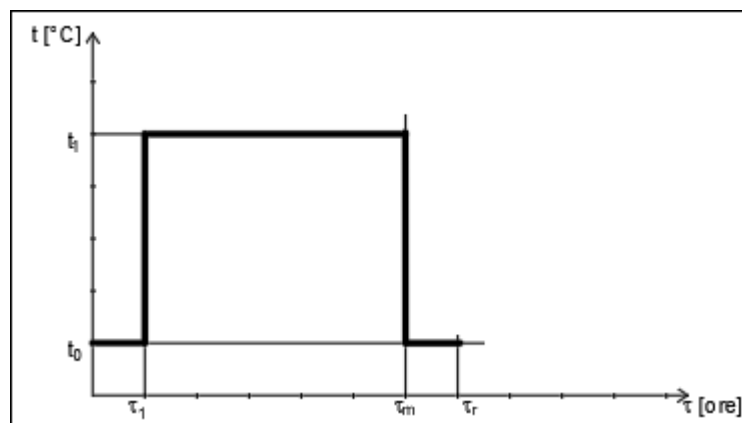


Figura 8.40 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul SECO 5.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.39, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.39 și se aplica situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului SECO 5 de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 30.2$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.72** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.73** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.41**.

Energii intrate	MWh	%
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	1.68	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	0.60	35.48
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	1.08	64.52
ΣW_i - suma energiilor intrate	1.68	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.66	40.56
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.01	0.42
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.65	40.14
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.28	17.09
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.12	7.48
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.04	2.76
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.11	6.85
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție și radiație	0.26	15.85
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.43	26.50
ΣW_e - suma energiilor iesite	1.63	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.05	3.18

< 5

Tabel 8.73 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului SECO 5.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.18 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului SECO 5 pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.66 / 1.68 = 39.3\%.$$

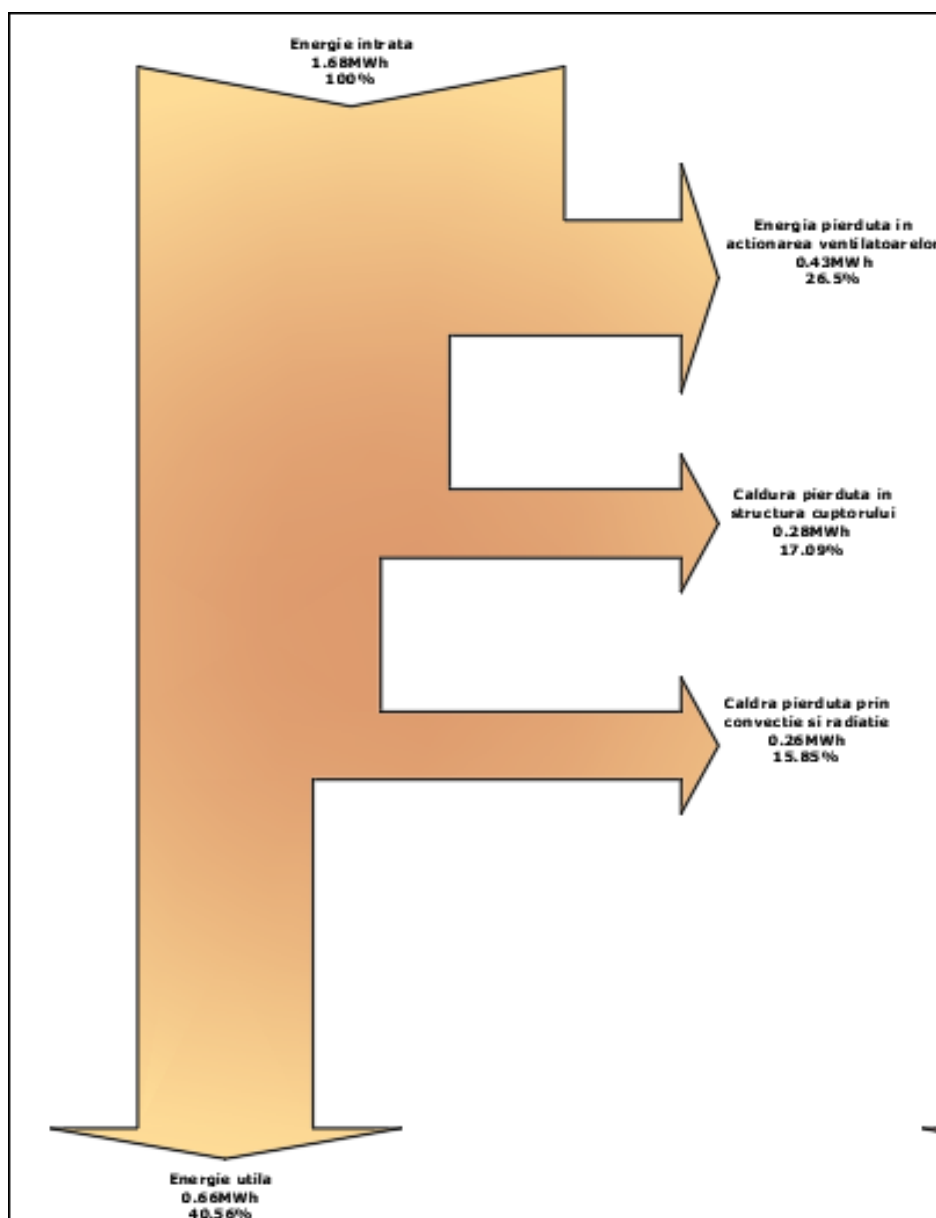


Figura 8.41 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului SECO 5.

8.1.16 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 4

Încălzirea profilelor de aluminiu se realizează cu 21 de rezistențe electrice, în 2 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul SECO 4 ajung până la $t = 300^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatura controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului SECO 4 analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.43**.

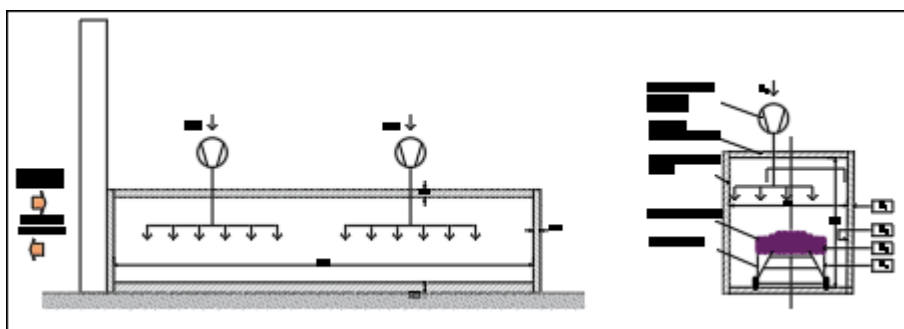


Figura 8.43 Schema de principiu a cuptorului SECO 4 și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.74** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic SECO 4.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime camera interioara a cuptorului	L_C	m	7.1
Grosimea medie a izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	$\bar{\delta}_{iz}$	m	0.15
Latimea interioara a cuptorului	l_{Cc}	m	1.50
Înălțimea interioara a cuptorului	H_{Cc}	m	1.74
Suprafața interioara a cuptorului	S_{iC}	m ²	51.23
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{eC}	m ²	58
Numar zone incalzire (modul)	n_{zinc}	buc	2
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	21
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	2.00
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	84
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	300
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	2
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	5.5
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Masa maxima a incarcaturii în cuptor (profile aluminiu)	m_{Al}	kg	2,500
Masa maxima carucior (otel)	m_{cOl}	kg	380
Masa cuptorului cu izolatie	m_C	kg	8,850
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	32
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{i2}	\bar{t}_{mC}	°C	77
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	122
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_C	m ³	24.78
Temperatura medie incalzire profile aluminiu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	122
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	7,622

Tabel 8.74 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului SECO 4.

8.1.16.1 Parametrii măsurăți cuptor SECO 4:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	84.80
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		3.08
- in modulul 2	P_{m2}		2.42
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:			
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{it1}	°C	122
- faza 1: mentinere	t_{m1}		122
- faza 2: incarcare/incalzire	t_{it2}		164
- faza 2: mentinere	t_{m2}		164
- faza: racire/golire	t_r		27.6
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:			
- faza 1: incarcare/incalzire	$\tau_{i/t}$	ore	2.2
- faza 1: mentinere	τ_m		7.6
- faza 2: incarcare/incalzire	$\tau_{i/t}$		1.8
- faza 2: mentinere	τ_m		8.2
- faza: racire/golire	τ_r		0.6
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	27.6
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	$\overline{t_{mAl}}$	°C	143
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	26
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	1,200
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	20.4
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	84.5
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	143
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	19
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	35
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	40
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	12
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	5.6
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	13

Tabel 8.75 Tabel cu valori măsurate la cuptorul SECO 4.

8.1.16.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masica aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolatii (fibra ceramica_placa)	ρ_{vm}	kg/m ³	340
Caldura masica a termoizolatiei	c_c	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolatiei	δ_{vm}	m	0.15
Caldura masica otel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea otel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0005
Coeficient global de transfer al caldurii la suprafata cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Densitatea otel / sirma rezistenta electrica (asimilat)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masica otel (25°C), rezistenta el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistentelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	275
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/pomiri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.76 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.16.3 Parametrii calculați la cuptorul SECO 4:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare	
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$\tau_{it} \times P_{it}$	kWh	173.08	
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actioanare ale ventilatoarelor	E_v	$\tau_m \times P_m$	kWh	112.20	
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_i	$E_v + E_R$	kWh	285.28	
Caldura aluminiu la intrare	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{AL} \times t_{uAL} / 3600$	kWh	7.40	
Caldura initiala a cuptorului	Q_{iC}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times t_{iC} / 3600$	kWh	3.79	
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	285.28	
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{uacr}$	kWh	99.12	
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_{mAl} - t_{aL}) / 3600$	kWh	36.67	
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	Q_{uacr}		kWh	62.45	
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	3,866.85	
Temperatura medie a izolatiei termice	\overline{t}_{iz}	$(t_{mC} + t_{eC}) / 2$	°C	84.50	
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (t_{iz} - t_{mB}) / 3600$	kWh	69.79	
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	760.24	
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{mC} - t_{mB}) / 3600$	kWh	12.62	
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	275.00	
Temperatura medie a rezistentelor electrice	\overline{t}_{rez}		°C	750.00	
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (t_{rez} - t_{mB}) / 3600$	kWh	27.85	
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_C \times \alpha_C \times (t_1 - t_{mB}) \times T / 1000$	kWh	19.07	
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{Ol} + Q_{rez}$	kWh	110.26	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_v - Q_{uacr}$	kWh	49.75	
Randamentul ventilatiei	$\overline{\eta}_v$	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta'_n \times \eta_v$	%	55.44	
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	278.21	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	7.08
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	2.48
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i	%	34.74	
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	0.24	

Tabel 8.77 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul SECO 4.

8.1.16.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor SECO 4 (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.44** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

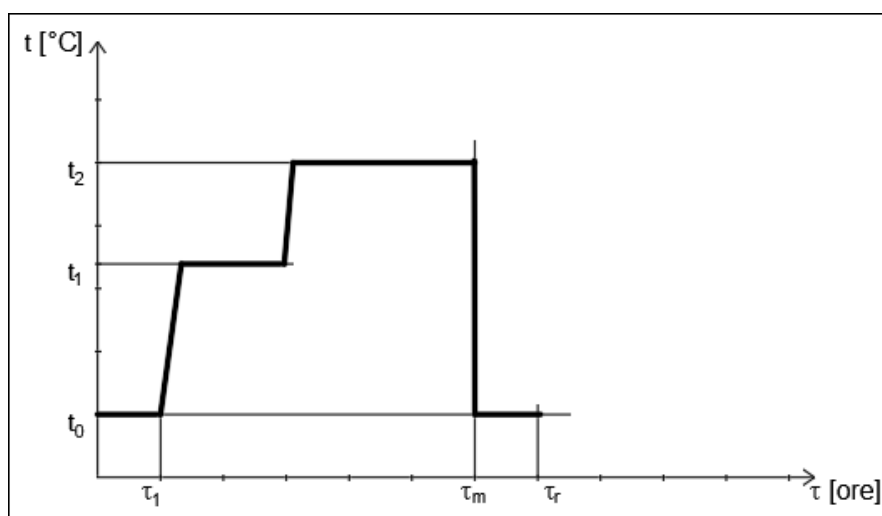


Figura 8.44 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul SECO 4.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.43, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.40 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului SECO 4 de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 20.4$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.77** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.78** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.45**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	0.29	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	0.17	60.67
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiionare ale ventilatoarelor	0.11	39.33
ΣW_i - suma energiilor intrate	0.29	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.10	35.63
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.04	13.18
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.06	22.45
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.11	39.63
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.07	25.09
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.01	4.54
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.03	10.01
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiație	0.02	6.85
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.05	17.88
ΣW_e - suma energiilor iesite	0.28	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.01	2.48

< 5

Tabel 8.78 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului SECO 4.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 2.48 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului SECO 4 pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.1 / 0.29 = 34.48\%.$$

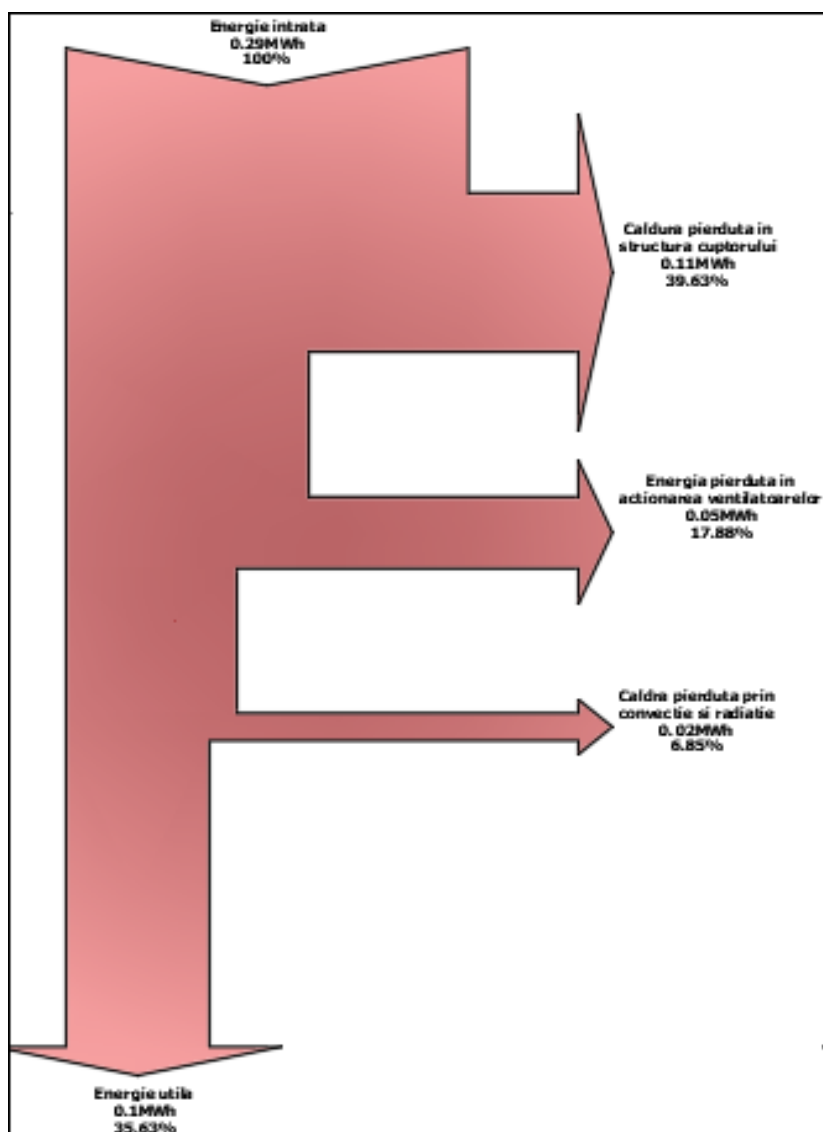


Figura 8.45 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului SECO 4.

8.1.17 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 3

Încălzirea profilelor de aluminiu se realizează cu 21 de rezistențe electrice, în 2 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul SECO 3 ajung până la $t = 300^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatura controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului SECO 3 analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.46**.

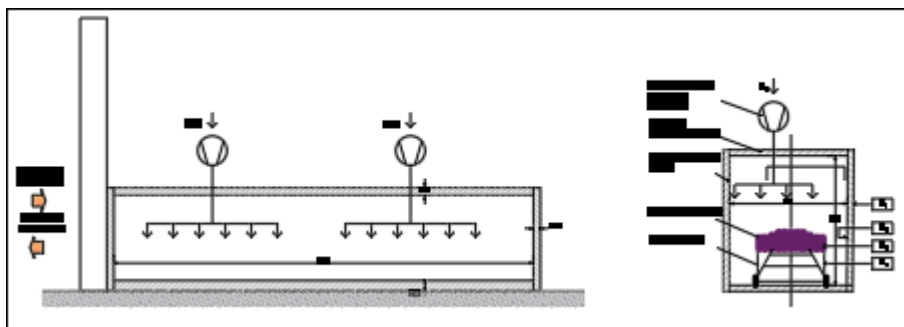


Figura 8.46 Schema de principiu a cuptorului SECO 3 și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.79** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic SECO 3.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime camera interioara a cuptorului	L_c	m	7.1
Grosimea medie a izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	δ_{iz}	m	0.15
Latimea interioara a cuptorului	l_{cc}	m	1.50
Înălțimea interioara a cuptorului	H_{cc}	m	1.74
Suprafața interioara a cuptorului	S_{ic}	m ²	51.23
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{ec}	m ²	58
Numar zone incalzire (modul)	n_{zinc}	buc	2
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	21
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	2.00
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	84
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mc}	°C	300
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	2
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	5.5
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (profile aluminiu)	m_{Al}	kg	2,500
Masa maxima carucior (otel)	m_{cOl}	kg	380
Masa cuptorului cu izolatie	m_c	kg	8,850
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	26
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{12}	\bar{t}_{mc}	°C	74
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	122
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_c	m ³	24.78
Temperatura medie incalzire profile aluminiu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	122
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	kg

Tabel 8.79 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului SECO 3.

8.1.17.1 Parametrii măsurăți cuptor SECO 3:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	83.48
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		3.74
- in modulul 2	P_{m2}		3.08
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:			
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{it1}	°C	117
- faza 1: mentinere	t_{m1}		117
- faza 2: incarcare/incalzire	t_{it2}		178
- faza 2: mentinere	t_{m2}		178
- faza: racire/golire	t_r		26
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:			
- faza 1: incarcare/incalzire	τ_{it}	ore	2.1
- faza 1: mentinere	τ_m		6.8
- faza 2: incarcare/incalzire	τ_{it}		1.7
- faza 2: mentinere	τ_m		9
- faza: racire/golire	τ_r		0.7
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	26
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	$\overline{t_{mAl}}$	°C	148
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	28
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	104
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	20.3
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	87.8
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	148
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	19
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	35
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	40
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	12
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	0.5
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	18

Tabel 8.80 Tabel cu valori măsurate la cuptorul SECO 3.

8.1.17.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masică aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolație (fibra ceramică_placă)	ρ_{vm}	kg/m ³	340
Caldura masică a termoizolației	c_c	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolației	δ_{vm}	m	0.15
Caldura masică oțel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea oțel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0005
Coeficient global de transfer al căldurii la suprafața cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Densitatea oțel / sîrma rezistentă electrică (asimilat)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masică oțel (25°C), rezistentă el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistențelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	275
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/pomiri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.81 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.17.3 Parametrii calculați la cuptorul SECO 3:

Total energii intrate		ΣW_i		kWh	306.96
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{uaer}$		kWh	80.12
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_{mAl} - t_{Al}) / 3600$		kWh	3.30
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	Q_{uaer}			kWh	76.82
Masa izolatiei termice	m_{iz}			kg	3,866.85
Temperatura medie a izolatiei termice	t_{iz}	$(t_{mC} + t_{eC}) / 2$		°C	87.75
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (t_{iz} - t_{mb}) / 3600$		kWh	73.54
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}			kg	760.24
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{mC} - t_{mb}) / 3600$		kWh	13.10
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}			kg	275.00
Temperatura medie a rezistentelor electrice	t_{rez}			°C	750.00
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (t_{rez} - t_{mb}) / 3600$		kWh	27.85
Caldura pierduta prin convecție si radiație, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_C \times \alpha_C \times (t_1 - t_{mb}) \times T / 1000$		kWh	37.95
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{Ol} + Q_{rez}$		kWh	114.49
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_v - Q_{uaer}$		kWh	61.63
Randamentul ventilatiei	η_v	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta'_n \times \eta_v$		%	55.44
Total energii iesite		ΣW_e		kWh	294.19
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	12.77
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	4.16
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i		%	26.10
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{Al}		kWh/kg	2.95

Tabel 8.82 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul SECO 3.

8.1.17.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor SECO 3 (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.47** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

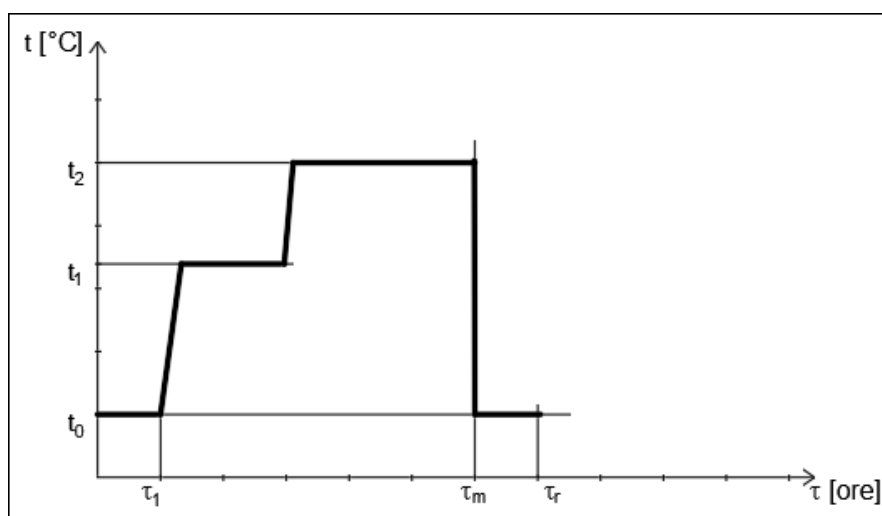


Figura 8.47 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul SECO 3.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.47, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.46 și se aplica situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului SECO 3 de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 20.3$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.82** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.83** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.48**.

Energii intrate	MWh	%
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	0.31	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	0.17	54.90
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiionare ale ventilatoarelor	0.14	45.10
ΣW_i - suma energiilor intrate	0.31	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.08	27.23
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.003	1.12
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.08	26.11
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.11	38.92
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.07	25.00
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.01	4.45
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.03	9.47
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.04	12.90
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.06	20.95
ΣW_e - suma energiilor iesite	0.29	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.01	4.16

< 5

Tabel 8.83 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului SECO 3.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 4.16 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului SECO 3 pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.08 / 0.31 = 25.81\%.$$

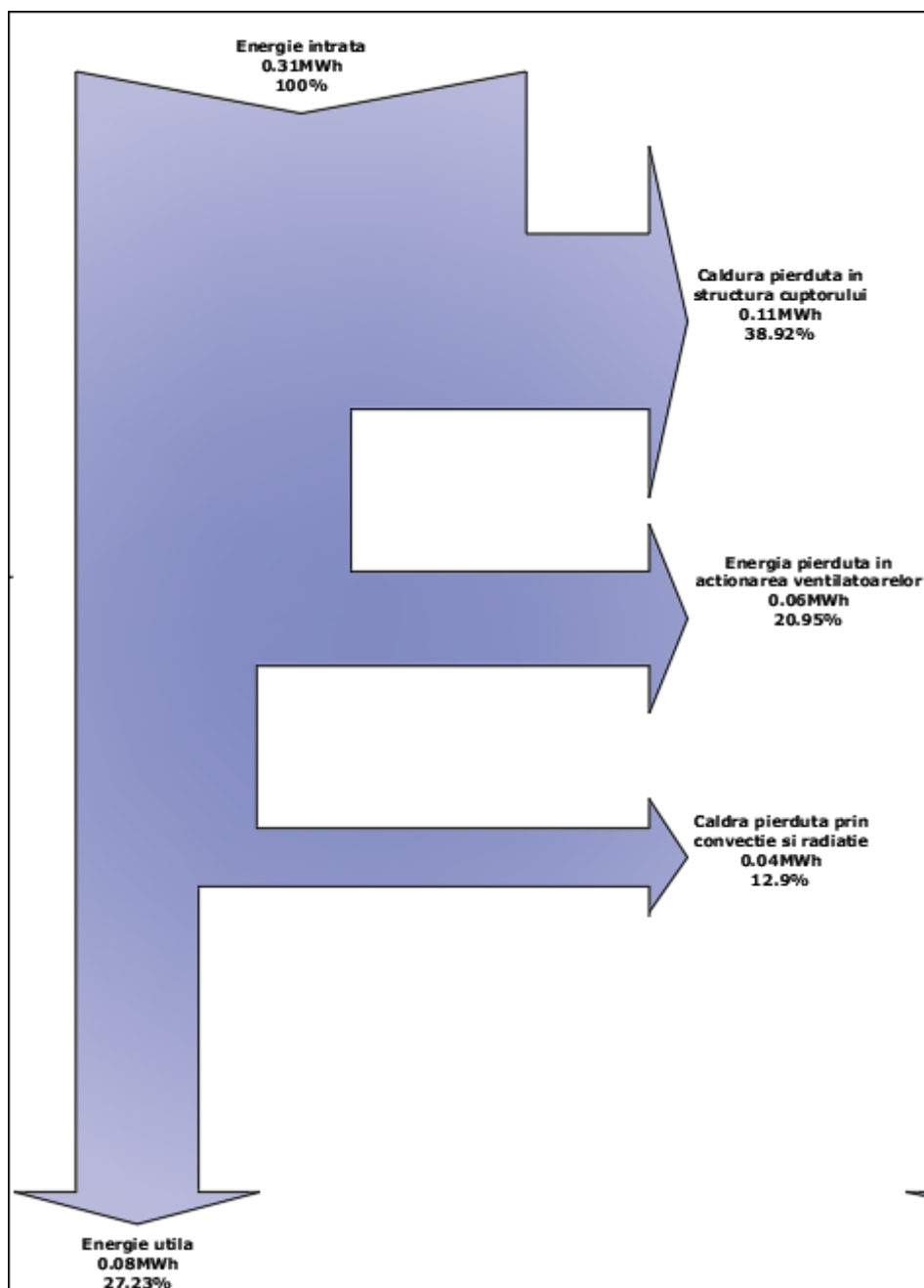


Figura 8.48 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului SECO 3.

8.1.18 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 2

Încălzirea profilelor de aluminiu se realizează cu 21 de rezistențe electrice, în 3 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se trateaza termic profilele de aluminiu în cuptorul SECO 2 ajung până la $t = 500^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatura controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului SECO 2 analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.49**.

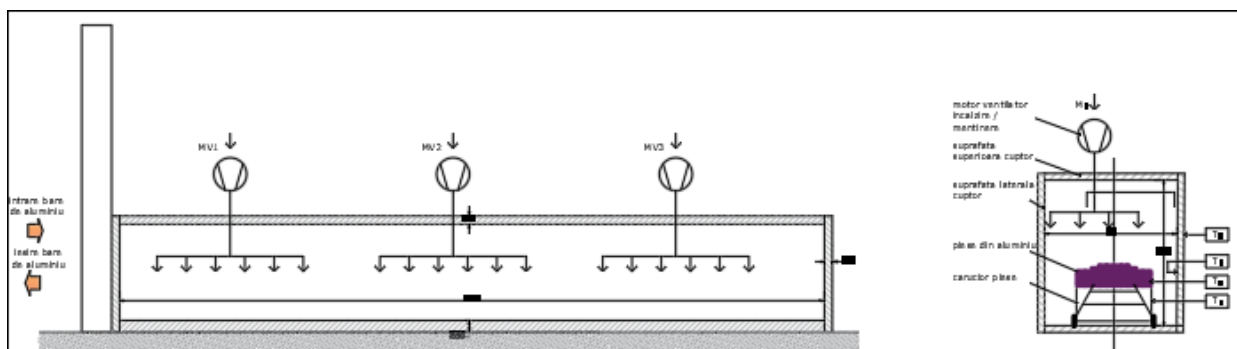


Figura 8.49 Schema de principiu a cuptorului SECO 2 și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii mășurați individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.84** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic SECO 2.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime camera interioara a cuptorului	L_C	m	10.6
Grosimea medie a izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	δ_{iz}	m	0.15
Latimea interioara a cuptorului	l_{Cc}	m	1.50
Înălțimea interioara a cuptorului	H_{Cc}	m	1.74
Suprafața interioara a cuptorului	S_{iC}	m ²	74
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{eC}	m ²	82
Numar zone incalzire (modul)	n_{zinc}	buc	3
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	21
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	2.00
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	126
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	500
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	3
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	5.5
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (profile aluminiu)	m_{Al}	kg	3,750
Masa maxima carucior (otel)	m_{cOl}	kg	570
Masa cuptorului cu izolatie	m_C	kg	13,275
Putere nominala incalzire pe modul	P_{nmrez}	kW	42
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	32
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{i2}	\bar{t}_{mC}	°C	77
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	122
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (fibra ceramica)	V_C	m ³	36.33
Temperatura medie incalzire profile aluminiu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	122
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	7,622

Tabel 8.84 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului SECO 2.

8.1.18.1 Parametrii măsurăți cuptor SECO 2:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	37.16
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		2.86
- in modulul 2	P_{m2}		3.08
- in modulul 3	P_{m3}		2.86
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{it1}		121
- faza 1: mentinere	t_{m1}		121
- faza 2: incalzire	t_{it2}		177
- faza 2: mentinere	t_{m2}		177
- faza: racire/golire	t_r		28
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza 1: incarcare/incalzire	τ_{it}		0.9
- faza 1: mentinere	τ_m		11.8
- faza 2: incalzire	τ_{it}		1.2
- faza 2: mentinere	τ_m		5.2
- faza: racire/golire	τ_r		2.4
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	28
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	$\overline{t_{mAl}}$	°C	149
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	27
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	1,200
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	21.5
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	102
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	149
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	29
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	55
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	62
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	18
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	5.6
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	23

Tabel 8.85 Tabel cu valori măsurate la cuptorul SECO 2.

8.1.18.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masica aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolatii (fibra ceramica_placa)	ρ_{vm}	kg/m ³	340
Caldura masica a termoizolatiei	c_{iz}	kJ/kg x °C	1.07
Grosimea termoizolatiei	δ_{vm}	m	0.15
Caldura masica otel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea otel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0005
Coeficient global de transfer al caldurii la suprafata cuptorului	α_C	W/m ² x °C	8.12
Densitatea otel / sirma rezistenta electrica (asimilat)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masica otel (25°C), rezistenta el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistentelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	367
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.86 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.18.3 Parametrii calculați la cuptorul SECO 2:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$\tau_{it} \times P_{it}$	kWh	240.96
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	E_v	$\tau_m \times P_m$	kWh	189.20
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_i	$E_v + E_R$	kWh	430.16
Caldura aluminiu la intrare	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_{inAl} - t_{inAl}) / 3600$	kWh	7.40
Caldura initiala a cuptorului	Q_C	$m_C \times c_C \times t_C / 3600$	kWh	5.59
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	430.16
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{u aer}$	kWh	143.30
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_{inAl} - t_{inAl}) / 3600$	kWh	38.52
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	$Q_{u aer}$		kWh	104.78
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	4,677.49
Temperatura medie a izolatiei termice	\bar{t}_{iz}	$(t_{mC} + t_{eC}) / 2$	°C	88.00
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (\bar{t}_{iz} - t_{mC}) / 3600$	kWh	89.31
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	1,110
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{mC} - t_{mC}) / 3600$	kWh	19.36
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	367
Temperatura medie a rezistentelor electrice	\bar{t}_{rez}		°C	750.00
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (\bar{t}_{rez} - t_{mC}) / 3600$	kWh	37.13
Caldura pierduta prin convecție si radiație, pe durata ciclului	Q_{Gr}	$S_C \times \alpha_C \times (t_i - t_{mC}) \times T / 1000$	kWh	43
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{Ol} + Q_{rez}$	kWh	145.81
Pierderi de energie la actiunarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_v - Q_{u aer}$	kWh	84.42
Randamentul ventilatiei	$\bar{\eta}_v$	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta'_n \times \eta_v$	%	55.37
Total energii iesite	ΣW_o		kWh	416.65
Eroarea de inchidere a bilantului: -absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_o$	kWh	13.51
Eroarea de inchidere a bilantului: -relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.14
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i	%	33.31
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	0.36

Tabel 8.87 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul SECO 2.

8.1.18.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor SECO 2 (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.50** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

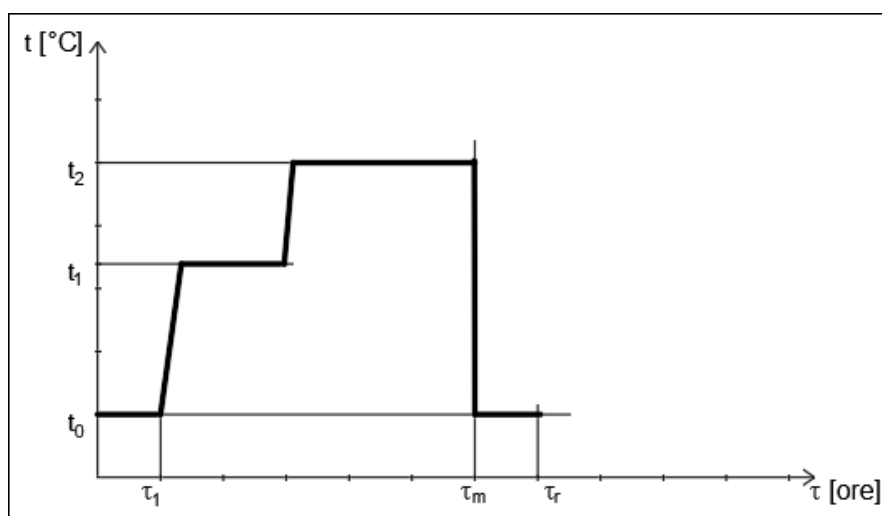


Figura 8.50 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul SECO 2.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.49, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.50 și se aplica situației reale, în urma măsurătorilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului SECO 2 de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 21.5$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.87** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.88** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.51**.

Energii intrate	MWh	%
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	0.430	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	0.24	56.02
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	0.19	43.98
ΣW_i - suma energiilor intrate	0.430	100
Energii iesite	MWh	%
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.143	34.39
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.04	9.25
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.10	25.15
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.146	34.99
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.09	21.43
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.02	4.65
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.04	8.91
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.043	10.35
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.084	20.26
ΣW_e - suma energiilor iesite	0.417	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.014	3.14

< 5

Tabel 8.88 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului SECO 2.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.14 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului SECO 2 pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.143 / 0.430 = 33.26\%.$$

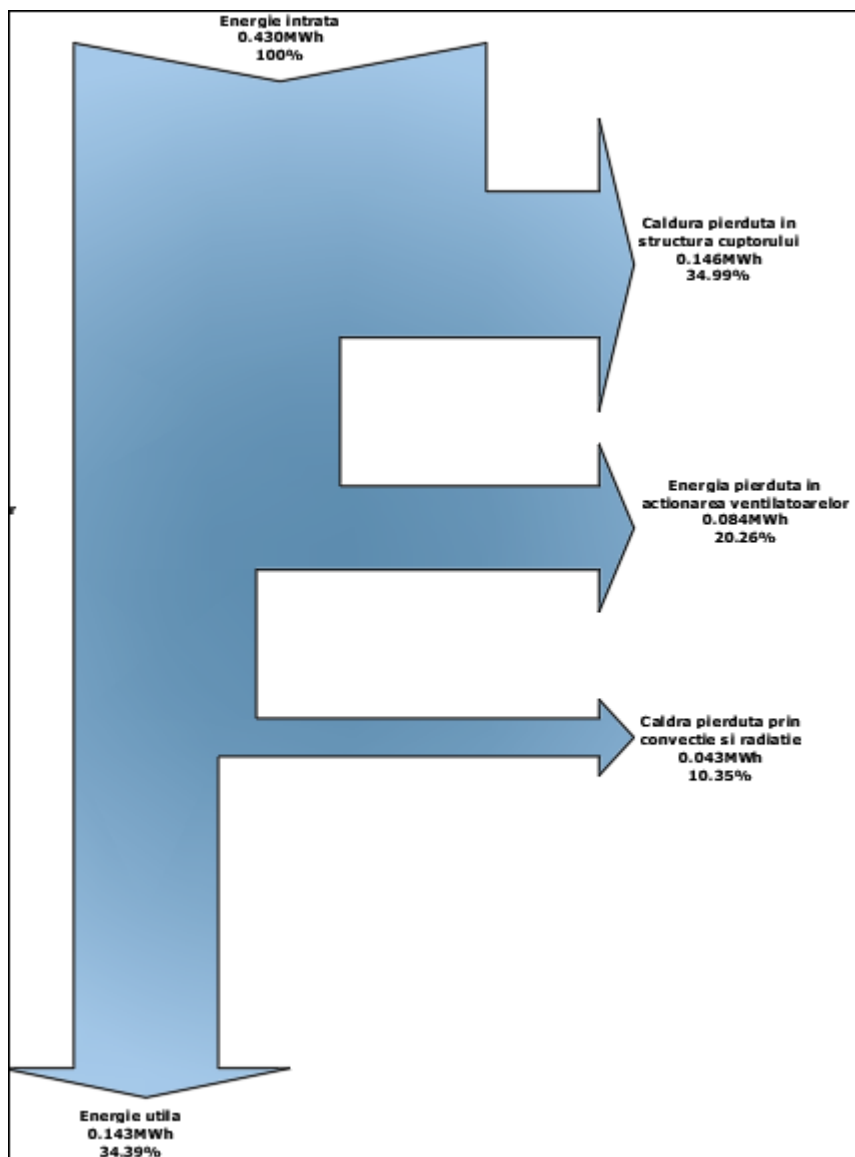


Figura 8.51 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului SECO 2.

8.1.19 Bilanț energetic: cuptor tratament termic SECO 1

Încălzirea profilelor de aluminiu se realizează cu 21 de rezistențe electrice, în 4 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul SECO 1 ajung până la $t = 300^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatură controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului SECO 1 analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.52**.

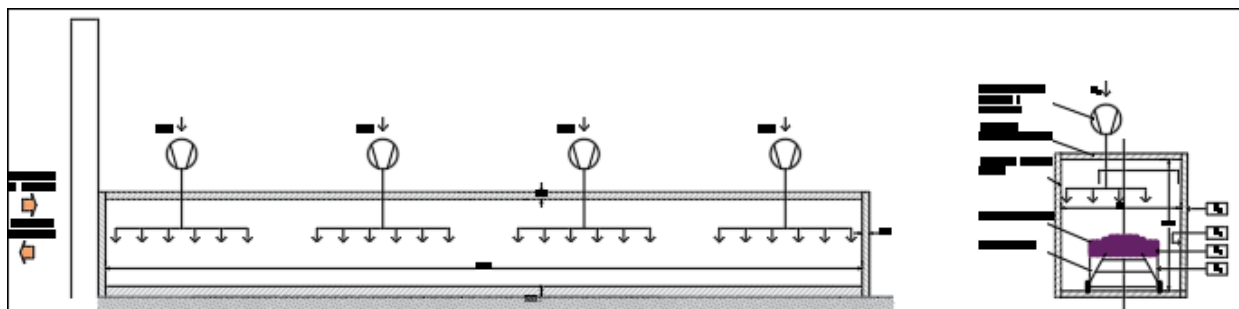


Figura 8.52 Schema de principiu a cuptorului SECO 1 și punctele de măsură – secția extrudare.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii măsurăți individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.89** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic SECO 1.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime camera interioara a cuptorului	L_C	m	12.5
Grosimea medie a izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	δ_{iz}	m	0.12
Latimea interioara a cuptorului	l_{Cc}	m	2.00
Înălțimea interioara a cuptorului	H_{Cc}	m	2.00
Suprafața interioara a cuptorului	S_{iC}	m ²	108
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{eC}	m ²	116
Numar zone incalzire (modul)	n_{zinc}	buc	4
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	21
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	2.5
Putere nominala incalzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	210
Temperatura maxima incalzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	300
Numar ventilatoare incalzire	M_v	buc	4
Debit ventilator circulatie - incalzire	D_{aerv}	m ³ /h	45,000
Putere nominala motor ventilator - incalzire	P_{nv}	kW	15.0
Turatie motor ventilator circulatie - incalzire	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator incalzire	p_{nv}	Pa	500
Numar ventilatoare exhaustare	M_v	buc	4
Debit ventilator circulatie - exhaustare	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - exhaustare	P_{nv}	kW	2.2
Turatie motor ventilator circulatie - exhaustare	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator exhaustare	p_{nv}	Pa	500
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (profile aluminiu)	m_{Al}	kg	3,650
Masa maxima carucior (otel)	m_{cOl}	kg	570
Masa cuptorului cu izolatie	m_C	kg	14,750
Putere nominala incalzire pe modul	P_{nmrez}	kW	52.5
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	26
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{i2}	t_{mC}	°C	88.25
Temperatura incalzire / mentinere cuptor	t_2	°C	150.5
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (vata minerala)	V_C	m ³	54.47
Temperatura medie incalzire profile aluminiu (masurata)	$t_{1/2}$	°C	124
Masa izolatiei termice	m_{vm}	kg	

Tabel 8.89 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului SECO 1.

8.1.19.1 Parametrii măsurăți cuptor SECO 1:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	50.38
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		0.95
- in modulul 2	P_{m2}		1.12
- in modulul 3	P_{m3}		1.01
- in modulul 4	P_{m4}		1.14
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{it1}		132
- faza 1: mentinere	t_{m1}		132
- faza 2: incalzire	t_{it2}		177
- faza 2: mentinere	t_{m2}		177
- faza: racire/golire	t_r		28
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza 1: incarcare/incalzire	$\tau_{i/t}$		0.9
- faza 1: mentinere	τ_m		10.5
- faza 2: incalzire	$\tau_{i/t}$		1.1
- faza 2: mentinere	τ_m		4.8
- faza: racire/golire	τ_r		2.8
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	28
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	$\overline{t_{mAl}}$	°C	155
Temperatura medie a suprafeței exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	27
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	1,200
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	20.1
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	102
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	155
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	29
Suprafața interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	55
Suprafața exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	62
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	18
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	5.6
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	23

Tabel 8.90 Tabel cu valori măsurate la cuptorul SECO 1.

8.1.19.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masica aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolatii (vata minerala)	ρ_{vm}	kg/m ³	120
Caldura masica a termoizolatiei	c_c	kJ/kg x °C	0.84
Grosimea termoizolatiei	δ_{vm}	m	0.12
Caldura masica otel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea otel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0005
Coeficient global de transfer al caldurii la suprafata cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Densitatea sirma rezistenta electrica (asimilat otel)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masica otel (25°C), rezistenta el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistentelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	440
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.91 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.19.3 Parametrii calculați la cuptorul SECO 1:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$\tau_{rt} \times P_{rt}$	kWh	181.07
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiune ale ventilatoarelor	E_v	$\tau_m \times P_m$	kWh	629.86
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_i	$E_v + E_R$	kWh	810.93
Caldura aluminiu la intrare	Q_{Al}	$m_{Al} \times c_{Al} \times t_{AL} / 3600$	kWh	7.40
Caldura initiala a cuptorului	Q_{IC}	$m_C \times c_C \times t_{IC} / 3600$	kWh	61.52
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	810.93
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{u aer}$	kWh	95.56
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times c_{Al} \times (t_{mAl} - t_{AL}) / 3600$	kWh	40.22
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	$Q_{u aer}$		kWh	55.35
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	1,733
Temperatura medie a izolatiei termice	t_{iz}	$(t_{mC} + t_{eC}) / 2$	°C	63.75
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (t_{iz} - t_{ma}) / 3600$	kWh	25.77
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	1,147
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{ol}	$m_{Ol} \times c_{Ol} \times (t_{mC} - t_{ma}) / 3600$	kWh	20.88
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	367
Temperatura medie a rezistentelor electrice	t_{rez}		°C	750.00
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times c_{Ol} \times (t_{rez} - t_{ma}) / 3600$	kWh	37.13
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_{eC} \times \alpha_c \times (t_i - t_{ma}) \times T / 1000$	kWh	30.31
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_C	$Q_{iz} + Q_{ol} + Q_{rez}$	kWh	83.78
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_v - Q_{u aer}$	kWh	574.51
Randamentul ventilatiei	η_v	$\Sigma \eta_{CF} \times \eta_n \times \eta_v$	%	54.93
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	784.16
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	ΔW	kWh	26.76
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.30
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_i	%	11.78
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	0.68

Tabel 8.92 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul SECO 1.

230/307

www.energobit.com

RO 400221 Cluj-Napoca
str. Tăietura Turcului nr. 47 / 11
Parcul Industrial Tetarom I

tel.: 40 264 207 500
fax: 40 264 207 555
e-mail: ebit@energobit.com

RC: J12/1514/1991
CIF: RO211717

8.1.19.4 Bilant energetic, real, pe o sarjă, cuptor SECO 1 (secția extrudare):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.53** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

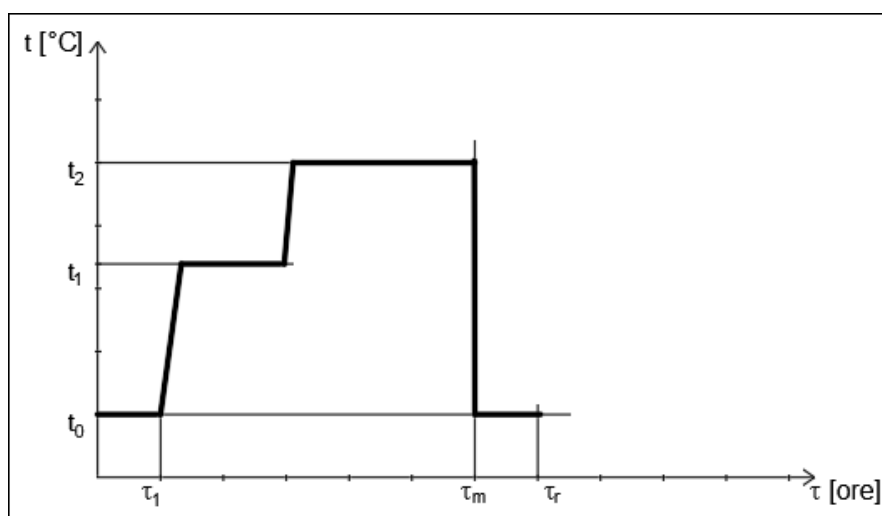


Figura 8.53 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul SECO 1.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.53, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.53 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului SECO 1 de tratament termic pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de turnare $T = 20.1$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de turnare și calculul efectuat în **tabel 8.92** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.93** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.54**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	0.811	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	0.18	22.33
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare ale ventilatoarelor	0.63	77.67
$\sum W_i$ - suma energiilor intrate	0.811	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.096	12.19
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.04	5.13
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.06	7.06
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.084	10.68
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.03	3.29
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.02	2.66
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.04	4.74
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.030	3.86
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.575	73.26
$\sum W_e$ - suma energiilor iesite	0.784	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.027	3.30

< 5

Tabel 8.93 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului SECO 1.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\sum W_i - \sum W_e) / \sum W_i = 3.3 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului SECO 1 pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.096 / 0.811 = 11.83\%.$$

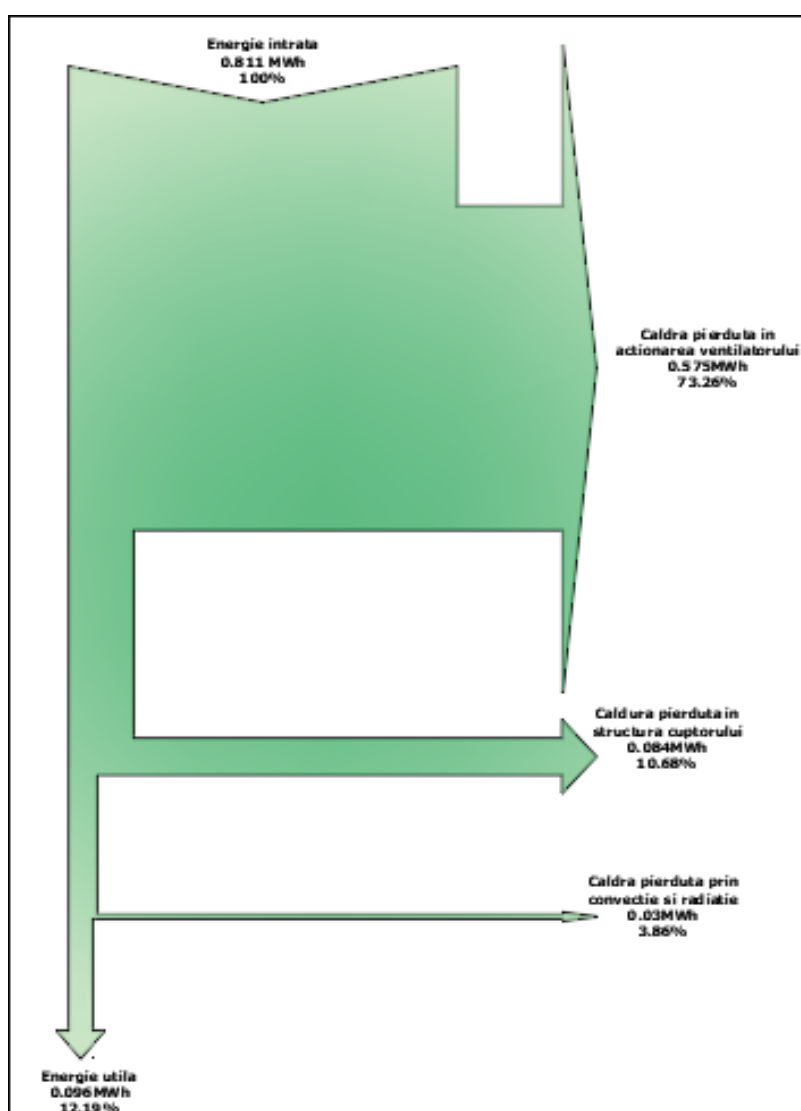


Figura 8.54 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului SECO 1.

8.1.20 Bilanț energetic: cuptor omogenizare

Încălzirea în vederea omogenizării structurii profilelor de aluminiu, a billets, după turnare, se realizează cu 15 rezistențe electrice, în 2 zone de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Temperaturile la care se tratează termic profilele de aluminiu în cuptorul de omogenizare ajung până la $t = 600^{\circ}\text{C}$.

În interiorul cuptorului creșterea gradului de transmisie a căldurii de la rezistențe la piesele tratate termic, se asigură cu 2 ventilatoare prin convecție forțată.

Răcirea profilelor de aluminiu, se realizează treptat, la temperatura controlată conform procesului tehnologic de tratament termic aplicat, pe fiecare fază.

Schema, de principiu, a cuptorului de omogenizare analizat și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.55**.

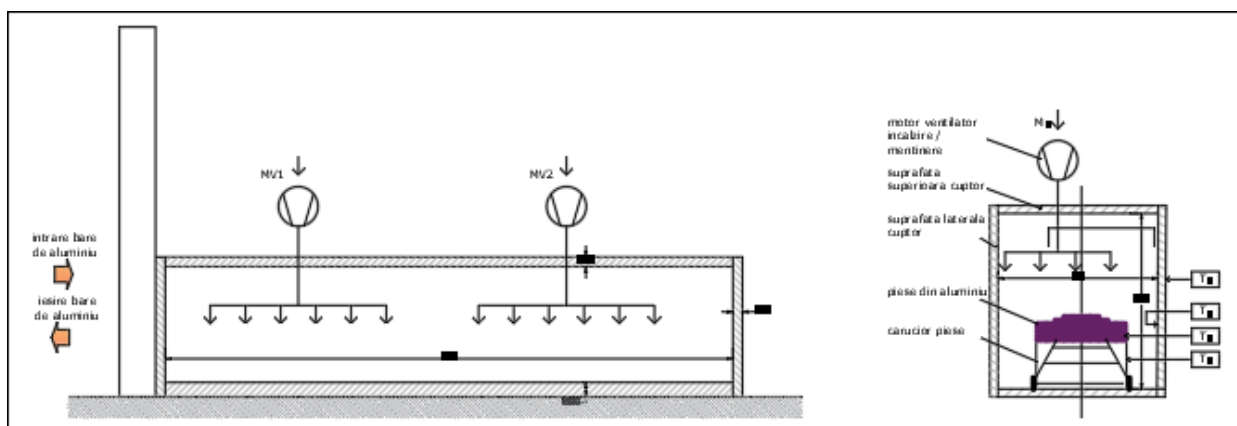


Figura 8.55 Schema de principiu a cuptorului de omogenizare și punctele de măsură – secția turnătorie.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii măsurăți individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.94** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului de tratament termic prin omogenizare.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime interioară camera a cuptorului	L_C	m	5
Grosimea medie a izolației cuptorului (fibra ceramică)	$\bar{\delta}_{iz}$	m	0.2
Latimea interioară a cuptorului	l_{Cc}	m	2.20
Înălțimea interioară a cuptorului	H_{Cc}	m	1.68
Suprafața interioară a cuptorului	S_{iC}	m ²	35
Suprafața exterioară a cuptorului	S_{eC}	m ²	42
Număr zone încălzire (modul)	n_{zinc}	buc	2
Număr elemente încălzire (rezistente)	n_{inc}	buc	15
Putere nominală pe element de încălzire (rezistentă)	P_{ninc}	kW	30.5
Putere nominală încălzire cuptor (rezistente)	P_{nrez}	kW	915
Temperatura maximă încălzire cuptor (rezistente)	T_{mC}	°C	600
Număr ventilatoare recirculare	M_v	buc	2
Debit ventilator circulație - încălzire	D_{aerv}	m ³ /h	84,996
Putere nominală motor ventilator - încălzire	P_{nv}	kW	30.0
Turație motor ventilator circulație - încălzire	n_{nv}	rot ⁻¹	1,465
Presiune ventilator încălzire	p_{nv}	Pa	500
Număr ventilatoare exhaustare	M_v	buc	0
Debit ventilator circulație - exhaustare	D_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominală motor ventilator - exhaustare	P_{nv}	kW	0.0
Turație motor ventilator circulație - exhaustare	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator exhaustare	p_{nv}	Pa	500
Masa maximă a încărcăturii în cuptor (profile aluminiu)	m_{Al}	kg	3,650
Masa maximă carucior (otel)	m_{cOl}	kg	570
Masa cuptorului cu izolație	m_C	kg	8,850
Putere nominală încălzire pe modul	P_{nmrez}	kW	457.5
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	52
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{i2}	\bar{t}_{mC}	°C	172.5
Temperatura încălzire / menținere cuptor _masurat	t_2	°C	293
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (saltea fibra ceramică)	V_C	m ³	26.23
Temperatura medie încălzire profile aluminiu (masurată)	$t_{1/2}$	°C	124
Masa izolației termice	m_{vm}	kg	

Tabel 8.94 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate ale cuptorului de omogenizare.

8.1.20.1 Parametrii măsurăți cuptor omogenizare:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In rezistente electrice	P_{rez}	kW	0.00
In motoare electrice/ ventilatoare:			
- in modulul 1	P_{m1}		12.90
- in modulul 2	P_{m2}		15.30
- in modulul 3	P_{m3}		0.00
- in modulul 4	P_{m4}		0.00
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{it1}		397
- faza 1: mentinere	t_{m1}		397
- faza 2: incalzire	t_{it2}		0
- faza 2: mentinere	t_{m2}		0
- faza: racire/golire	t_r		28
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza 1: incarcare/incalzire	τ_{it}		7.6
- faza 1: mentinere	τ_m		41
- faza 2: incalzire	τ_{it}		0
- faza 2: mentinere	τ_m		0
- faza: racire/golire	τ_r		7.2
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la incarcare	t_{iAl}	°C	24
Temperatura profile aluminiu la iesire	t_{eAl}	°C	28
Temperatura medie profile aluminiu in cuptor	t_{mAl}	°C	199
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	t_{eC}	°C	27
Masa aluminiului introdus in cuptor	M_{Al}	kg	16,000
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	55.8
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	27.5
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	397
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	176
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	35
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	42
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	30
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	-
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	-

Tabel 8.95 Tabel cu valori măsurate la cuptorul de omogenizare.

8.1.20.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masică aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolație (vata minerala)	ρ_{vm}	kg/m ³	140
Caldura masică a termoizolației	c_c	kJ/kg x °C	0.84
Grosimea termoizolației	δ_{vm}	m	0.12
Caldura masică oțel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea oțel	ρ_{Ol}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tabla Ol	δ_{vm}	m	0.0005
Coeficient global de transfer al căldurii la suprafața cuptorului	α_c	W/m ² x °C	8.12
Densitatea sîrma rezistentă electrică (asimilat oțel)	ρ_{Ol}	kg/m ³	7,850
Caldura masică oțel (25°C), rezistență el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistențelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	550
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/pomiri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3

Tabel 8.96 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.20.3 Parametrii calculați la cuptorul de omogenizare:

Marimea calculata	Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare	
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	E_R	$t_{cicl} \times P_{R1}$	kWh	1,119.85	
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actioanare ale ventilatoarelor	E_V	$t_{cicl} \times P_{m1}$	kWh	1,573.56	
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu	E_1	$E_R + E_V$	kWh	2,693.41	
Caldura aluminiu la intrare	Q_{Al}	$m_{Al} \times C_{Al} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	98.61	
Caldura initiala a cuptorului	Q_C	$m_{c} \times C_{c} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	178.82	
Total energii intrate	ΣW_i		kWh	2,693.41	
Caldura utila pentru o sarja/ciclu complet	Q_u	$Q_{uAl} + Q_{uBer}$	kWh	1,695.32	
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	Q_{uAl}	$m_{Al} \times C_{Al} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	717.01	
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	Q_{uBer}		kWh	978.32	
Masa izolatiei termice	m_{iz}		kg	2,525	
Temperatura medie a izolatiei termice	t_{iz}	$(t_{amb} + t_{cicl}) / 2$	°C	185.00	
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	Q_{iz}	$m_{iz} \times C_{iz} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	109.00	
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului	m_{Ol}		kg	1,364	
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	Q_{Ol}	$m_{Ol} \times C_{Ol} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	70.98	
Masa rezistentelor electrice (asimilate Ol)	m_{rez}		kg	500	
Temperatura medie a rezistentelor electrice	t_{rez}		°C	750.00	
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	Q_{rez}	$m_{rez} \times C_{rez} \times (t_{cicl} - t_{amb}) / 3600$	kWh	50.64	
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului	Q_{cr}	$S_{cr} \times \alpha_{cr} \times (t_{cicl} - t_{amb}) \times T / 1000$	kWh	57.48	
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu	ΔQ_c	$Q_{rez} + Q_{cr} + Q_{uBer}$	kWh	230.62	
Pierderi de energie la actionarea ventilatoarelor pe durata ciclului (in motoare el., CF si ventilatoare)	ΔW_v	$E_V - Q_{uBer}$	kWh	595.24	
Randamentul ventilatiei	η_V	$\Sigma Q_{uBer} \times \eta_V \times K_{\eta}$	%	62.18	
Total energii iesite	ΣW_e		kWh	2,578.67	
Eroarea de inchidere a bilantului:	-absoluta	ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	114.74
Eroarea de inchidere a bilantului:	-relativa	δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	4.26
Randamentul energetic al cuptorului	η_e	Q_u / E_1	%	62.94	
Consum specific de energie electrica pentru o sarja/ciclu complet	w_{esd}	E_1 / M_{Al}	kWh/kg	0.17	

Tabel 8.97 Tabel centralizator cu parametrii calculați pentru cuptorul de omogenizare.

8.1.20.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor omogenizare (secția turnătorie):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.56** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

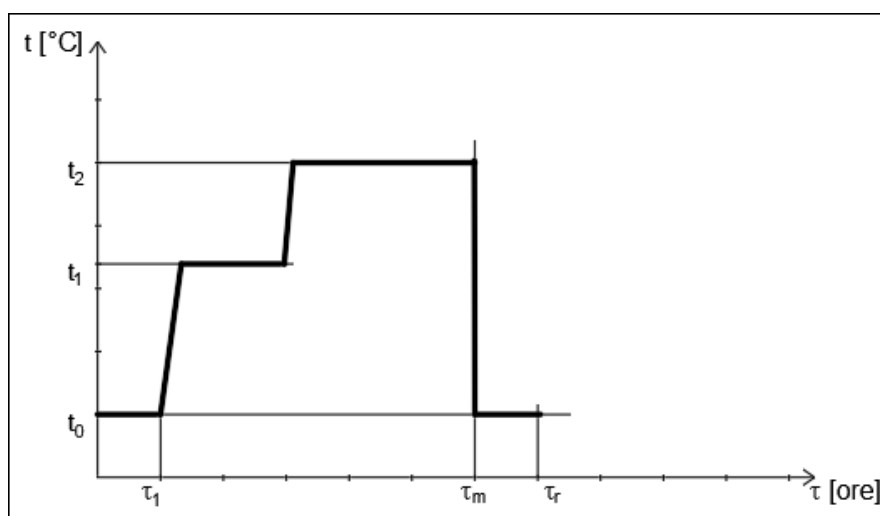


Figura 8.56 Schema unui ciclu complet de tratament termic la cuptorul de omogenizare.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.56, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh]};$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.56 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului de omogenizare, tratament termic, pentru un ciclu de turnare, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu de omogenizare la cald este $T = 55.8$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu de omogenizare și calculul efectuat în **tabel 8.97** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.98** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.57**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	2.693	100
Energia electrica consumata in rezistentele electrice	1.12	41.58
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actioanare ale ventilatoarelor	1.57	58.42
ΣW_i - suma energiilor intrate	2.693	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	1.695	65.74
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.72	27.81
Energia utila ventilatiei, pe durata ciclului	0.98	37.94
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.231	8.94
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.11	4.23
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.07	2.75
Caldura pierduta in rezistentele electrice, pe durata ciclului	0.05	1.96
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.057	2.23
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea ventilatoarelor pe perioada unui ciclu	0.595	23.08
ΣW_e - suma energiilor iesite	2.579	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.115	4.26

< 5

Tabel 8.98 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare, al cuptorului de omogenizare.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 4.26 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 1.695 / 2.693 = 62.94\%.$$

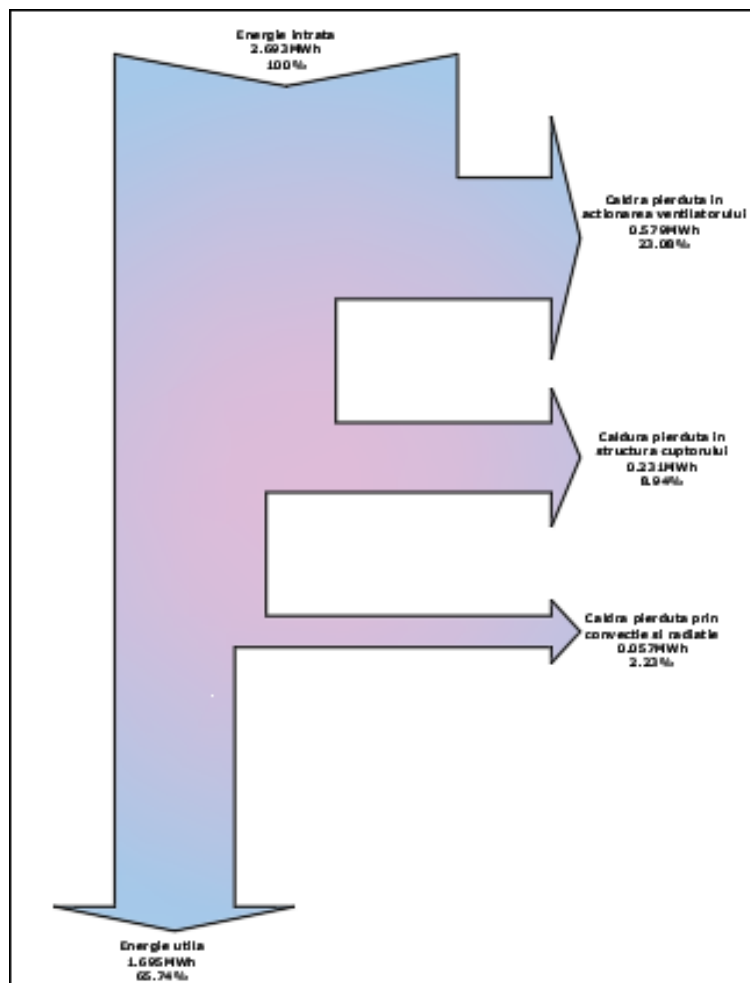


Figura 8.57 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului de omogenizare.

Încălzirea în vederea nitrurării în vid a structurii matrițelor de extrudare, din oțel, se realizează cu 3 rezistențe electrice, în 1 zonă de încălzire. Rezistențele electrice sunt controlate de tiristori care asigură parametrii optimi de încălzire pe fiecare fază din cadrul ciclului de tratare termică.

Tratamentul termic aplicat are loc în vid, prin convecția azotului și răcire treptată cu apă.

Schema, de principiu, a cuptorului de vacuum și punctele de măsură se prezintă în **figura 8.58**.

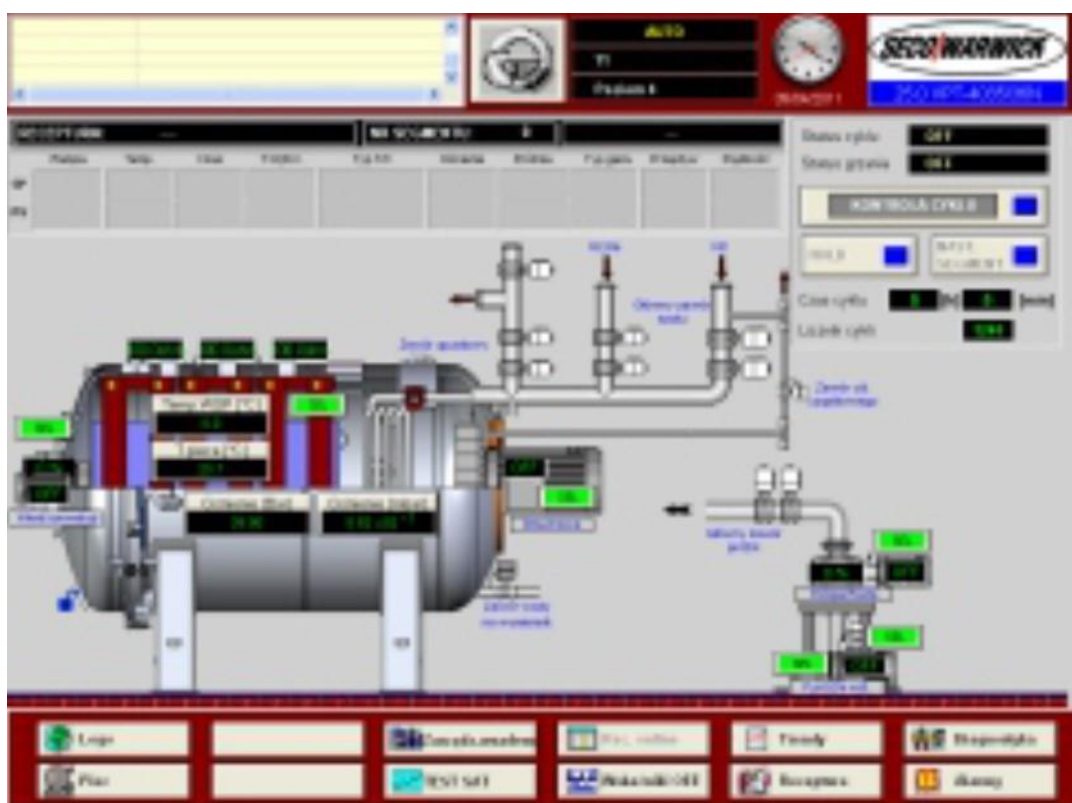


Figura 8.58 Schema de principiu a cuptorului de vacuum și punctele de măsură.

Bilanțul energetic se întocmește pentru un proces tehnologic complet, cu toate fazele cuprinse în acesta și perioadele aferente parcurse de o sarjă, având parametrii măsurati individual, pe faze/etape complete. Valorile au fost măsurate sau preluate din nomogramele puse la dispoziție de beneficiar și cuprinse în Anexă.

Având în vedere imposibilitatea măsurării consumurilor de energie la consumatori, datorită lipsei contoarelor specifice și imposibilității măsurării indirecte a acestora, conturul de bilanț energetic este limitat la cuptorul de inducție.

Pe măsura echipării cu aparatură de contorizare a instalațiilor de utilități din fabrică, conturul de bilanț energetic se va putea extinde. Această extindere va permite evaluarea pierderilor de energie și a consumurilor echipamentelor racordate la acestea.

În **tabelul 8.99** sunt cuprinse caracteristicile tehnice ale cuptorului.

Mărimea	Simbol	UM	Valoare cuptor
Lungime interioara camera a cuptorului	L_C	m	0.9
Grosimea medie a izolatiei cuptorului (fibra ceramica)	δ_z	m	0.2
Latimea interioara a cuptorului	l_{cc}	m	0.60
Înălțimea interioara a cuptorului	H_{cc}	m	0.60
Suprafața interioara a cuptorului	S_{ic}	m ²	-
Suprafața exterioara a cuptorului	S_{ec}	m ²	19
Numar zone incalzire (modul)	n_{zinc}	buc	1
Numar elemente incalzire (rezistente)	n_{inc}	buc	3
Putere nominala pe element de incalzire (rezistenta)	P_{ninc}	kW	50.0
Putere nominala incalzire cuptor (benzi grafit de tensiune redusa)	P_{nrez}	kW	150
Temperatura maxima incalzire cuptor	T_{mc}	°C	1,300
Temperatura maxima incalzire prin convecție	T_{mCc}	°C	1,100
Numar pompa vid	M_v	buc	1
Debit mediu pompa vid	\bar{D}_{aerv}	m ³ /h	640
Putere nominala motor pompa vid	P_{nv}	kW	5.5
Turație motor pompa vid	n_{nv}	rot ⁻¹	1,465
Depresiune pompa vid	p_{nv}	bar	3
Numar pompe convecție	M_v	buc	1
Debit ventilator circulație - convecție	\bar{D}_{aerv}	m ³ /h	
Putere nominala motor ventilator - convecție	P_{nv}	kW	2.2
Turație motor ventilator circulație - convecție	n_{nv}	rot ⁻¹	
Presiune ventilator convecție azot	p_{nv}	bar	3
Numar pompe azot_racire matrite	M_{azot}	buc	1
Debit pompa gaz racire matrite	\bar{D}_{azot}	m ³ /h	
Putere nominala medie motor / ventilator gaz racire matrite	\bar{P}_{nazot}	kW	132.0
Turație motor pompa	n_{nazot}	rot ⁻¹	
Debit pompa	\bar{D}_{nazot}	bar	3
Numar pompe apa racire	M_{ar}	buc	1
Debit pompa racire	\bar{D}_{aervr}	m ³ /h	6
Putere nominala motor pompa	P_{nar}	kW	4.0
Turație motor pompa	n_{nar}	rot ⁻¹	
Înălțime pompare	H_{ar}	bar	3
Numar pompe apa sigurantă	M_{amax}	buc	1
Debit pompa	\bar{D}_{amax}	m ³ /h	40
Putere nominala motor pompa	P_{namax}	kW	5.5
Turație motor pompa	n_{nvamax}	rot ⁻¹	
Înălțime pompare	H_{amax}	bar	3
Consum azot pe un ciclu	V_{N_2}	Nm ³	5.5
Masa maxima a incarcaturii in cuptor (matrite OI)	m_{OI}	kg	600
Masa maxima carucior (otel)	m_{cOI}	kg	180
Masa cuptorului cu izolatie	m_C	kg	3,900
Putere nominala incalzire pe modul	P_{nrez}	kW	150.0
Temperatura suprafeței exterioare a cuptorului	t_1	°C	36
Temperatura medie a suprafeței interioare cuptor S_{12}	t_{mc}	°C	431
Temperatura incalzire / mentinere cuptor _masurat	t_2	°C	827
Volumul captuselii refractare la interiorul cuptorului (saltea fibra ceramica)	V_C	m ³	1.90
Temperatura medie incalzire (masurata)	$t_{1/2}$	°C	827
Masa izolatiei termice	m_{ym}	kg	

Tabel 8.99 Tabel centralizator date tehnice și valori măsurate.

8.1.21.1 Parametrii măsurați:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Puteri electrice absorbite pe parcursul unui ciclu:			
In elemente incalzire	P_{eH}	kW	19.71
In motoare electrice de actionare/ ventilatoare si pompe:			
- in ventilator incalzire prin convecție	P_{VC}		1.12
- in pompa de vid	P_{VP}		2.37
- in pompa de gaz (azot racire)	P_G		1.12
- in pompa de apa racire	P_{H2O}		2.08
Temperaturile interioare cuptorului pe parcursul unei sarje:		°C	
- faza 1: incarcare/incalzire	t_{t1}		630
- faza 1: mentinere	t_{m1}		630
- faza 2: incalzire	t_{t2}		830
- faza 2: mentinere	t_{m2}		830
- faza 3: incalzire	t_{t3}		1020
- faza 3: mentinere	t_{m3}		1020
- faza: racire/golire	t_r		28
Timpii fazelor tehnologice pe parcursul unei sarje:		ore	
- faza 1: incarcare/incalzire	τ_{t1}		1.3
- faza 1: mentinere	τ_{m1}		3.1
- faza 2: incalzire	τ_{t2}		1.1
- faza 2: mentinere	τ_{m2}		2.7
- faza 3: incalzire	τ_{t3}		0.6
- faza 3: mentinere	τ_{m3}		1.8
- faza: racire/golire	τ_r		2.1
Temperatura mediului ambiant	t_{ma}	°C	24
Temperatura matrite Ol la incarcare	t_{mat}	°C	24
Temperatura matrite Ol la iesire	t_{emat}	°C	28
Temperatura medie matrite Ol in cuptor	t_{nmat}	°C	827
Temperatura medie a suprafetei exterioare laterale a cuptorului	$\overline{t_{eC}}$	°C	36
Masa matritelor introduse in cuptor	M_{mat}	kg	550
Perioada de desfasurare a unui ciclu complet	T	ore	12.7
Temperatura medie, exterioara cuptorului (de calcul)	t_{meC}	°C	30
Temperatura medie, interioara cuptorului (de calcul)	t_{miC}	°C	827
Volumul spatiului de utilizare al cuptorului (interior)	V_{iC}	m ³	5.5
Suprafata interioara cuptorului	S_{iC}	m ²	-
Suprafata exterioara cuptorului (peste termoizolatie)	S_{eC}	m ²	19
Volumul nominal ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura	V_{nC}	m ³	-
Volumul ocupat in spatiului de utilizare al cuptorului de incarcatura (masurat)	V_{oC}	m ³	-
Volumul aer liber ramas in cuptor (interior)	V_{uC}	m ³	-
Debit azot introdus in cuptor	D_{N2}	Nm ³ /h	0.43
Debitul apei la intrare in cuptor	D_{apa}	m ³ /h	0.47
Temperatura azot la intrare in cuptor	t_{iN2}	°C	17.8
Temperatura azot la iesire din cuptor	t_{eN2}	°C	19.3
Temperatura apa racire la intrare in cuptor	t_{iH2O}	°C	26.0
Temperatura apa racire la iesire din cuptor	t_{eH2O}	°C	33.0

Tabel 8.100 Tabel cu valori măsurate.

8.1.21.2 Parametrii preluați din literatura de specialitate:

Mărimea	Simbol	UM	Valoare
Densitate aluminiu °C	ρ_{Al}	kg/m ³	2,700
Masa molară aluminiu	mol	g	27
Caldura masică aluminiu (25°C)	c_{Al}	kJ/kg x °C	0.92
Densitatea termoizolație (patura grafit CFC)	ρ_{vm}	kg/m ³	170
Caldura masică a termoizolației	c_c	kJ/kg x °C	4.90
Grosimea termoizolației	δ_{vm}	m	0.20
Caldura masică oțel (25°C)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Densitatea oțel	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Grosimea mantalei din tablă Ol	δ_{vm}	m	0.001
Coeficient global de transfer al căldurii la suprafața cuptorului	α_c	W/m ² x °C	7.99
Densitatea sîrma rezistentă electrică (asimilat oțel)	ρ_{Olm}	kg/m ³	7,850
Caldura masică oțel (25°C), rezistentă el. (asimilat)	c_{Ol}	kJ/kg x °C	0.50
Masa rezistențelor electrice (estimat)	m_{rez}	kg	550
Durata de funcționare a cuptorului, într-un an	Z	Zile	345
Numărul de opriri/porniri ale cuptorului, într-un an	N_{op}	-	3
Entalpia azot la intrare	i_{iN_2}	kJ/Nm ³	23.07
Entalpia azot la ieseire	i_{eN_2}	kJ/Nm ³	25.01
Căldura specifică azot	c_{N_2}	kJ/(kg.°C)	1.04
Densitatea azot	ρ_{N_2}	kg/m ³	1.25
Entalpia apei la intrare	i_{iH_2O}	kJ/kg	109.03
Entalpia apei la ieseire	i_{eH_2O}	kJ/kg	138.29
Căldura specifică a apei la intrare	$c_{iapă}$	kJ/kg x °C	4.1790
Căldura specifică a apei la ieseire	$c_{eapă}$	kJ/kg x °C	4.1780
Densitatea apei la intrare	$\rho_{iapă}$	Kg/m ³	996.86
Densitatea apei la ieseire	$\rho_{eapă}$	Kg/m ³	994.91

Tabel 8.101 Tabel cu valori preluate din literatura de specialitate.

8.1.21.3 Parametrii calculați:

Marimea calculata		Simbol	Relatia de calcul	U/M	Valoare
Energia electrica consumata in elementele electrice de incalzire		E_R	$\tau_{el} \times P_{el}$	kWh	1,024.01
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actionare		E_V	$\tau_m \times P_m$	kWh	878.17
Energia electrica consumata pe parcursul unui ciclu		E_i	$E_r + E_v$	kWh	1,902.18
Caldura azot la intrare		Q_{N2}	$D_{N2} \times i_{N2} \times [273 / (273 + t_{N2})] \times T / 3600$	kWh	0.033
Caldura apa la intrare		Q_{H2O}	$D_{H2O} \times i_{H2O} \times [273 / (273 + t_{H2O})] \times T / 3600$	kWh	0.17
Caldura matrite la intrare		Q_{Al}	$m_{mat} \times C_p \times t_{mat} / 3600$	kWh	1.84
Caldura initiala a cuptorului		Q_{IC}	$m_C \times C_p \times t_{IC} / 3600$	kWh	13.06
Total energii intrate		ΣW_i		kWh	1,902.18
Caldura utila pentru un ciclu complet		Q_u	$Q_{umat} + Q_{uact}$	kWh	643.25
Caldura utila tratamentului matritelor, pe durata ciclului		Q_{umat}	$m_{mat} \times C_{mat} \times [(t_{11} - t_{1mat}) + (t_{12} - t_{11}) + (t_{13} - t_{12})] / 3600$	kWh	76.42
Energia utila actionarilor electrice, pe durata ciclului		Q_{uact}		kWh	566.83
Masa izolatiei termice		m_{iz}		kg	1,194
Temperatura medie a izolatiei termice		t_{iz}	$(t_{inc} + t_{ext}) / 2$	°C	431.33
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului		Q_{iz}	$m_{iz} \times c_{iz} \times (t_{iz} - t_{ext}) / 3600$	kWh	661.08
Masa partilor componente din Ol, ale cuptorului		m_{Ol}		kg	934
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului		Q_{Ol}	$m_{Ol} \times C_{Ol} \times (t_{inc} - t_{ext}) / 3600$	kWh	104.53
Masa elementelor de incalzire electrica (asimilate Ol)		m_{elm}		kg	500
Temperatura medie a elementelor de incalzire		t_{inc}		°C	1,300
Caldura pierduta in elementele de incalzire, pe durata ciclului		Q_{inc}	$m_{elm} \times C_{elm} \times (t_{inc} - t_{ext}) / 3600$	kWh	89.00
Caldura pierduta prin convecție si radiatie, pe durata ciclului		Q_{cr}	$S_{ext} \times \alpha_{cr} \times (t_1 - t_{ext}) \times T / 1000$	kWh	23.36
Caldura azot la iesire		Q_{N2}	$D_{N2} \times i_{N2} \times [273 / (273 + t_{N2})] \times T / 3600$	kWh	0.036
Caldura apei la iesire		Q_{H2O}	$D_{H2O} \times i_{H2O} \times [273 / (273 + t_{H2O})] \times T / 3600$	kWh	0.206
Pierderi de caldura ale cuptorului, pe durata unui ciclu		ΔQ_C	$Q_u + Q_{ol} + Q_{inc}$	kWh	854.61
Pierderi de energie la actionarea cons. electrice pe durata ciclului (in motoare el., CF si pompe/ventilatoare)		ΔW_V	$E_v - Q_{uact}$	kWh	311.34
Randamentul mediu al actionarilor electrice		η_V	$\Sigma \eta_{cr} \times \eta_{el} \times \eta_{mat}$	%	56.76
Total energii iesite		ΣW_e		kWh	1,832.56
Eroarea de inchidere a bilantului:		ΔW	$\Sigma W_i - \Sigma W_e$	kWh	69.62
Eroarea de inchidere a bilantului:		δW	$\Delta W / \Sigma W_i$	%	3.66
Randamentul energetic al cuptorului		η_e	Q_u / E_i	%	33.82
Consum specific de energie electrica pentru un ciclu complet		w_{esp}	E_i / M_{Al}	kWh/kg	3.46

Tabel 8.102 Tabel centralizator cu parametrii calculați.

8.1.21.4 Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor vacuum (nitruare în vid):

Ecuția bilanțului energetic, bazat pe principiul conservării energiei este:

$$\Sigma W_i = \Sigma W_e = E_R + E_V$$

Datele de calcul, formulele și metodologia de calcul utilizate în bilanțul energetic, sunt aceleași cu cele arătate în **capitolul 8.1.13.4 - Bilanț energetic, real, pe o sarjă, cuptor VHT (secția extrudare)**.

În **figura 8.59** se prezintă grafic timpii și temperaturile, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic.

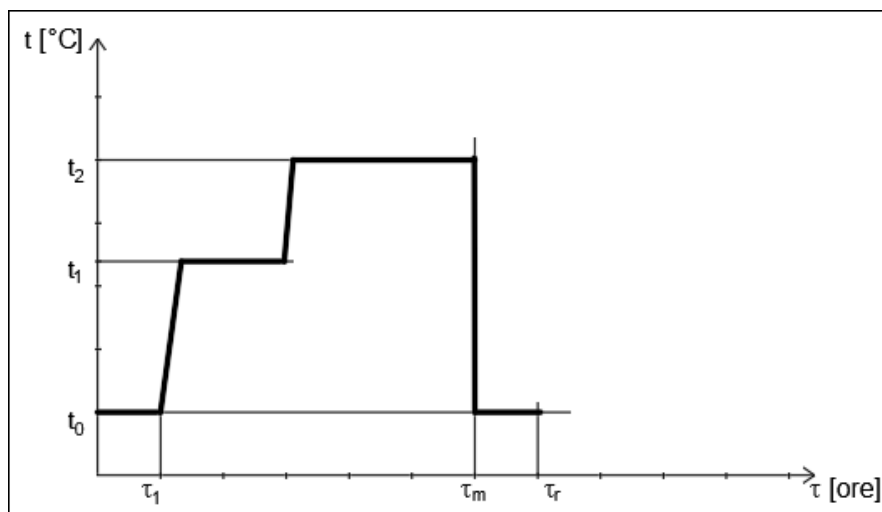


Figura 8.59 Schema unui ciclu complet de tratament termic.

În conformitate cu schema prezentată în figura 8.59, căldura transmisă pieselor tratate termic, pe durata ciclului de tratament termic, devine:

$$\Delta Q_{Al} = m_{Al} \times c_{spAl} \times [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1)] / 3600 \text{ [kWh];}$$

unde:

m_{Al} [kg] – masa de aluminiu introdus în cuptor;

c_{spAl} [kJ/kg x °C] – căldura specifică a pieselor introduse în cuptor;

$(t_i - t_{i-1})$ [°C] – diferența de temperatură, între două valori consecutive, dintre care a doua este valoarea mai mare decât prima.

Obs. Expresia ΔQ_{Al} s-a construit pe baza diagramei tratamentului termic prezentat în figura 8.59 și se aplică situației reale, în urma măsurărilor efectuate.

Se face bilanțul energetic al cuptorului, pentru un ciclu complet, necunoscând consumurile anuale de energie aferente acestui utilaj. Un ciclu are o durată măsurată de $T = 12.7$ ore.

Având în vedere consumul de energie pentru un ciclu / sarjă și calculul efectuat în **tabel 8.102** se întocmește bilanțul energetic real, pentru un ciclu / sarjă conform **tabel 8.103** și sub forma diagramei Sankey în **figura 8.60**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	1.902	100
Energia electrica consumata in elementele electrice de incalzire	1.02	53.83
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiunare	0.88	46.17
ΣW_i - suma energiilor intrate	1.902	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	0.643	35.10
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	0.08	4.17
Energia utila actionarilor electrice pe durata ciclului	0.57	30.93
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	0.855	46.64
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	0.66	36.07
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.10	5.70
Caldura pierduta in elementele electrice de incalzire, pe durata ciclului	0.09	4.86
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.023	1.27
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea consumatorilor electrici pe perioada unui ciclu	0.311	16.99
ΣW_e - suma energiilor iesite	1.833	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.070	3.66

< 5

Tabel 8.103 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de funcționare/sarjă.

Eroarea de închidere a bilanțului este:

$$\varepsilon = (\Sigma W_i - \Sigma W_e) / \Sigma W_i = 3.66 \% < 5\%$$

unde eroarea admisă este $\varepsilon = 5\%$.

Randamentul energetic, al cuptorului pentru un ciclu, este:

$$\eta_{ec} = Q_u / E_i \times 100 = 0.643 / 1.902 = 33.81\%.$$

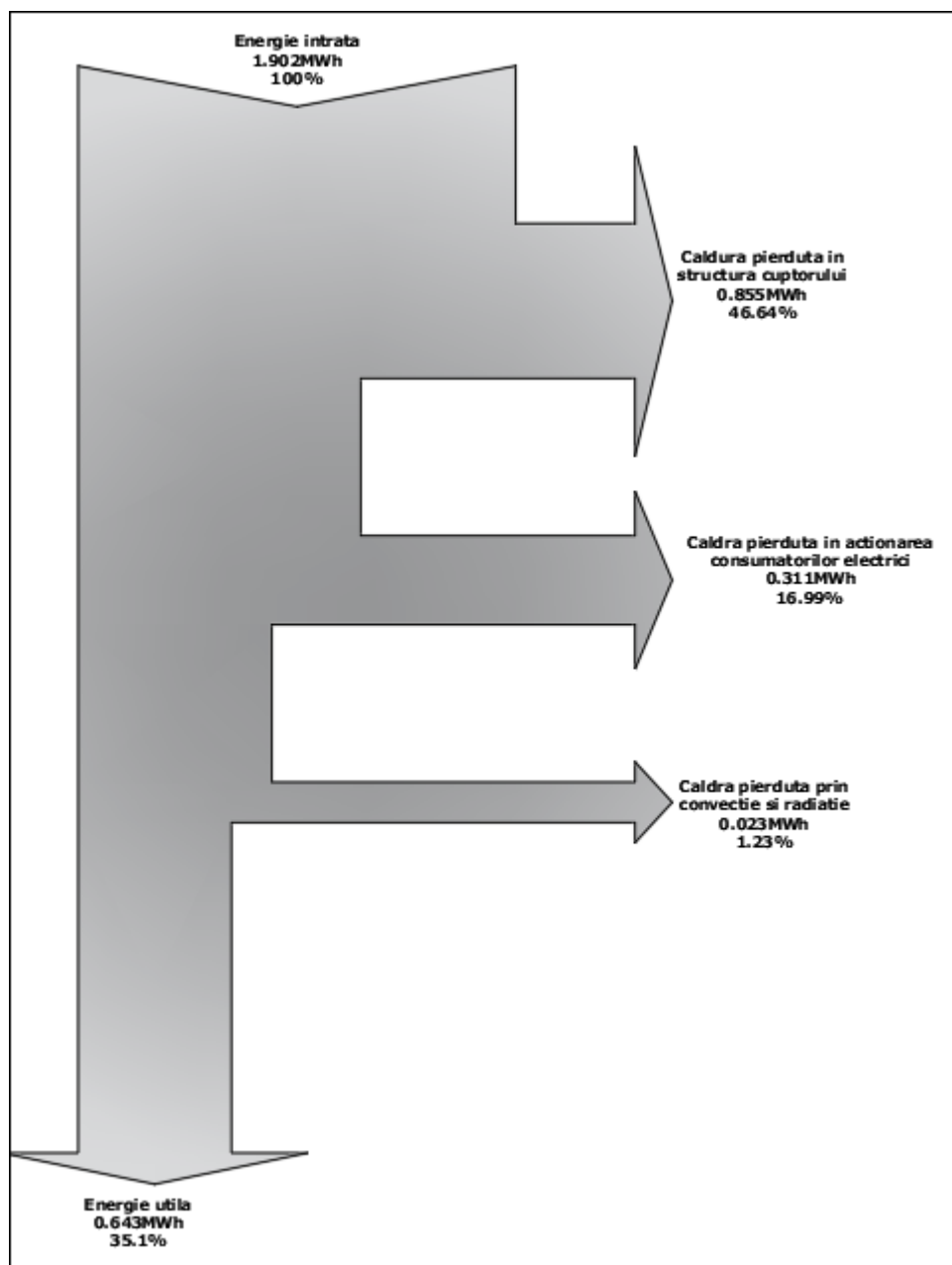


Figura 8.60 Bilanț energetic, real, pe un ciclu de producție, al cuptorului de niturare în vid (vacuum).

8.1.22 Centralizatorul bilanțurilor termooenergetice pentru cuptoarele de turnare și tratament termic, pe un ciclu de producție/fabricație.

Pentru simplificarea vizualizării calculelor termooenergetice pentru consumatorii de energie, cuptoare de turanre și tratament termic ai fabricii, se va utiliza în continuare un tabel centralizator **tabel 8.104** al caracteristicilor termooenergetice efectuate pe tipuri de consumatori, cu scoaterea în evidență a randamentelor, importante din punct de vedere al creșterii eficienței energetice.

Notă:

Bilanțul termooenergetic al acestor consumatori este pentru **un ciclu** de funcționare/producție.

Nr. crt.	Sectie _consumator energie	cant. [buc]	Masa aluminiumului intrata M_{al} [kg]	Perioada unui ciclu complet de fabricatie T [ore]	total energii intrate ΣW_i [MWh]	alte energii intrate [MWh]	total energii utile ΣW_u [MWh]	total energii pierdute ΣW_p [MWh]	consum specific de energie C_{sp} [MWh/kg]	rand. energ. η_{ec} [%]	eroare de inchidere a bilantului ΔW [%]
1	Cuptor inductie_topire aluminium	2	2,500.00	6.50	2.38	0.18	0.72	1.57	0.00095	30.21	3.91
2	Cuptor tratament termic vertical VHT	1	3,200	2.4	1.13	0.11	0.37	0.71	0.00035	32.94	4.6
3	Cuptor tratament termic orizontal HHT	1	230	3.70	1.55	0.03	0.15	1.35	0.00675	9.60	3.18
4	Cuptor tratament termic orizontal SECO 5	1	270	30.2	1.68	0.002	0.66	0.97	0.00622	39.27	3.18
5	Cuptor tratament termic orizontal SECO 4	1	1,200	20.4	0.29	0.011	0.10	0.18	0.00024	34.74	2.48
6	Cuptor tratament termic orizontal SECO 3	1	104	20.3	0.31	0.003	0.08	0.21	0.00295	26.10	4.16
7	Cuptor tratament termic orizontal SECO 2	1	1,200	21.5	0.43	0.01	0.14	0.27	0.00036	33.31	3.14
8	Cuptor tratament termic orizontal SECO 1	1	1,200	20.1	0.81	0.07	0.10	0.69	0.00068	11.78	3.3
9	Cuptor tratament termic de omogenizare	1	16,000	55.8	2.69	0.28	1.70	0.88	0.00017	62.94	4.26
10	Cuptor tratament termic prin nitrurare in vid	1	550	12.7	1.90	0.02	0.64	1.19	0.00346	33.82	3.66
			26,454.00	19.36	13.18	0.71	4.66	8.03	0.00050	35.35	3.74

		1.13 TEP
Randamentul energetic al cuptoarelor de turnare si tratament termic / pe un ciclu de fabricatie	$\eta_{ec} = \Sigma W_u / \Sigma W_i$	35.35%

Tabel 8.104 Centralizator al caracteristicilor termooenergetice pentru consumatorii de energie:
cuptoare de turnare și tratament termic, pe un ciclu de producție.

Randamentul termooenergetic mediu al consumatorilor de energie cuptoare de turnare și tratament termic, pe un ciclu de producție, este $\eta_{ec} = 35.35\%$.

8.1.23 Bilanț termoeenergetic, real, pe un ciclu de producție, al consumatorilor de energie, cuptoare de turnare și tratament termic.

În baza datelor din tabelul centralizator 8.104, se întocmește bilanțul termoeenergetic, real, pe un ciclu de producție, al consumatorilor de energie cuptoare de turnare și tratament termic în **tabelul 8.105** și grafic sub forma diagramei Sankey în **figura 8.61**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	13.177	100
din care: Energia electrica consumata in ciclu de turnare	2.380	18.06
Energia electrica consumata in elementele electrice de incalzire	5.97	45.28
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiionare	4.83	36.65
ΣW_i - suma energiilor intrate	13.177	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	4.688	36.19
Caldura finala a aluminiului topit (iesire cuptor inductie)	0.73	5.67
Caldura initiala a aluminiului topit (la intrare in cuptor inductie)	0.02	0.12
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	1.30	10.06
Energia utila actionarilor electrice pe durata ciclului	2.64	20.35
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	4.310	33.27
Q_{fC} - Caldura finala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.41	3.18
Q_{iC} - Caldura initiala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.17	1.30
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	2.39	18.46
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.75	5.82
Caldura pierduta in elementele electrice de incalzire, pe durata ciclului	0.59	4.52
Q_{CF} - Pierderi de energie in convertizorul de frecventa	0.119	0.92
Q_{bob} - Caldura pierduta prin racirea bobinei de inductie	1.109	8.56
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.534	4.13
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea consumatorilor electrici pe perioada unui ciclu	2.193	16.93
ΣW_e - suma energiilor iesite	12.954	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.223	1.69
Randamentul energetic al cuptoarelor de turnare si tratament termic: $\eta_{eC} = \Sigma W_u / \Sigma W_i$		35.58%

Tabel 8.105 Bilanț termoeenergetic, real, pe un ciclu de producție, al consumatorilor de energie cuptoare de turnare și tratament termic.

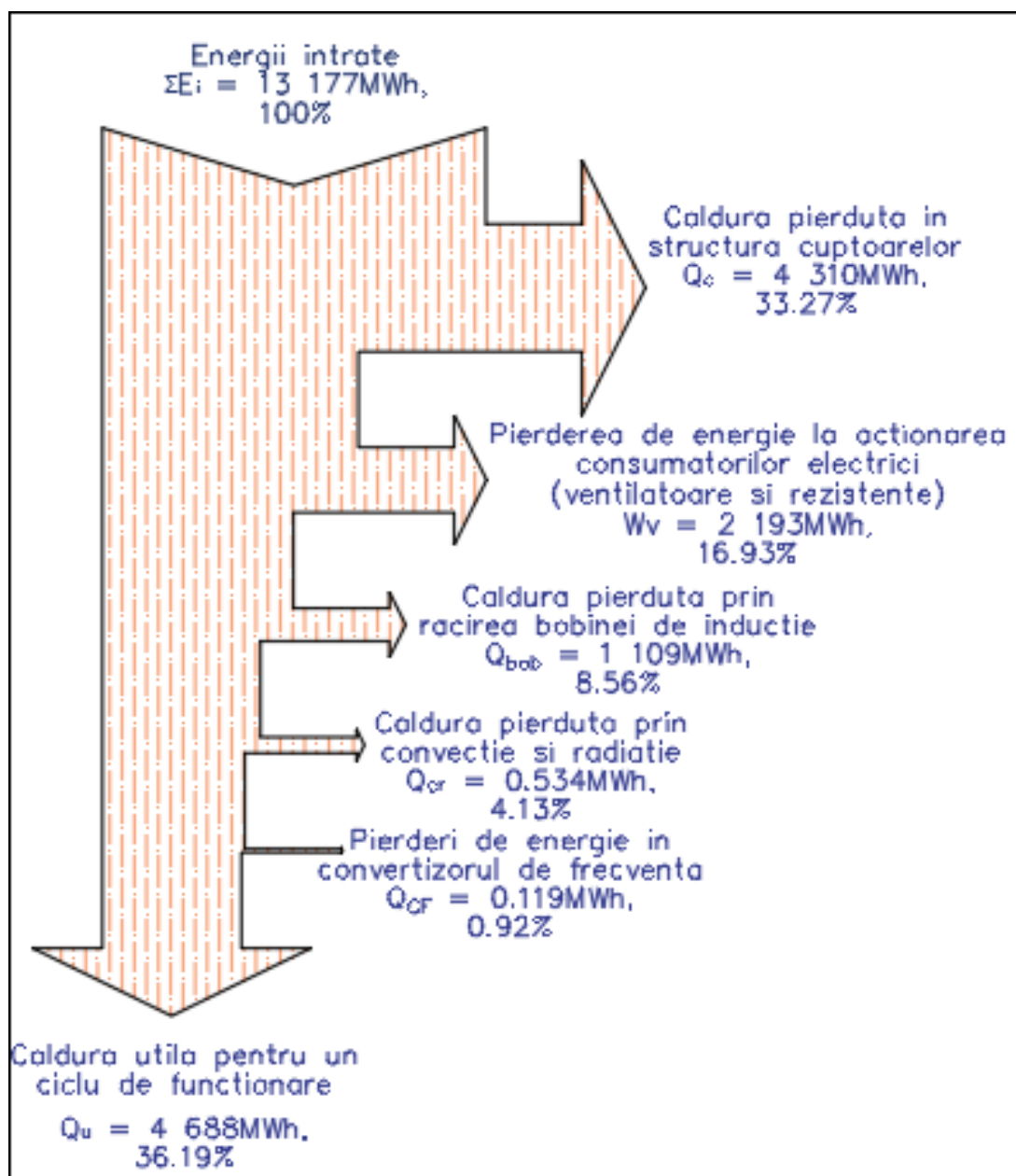


Figura 8.61 Bilanț termooenergetic, real, pe un ciclu de producție, al consumatorilor de energie cupatoare de turnare și tratament termic _Diagrama Sankey.

În concluzie s-au calculat randamentele *termooenergetice* pentru:

1. Consumatorii de gaz natural (cazane, inst. de vopsire și CTA)

Randamentul termooenergetic anual al consumatorilor de gaz, este $\eta_{eCT} = 58.58\%$.

2. Consumatorii de energie pe un ciclu de funcționare (cuptoare de turnare și tratamente termice).

Randamentul termoeenergetic pe un ciclu de producție/funcționare (cuptoare de turnare și tratamente termice), este $\eta_{\text{ECT}} = 35.35\%$.

8.2 Eroarea de închidere a bilanțului termoeenergetic.

Datorită faptului ca la întocmirea bilanțului termoeenergetic s-au utilizat datele de consum enegetic real al fabricii (gaz natural) și măsurători indirecte efectuate în instalațiile termice considerate, pe lângă consumatorii de gaz natural și cuptoarele de turnare împreună cu cuptoarele de tratament termic (acestea din urmă fiind măsurate și analizate pe un ciclu de funcționare), eroarea de închidere a bilanțului energetic întocmit se încadrează în limita de $\pm 5\%$ în cazul bilanțurilor în care unele mărimi nu pot fi măsurate direct, dar pot fi deduse cu suficientă precizie prin măsurarea altor mărimi (determinare indirectă), la care se adaugă eroarea medie ale aparatelor de măsură utilizate ($\pm 2\%$), descrise la capitolul 1.2.

În acesta situație, abateri / erori valorice de la datele de bilanț sunt incluse în indicatorii:

gradul mediu de încărcare a consumatorilor de combustibil gaz natural sau energie electrică c_i

și

gradul mediu de utilizare în timp a acelorași consumatori considerați c_u

dar care nu pot depași pragul limită normat al erorilor de bilanț a carui mărimi s-au determinat prin măsurători.

8.3 Concluzii și propuneri asupra bilanțului termoeenergetic:

În urma elaborării bilanțului termoeenergetic a observațiilor proprii și a discuțiilor cu specialiștii din fabrică, rezultă următoarele **concluzii**:

1. Starea tehnică a instalațiilor și echipamentelor termoeenergetice considerate din cadrul conturul de bilanț termoeenergetic este bună.
2. Activitățile de întreținere și exploatare a instalațiilor și echipamentelor se fac cu personal calificat corespunzător, în conformitate cu prescripțiile tehnice și la termenele stabilite.
3. Documentațiile – schemele termomecanice si tehnologice, listele cu consumatorii de gaz natural si energie termica sau electrica din cadrul conturului termoeenergetic cu caracteristicile

tehnice, nominale, repartizate pe sectii / hale și instalațiile tehnologice din cadrul acestora sunt neactualizate, incomplete, sau lipsesc.

4. Pe baza datelor furnizate de beneficiar, referitoare la producțiile lunare și consumurile lunare de gaz natural, pe durata unui an s-au putut determina caracteristicile termoeenergetice ale fabricii.

Fabrica este într-un proces de dezvoltare continuă, de creștere a capacității de producție, astfel încât cererea de gaz natural va spori, fără a apare însă „puncte înguste” în alimentare.

Din bilanțurile termoeenergetice întocmite, cel real, anual și cel pe un ciclu de fabricatie, din măsurătorile efectuate rezultă următoarele aspecte:

din consumul anual de energie / caldura $Q_{GN} = 9\,511.92$ MWh obținută din gazul natural consumat anual $B = 12\,396.74$ MWh (100%), $1\,396.23$ MWh (13.71%) reprezintă pierderi de energie consumată în instalațiile electrice de acționare a ventilatoarelor, la care se adauga alte pierderi din instalațiile e acumulare, vaporizatoare, etc. de $2\,791$ MWh anual (27.41%).

Energia utilă astfel este de $5\,986.35$ MWh (58.79%), de unde rezultă un randament de utilizare energetic pentru consumatorii de gaz natural ai fabricii de $\eta_{eCT} = 60.49\%$;

Din fișele de măsurători ale **consumatorilor de gaz natural**:

- cazane de abur (în secția de anodizare) - rezultă randamentul mediu al acestora $\eta_{eCabur} = 82.29\%$. Este o valoare relativ bună a randamentului (ținând seama de numeroasele întreruperi în funcționare datorate procesului tehnologic specific). Randamentul centralei termice de abur calculat este $\eta_{eCTabur} = 80.97\%$.
- cazane de apă caldă (în clădirea administrativă) - rezultă randamentul mediu al acestora $\eta_{eCapacalda} = 92.92\%$. Este o valoare foarte bună a randamentului (ținând seama și de faptul că aceste cazane sunt în condensatie). Randamentul centralei termice de apă caldă calculat este $\eta_{eCTapacalda} = 92.28\%$.

5. Randamentul conturului de bilanț termoeenergetic al consumatorilor de gaz natural centrale termice (abur și apă caldă), ai instalației de vopsire și a CTA-urilor fabricii, este unul slab $\eta_{eCT} = 60.49\%$, ținând cont de specificul de funcționare a consumatorilor în fluxul tehnologic.

6. Majoritatea echipamentelor din conturul de bilanț termoeenergetic al consumatorilor de gaz natural sunt relativ noi și ca atare funcționează optim din punct de vedere energetic.

7. Starea tehnică a instalațiilor și echipamentelor este foarte bună (merită menționată instalația modernă de dezoxigenare și corectie Ph a apei de adaos cazan, automatizată).

8. Randamentul mediu al echipamentelor consumatoare de gaz natural aflate în exploatare este de $\eta_c = 60.49\%$, o valoare slabă. Randamentul cazanelor de abur și apă caldă din fabrică $\eta_c = 85.34\%$, ce se încadrează între randamentele cazanelor de agent termic bune.

9. Pierdere de căldură la coșul de fum $\Delta P_c = 7.85\%$, cantitatea de căldură pierdută în atmosfera prin gazele de ardere, se încadrează în valorile acceptate cuprinse între 2 – 8%. Această pierdere de căldură reprezintă principala pierdere energetică a unui echipament de producere agent termic, indiferent de tipul combustibilului utilizat.

Având în vedere concentrația medie de CO_2 (8,65%) în gazele de ardere precum și temperatura medie a acestora la coșul de fum t_{ga} (46,5°C), se trage concluzia că randamentul mediu al cazanelor, foarte bun (200%), este direct influențat de modul de reglaj al arzătorului și de modul de întreținere și exploatare al echipamentelor termoelectrice.

10. Excesul de aer în gazele de ardere la acele cazane analizate nu este situat în domeniul optim al arderii ($\lambda = 1,3 \dots 1,36$), fapt ce duce la pierderi de căldură în gazele de ardere evacuate la coș. Valoarea normală / optimă a excesului de aer în gazele de ardere trebuie să se situeze în limita $\lambda = 1,1 \dots 1,3$ pentru utilizarea de combustibil gaz natural.

11. Nu există un sistem de contorizare și urmărire a consumurilor energetice în general pe fabrică și în special pe principalele activități din schema termomecanică, monitorizarea și gestionarea consumurilor în mod centralizat al producției, utilităților (ventilare, încălzire, răcire, aer comprimat, stații de pompare, iluminat + prize, flux tehnologic).

Din fișele de măsurători ale **cuptoarelor de turnare și tratament termic, pe un ciclu de funcționare** și din calculele efectuate rezultă pentru:

- cuptoarele cu inducție de turnare aluminiu - randamentul mediu al acestora $\eta_{eCind} = 30.21\%$. Este o valoare relativ bună a randamentului (ținând seama de faptul că măsurătorile s-au efectuat la o fază intermediară de funcționare a acestuia din procesul tehnologic specific și nu reprezintă consumul de energie și producțiile anuale de aluminiu turnat). Consumul specific calculat pentru un ciclu de producție $w_{espind} = 0.95$ kWh/kg aluminiu topit.

255/307

www.energo bit .com

- Cuptoarele de tratament termic - randamentul mediu al acestora $\eta_{eCttermic} = 36.49\%$.
Este o valoare slabă a randamentului (ținând seama de faptul că măsurătorile s-au efectuat la o fază intermediară de funcționare a acestora din procesului tehnologic specific și nu reprezintă consumul de energie și producțiile anuale de aluminiu tratat termic), datorat faptului că aceste utilaje nu se folosesc la încărcarea lor nominală. Consumul specific calculat pentru un ciclu de producție $w_{esptrattermic} = 0.45 \text{ kWh/kg}$ aluminiu tratat termic, unul de asemenea slab datorat subîncărcării cuptoarelor de tratament termic.

8. Randamentul conturului de bilanț termooenergetic al cuptoarelor de topit și de tratament termic pentru un ciclu de funcționare, este unul slab cca. 35.35%, ținând cont de specificul de funcționare a consumatorilor în fluxul tehnologic și de încărcarea acestora (mai ales de încărcarea acestora).

9. Majoritatea echipamentelor din acest contur de bilanț termooenergetic sunt relativ noi, cu termoizolații de calitate și în bună stare, ca atare funcționează optim din punct de vedere energetic.

10. Personalul de exploatare este bine instruit asupra modului de operare a echipamentelor, ceea ce conduce la diminuarea pierderilor de energie.

Pe baza concluziilor prezentate, se fac următoarele **propuneri**:

1. Completarea documentațiilor tehnice aferente echipamentelor termooenergetice, cu datele constructive ale acestora, pentru o cunoaștere mai completă a comportării acestora din punct de vedere tehnic, pe durata funcționării.

2. Reactualizarea documentațiilor – scheme termomecanice și de flux tehnologic, în conformitate cu cerințele de elaborare a acestora, elaborarea listelor cu consumatorii de energie gaz natural și energie, repartizați pe ateliere / secții, cu caracteristicile lor tehnice nominale. De mare utilitate ar fi astfel de liste, lipite lângă fiecare utilaj tehnologic din ateliere / hale / secții. Numirea unui responsabil cu actualizarea permanentă a acestor documentații, având în vedere modificările și dezvoltările continue din fabrică. Costurile pentru realizarea acestei soluții propuse sunt nule.

3. Contorizarea separată la nivelul fiecărui sector de activitate/secție prin dezvoltarea unui sistem de contorizare automat pentru o mai bună urmărire a consumului de gaz natural și energie electrică aferentă consumatorilor din conturul termoeenergetic.

Acest sistem poate fi inclus totodată într-un sistem de tip SCADA pentru urmărirea centralizată a consumurilor la nivelul fiecărei unități de producție. Aceste măsuri nu aduc în mod direct o economie de energie, dar determină o mai bună urmărire a consumurilor și deci a cheltuielilor și pot asigura o foarte bună gestionare a cheltuielilor cu energia prin posibilitatea optimizării consumurilor energetice.

Având contorizarea individuală automată se vor putea observa eventuale puncte deficitare și se vor putea lua măsurile adecvate pentru îmbunătățirea eficienței consumurilor de energie în funcție de cerințele proceselor de producție.

4. Elaborarea unui bilanț termoeenergetic nou după aplicarea măsurilor/soluțiilor de creștere a eficienței energetice propuse.

9. SOLUȚII DE CREȘTERE A EFICIENȚEI TERMOENERGETICE

Pe baza măsurărilor și observațiilor proprii efectuate asupra consumatorilor termoeenergetici din fabrica, se fac urmatoarele propuneri de crestere a eficienței energetice:

9.1 Soluții / măsuri fără costuri, recomandate:

1. Inițierea unui sistem de premiere pentru angajații fabricii, care propun și/sau aplică măsuri de creștere a eficienței energetice; în acest fel, corpul de angajati / colectivele / grupurile / echipele de lucru, vor fi motivate să abordeze în mod direct problema eficientizării consumurilor de energie, să urmărească realizarea unor condiții optime în raportul consum energie / producție;

2. Inițierea unui sistem de bonificare pentru propunerile de măsuri de creștere a eficienței energetice la care se angajează responsabilul tehnic al fabricii; acordarea unui rol important acestuia; stabilirea unor ședinte comune pe tema creșterii eficienței energetice între acesta și conducerea tehnică a societatii;

3. Monitorizarea unor indicatori de calitatea ai gazului natural, astfel încât să fie identificate din timp eventuale probleme, datorate unor perturbații din SRM sau din sistemul de distribuție zonal, sau asociate funcționării unor echipamente / utilaje din conturul termoeenergetic al fabricii;

4. Etichetarea și menținerea actualizată a etichetelor echipamentelor; se recomandă dotarea, pe fluxuri tehnologice, cu scheme termomecanice și de flux tehnologic pentru a facilita accesul

personalului autorizat în instalații și a conștientiza disciplina în menținerea tehnologiilor de fabricație;

6. Măsurarea periodică a prizelor de împământare;
7. Se recomandă aspirarea periodică a prafului din tablourile electrice de alimentare;
8. Verificarea periodică a etanșeităților la instalațiile de gaz natural;
9. Verificarea periodică a instalațiilor de evacuare gaze de ardere.
10. Verificarea și reglajul periodic, cel puțin de două ori pe an, a excesului de aer la arzătoarele de gaz natural. Aducerea coeficientului λ la valori optime (maxim 1.2 pentru arderea gazului natural) face să crească randamentul arderii cu cel puțin 5%.
11. Renegocierea periodică a prețului la energia electrică;
12. Renegocierea periodică a prețului la gazul natural (cel puțin de două ori pe an);
13. Realizarea unor evaluări tehnice periodice cu caracter de mentenanță cum ar fi: termografierea instalațiilor electrice, inspecția cu ultrasunete pentru detecție pierderilor de gaze de ardere, evaluarea iluminării la planul de lucru al operatorilor; achiziția pentru aceste activități a unor aparate de măsură adecvate;
14. Se recomandă menținerea curată a luminatoarelor / geamurilor prin curățirea periodică a acestora;
15. Se recomandă solicitarea IBD-urilor orare, lunare, de la furnizorul de energie electrică, pentru a corela încărcările planificate cu consumurile înregistrate.
16. Se recomandă solicitarea analizelor cromatografice pentru gazul natural achiziționat din rețeaua de distribuție, lunar, de la furnizorul de gaz natural zonal, pentru a corela valorile cu cele contractate.

9.2 Soluții / măsuri recomandate, care implică costuri.

În cele ce urmează se propun câteva măsuri de creștere a eficienței termoenergetice care necesită includerea lor într-un program de investiții.

9.2.1 Implementarea unui sistem de telegestiune.

Se recomandă implementarea unui sistem de telegestiune care să monitorizeze consumurile de energie și gaz natural pe secții sau fluxuri tehnologice importante (iluminat, preparare agent

termic, încălzire, producere abur, tratament termic, etc) cu posibilitatea de extindere, certificat compatibil SAP și BRML. Se urmărește astfel separarea consumurilor energetice față de cele legate strict de producție, monitorizarea în detaliu a tehnologiilor aplicate.

Se urmărește astfel:

- eliminarea penalităților plătite datorită depășirii limitelor în vârf de sarcină;
- diminuarea facturii de energie electrică și gaz natural;
- introducerea unui instrument de măsurare performant pe baza căruia să fie posibilă optimizarea sistemului pe parcursul utilizării;
- monitorizarea în timp real a sistemului de consum și distribuție pentru energie și utilități (energie electrică, gaz natural, aer comprimat, apă);
- selecția tipului optim de contract, a furnizorului și a generării previziunilor – cumpararea energiei și gazului natural în cele mai avantajoase condiții;
- selecția tehnologiilor de reducere a amprente consumului de CO₂;
- monitorizarea disciplinei de utilizare a energiei și a gazului natural;
- evaluarea eficienței energetice a tehnologiilor existente și viitoare și a măsurilor de reducere a consumurilor și a intensității energetice pe fabrică;
- determinarea exactă a eficienței energetice a locațiilor, a zonelor, a proceselor tehnologice, a fluxurilor tehnologice, a echipamentelor / utilajelor;
- monitorizarea consumurilor energetice;
- urmărirea și înregistrarea efectelor de mediu corelate cu aceste consumuri (ape uzate, noxe, pulberi, gaze – CO, CO₂, N₂O, SO₂)
- termene de recuperare a investiției reduse **_în funcție de măsurile de creștere a eficienței energetice aplicate;**

Principalii parametri monitorizați (propunere) sunt:

- Tensiuni, curenți, puteri, energii, factor de putere, cos φ;
- Nivele lichide și solide;
- Volum material și cantitate;
- Debit, temperatură, umiditate;
- Presiuni.

Integrarea tuturor parametrilor monitorizați într-un sistem centralizat de achiziție date. Transmiterea informațiilor către sisteme de supervizare și control tip SCADA/HMI.

Sistemul de monitorizare consumuri de energie și gaz natural propus are în vedere 9 circuite / consumatori de energie și gaz natural. Această propunere se poate modifica la cererea beneficiarului.

Soluția tehnică propusă, presupune achiziția și montajul următoarelor elemente:

- Instalații/echipamente necesare realizării de sisteme de monitorizare a consumului de energie la întreprinderi din industrie cu consumuri de peste 1.000 tep/an, în scopul reducerii imediate a pierderilor și cuantificarea potențialului de economisire și de localizare a punctelor de aplicare pentru maximizarea eficienței prin măsurile de creștere a eficienței energetice ce pot fi aplicate ulterior consumatorului;
- Sisteme de monitorizare (hardware și software): senzori pentru instrumente de măsură și/sau instrumente de măsură și dispozitive de control pentru date de proces industrial ;
- RTU (Remote Terminal Units) – Unitate de prelevare date din proces industrial sau din câmp;
- Sistem de comunicare si transmitere date;
- Stație master (stația la care ajung toate comunicațiile și care este legată de toate echipamentele și subsistemele).

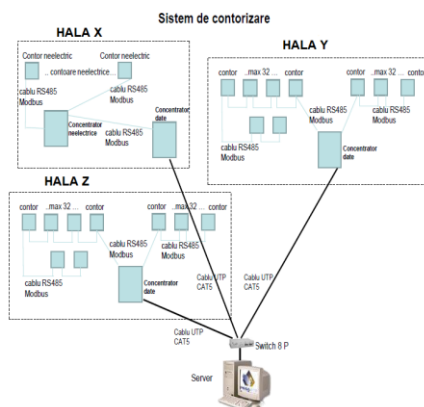


Figura 9.1 Schema de principiu a sistemului de telegestiune propus.

Soluția propusă are în vedere montarea a 9 contoare de gaz natural și aer comprimat pentru monitorizarea consumurilor aferente halelor de producție și a stației de compresoare, considerate obiective cu consum energetic important.

Denumirea echipament	Caracteristici tehnice	Cantitate (buc)	Preț unitar - lei	Preț - lei	
Transformatori de curent toroidali de tip clipsabil (datasabil în două bucati)	Un=20/ V3 V In=50/5 A Cl=0.5 % Sn2=5-10 VA	21	610.00 lei	12,810.00 lei	€2,668.75
Transformatori de curent toroidali de tip clipsabil (datasabil în două bucati)	Un=20/ V3 V In=300/5 A Cl=0.5 % Sn2=5-10 VA	6	635.00 lei	3,810.00 lei	€793.75
Contor electronic de energie electrica activa si reactiva cu teletransmisie	Un= 3x100 V In = 2x5 A Cl = 0.5	2	2,100.00 lei	4,200.00 lei	€875.00
Contor electronic de energie electrica activa si reactiva cu teletransmisie	Un= 3x100/v3 V In = 3x5 A Cl = 0.5	7	2,220.00 lei	15,540.00 lei	€3,237.50
TOTAL echipamente contorizare		9		36,360.00 lei	€7,575.00
TOTAL C+M		-		19,800.00 lei	€4,125.00
TOTAL configurari contoare si soft		-		9,900.00 lei	€2,062.50
			66,060.00 lei	€13,762.50	

Tabel 9.1 Evaluarea estimativă a investiției în contorizarea energiei propusă.

Valoarea estimată a investiției și economiile ce pot fi obținute, estimate la 0,3% din cantitatea de energie utilizată de fabrică în anul 2018, sunt:

Măsurile pe termen mediu, de 2 până la 3 ani, vizând un program de investiții:							Reducerea emisiilor de CO ₂	Perioada de recuperare a investiției (perioada de actualizare 20 ani)	Venitul net actualizat VNA	Rata internă de rentabilitate RIR	Rata de actualizare k
nr.crt.	Descrierea măsurii	Termenul de aplicare	Costul aplicării măsurii [mii lei]	Economie anuală de energie			[tCO ₂ /an]	[ani]	[mii lei]	%	%
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
1	Instalarea unui sistem de telegestiune pentru urmărirea tuturor consumurilor utilitatii (energie electrică) în condițiile aplicării măsurilor propuse de creștere a eficienței energetice din prezentul audit energetic	2020 - 2023	102.42	129.98	11.18	0.3	91.12	1.85	425.84	64.71%	12.00%
TOTAL		2020 - 2023	102.42	129.98	11.18	0.30	91.12	-	-	-	-

Tabel 9.3 Centralizatorul investiției în contorizarea energiei (18 contoare).

Este o durată mare de recuperare a investiției, față de duratele „bancabile” acceptate de 5 ... 7 ani.

Investiția se propune a se realiza etapizat, în decursul a 3 ani, pe măsura implementării celorlalte măsuri de creștere a eficienței energetice propuse.

Implementarea sistemului de telegestiune propus, economiile ce pot fi obținute prin punerea lui în practică, sunt de fapt economiile obținute prin aplicarea măsurilor prezentate în auditul energetic.

Valoarea acestor economii, dacă sunt aplicate măsurile propuse, poate să depășească 0,3% din cantitatea de energie facturată în 2018 și reprezintă o valoare măsurabilă a economiilor de energie ce pot fi obținute prin implementarea sistemului de telegestiune.

9.2.2 Creșterea gradului de încărcare la cuptoarele cu inducție și de tratament termic, pe un ciclu de fabricație.

Măsura propune încărcarea cuptoarelor de tratament termic cu bare și profile din aluminiu (matrițe de oțel la cuptorul de nitrurare în vid) la valoarea lor nominală.

În general, din observațiile noastre, gradul de încărcare al cuptoarelor de turnare și de tratament termic este slabă ($c_i \approx 63\%$). În cadrul proceselor tehnologice analizate, pe cicluri complete de fabricație conform tehnologiei aplicate, s-a constatat că unele cuptoare de tratament termic sunt slab încărcate, sub valoarea nominal dată de cartea tehnică. Se prezintă centralizat, în **tabel 9.4**, gradul de subîncărcare față de valoarea nominală, pe fiecare cuptor de tratament termic și ciclu de funcționare/fabricație.

Nr. crt.	Sectie _consumator energie	cant. [buc]	Masa alumiului intrata M_{aL} [kg]	Subîncărcare cuptoare de tratament, fața de nominal [%]
1	Cuptor inducție_topire aluminiu	2	2,500.00	0.00
2	Cuptor tratament termic vertical VHT	1	3,200	-21.61
3	Cuptor tratament termic orizontal HHT	1	230	-90.42
4	Cuptor tratament termic orizontal SECO 5	1	270	-93.66
5	Cuptor tratament termic orizontal SECO 4	1	1,200	-52.00
6	Cuptor tratament termic orizontal SECO 3	1	104	-95.84
7	Cuptor tratament termic orizontal SECO 2	1	1,200	-68.00
8	Cuptor tratament termic orizontal SECO 1	1	1,200	-67.12
9	Cuptor tratament termic de omogenizare	1	16,000	0.00
10	Cuptor tratament termic prin nitrurare în vid	1	550	-8.33
			26,454.00	-37.38

Tabel 9.4 Centralizatorul cuptoarelor de tratament termic și gradul lor de subîncărcare față de valoarea nominală, pe un ciclu de fabricație.

În condițiile descrise, dacă cuptoarele de tratament termic se încarcă la valorile nominale date prin cărțile tehnice, procesul tehnologic menținându-se în ciclul de fabricație, rezultă o reducere a consumului specific $\delta c_{sp} = 0.02$ [MWh/kg] sau de 37.13% față de consumul specific actual.

Randamentul energetic al cuptoarelor va crește de asemenea cu cca 14%, ajungând la $\eta_{ect} = 40.36\%$ față de 35.35% în prezent.

Aceasta măsură de creștere a eficienței energetice, duce la o economie anuală de energie electrică față de consumul specific optimizat de $\delta E_e = 673$ [MWh], la fiecare ciclu de fabricație.

În unitați valorice economia obținută este estimată la 41 053 euro/ciclu de fabricație (s-a considerat 61 euro/MWh tarif la energia achiziționată din SEN).

Această măsură de creștere a eficienței energetice nu implica costuri, ea obținându-se din respectarea disciplinei de producție.

9.2.3 Corecția excesului de aer de ardere până la valoarea $\lambda = 1.2$, la arzătoarele de gaz natural.

Optimizarea excesului de aer din gazele de ardere, aducerea valorii la $\lambda = 1.2$, înseamnă o scădere a consumului de gaz natural până la valoarea de 12 135 MWh/an (față de 12 396 MWh în anul 2018).

Urmarea aplicării acestei măsuri este **o scădere a consumului de combustibil cu 243 MWh/an** și o creștere a randamentului global al consumatorilor de gaz natural cu 1.96%, până la obținerea unui randament global termoeenergetic al consumatorilor de gaz natural $\eta_{eCT} = 61.88\%$ (60.49% în prezent).

Din punct de vedere valoric, măsura propusă poate realiza o economie de cca. 14 823 euro / an (pentru un tarif de 61 euro / MWh la combustibilul achiziționat). Cheltuielile de implementare a acestei soluții tehnice sunt minime, ea putând fi realizată în cadrul programului anual de întreținere/mentenanță, al fabricii).

9.2.4. Contorizarea agentului termic consumat separat pentru fiecare tip de consumator, precum și al celui produs în CT;

Urmarea este **o scădere a consumului de combustibili, gaz natural, pentru producerea agentului termic cu cca. 0,3%, respectiv 37.19 MWh / an**. Din punct de vedere valoric, măsura propusă poate realiza o economie de cca. 2 231.4 euro / an. Cheltuielile de implementare a acestei soluții tehnice sunt estimate la cca. 12 806,3 euro (din care 8 000 euro reprezintă valoarea echipamentelor, diferența fiind cheltuieli de C+M și integrare în sistemul SCADA). Recuperarea investiției se va face într-o perioadă foarte îndelungată de timp, deci nu se va lua în considerație decât dacă se urmărește accesarea de fonduri nerambursabile în cadrul programelor de creștere a eficienței energetice.

9.2.5 Întocmirea unui grafic de efectuare a lucrărilor de întreținere a instalațiilor termice și echipamentelor din termoeenergetice, măsura fără costuri care menține în parametrii optimi de funcționare a centralei termice și a sistemului de distribuție a agentului termic.

9.3 Centralizatorul măsurilor tehnice propuse pentru creșterea eficienței termoeenergetice.

Masuri de crestere a eficientiei electroenergetice propuse:							Reducerea emisiilor de CO ₂	Perioada de recuperare a investitiei (perioada de actualizare 20 ani)	Venitul net actualizat VNA	Rata internă de rentabilitate RIR	Rata de actualizare k
nr.crt.	Descrierea masurii	Termenul de aplicare	Costul aplicarii masurii [mii lei]	Economie anuala de energie							
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
1	Corectia excesului de aer de ardere pana la valoarea λ = 1,2. Se poate obtine o crestere a randamentului la cazane si la cabina de vopsire de 0,25% pentru fiecare procent de O ₂ redus, reducere a consumului de gaz natural.	2020	0.00	243.05	20.90	1.96	49.10	0.00	-	-	-
2	Cresterea incarcarii cu materie prima (AI) pana la atingerea parametrilor nominali a cuptoarelor de turnare si tratament termic, scaderea consumului specific de energie electrica.	2020	0.00	672.82	57.85	2.18	471.65	0.00	-	-	-
TOTAL		2020	0.00	915.87	78.75	4.14	520.74	0.00	-	-	-

Tabel 9.5 Tabel centralizator cu indicatorii de creștere a eficienței termooenergetice, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de rentabilitate economică, pentru implementarea măsurilor propuse.

Notă:

- În analizele economice se consideră că soluțiile tehnice propuse aduc venituri pe o perioadă de 20 ani deoarece după această perioadă se consideră uzate moral.
- Pentru calculul indicatorilor economici, s-a luat în calcul o rată de actualizare de 12%.

S-au notat cu roșu investițiile propuse dar nebankabile (nefezabile din punct de vedere economic).

10. BILANȚ TERMOENERGETIC, OPTIMIZAT, ANUAL.

Bilanțul termooenergetic optimizat, anual, se întocmește prin aplicarea soluțiilor tehnice propuse pentru creșterea eficienței energetice, la consumatorii de gaz natural ai fabricii.

Prin aplicarea soluțiilor tehnice de creștere a eficienței termooenergetice prezentate în capitolul 9, rezultă bilanțul termooenergetic, optimizat, anual, ai consumatorilor de gaz natural prezentat tabelar în **tabelul 10.1** și grafic sub forma diagramei Sankey în **figura 10.1**.

Energii intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	10,388.51	93.35%
$I_{aum}(Q_{ac})$ – căldura aerului de combustie	224.24	2.01%
Q_a - caldura apei de alimentare	32.18	0.29%
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	483.98	4.35%
ΣW_i – total energii intrate	11,128.92	100
Energii ieșite	MWh	%
Q_u – căldura utilă	6,802.25	61.64%
Q_p – căldura pierdută	1,571.78	14.24%
din care : Q_{pAI} – în piese	121.84	1.10%
Q_{IOL} – în transportor	71.18	0.65%
I_g – în gaze de ardere	818.80	7.42%
Q_{cr} – prin convecție/radiație	269.66	2.44%
Q_{pz} – prin răcire în pauze	38.80	0.35%
Q_v – prin ventilare	247.07	2.24%
Q_{pj} – prin purjare	4.45	0.04%
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții, etc.)	2,661.47	24.12%
ΣW_e – total energii ieșite	11,035.50	100
ε – eroare de închidere a bilanțului	93.41	0.8
Randamentul energetic mediu	$\eta_{eCT} = Q_u / \Sigma Q_i$	0.61
Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	26.11	0.24

Tabel 10.1 Bilanț termooenergetic, optimizat, anual, al consumatorilor de gaz natural.

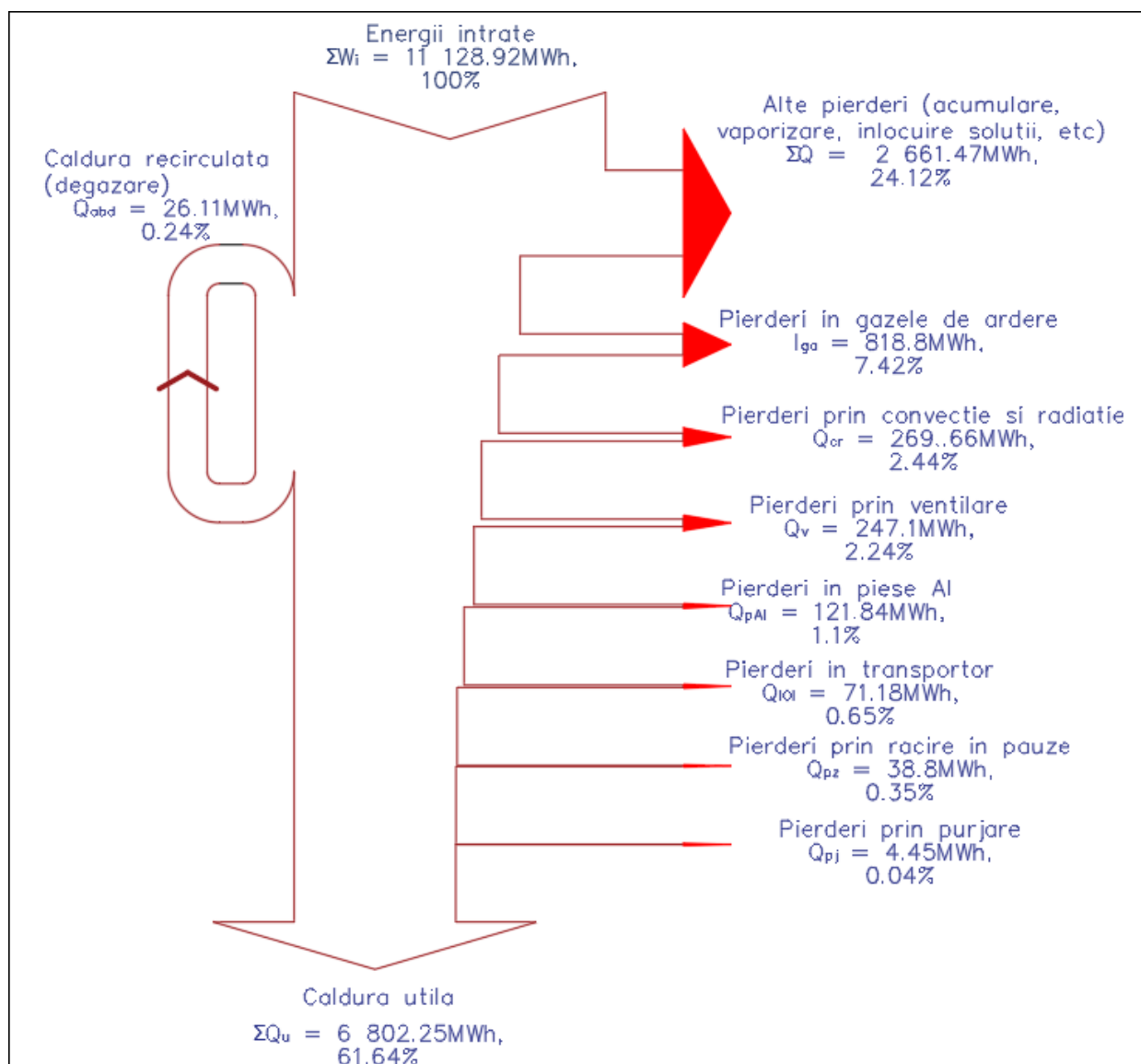


Figura 10.1 Bilanț termoeenergetic, optimizat, anual, al consumatorilor de gaz natural. Diagrama Sankey.

Randamentul termoeenergetic al consumatorilor de gaz natural în urma aplicării măsurilor propuse:

$$\eta_{eCT} = (\Sigma W_u / \Sigma W_i) \times 100 = 61.88\%$$

11. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, REAL, ANUAL.

Prin contopirea bilanțului electroenergetic cu cel termoeenergetic, real, anual se obține bilanțul energetic complex, real, anual al fabricii.

Având în vedere că avem doar un bilanț termoeenergetic, real, anual, respectiv doar cel pentru consumatorii de gaz natural, la ceilalți consumatori termoeenergetici consumul anual de energie neputând să fie întocmit la nivel de an datorită lipsei datelor necesare, bilanțul energetic complex parțial are în vedere doar consumatorii de energie electrică ai fabricii și pe cei de gaz natural.

În baza datelor din **tabelul 5.16** (bilanț electroenergetic, real, anual) și **tabel 8.53** (bilanț termoeenergetic, real, anual, al consumatorilor de gaz natural) se întocmește bilanțul energetic complex, real, anual, al fabricii, reprezentat în **tabel 11.1** și grafic în **figura 11.1** sub forma diagramei Sankey.

Energii intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	10,388.51	0.25
$I_{aum}(Q_{ac})$ – căldura aerului de combustie	224.24	0.01
Q_a - caldura apei de alimentare	32.18	0.00
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	483.98	0.01
E_i - Energia electrica intrata la consumatorii electrici ai fabricii	30,930.02	0.74
ΣW_i – total energii intrate	42,058.94	100.00
Energii ieșite	MWh	%
W_u - Energie utila totala	34,524.94	82.27
Q_u – căldura utilă	6,802.25	16.21
E_u – energie elctrica utila	27,722.69	66.06
W_p – energie pierduta totala	4,779.12	11.39
E_p – energie electrica pierduta	3,207.33	7.64
Q_p – căldura pierdută	1,571.78	3.75
din care :		
Q_{pAl} – în piese	121.84	0.29
Q_{iOL} – în transportor	71.18	0.17
I_g – în gaze de ardere	818.80	1.95
Q_{cr} – prin convecție/radiație	269.66	0.64
Q_{pz} – prin răcire în pauze	38.80	0.09
Q_v – prin ventilare	247.07	0.59
Q_{pj} – prin purjare	4.45	0.01
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții,etc.)	2,661.47	6.34
ΣW_e – total energii ieșite	41,965.53	100.00
ε – eroare de închidere a bilanțului	93.41	0.2
Randamentul energetic mediu	$\eta_{eCT} = Q_u / \Sigma Q_i$	82.09
Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	26.11	6.22

Tabel 11.1 Bilanț energetic complex, real, anual, al consumatorilor de energie electrică și a celor de gaz natural ai fabricii (fără cazanele de inducție și cuptoare de tratament termic).

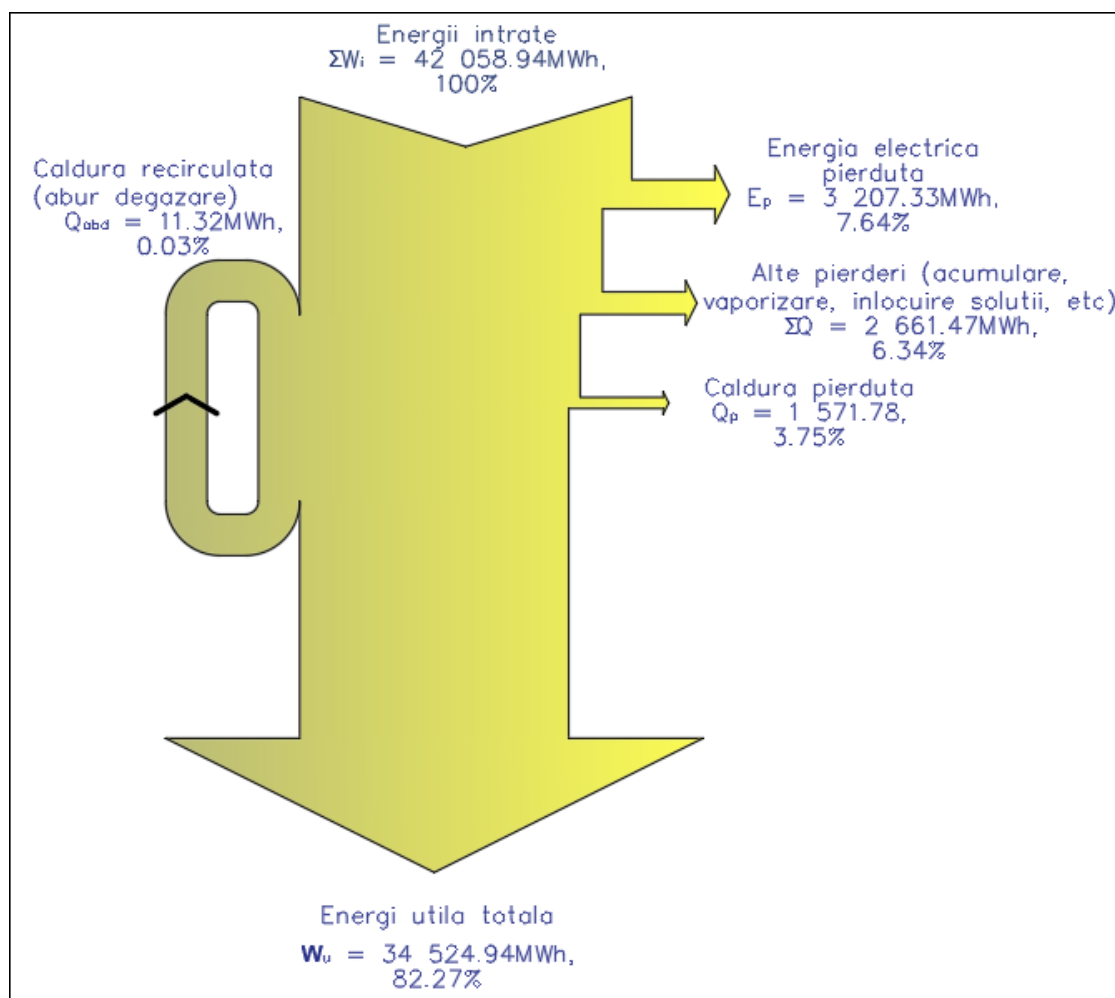


Figura 11.1 Bilanț energetic complex, real, anual, al consumatorilor de energie electrică și a celor de gaz natural ai fabricii – Diagrama Sankey.

12. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, REAL, PE UN CICLU DE FUNCȚIONARE, AL CUPTOARELOR DE TURNARE ȘI TRATAMENT TERMIC.

În baza datelor din tabelul 5.16 și 8.105, se întocmește bilanțul energetic complex, real, pe un ciclu de producție, /funcționare al consumatorilor de energie cuptoare de turnare și tratament termic în **tabelul 12.1** și grafic sub forma diagramei Sanchey în **figura 12.1**.

<i>Energii intrate</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
E_i - Energia electrica intrata in perioada ciclului complet	13.177	100
din care: Energia electrica consumata in ciclu de turnare	2.380	18.06
Energia electrica consumata in elementele electrice de incalzire	5.97	45.28
Energia electrica consumata in motoarele electrice de actiomanare	4.83	36.65
ΣW_i - suma energiilor intrate	13.177	100
<i>Energii iesite</i>	<i>MWh</i>	<i>%</i>
Q_u - Energia utila a cuptorului pentru un ciclu	4.688	36.19
Caldura finala a aluminiului topit (iesire cuptor inductie)	0.73	5.67
Caldura initiala a aluminiului topit (la intrare in cuptor inductie)	0.02	0.12
Caldura utila tratamentului pieselor, pe durata ciclului	1.30	10.06
Energia utila actionarilor electrice pe durata ciclului	2.64	20.35
Q_c - Caldura pierduta in structura cuptorului intr-un ciclu complet	4.310	33.27
Q_{fC} - Caldura finala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.41	3.18
Q_{iC} - Caldura initiala a cuptorului cu inductie "etalon"	0.17	1.30
Caldura transmisa izolatiei termice a cuptorului, pe durata ciclului	2.39	18.46
Caldura transmisa cuptorului (parti componente din Ol), pe durata ciclului	0.75	5.82
Caldura pierduta in elementele electrice de incalzire, pe durata ciclului	0.59	4.52
Q_{CF} - Pierderi de energie in convertizorul de frecventa	0.119	0.92
Q_{bob} - Caldura pierduta prin racirea bobinei de inductie	1.109	8.56
Q_{cr} - Caldura pierduta prin convecție si radiatie	0.534	4.13
ΔW_v - Pierdere de energie in actionarea consumatorilor electrice pe perioada unui ciclu	2.193	16.93
ΣW_e - suma energiilor iesite	12.954	100
ΔW - eroarea de inchidere a bilantului	0.223	1.69
Randamentul energetic al cuptoarelor de turnare si tratament termic: $\eta_{eC} = \Sigma W_u / \Sigma W_i$		35.58%

Tabel 12.1 Bilanț complex, real, pe un ciclu de producție/fabricație/funcționare, al cuptoarelor de turnare cu inducție și tratament termic.

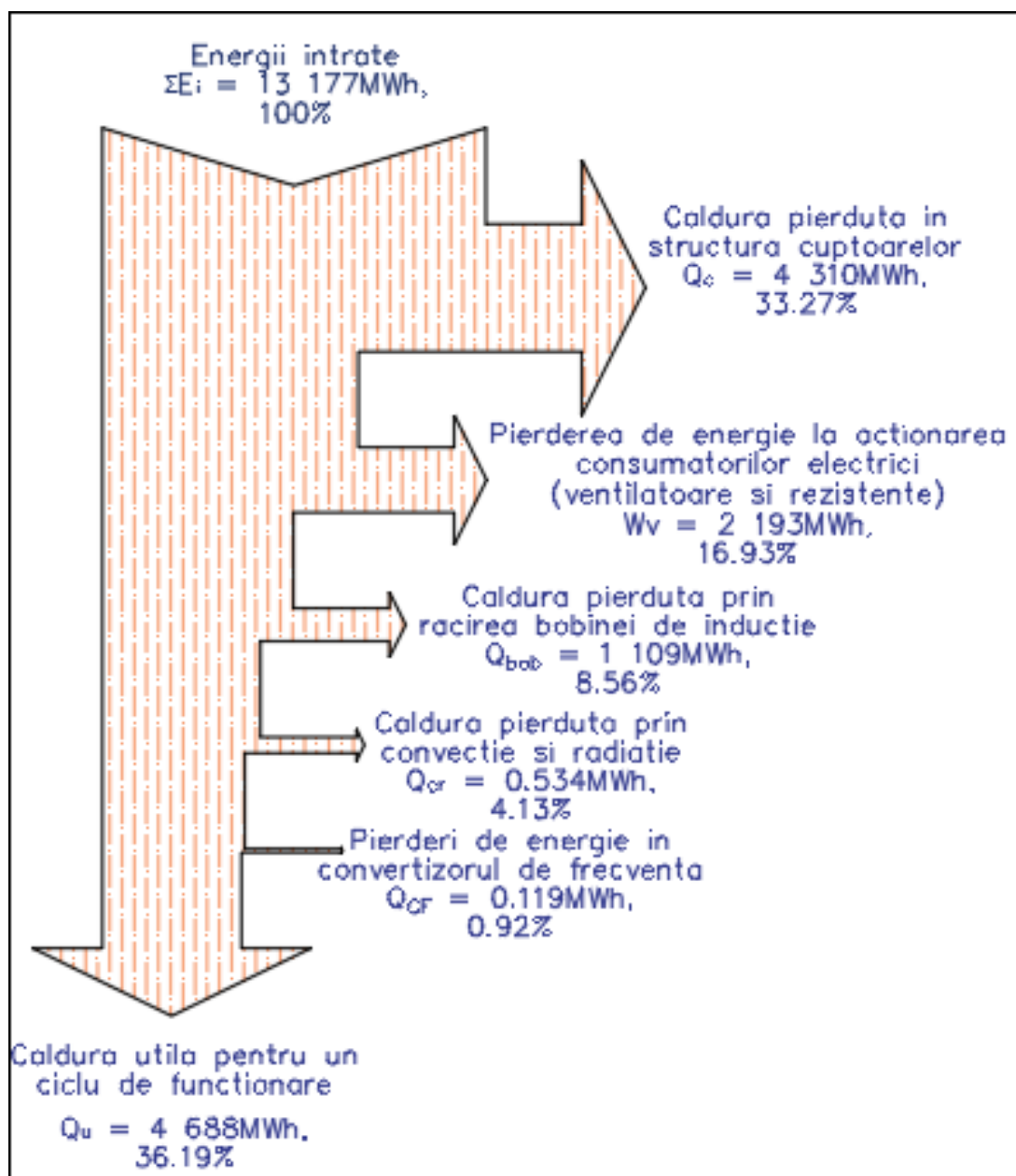


Figura 12.1 Bilanț complex, real, pe un ciclu de producție/fabricație/funcționare, al cuptoarelor de turnare cu inducție și tratament termic _Diagrama Sankey.

13. Mentenanța preventivă a instalațiilor și echipamentelor energetice.

Mentenanța reprezintă ansamblul activităților tehnico-organizatorice, care au ca scop menținerea în stare de funcționare, întreținerea și reparația sistemelor industriale. Un program de mentenanță preventivă va apela la evaluarea periodică a echipamentelor electrice, mașinilor electrice, sistemelor electromecanice, pentru a detecta potențiale probleme și pentru a programa imediat intervențiile necesare care vor preveni orice degradare a condițiilor optime de funcționare.

13.1 Tehnici propuse și defecte detectabile:

1. Analiza vibrațiilor. Metodă de detecție și diagnoză a defectelor în sisteme electromecanice. Prin această metodă se măsoară vibrațiile sistemului, după care se examinează spectrul de frecvențe generat în vederea identificării frecvențelor semnificative din punct de vedere al stării mașinii. Principalele defecte ce se pot determina sunt:

- dezechilibre;
- probleme în lagăre;
- defecte rotorice la mașinile electrice;
- excentricități;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

2. Analiza fluidului de ungere poate fi utilizată pentru determinarea condițiilor de uzură mecanică, cele de lubrifiere sau starea lichidului de ungere. Metodele de analiză a fluidului de ungere propuse: tribologia (măsurarea cantității și tipului de elemente metalice dintr-o mostră de fluid), detectarea zgomotului ultrasonic (detectorul transformă zgomotul ultrasonic produs de curgerea de fluid sau gaze în zgomot din gama audibilă). Defectele care se pot determina cu ajutorul acestor tehnici sunt:

- prezența unor particule metalice;
- oxidarea fluidului datorită temperaturilor de lucru înalte;
- neîncadrarea vâscozității în limitele date de producător;
- diluarea fluidului de ungere;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

3. Detecția și diagnosticare defectelor în sistemele de acționare electrică se realizează prin: măsurarea impedanței complexe, măsurarea rezistenței de izolație, analiza spectrului de armonici a curentului de fază, analiza fluxului de scăpări, termografierea, analiza vibrațiilor, etc.

Principalele probleme legate de defecțiunile din sistemele de acționare electrică sunt:

- probleme legate de lagărele mașinilor electrice;
- excentricități;
- scurtcircuite ale înfășurărilor;
- bare rupte;
- miezuri neomogene;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

4. Termografia (motoare electrice, tablouri electrice) reprezintă utilizarea unei camere cu infraroșu pentru a vizualiza și măsura energia termică emisă de un obiect. Energia termică este o parte a spectrului electromagnetic ce nu poate fi detectată de ochiul uman, dar este percepută ca și căldură. Termografia se realizează cu ajutorul camerelor de termoviziune. Principalele probleme pe care le poate semnala creșterea temperaturii peste limitele normale:

- ventilatie blocată;
- defectări premature ale echipamentelor electrice;
- întreruperile în alimentare în timpul proceselor tehnologice;
- apariția de arcuri electrice cu efect distrugător;
- frecări în lagărele mașinilor electrice;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

5. Defecte în mașinile electrice de acționare:

- a.** Defecte la nivelul sistemului mecanic;
- b.** la nivelul lagărelor;
- c.** la nivelul cuplajelor;
- d.** la nivelul arborelui;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

6. Defecte la nivelul sistemului magnetic al motoarelor de acționare:

- a.** excentricități ale miezului rotorului;
- b.** anizotropii;
- c.** neomogenități;
- d.** fisuri ale miezului;

7. Defecte la nivelul sistemului electric al motoarelor de actionare

- a. scurtcircuite la nivelul înfășurărilor bobinate;
- b. inversări căi de curent;
- c. întreruperi de bobinaj;
- d. fisuri ale inelelor de scurtcircuitare;
- e. probleme la nivelul periiilor colectoare sau al sistemului perii
- f. inele colectoare;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

8. Defecte la nivelul sistemului mecanic

a. Defecte din lagăre reprezintă aproximativ 40 - 50% din totalul defectelor care apar în mașinile electrice. Cauze ale apariției defectelor la nivelul lagărelor:

- lubrifiere inadecvată sau insuficientă;
- suprasolicitare axială și radială datorată deformării arborelui;
- montare, centrare sau fundamentare necorespunzătoare;
- acțiunea corozivă a apei, acizi etc.;
- contaminarea datorată particulelor minuscule abrazive;
- probleme legate de circuitul electric al mașinii electrice;

9. Defecte la nivelul sistemului electric

a. Defecte la nivelul înfășurărilor bobinate

Acest tip de defecte reprezintă aproximativ 30 - 40% din totalul defectelor care apar în mașinile electrice de acționare. Defecte tipice:

- întreruperea înfășurării unei faze;
- inversarea capetelor înfășurării unei faze;
- scurtcircuit între spirele conductoare elementare sau între bobinele aceleiași faze;
- scurtcircuit între înfășurările a două faze diferite;
- punerea la masă a înfășurării unei faze;
- inversarea unei căi de curent;

b. Defecte la nivelul înfășurărilor tip colivie

Aceste tipuri de defecte reprezintă aproximativ 5-10% din total defectelor în mașinile electrice.

Tipuri de defecte:

- fisuri sau întreruperi ale barelor;
- distrugerea îmbinării barelor cu inele frontale de scurtcircuitare;

Modul de manifestare al defectelor:

- supraîncălzirea mașinilor electrice, supraîncălzirea contactelor electrice;
- imposibilitatea pornirii mașinii;
- rotorul se rotește cu o turatie mai mică decât cea nominală;
- vibrații;
- zgomote;
- dezechilibrul părților aflate în mișcare;

Măsura este valabilă pentru toate echipamentele tehnologice din fabrică.

Toate măsurile mai sus enumerate nu implică costuri, considerându-se ca fac parte dintr-un program stabilit la nivel de fabrică și care se va executa cu personal propriu, etapizat, pe parcursul unui an. Economiiile obținute se estimează la cca. 1% din consumul energetic anual al fabricii.

14. BILANȚ ENERGETIC COMPLEX, OPTIMIZAT, ANUAL.

Prin contopirea bilanțului electroenergetic cu cel termoeenergetic, optimizat, anual se obține bilanțul energetic complex, optimizat, anual al fabricii.

Având în vedere că avem doar un bilanț termoeenergetic, optimizat, anual, respectiv doar cel pentru consumatorii de gaz natural, la ceilalți consumatori termoeenergetici neputând să fie întocmit la nivel de an datorită lipsei datelor necesare, bilanțul energetic complex optimizat are în vedere doar consumatorii de energie electrică ai fabricii și pe cei de gaz natural.

În baza datelor din **tabelul 7.1** (bilanț electroenergetic, optimizat, anual) și **tabel 10.1** (bilanț termoeenergetic, optimizat, anual, al consumatorilor de gaz natural) se întocmește bilanțul energetic complex, optimizat, anual, al fabricii, reprezentat în **tabel 14.1** și grafic în **figura 14.1** sub forma diagramei Sankey.

Energii intrate	MWh	%
Q_{GN} – căldura rezultată din arderea GN	10,388.51	0.25
$I_{aum}(Q_{ac})$ – căldura aerului de combustie	224.24	0.01
Q_a - caldura apei de alimentare	32.18	0.00
E_v - Energia electrica in instalatia de ventilatie	483.98	0.01
E_i - Energia electrica intrata la consumatorii electrici ai fabricii	30,930.02	0.74
ΣW_i – total energii intrate	42,058.94	100.00
Energii ieșite	MWh	%
W_u - Energie utila totala	34,524.94	82.27
Q_u – căldura utilă	6,802.25	16.21
E_u – energie elctrica utila	27,722.69	66.06
W_p – energie pierduta totala	4,779.12	11.39
E_p – energie electrica pierduta	3,207.33	7.64
Q_p – căldura pierdută	1,571.78	3.75
din care :		
Q_{pAl} – în piese	121.84	0.29
Q_{IOl} – în transportor	71.18	0.17
I_g – în gaze de ardere	818.80	1.95
Q_{Cr} – prin convecție/radiație	269.66	0.64
Q_{pz} – prin răcire în pauze	38.80	0.09
Q_v – prin ventilare	247.07	0.59
Q_{pj} – prin purjare	4.45	0.01
ΣQ – alte pierderi (acumulare, vaporizare, ventilare, înlocuire soluții,etc.)	2,661.47	6.34
ΣW_e – total energii ieșite	41,965.53	100.00
ε – eroare de închidere a bilanțului	93.41	0.2
Randamentul energetic mediu	$\eta_{eCT} = Q_u / \Sigma Q_i$	82.09
Q_{abd} - caldura aburului pentru degazare	26.11	6.22

Tabel 14.1 Bilanț energetic complex, optimizat, anual, al consumatorilor de energie electrică și a celor de gaz natural ai fabricii (fără cazanele de inducție și cuptoare de tratament termic).

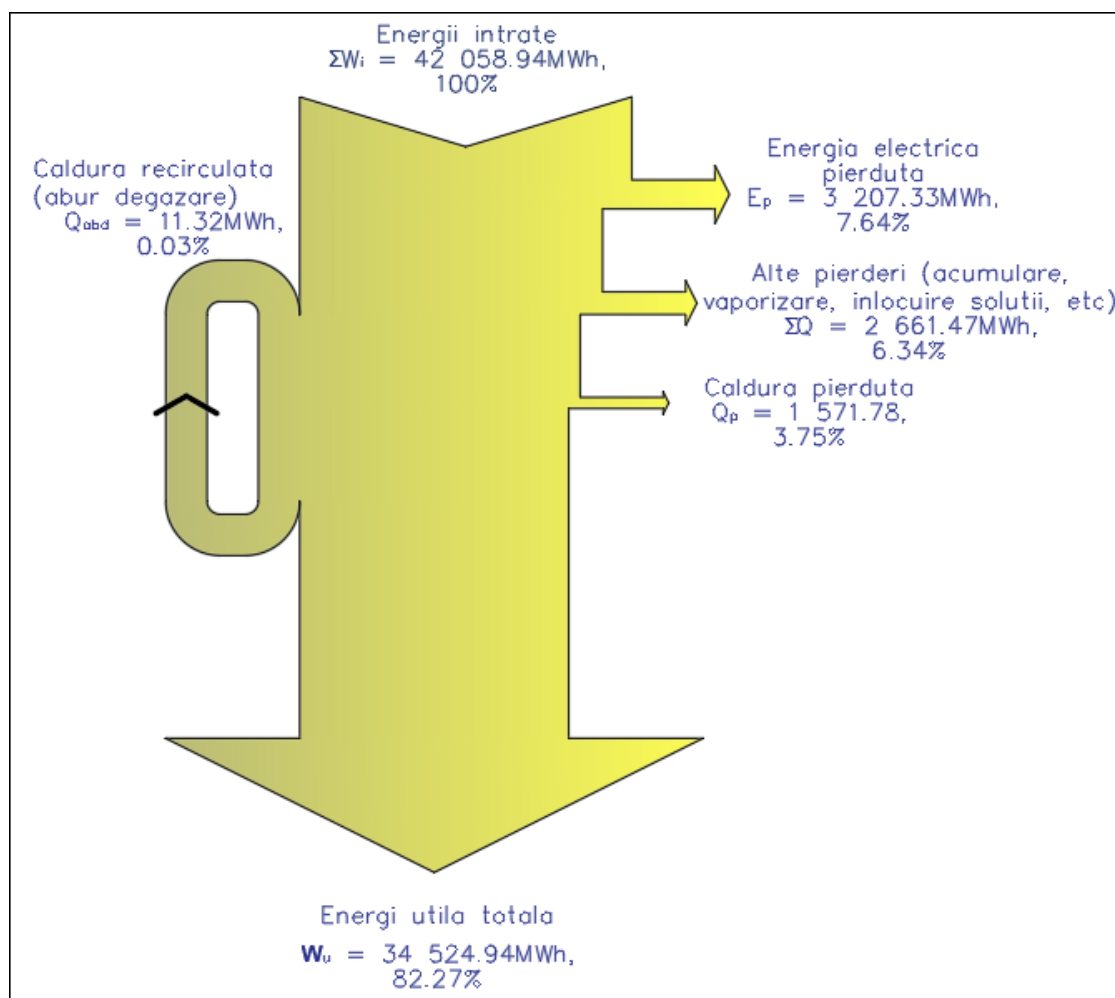


Figura 14.1 Bilanț energetic complex, real, anual, al consumatorilor de energie electrică și a celor de gaz natural ai fabricii – Diagrama Sankey.

15. MĂSURI DE REDUCERE A EMISIILOR DE CO₂.

Ca un prim pas, în 1997 a fost adoptat Protocolul de la Kyoto de reducere a emisiilor în 2012 sub nivelul anului 1990. Reducerile respective pot fi realizate cu ajutorul a doua tipuri de măsuri de îmbunătățire a eficienței energetice și reducerea cererii de energie;

1. utilizarea surselor de energie regenerabilă, captarea și
2. stocarea dioxidului de carbon emis în mod curent.

Prin Legea nr. 3/2001, România a ratificat Protocolul de la Kyoto privind Convenția Cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice, de o importanță deosebită pentru problematica schimbărilor climatice. Principalele măsuri ce trebuie luate pentru atingerea obiectivelor Protocolului de la Kyoto sunt:

- ☐ industria va trebui să devină mult mai eficientă din punct de vedere al consumului de energie, trecând de la utilizarea combustibililor fosili, la combustibili săraci sau la combustibili alternativi;
- ☐ industria energetică, de la extracție și până la consum, trebuie restructurată astfel încât să devină eficientă și mai puțin poluantă;
- ☐ transportul trebuie să se orienteze spre mijloace mai puțin poluante și cu consumuri reduse;
- ☐ construcțiile să fie eficiente energetic și să tindă spre utilizarea surselor de energie regenerabilă;
- ☐ echipamentele și produsele să fie din cele cu consum redus de energie;
- ☐ pădurile vor fi protejate și chiar vor fi extinse.

15.1 Energii alternative:

Pentru asigurarea securității energetice, trebuie luate în considerare opțiuni ca: hidro, nuclear, resurse energetice regenerabile. Promovarea energiilor eoliene, solare, geotermale etc., acolo unde este posibil, în condițiile actuale, nu sunt competitive din punct de vedere economic cu celelalte opțiuni, deci promovarea acestor resurse se face prin crearea de instrumente de sprijin financiar prin programe dedicate sau fonduri nerambursabile, sau rambursabile partial, prin implicarea segmentului politic.

Pe termen lung, contribuția utilizării resurselor energetice regenerabile poate duce la reducerea semnificativă a emisiilor de CO₂.

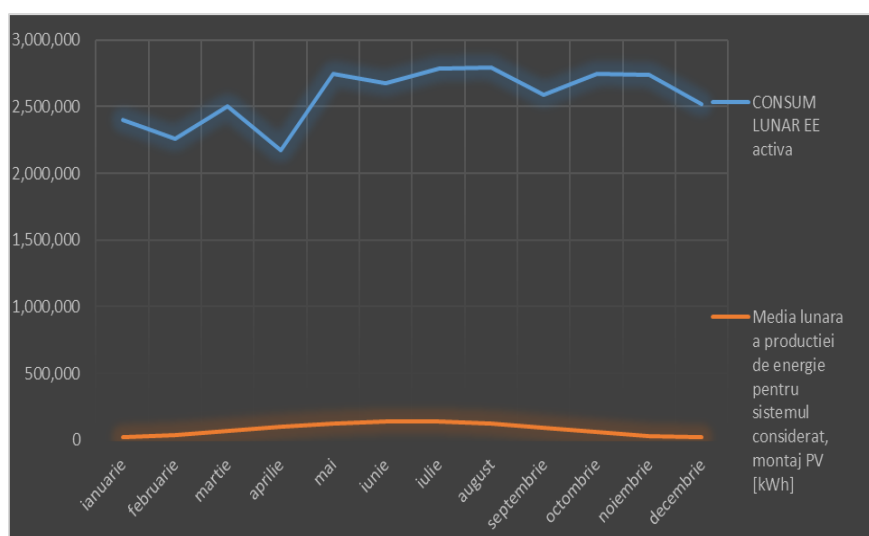
Implementarea măsurilor de reducere a consumurilor de energie, luarea în considerare a propunerilor tehnice, modernizarea proceselor industriale, analizarea variantelor în vederea selectării celor mai bune tehnologii disponibile corespunzătoare activităților de producție ale fabricii, se face atât în folosul întreprinzătorului, pentru reducerea costurilor de producție și creșterea veniturilor, cât și pentru îmbunătățirea componentelor de mediu și deci în folosul comunității în care își desfășoară activitatea. Măsurile recomandate pentru reducerea consumului de energie, sunt menite să realizeze un echilibru între dezvoltarea industrială, calitatea mediului și sănătatea umană, având în final ecou la nivel global. Fără introducerea unor politici eficiente de protejare a climatului, emisiile de dioxid de carbon vor continua să crească, făcând imposibilă corectarea daunelor deja provocate.

Prin aplicarea măsurii de creștere a eficienței energetice propusă la capitolul

15.1.1 Implementarea unui sistem fotovoltaic, fabrica poate face parte din categoria utilizatorilor de energii regenerabile din sursă solară. Alte forme de energie regenerabilă utilizabile, nu îndeplinesc criteriile necesare de fezabilitate pentru a putea fi implementate.

Chiar și soluția tehnică propusă de implementare a unui sistem fotovoltaic este ușor peste limitele acceptate ale fezabilității economice, dar se apropie cel mai mult de condițiile tehnice existente și de cerințele energetice ale fabricii.

Se propune achiziția și montajul a 3 600 panouri fotovoltaice (275W fiecare) pe acoperișurile clădirilor / halelor din incinta fabricii, care vor produce anual 948 MWh. Sistemul fotovoltaic propus va fi de tip on-grid fără a debita energie electrică în RED datorită puterii instalate scăzute (producție medie lunară de energie 79 051 kWh, cu pondere 3.07% din consumul mediu lunar de energie electrică $E_{luna} = 2\,577\,583$ kWh).



consum lunar 2018 [kWh]	producție lunar 2018 [kWh]	pondere în fotovoltaic [%]
2,403,000	20,807	0.9
2,261,000	34,637	1.5
2,504,000	68,934	2.8
2,176,000	101,395	4.7
2,747,000	125,659	4.6
2,673,000	135,483	5.1
2,785,000	139,677	5.0
2,793,000	126,172	4.5
2,588,000	89,749	3.5
2,743,000	58,628	2.1
2,742,000	30,321	1.1
2,516,000	17,152	0.7
2,577,583	79,051	3.0

Tabel 15.1 Curba de sarcină medie zilnică / lunară și ponderea energiei produse în fotovoltaic.

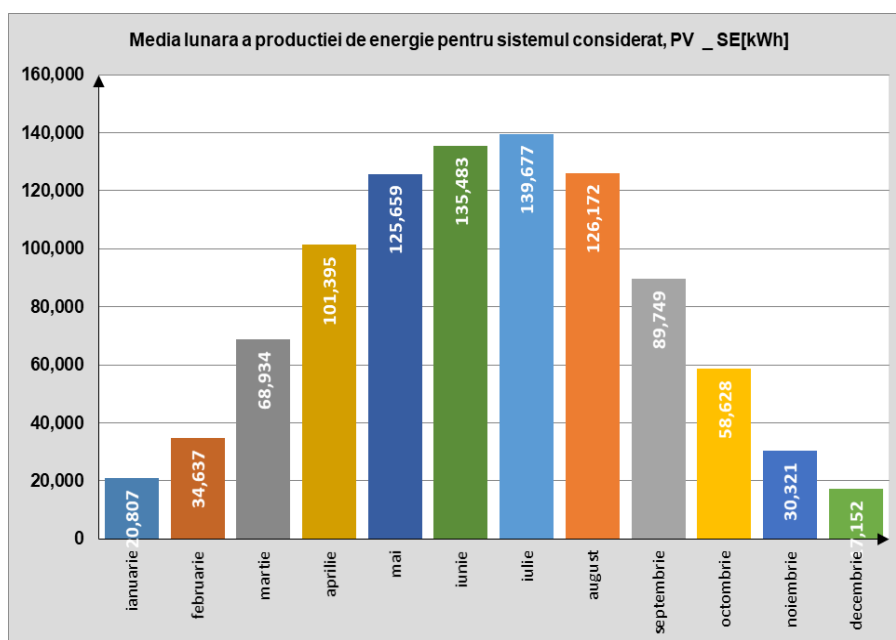


Figura 15.1 Variația producției anuale de energie în fotovoltaic (medii).

Scopul realizării și amenajării unui parc fotovoltaic este în acord cu noile cerințe de creștere a eficienței energetice, soluția tehnică propusă dorind să contribuie la creșterea gradului de utilizare a resurselor de energie regenerabilă prin captarea energiei solare și convertirea ei în energie electrică.

Se urmărește prin acest sistem fotovoltaic acoperirea consumurilor de energie electrică a fabricii înregistrate în anul 2018 (3,0% din total consum) în primul rând.

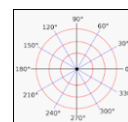
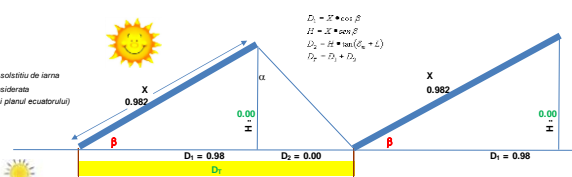
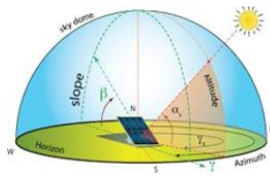
Sistemul fotovoltaic se va compune din:

- Panouri fotovoltaice (notate PV) policristaline, cu 72 celule, $P_{PV} = 275W_p / PV$;
- Suporturi panouri fotovoltaice;
- Tablouri de conexiuni;
- Invertoare on-grid;
- Monitorizare și control de la distanță;
- Echipamente de câmp și material mărunț.

Având în vedere suprafețele disponibile de pe acoperișul clădirilor din incinta fabricii, orientarea geografică a acestora față de SV și condiția de nedepășire a unui $1MW_p$ putere instalată, s-a dimensionat sistemul fotovoltaic, astfel:

$P_{PV} =$	275 W_p	grade	minute	secunde
$X =$	0.982 m, lungime panou solar considerat, fisă tehnică			
	1.638 m, latime panou solar considerat, fisă tehnică			
	0.035 m, grosime panou solar considerat, fisă tehnică			
$\beta =$	0° înclinare acoperiș			
$\delta_{max} =$	21.800 declinația / altitudinea medie a soarelui	21	48	0
	47.5872 latitudinea locului, N	47	35.00	50
	23.6708 longitudinea locului, E	23	40.00	15
$\alpha_{\pm} =$	69.307 altitudinea maximă solară a locului	68	83	50
$D_1 =$	0.98 m			
$H =$	0.00 m			
$D_2 =$	0.00 m			
$D_3 =$	$D_1 + D_2$			
	0.98 m			
$\gamma_s =$	210.000 orientare medie față de N (azimut) panou considerat			
cantitate	3600 panouri PV			
$P_p =$	990.000 W_p , minim 3kW _p , conform ghid			
	30.00 azimut ...° SE			
	30.00 grade			
	0 minute			
	0 secunde			
5%	$S = 6,080$			
	S disponibil = 20,000.00			

declinația maximă a soarelui (la solstițiu de iarnă)
declinația medie a soarelui, considerată
(unghiul dintre raza soarelui și planul ecuatorului)



unghi declinație soarelui (12 luni)		
	grade	minute
1	-20	-5
2	-10	-52
3	0	0
4	11	39
5	20	4
6	23	26
7	23	26
8	12	19
9	0	57
10	-10	-29
11	-19	-47
12	23	26

17.8

În aceste condiții se vor monta 3 600 de panouri fotovoltaice cu $P_{virf} = 275W_p$ fiecare, rezultând o putere totală instalată $P_{Tvirf} = 990\,000\,kW_p$.

Se va produce anual o cantitate de energie electrică de joasă tensiune $E_{an} = 948\,614\,MWh/an$, reprezentând economie pură (excepție consumurile proprii din parcul fotovoltaic estimate la cca 3% din puterea instalată în fotovoltaic). Se va ocupa o suprafață de acoperiș de cca. $6\,080\,m^2$, aproximativ 30% din cea disponibilă.

Valoarea estimată a investiției și economiile ce pot fi obținute (estimate la cca. 3% din cantitatea de energie electrică utilizată de fabrică în anul 2018), este $I = 1\,020\,653$ euro.

Recuperare investiției fără TVA și actualizare:

$$P_p = I / E = 1\,020\,653 / 948\,615 \times 0.083 = 10.7 \text{ ani.}$$

După analiza de cash flow pe 20 ani, rezultă o perioadă de recuperare a investiției analizată de 9.8 ani (vezi Anexă).

10.2 Estimarea emisiilor de gaze cu efect de seră și nivelul reducerii acestora.

În urma analizei efectuate la fabrică emisiile actuale de gaze cu efect de seră, raportate la consumul energetic total (electrică și gaz natural) din anul 2018 (43 328 MWh), sunt calculate la cca 24 186.8 tCO₂/an:

Estimarea emisiilor de gaze cu efect de seră (GES)

Se estimează emisiile actuale de gaze cu efect de seră, pentru achiziția de energie electrică și combustibil.

Emisii anuale de GES în CT existent pentru producerea necesarului termic al fabricii:

1, Emisii anuale de GES în CT existent pentru producerea necesarului de agent termic al obiectivului:

$$GES_Q = E_C \times e_{gaz} = 2,504.1 \text{ tCO}_2 / \text{an}$$

unde: V_C – volumul anual de combustibil consumat producerii agentului termic al obiectivului:

E_C – energia anuală a combustibilului consumat la producerea agentului termic al obiectivului:

e_{gaz} – emisia specifică de GES la arderea combustibilului consumat:

$$PCS_{gaz} = 10.496 \text{ kWh/Sm}^3$$

$$1,181,051 \text{ Sm}^3$$

$$12,396.74 \text{ MWh}_{gaz}$$

$$0.202 \text{ tCO}_2/\text{MWh}_{gaz}$$

2, Emisii anuale de GES la producerea în SEN a energiei electrice, achiziționată de fabrică:

$$GES_E = E \times e_E = 21,682.6 \text{ tCO}_2 / \text{an}$$

unde: E – energia electrică anuală necesară uzinei :

e_E – emisia specifică de GES la producerea energiei electrice în SEN:

$$30,931.00 \text{ MWh}_e$$

$$0.701 \text{ tCO}_2/\text{MWh}_e$$

Emisiile anuale totale de GES sunt:

$$43,327.74$$

$$GES = GES_Q + GES_E = 24,186.8 \text{ tCO}_2 / \text{an}$$

Prin implementarea tuturor măsurilor propuse de creștere a eficienței energetice și în condițiile estimate de **reducere a consumului de energie (electrică și combustibil utilizat) cu aproximativ 2 841 MWh anual, se vor reduce emisiile de CO₂ cu aproximativ 24 187 tone CO₂** (vezi centralizatorul măsurilor de creștere a eficienței energetice propuse **tabel 10.2**).

16. CENTRALIZATORUL MĂSURILOR DE CREȘTERE A EFICIENȚEI ENERGETICE.

Centralizatorul măsurilor de creștere a eficienței energetice, propuse:											
nr.crt.	Descrierea măsurii	Termenul de aplicare	Costul aplicării măsurii [mii lei]	Economie anuală de energie			Reducerea emisiilor de CO ₂ [tCO ₂ /an]	Perioada de recuperare a investiției (perioada de actualizare 20 ani) [ani]	Venitul net actualizat VNA [mii lei]	Rata internă de rentabilitate RIR %	Rata de actualizare k %
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
1	Instalarea unui sistem de telegestiune pentru urmărirea tuturor consumurilor utilitatii (energie electrică) în condițiile aplicării măsurilor propuse de creștere a eficienței energetice din prezentul audit energetic	2020 - 2023	102.42	129.98	11.18	0.30	91.12	1.85	425.84	64.71%	12.00%
2	Pentru sistemul de iluminat interior a spațiilor comune: Achiziția și montajul de senzori lumina, prezenta / mișcare și montajul în circuitele electrice din grupuri sociale, holuri, depozite / magazine.	2020	3.53	410.11	35.26	1.33	287.49	0.02	1,642.84	5688.91%	12.00%
3	Pentru sistemul de iluminat exterior: Achiziția și montajul a 5 ceasuri programabile în circuitele electrice de iluminat exterior.	2020	3.85	101.78	8.75	0.33	71.35	0.66	9.87	170.85%	12.00%
4	Achiziția și montajul 3 600 PV x 275W/PV (Socup = 6 100mp) pe terasa clădirilor fabricii în vederea alimentării cu en. electrică produsă. Puterea instalată Pip = 0.99 MWp, energia produsă anual E = 948 MWh / an - asigură 3% din consum de energie electrică raportat la consumul anului 2018	2020 - 2026	4,074.04	948.61	81.57	3.07	664.98	9.81	1,820.66	17.98%	12.00%
5	Înlocuirea motoarelor electrice, de acționare (215buc), inclusiv a dulapurilor aferente de alimentare cu energie electrică a acestora, cu motoare electrice de înaltă eficiență (IE4)	2020 - 2026	2,492.54	334.67	28.78	1.08	234.61	7.99	1,439.31	20.10%	12.00%
6	Corecția excesului de aer de ardere până la valoarea $\lambda = 1,2$. Se poate obține o creștere a randamentului la cazane și la cabina de vopsire de 0,25% pentru fiecare procent de O ₂ redus, reducere a consumului de gaz natural.	2020	0	243.05	20.90	1.96	49.10	0.00	-	-	-
7	Creșterea încărcării cu materie primă (Al) până la atingerea parametrilor nominali a cuptoarelor de turnare și tratament termic, scăderea consumului specific de energie electrică.	2020	0	672.82	57.85	2.18	471.65	0.00	-	-	-
TOTAL		2020 - 2026	6,676.38	2,841.04	244.29	10.24	1,870.29	2.90	1,067.70	1,192.51	12.00

Tabel 16.1 Tabel centralizator cu indicatorii de creștere a eficienței energetice, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de rentabilitate economică, pentru implementarea proiectelor propuse.

Notă:

- Valorile nivelului de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră defalcate, pentru fiecare măsură tehnică propusă, sunt cuprinse în: „Tabel centralizator cu indicatorii de creștere a eficienței energetice, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de rentabilitate economică, pentru implementarea proiectelor propuse, tabel 16.1”.
- Calcularea valorilor nivelului de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră defalcate, pentru fiecare măsură tehnică propusă, s-a efectuat utilizând aceeași metodologie ca și la estimarea nivelului total de gaze cu efect de seră, pe fabrică.

17. CONCLUZII ȘI PROPUNERI FINALE

În urma elaborării bilanțului energetic, rezultă următoarele concluzii:

1. Echipamentele electrice din fabrică, consumatoare de energie electrică, au un grad slab spre bun de eficiență energetică.

Aceasta evaluare se bazează, în principal, pe coeficienții de încărcare c_i ai consumatorilor de energie electrică și pe coeficientul de utilizare c_u al acelorași consumatori ai fabricii, amândoi coeficienți fiind sub 50%.

2. Exploatarea și întreținerea echipamentelor electrice se face cu personal calificat corespunzător, în conformitate cu cerințele și prescripțiile specifice pentru exploatarea și întreținerea lor.

3. Documentațiile - schemele electrice monofilare (forță), listele cu consumatorii de energie electrică (în special motoare electrice), cu caracteristicile tehnice nominale sunt neactualizate, incomplete sau lipsesc.

4. Compensarea energiei electrice consumate, reactive și inductive, se face cu o baterie fixă de condensatori, cuplată la barele de 0.4kV. Aceasta asigură funcționarea fabricii cu un factor de putere superior celui neutral ($\cos \phi = 0,96 \div 0.99$) astfel evitându-se plata unor penalități.

Este de remarcat faptul că prețul energiei electrice consumate este unic, nu depinde de nivelul de tensiune (și este foarte bun).

Din măsurătorile efectuate și bilanțul energetic, real, anual rezultă următoarele:

➤ **Consumul anual de energie electrică:**

$E_e = 30\,931\,000 \text{ kWh}$

la o durată anuală de funcționare de

$T = 8\,400 \text{ ore}$

➤ **Gradul mediu de încărcare a consumatorilor de energie electrică este**

$C_i = 35.86\%$,

Este un grad de încărcare slab, ce reflectă corecta dimensionare a consumatorilor electrici la capacitatea de producție actuală a fabricii;

- **Gradul mediu de utilizare în timp a consumatorilor de energie electrică este:**

$$C_u = 63.17\%,$$

Pentru consumatorii la JT (0.4kV) valoarea gradului de utilizare reflectă existența echipamentelor de rezervă;

- Din fișele de măsurători rezultă că **randamentul mediu energetic, al consumatorilor de energie electrică** este de:

$$\eta = 88.3\%,$$

Este un randament bun, ce reflectă încărcarea relativ bună a consumatorilor de energie electrică (motoare de acționare și echipamente specific de turnare și tratament termic);

- **Pierderile anuale de energie electrică** sunt:

$$\Delta E_e = 3\,617.6 \text{ MWh (11.7\%)},$$

din care:

în stația de alimentare:

$$\Delta E_{SRA} = 418.9 \text{ MWh (1.35\%)}$$

în cabluri de medie tensiune:

$$\Delta E_{CMT} = 168.7 \text{ MWh (0.55\%)}$$

în substații de transformare:

$$\Delta E_T = 345.3 \text{ MWh (1.12\%)}$$

în rețelele interioare de alimentare cu energie electrică (cabluri JT):

$$\Delta E_{cJT} = 519.7 \text{ MWh (1.64\%)}$$

și în consumatorii de energie electrică industriali:

$$\Delta E_{JT} = 2\,165 \text{ MWh (7.0\%)},$$

energia utilă fiind:

$$E_u = 27\,313.4 \text{ kWh (88.3\%)}.$$

Pierderile sunt relativ normale ceea ce conduce la randamente energetice, la nivelul instalațiilor, bune:

$$\eta_{eJT} = 88.3\%.$$

➤ **Consumul anual de combustibil gaz natural** este de:

$$E_{GN} = 12\,397\,000 \text{ kWh}$$

la o durată anuală de funcționare de:

$$T = 8\,400 \text{ ore}.$$

➤ **Gradul mediu de încărcare a consumatorilor de gaz natural** este:

$$c_i = 84.14\%,$$

Este un grad de încărcare bun, ce reflectă o dimensionare corectă a consumatorilor de energie termică față de puterea instalată;

➤ **Gradul mediu de utilizare în timp a consumatorilor de energie termica** este:

$$C_u = 100\%,$$

Este un grad de utilizare foarte bun, ce reflecta funcționarea consumatorilor de energie termică fără întreruperi, pe durata întregului ciclu anual de funcționare ($T = 8\,400$ ore).

➤ Din fișele de măsurători rezultă ca **randamentul mediu energetic, al consumatorilor de gaz natural** este de:

$$\eta_{eCT} = 60.49\%,$$

Este un randament slab, ce reflectă o subîncărcare mult sub capacitatea nominală a instalației de vopsire, și randamentul slab al acesteia de 3.06%. Restul consumatorilor de gaz natural au randamente optime media lor fiind 85.2%;

➤ **Pierderile anuale de energie termică** ale consumatorilor de gaz natural, sunt:

$$1\,531.27 \text{ MWh (13.8\%)},$$

Din care:

în gazele de ardere:

$$\Delta Q_g = 818.83 \text{ MWh (7.37\%)},$$

prin convecție și radiație:

$$\Delta Q_{cr} = 269.68 \text{ MWh (2.43\%)},$$

prin ventilare:

$$\Delta Q_v = 247.1 \text{ MWh (2.23\%)},$$

în piesele de aluminiu:

$$\Delta Q_{pAl} = 81.22 \text{ MWh (0.73\%)},$$

în piesele de oțel (transportoarele instalației de vopsire):

$$\Delta Q_{pOl} = 71.18 \text{ MWh (0.64\%)},$$

prin răcire în pauze tehnologice:

$$\Delta Q_{pz} = 38.8 \text{ MWh (0.35\%)},$$

prin purjare:

$$\Delta Q_{pj} = 4.45 \text{ MWh (0.04\%)},$$

Iar energiile recirculate (abur degazare) sunt $Q_{abd} = 26.11$ (0.24%)

energia termică utilă a consumatorilor de gaz natural fiind:

$$Q_u = 6\,753.51 \text{ kWh (60.82\%)}.$$

Pierderile sunt relativ mari ceea ce conduce la randamente termoeenergetice slabe la nivelul instalațiilor consumatoare de gaz natural din fabrică:

$$\eta_{eCT} = 60.49\%.$$

Pe baza măsurărilor, calculelor, observațiilor și discuțiilor cu specialiștii din fabrică se propun pentru creșterea eficienței energetice măsuri, precum:

Centralizatorul masurilor de crestere a eficientei energetice, propuse:							Reducerea emisiilor de CO ₂	Perioada de recuperare a investitiei (perioada de actualizare 20 ani)	Venitul net actualizat VNA	Rata interna de rentabilitate RIR	Rata de actualizare k
nr.crt.	Descrierea masurii	Termenul de aplicare	Costul aplicarii masurii [mii lei]	Economie anuala de energie							
				[MWh/an]	[tep/an]	%					
							[tCO ₂ /an]	[ani]	[mii lei]	%	%
1	Instalarea unui sistem de telegestiune pentru urmărirea tuturor consumurilor utilitatii (energie electrică) în condițiile aplicării măsurilor propuse de creștere a eficienței energetice din prezentul audit energetic	2020 - 2023	102.42	129.98	11.18	0.30	91.12	1.85	425.84	64.71%	12.00%
2	Pentru sistemul de iluminat interior a spatiilor comune: Achizitia si montajul de senzori lumina, prezenta / miscare si montajul in circuitele electrice din grupuri sociale, holuri, depozite / magazinei.	2020	3.53	410.11	35.26	1.33	287.49	0.02	1,642.84	5688.91%	12.00%
3	Pentru sistemul de iluminat exterior: Achizitia si montajul a 5 ceasuri programabile in circuitele electrice de iluminat exterior.	2020	3.85	101.78	8.75	0.33	71.35	0.66	9.87	170.85%	12.00%
4	Achizitia si montajul 3 600 PV x 275W/PV (Socup = 6 100mp) pe terasa cladirilor fabricii in vederea alimentarii cu en. electrica produsa. Puterea instalata Pip = 0.99 MWp, energia produsa anual E = 948 MWh / an - asigura 3% din consum de energie electrica raportat la consumul anului 2018	2020 - 2026	4,074.04	948.61	81.57	3.07	664.98	9.81	1,820.66	17.98%	12.00%
5	Inlocuirea motoarelor electrice, de actionare (215buc), inclusiv a dulapurilor aferente de alimentare cu energie electrica a acestora, cu motoare electrice de inalta eficienta (IE4)	2020 - 2026	2,492.54	334.67	28.78	1.08	234.61	7.99	1,439.31	20.10%	12.00%
6	Corectia excesului de aer de ardere pana la valoarea λ = 1,2. Se poate obtine o crestere a randamentului la cazane si la cabina de vopsire de 0,25% pentru fiecare procent de O ₂ redus, reducere a consumului de gaz natural.	2020	0	243.05	20.90	1.96	49.10	0.00	-	-	-
7	Cresterea incalzarii cu materie prima (Al) pana la atingerrea parametrilor nominali a cuptoarelor de turnare si tratament termic, scaderea consumului specific de energie electrica.	2020	0	672.82	57.85	2.18	471.65	0.00	-	-	-
TOTAL		2020 - 2026	6.676.38	2.841.04	244.29	10.24	1.870.29	2.90	1.067.70	1.192.51	12.00

Tabel 18.1 Tabel centralizator cu indicatorii de creștere a eficienței energetice, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de rentabilitate economică, pentru implementarea proiectelor propuse.

În urma aplicării acestor măsuri de creștere a eficienței energetice, consumul total de energie al fabricii va scădea cu cca. 10.24% (din care gaz natural 2%), randamentul consumatorilor de gaz natural va crește cu 2.3% iar al celor de energie electrică cu 1.5% și emisiilor de gaze cu efect de seră vor scădea cu 1 870.3 tCO₂ anual.

Toate măsurile de creștere a eficienței energetice propuse au o valoare de investiție estimată la 6 676.4 mii lei (1 398 mii euro), cu o perioadă de recuperare globală medie de max 2.9 ani (vezi table 18.1).

19. BIBLIOGRAFIE

- Eremia M., Electric Power Systems, Electric Networks, Editura Academiei Române, București, 2006.
- Leca A., Mușatescu V., Managementul energiei, Editura AGIR, Bucuresti, 2006.
- Regulament pentru racordarea utilizatorilor la rețelele electrice de interes public, Monitorul Oficial nr. 559/4 august 2003.
- Codul tehnic al rețelilor electrice de distribuție, ANRE, 2000.
- Bordonetti A., The continuity of electricity supply: the Italian normation and its practical application by Azienda Energetica A.P.A. 17th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, Barcelona 12-15 May 2003.
- Golovanov N., Postolache P., Toader C., Eficienta si calitatea energiei electrice, Editura AGIR, București, 2007.
- Standard de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice, cod ANRE 28.1.013.0.00.30.08.2007.
- Tristiu I., ș.a, Multi-criteria Reconfiguration of Distribution Electrical Networks for Minimization of Power Losses and Damage Cost due to Power Supply Interruption, IEEE Power-Tech, Lausanne, Rap. 376, 2007.
- Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, SR EN 50160/2007. [10] Legea energiei electrice, 13/2007.
- Codul tehnic al Rețelilor Electrice de Distribuție, Aprobat prin Decizia ANRE nr. 101 din 06.06.2000.
- Regulament pentru racordarea utilizatorilor la rețelele electrice de interes public, nr. 867/17 Iulie 2003.
- Analiza economică a proiectelor din domeniul energetic PE 011.
- Kouznetcov E. P., The Analysis and Evaluation of the Consequences of Poor Quality Power Supply for Consumers, CIRED, Rap.0319, 2007.

- Doing More with Less, Green Paper on energy efficiency; European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, 2005, http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index_en.htm.
- Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, Communication for the Commission of the European Communities, Bruxelles, COM, 454 final, 2006.
- Thumann, Handbook of energy audits, Fourth edition, Published by The Fairmont Press I.N.C., 1992.
- Gadola Șt. ș.a., Principii moderne de management energetic, Energobit, Cluj-Napoca, 2005.
- Andrei T., Econometrie, Editura Economică, București, 2007.
- Introducere in studiul analizei tehnice, Editura Economică, București, 2001.
- Dumitrescu M., ș.a., Enciclopedia conducerii întreprinderii, Editura științifică și enciclopedică, București, 1981.
- Leca A. ș.a., Principii de management energetic, Editura tehnică, București, 1997.
- Berinde T., Berinde M., Bilanșuri energetice in procese industriale, Editura tehnică, București 1985.
- Carabogdan I. Gh. ș.a. Bilanturi energetice. Probleme, Editura tehnică, București, 1986.
- Dușa V., Gheju P., Întocmirea și analiza bilanșurilor electroenergetice, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004.
- Carabulea A., Carabogdan I.Gh., Modele de bilanșuri energetice reale și optime, Editura Academiei, București, 1982.
- OUG nr. 63/1998 privind energia electrică și termică, Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 519/1998.
- Mușatescu V., Postolache P., Balante și optimizări energetice, Litografia IPB, București, 1981.
- Legea nr. 199/2000 privind utilizarea eficientă a energiei, Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 734/2002. [30] HG nr. 339/2002 pentru aprobarea Normelor metodologice de aplicare a Legii nr. 199/2000 privind utilizarea eficientă a energiei, Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 229/2002.

- Normativ privind metodica de întocmire și analiza bilanțurilor energetice în întreprinderile industriale , ICEMENERG, București, 2002.
- Mircea I., Instalații și echipamente electrice. Ghid teoretic și practic, Editia a doua Editura Didactică și Pedagogică, București, 2002.
- Albert Hermina Florea I., Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale, 2 volume, Editura tehnică București, 1987.
- Albert Hermina, Mihăilescu Anca, Pierderi de putere și energie în rețelele electrice. Determinare. Măsurile de reducere, Editura tehnică București, 1997.

20. ANEXE

ANEXA 20.1 Motoare asincrone. Dependența randamentului și factorului de putere de sarcină.

DETERMINAREA PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE AI MOTOARELOR ASINCRONE, TRIFAZATE, PRIN MĂSURAREA CURENTULUI PE O FAZĂ, SAU A PUTERILOR ACTIVĂ ȘI REACTIVĂ CONSUMATE DIN REȚEA

Pentru motoarele asincrone, trifazate, producătorul prezintă variația randamentului η și factorului de putere $\cos\varphi$ la diferite încărcări la arborele motorului (tabelele 1 și 2).

Relațiile pentru determinarea puterilor sunt:

- puterea apărentă:

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

- puterea activă absorbită din rețea:

$$P_e = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

- puterea reactivă absorbită din rețea :

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin\varphi$$

- puterea la arborele motorului :

$$P_m = \sqrt{3} * U * I * \eta * \cos\varphi$$

Curentul absorbit de motor pe o fază în funcție de puterea la arborele motorului este:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos\varphi}$$

Utilizând relațiile de mai sus s-au stabilit rapoartele existente între mărimile relative :

- putere apărentă :

$$\frac{S}{S_n} = \frac{I}{I_n}$$

- puterea activă absorbită din rețea:

$$\frac{P_e}{P_{en}} = \frac{I}{I_n} * \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_n}$$

- puterea reactivă absorbită din rețea :

$$\frac{Q_e}{Q_{en}} = \frac{I}{I_n} * \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_n}$$

- puterea la arborele motorului :

$$\frac{P_m}{P_{mn}} = \frac{I}{I_n} * \frac{\eta}{\eta_n} * \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_n}$$

Cu aceste relații și cu valorile randamentelor și factorilor de putere din tabelele 1 și 2 s-au determinat variațiile puterilor – în expresie relativă și absolută – în funcție de curentul – relativ sau absolut – absorbit din rețea sau de puterile activă și reactivă consumate din rețea.

P/Pn	5/4	4/4	3/4	2/4	1/4
η	96	96	96	94	89
	95	95	95	93	88
	94	94	94	92	86
	93	93	93	91	85
	92	92	92	90	84
	91	91	91	89	82
	90	90	90	87.5	81
	89	89	89	86.5	80
	88	88	88	85.5	79
	86	87	87	85	78
	85	86	86	84	77.5
	84	85	85	83	77
	83	84	84	82	76
	82	83	83	81	74
	81	82	82	80	73
	80	81	81	79	72
	78	80	80	78	70
	77	79	79	77	69
	76	78	78	76	68
	75	77	77	75	67
	74	76	76	74	66
	73	75	75	73	65
	72	74	74	72	64
	71	73	73	71	63
	70	72	72	69	61
	69	71	71	68	59
	68	70	70	67	58
	67	69	69	66	57
	66	68	68	65	56
	65	67	67	64	55
	64	66	66	63	54
	63	65	65	62	53
	62	64	64	61	52
	61	63	63	60	51
	59	62	62	59	50

Tabel 1. Randamentul la valori fracționare ale puterii nominale a motorului:

P/Pn	5/4	4/4	3/4	2/4	1/4
cos φ	0.91	0.91	0.88	0.82	0.64
	0.9	0.9	0.87	0.8	0.62
	0.9	0.89	0.86	0.79	0.6
	0.89	0.88	0.85	0.78	0.58
	0.88	0.87	0.84	0.77	0.57
	0.87	0.86	0.83	0.75	0.55
	0.86	0.85	0.82	0.73	0.53
	0.86	0.84	0.81	0.72	0.51
	0.85	0.83	0.8	0.71	0.5
	0.84	0.82	0.78	0.67	0.47
	0.83	0.81	0.76	0.66	0.45
	0.82	0.8	0.75	0.65	0.43
	0.81	0.79	0.73	0.63	0.42
	0.8	0.78	0.73	0.61	0.41
	0.79	0.77	0.72	0.59	0.4
	0.78	0.76	0.7	0.58	0.38
	0.77	0.75	0.69	0.56	0.36
	0.76	0.74	0.67	0.54	0.36
	0.75	0.73	0.66	0.52	0.35
	0.74	0.72	0.65	0.51	0.34
	0.73	0.71	0.64	0.5	0.34
	0.72	0.7	0.63	0.48	0.33
	0.71	0.69	0.62	0.47	0.33
	0.7	0.68	0.61	0.45	0.32
	0.69	0.67	0.58	0.45	0.32

Tabel 2. Factorul de putere la valori fracționare ale puterii nominale a motorului electric.

ANEXA 20.2 Fișa tehnică a panoaurilor fotovoltaice propuse.






High Quality Solar Panel KD-P270W--320W

Module type:
 KD-P270W, KD-P275W, KD-P280W,
 KD-P285W, KD-P290W, KD-P295W,
 KD-P300W, KD-P305W, KD-P310W,
 KD-P315W, KD-P320W

Highest module efficiency:
16.48%

Material & Workmanship warranty:
10 year

Linear power output warranty:
25 year



Positive tolerance offer: $\pm 5\%$



TUV bankable in all European big banks



Certified to withstand wind (2400pa) and mechanical load (5400pa)

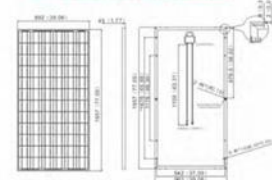
ZHEJIANG KINGDOM SOLAR ENERGY TECHNIC CO.,LTD
 Tel: 0086-576-85508111 Fax: 0086-576-85170266
 Website: <http://www.kingdomsolar.net>
 E-mail: kingdom@kingdomsolar.net kdm@kingdomsolar.net
gsan@kingdomsolar.net power@kingdomsolar.net
technic@kingdomsolar.net entstax@kingdomsolar.net
 Address: Hufeng North Road, Jiangnan Development Area,
 Linhai, Zhejiang, China

ZHEJIANG KINGDOM GERMANY Sub-COMPANY
 Kingdom Solar GmbH
 Add: Weismuellerstrasse 45, 60314 Frankfurt am Main

Specifications

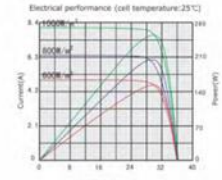
Type	KD-P320	KD-P315	KD-P310	KD-P305	KD-P300	KD-P295	KD-P290	KD-P285	KD-P280	KD-P275	KD-P270
Voltage(V)	320	315	310	305	300	295	290	285	280	275	270
Open/Circuit Voltage (V)	46.79	46.46	46.14	45.82	45.5	45.2	44.9	44.7	44.3	44.0	43.75
Short Circuit Current (A)	9.38	9.30	9.21	9.11	9.03	8.95	8.90	8.84	8.77	8.77	8.63
Maximum Power Voltage (V)	37.50	37.25	37.00	36.80	36.5	36.2	36.00	35.5	35.0	35.0	34.5
Maximum Power Current (A)	8.53	8.40	8.38	8.29	8.22	8.15	8.10	8.00	8.00	8.0	7.83
Cell Efficiency (%)	18.28%	17.98%	17.89%	17.81%	17.72%	18.84%	18.55%	18.27%	15.98%	15.98%	15.41%
Module Efficiency (%)	16.48%	16.23%	16.00%	15.71%	15.45%	15.20%	14.94%	14.68%	14.42%	14.42%	13.91%
Maximum System Voltage (V)	DC1000V										
Temperature Coefficient of Voc	-0.27%/°C										
Temperature Coefficient of Isc	+0.045%/°C										
Temperature Coefficient of Pmax	-0.408%/°C										
Maximum Series Fuse Rating	15A										
Number of Cells	6x12										
Junction Box	IP67 rated with 6 bypass diodes										
Cable	4.0mm ² (0.006inches) symmetrical length(-):1100mm(43.30inches) and(+):1100mm(43.30inches) 4.0mm ² (0.006inches) (-):1100mm(43.30inches) (+):1100mm(43.30inches) 4.0mm ² (0.006inches) (-):1100mm(43.30inches) (+):1100mm(43.30inches)										
Tempered Glass	3.2mm(0.13inches)tempered glass										
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)										
Back Sheet	Composite film										
Frame	Anodized aluminum alloy										
Dimension	1957x992x45mm(77.05x39.06x1.77inches)										
Maximum Surface Load Capacity	5400Pa										
Temperature Range	-40°C to +85°C										
Weight	22.5kg(49.6lb)										

PHYSICAL CHARACTERISTICS Unit:mm(inches)



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Electrical performance (cell temperature:25°C)



ANEXA 20.3 Motoare electrice de înaltă eficiență

Marea majoritate a motoarelor electrice utilizate pentru acționarea mașinilor de lucru sunt motoarele trifazate, asincrone (de inducție), cu rotorul în scurtcircuit (colivie de veveriță) și în măsură mai mică cu rotorul bobinat (cu inele). Motoarele sincrone și de curent continuu se utilizează puțin, pentru acționări speciale (puteri foarte mari, tracțiune electrică, reglări de turații).

Motoarele trifazate, asincrone au pe lângă calități mecanice deosebite (robustețe, simplitate constructivă) și randamente „bune”. Astfel un randament de 90% este uzual la aceste motoare.

- Bilanțul de puteri la un motor de inducție evidențiază următoarele pierderi de putere:
- pierderile prin efect Joule în stator și rotor (pierderi „in cupru”) $p_{Cu1} > p_{Cu2}$;
- pierderile în fier p_{Fe} ;
- pierderile mecanice (frecări) p_m ;
- pierderile suplimentare (de scăpări) p_s ;

Ponderile acestor pierderi în totalul pierderilor la motoarele din gama 1.1 ...30 kW sunt:

- pierderi în stator $p_{Cu1} = 35...55\%$
- pierderi în rotor $p_{Cu2} = 20...25\%$
- pierderi în fier $p_{Fe} \approx 20\%$
- pierderile mecanice $p_m = 5...10\%$;
- pierderile suplimentare $p_s = 2...15\%$;

Randamentul și factorul de putere al unui motor sunt dependente de sarcina acestuia.

Astfel pentru un motor trifazat asincron, în scurtcircuit, de uz general, de 22 kW, 1 500 rot/min, 0.4 kV, dependența randamentului și factorului de putere de sarcină este prezentată în **tabelul 1**.

Sarcina P/Pn	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4
η [%]	80.5	87	89.5	89.5	89.5
$\cos \varphi$	0.53	0.73	0.82	0.85	0.86

Tabelul 1. Variația randamentului și factorului de putere ale motorului AT 180L-4, 22kW, 1460 rot/min, 0.4 kV în funcție de sarcină.

Se vede că motorul are eficiență maximă la sarcina cuprinsă în domeniul 3/4 ...5/4.

295/307

www.energo bit . com

În actuala conjunctură a prețurilor energiei electrice, randamentele “bune” nu mai sunt suficiente, astfel încât este necesară creșterea acestora, prin reducerea pierderilor.

Principalele metode pentru creșterea randamentelor motoarelor electrice de inducție în vederea realizării motoarelor eficiente energetic sunt:

- reducerea densității fluxului magnetic în fier (inducția magnetică) în scopul reducerii pierderilor în fier, ceea ce conduce la o cantitate mai mare de fier magnetic în circuitul magnetic;
- reducerea pierderilor în fier prin utilizarea tolelor de înaltă calitate (fier amorf), ceea ce conduce la costuri suplimentare însă randamentul poate crește cu 2%;
- reducerea pierderilor în stator prin utilizarea de conductoare de bobinaj cu secțiune mărită pentru reducerea densității de curent. Aceasta duce la dimensiuni mari ale motorului;
- reducerea pierderilor în rotor (cele mai semnificative) prin reducerea rezistenței rotorice. Cea mai bună metodă de reducere a acestor pierderi (cu 40%) este utilizarea coliviei rotorice din cupru, în locul aluminiului. Această tehnologie este scumpă, dar randamentul poate crește cu 3.5 %.

Aplicarea acestor metode a condus la apariția motoarelor “eficiente” și “înalt eficiente” cu randamente superioare față de randamentele motoarelor “standard” cu 2...8%. În Figura 1 sunt prezentate comparativ randamentele motoarelor “standard” și ale celor de “înaltă eficiență”.

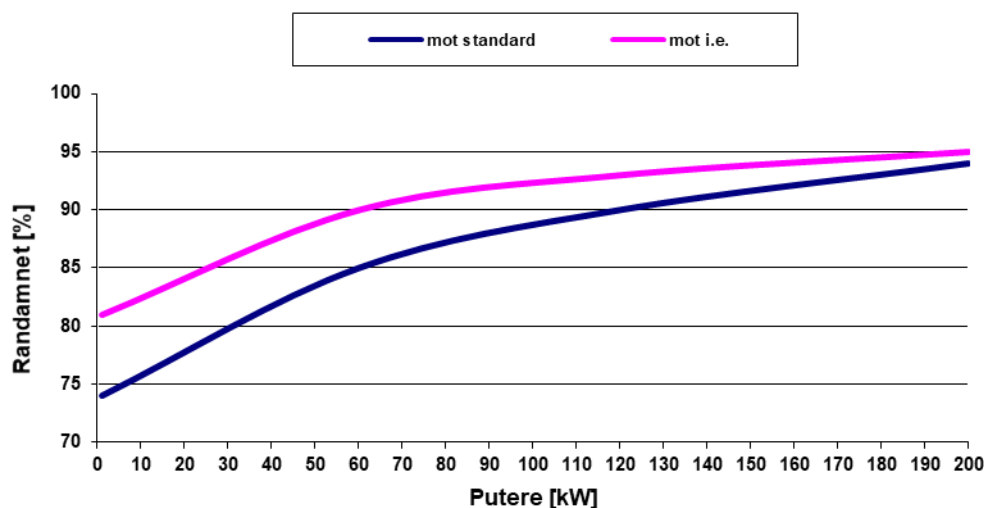


Figura 1. Comparație între randamentele motoarelor “standard” și “înaltă eficiență”.

În Europa, organizația care emite reglementări în domeniul eficienței energetice a motoarelor electrice este Comitetul European al Fabricanților de Mașini Electrice și Electronice de Putere (CEMEP). Până în prezent reglementările CEMEP în Uniunea Europeană sunt facultative.

Înlocuirea motoarelor de inducție vechi cu motoare de inducție eficiente nu se recomandă în următoarele cazuri:

- când motorul este subîncărcat (<75% sarcină);
- când motorul este cu porniri/opriri dese (> 40 opriri/oră);
- când timpul de recuperare a investiției este mai mare de 3 ani;
- când masa motorului este un criteriu funcțional.

Înlocuirea motoarelor “standard” cu motoare “eficiente” se recomandă în următoarele cazuri :

- orice motor mai mic de 100 kW și mai vechi de 10...15 ani;
- motoare rebobinate (randamentul unui motor scade cu 2% la o rebobinare);
- dacă rebobinarea costă mai mult de 65% din prețul unui motor eficient.

ANEXA 20.4 Analiza financiară pentru implementarea unui parc fotovoltaic.

Proiect FOTOVOLTAIC

Valuta	Euro																					
An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie instalatie noua, contributie proprie	-853,534	-853,534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investitie instalatie existenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valoare investitie	-853,534	-853,534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheltuieli sit. existenta			-78,887	-81,253	-83,691	-86,202	-88,788	-91,451	-94,195	-97,021	-99,931	-102,929	-106,017	-109,198	-112,474	-115,848	-119,323	-122,903	-126,590	-130,388	-134,300	-138,329
Cheltuieli sit. viitoare			-901	-928	-956	-985	-1,014	-1,045	-1,076	-1,108	-1,141	-1,176	-1,211	-1,247	-1,285	-1,323	-1,363	-1,404	-1,446	-1,489	-1,534	-1,580
Vinzari sit. existenta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinzari sit. viitoare			77,986	80,325	82,735	85,217	87,774	90,407	93,119	95,913	98,790	101,754	104,806	107,951	111,189	114,525	117,961	121,499	125,144	128,899	132,766	136,749
Beneficiu		0.00	155,971.58	160,650.73	165,470.25	170,434.36	175,547.39	180,813.81	186,238.22	191,825.37	197,580.13	203,507.54	209,612.76	215,901.15	222,378.18	229,049.53	235,921.01	242,998.64	250,288.60	257,797.26	265,531.18	273,497.11
Amortizare investitie		0.00	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59	-42,884.59
Dobinda imprumut		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Profit brut		0.00	113,086.99	117,766.14	122,585.66	127,549.77	132,662.80	137,929.22	143,353.64	148,940.78	154,695.54	160,622.95	166,728.17	173,016.56	179,493.59	186,164.94	193,036.42	200,114.05	207,404.01	214,912.67	222,646.59	230,612.52
Impozit profit		0.00	-18,093.92	-18,842.58	-19,613.71	-20,407.96	-21,226.05	-22,068.68	-22,936.58	-23,830.53	-24,751.29	-25,699.67	-26,676.51	-27,682.65	-28,718.97	-29,786.39	-30,885.83	-32,018.25	-33,184.64	-34,386.03	-35,623.45	-36,898.00
Profit net		0.00	94,993.07	98,923.56	102,971.96	107,141.81	111,436.75	115,860.55	120,417.05	125,110.26	129,944.26	134,923.28	140,051.67	145,333.91	150,774.62	156,378.55	162,150.60	168,095.80	174,219.37	180,526.64	187,023.13	193,714.52
Reluare amortizare		0	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885	42,885
Rata imprumut		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow	2,804,149	-853,534	137,878	141,808	145,857	150,026	154,321	158,745	163,302	167,995	172,829	177,808	182,936	188,218	193,659	199,263	205,035	210,980	217,104	223,411	229,908	236,599

An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie actualizata	-853,534	-853,534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venituri actualizate	1,234,424	0	123,105	113,049	103,818	95,344	87,566	80,425	73,869	67,850	62,324	57,249	52,590	48,311	44,382	40,773	37,459	34,415	31,620	29,052	26,694	24,527
Cash Flow Actualizat	380,890	-853,534	123,105	113,049	103,818	95,344	87,566	80,425	73,869	67,850	62,324	57,249	52,590	48,311	44,382	40,773	37,459	34,415	31,620	29,052	26,694	24,527

NPV	380,890 Euro
IRR	17.98%
SIR	1.45
PP	9.81 ani

Anul 0 corespunde investitiei facute la inceputul primei perioade de analiza
Toate fluxurile de numerar au loc la sfirsitul perioadei de analiza

Rata de actualizare	12%
Valoarea reziduala	0

ANEXA 20.5 Analiza financiară pentru implementarea proiect înlocuire motoare cu motoare de înaltă eficiență.

Proiect înlocuire motoare

Valuta		Euro																				
An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie instalatie noua ,contributie proprie	-521,452	-521,452	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investitie instalatie existenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valoare investitie	-521,452	-521,452	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheltuieli sit. existenta			-57,490	-58,352	-59,227	-60,116	-61,017	-61,933	-62,862	-63,805	-64,762	-65,733	-66,719	-67,720	-68,736	-69,767	-70,813	-71,875	-72,954	-74,048	-75,159	-76,286
Cheltuieli sit. viitoare			37,981	38,551	39,129	39,716	40,312	40,917	41,531	42,154	42,786	43,428	44,079	44,740	45,411	46,093	46,784	47,486	48,198	48,921	49,655	50,400
Vinzari sit. existenta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinzari sit. viitoare			19,508	19,801	20,098	20,399	20,705	21,016	21,331	21,651	21,976	22,305	22,640	22,980	23,324	23,674	24,029	24,390	24,756	25,127	25,504	25,886
Beneficiu	0.00	114,979.27	116,703.96	118,454.52	120,231.34	122,034.81	123,865.33	125,723.31	127,609.16	129,523.30	131,466.15	133,438.14	135,439.71	137,471.31	139,533.38	141,626.38	143,750.78	145,907.04	148,095.64	150,317.08	152,571.83	
Amortizare investitie	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	-26,072.62	0.00
Dobinda imprumut			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profit brut	88,906.66	90,631.35	92,381.91	94,158.72	95,962.19	97,792.72	99,650.70	101,536.55	103,450.68	105,393.53	107,365.52	109,367.10	111,398.69	113,460.76	115,553.76	117,678.16	119,834.42	122,023.03	124,244.46	126,499.22	0.00	
Impozit profit	-14,225.07	-14,501.02	-14,781.10	-15,065.40	-15,353.95	-15,646.83	-15,944.11	-16,245.85	-16,552.11	-16,862.97	-17,178.48	-17,498.74	-17,823.79	-18,153.72	-18,488.60	-18,828.51	-19,173.51	-19,523.68	-19,879.11	-20,239.87	0.00	
Profit net	74,681.59	76,130.33	77,600.80	79,093.33	80,608.24	82,145.88	83,706.58	85,290.70	86,898.57	88,530.57	90,187.04	91,868.36	93,574.90	95,307.04	97,065.16	98,849.65	100,660.91	102,499.34	104,365.35	106,259.34	0.00	
Reluare amortizare	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	26,073	0
Rata imprumut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow	1,795,324	-521,452	100,754	102,203	103,673	105,166	106,681	108,218	109,779	111,363	112,971	114,603	116,260	117,941	119,648	121,380	123,138	124,922	126,734	128,572	130,438	132,332

An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie actualizata	-521,452	-521,452	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venituri actualizate	822,563	0	89,959	81,476	73,793	66,835	60,534	54,827	49,659	44,978	40,739	36,899	33,422	30,273	27,420	24,837	22,497	20,378	18,458	16,719	15,145	13,718
Cash Flow Actualizat	301,110	-521,452	89,959	81,476	73,793	66,835	60,534	54,827	49,659	44,978	40,739	36,899	33,422	30,273	27,420	24,837	22,497	20,378	18,458	16,719	15,145	13,718

NPV	301,110	Euro
IRR	20.10%	
SIR	1.58	
PP	7.99	ani

Anul 0 corespunde investitiei facute la inceputul primei perioade de analiza
Toate fluxurile de numerar au loc la sfirsitul perioadei de analiza

Rata de actualizare	12%
Valoarea reziduala	0

ANEXA 20.6 Analiza financiară pentru implementarea proiect iluminat interior în spații comune.

Proiect iluminat interior

Valuta	Euro																					
An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie instalatie noua ,contributie proprie	-739	-739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investitie instalatie existenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valoare investitie	-739	-739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheltuieli sit. existenta			-27,036	-27,441	-27,853	-28,271	-28,695	-29,125	-29,562	-30,005	-30,455	-30,912	-31,376	-31,847	-32,324	-32,809	-33,301	-33,801	-34,308	-34,822	-35,345	-35,875
Cheltuieli sit. viitoare			-2,019	-2,049	-2,080	-2,111	-2,143	-2,175	-2,207	-2,240	-2,274	-2,308	-2,343	-2,378	-2,414	-2,450	-2,486	-2,524	-2,562	-2,600	-2,639	-2,679
Vinzari sit. existenta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinzari sit. viitoare			25,017	25,392	25,773	26,160	26,552	26,950	27,355	27,765	28,181	28,604	29,033	29,469	29,911	30,359	30,815	31,277	31,746	32,222	32,706	33,196
Beneficiu	0.00	50,034	50,784	51,546	52,319	53,104	53,901	54,709	55,530	56,363	57,208	58,066	58,937	59,822	60,719	61,630	62,554	63,492	64,445	65,411	66,393	
Amortizare investitie	0.00	0.00	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37
Dobinda imprumut			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profit brut	0.00	49,997.03	50,747.54	51,509.31	52,282.51	53,067.30	53,863.86	54,672.37	55,493.01	56,325.96	57,171.41	58,029.53	58,900.53	59,784.59	60,681.91	61,592.70	62,517.14	63,455.45	64,407.84	65,374.51	66,355.68	
Impozit profit	0.00	-7,999.53	-8,119.61	-8,241.49	-8,365.20	-8,490.77	-8,618.22	-8,747.58	-8,878.88	-9,012.15	-9,147.43	-9,284.73	-9,424.08	-9,565.53	-9,709.11	-9,854.83	-10,002.74	-10,152.87	-10,305.25	-10,459.92	-10,616.91	
Profit net	0.00	41,997.51	42,627.94	43,267.82	43,917.30	44,576.53	45,245.64	45,924.79	46,614.13	47,313.81	48,023.98	48,744.81	49,476.44	50,219.06	50,972.81	51,737.87	52,514.40	53,302.58	54,102.59	54,914.59	55,738.77	
Reluare amortizare		0	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Rata imprumut		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow	971,233	-739	42,034	42,665	43,305	43,954	44,613	45,283	45,962	46,651	47,351	48,061	48,782	49,513	50,256	51,010	51,775	52,551	53,340	54,140	54,952	55,776

An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie actualizata	-739	-739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venituri actualizate	344,428	0	37,531	34,012	30,823	27,934	25,315	22,942	20,791	18,842	17,075	15,474	14,024	12,709	11,517	10,438	9,459	8,572	7,769	7,040	6,380	5,782
Cash Flow Actualizat	343,689	-739	37,531	34,012	30,823	27,934	25,315	22,942	20,791	18,842	17,075	15,474	14,024	12,709	11,517	10,438	9,459	8,572	7,769	7,040	6,380	5,782

NPV	33,980 Euro
IRR	#####
SIR	466.02
PP	0.02 ani

Anul 0 corespunde investitiei facute la inceputul primei perioade de analiza
Toate fluxurile de numerar au loc la sfirsitul perioadei de analiza

Rata de actualizare	12%
Valoarea reziduala	0

ANEXA 20.7 Analiza financiara pentru implementarea proiect iluminat exterior spații comune.

Proiect iluminat exterior

Valuta	Euro																					
An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie instalatie noua_ contributie proprie	-805	-805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investitie instalatie existenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valoare investitie	-805	-805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheltuieli sit. existenta			-1,321	-1,341	-1,361	-1,381	-1,402	-1,423	-1,444	-1,466	-1,488	-1,510	-1,533	-1,556	-1,579	-1,603	-1,627	-1,651	-1,676	-1,701	-1,727	-1,753
Cheltuieli sit. viitoare			-1,160	-1,177	-1,195	-1,213	-1,231	-1,249	-1,268	-1,287	-1,306	-1,326	-1,346	-1,366	-1,387	-1,407	-1,429	-1,450	-1,472	-1,494	-1,516	-1,539
Vinzari sit. existenta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinzari sit. viitoare			161	163	166	168	171	173	176	179	181	184	187	190	192	195	198	201	204	207	210	214
Beneficiu	0.00	321.90	326.73	331.63	336.61	341.66	346.78	351.98	357.26	362.62	368.06	373.58	379.19	384.87	390.65	396.51	402.45	408.49	414.62	420.84	427.15	
Amortizare investitii	0.00	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27	-40.27
Dobinda imprumut			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profit brut	0.00	281.63	286.46	291.36	296.33	301.38	306.51	311.71	316.99	322.35	327.79	333.31	338.91	344.60	350.37	356.23	362.18	368.22	374.35	380.56	386.88	
Impozit profit	0.00	-45.06	-45.83	-46.62	-47.41	-48.22	-49.04	-49.87	-50.72	-51.58	-52.45	-53.33	-54.23	-55.14	-56.06	-57.00	-57.95	-58.91	-59.90	-60.89	-61.90	
Profit net	0.00	236.57	240.63	244.74	248.92	253.16	257.47	261.84	266.27	270.77	275.34	279.98	284.69	289.46	294.31	299.24	304.23	309.30	314.45	319.67	324.98	
Reluare amortizare		0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Rata imprumut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow	5,576	-805	277	281	285	289	293	298	302	307	311	316	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365

An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie actualizata	-805	-805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venituri actualizate	2,264	0	247	224	203	184	167	151	137	124	112	102	92	83	76	68	62	56	51	46	42	38
Cash Flow Actualizat	1,458	-805	247	224	203	184	167	151	137	124	112	102	92	83	76	68	62	56	51	46	42	38

NPV	1,458	Euro
IRR	35.74%	
SIR	2.81	
PP	3.72	ani

Anul 0 corespunde investitiei facute la inceputul primei perioade de analiza
Toate fluxurile de numerar au loc la sfirsitul perioadei de analiza

Rata de actualizare	12%
Valoarea reziduala	0

ANEXA 20.8 Analiza financiară pentru implementarea proiect gestiunea energiei – contorizare.

Proiect achizitie sistem de telegestiune

Valuta		Euro																				
An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie instalatie noua _contributie proprie	-21,338	-21,338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investitie instalatie existenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valoare investitie	-21,338	-21,338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cheltuieli sit. existenta			-2,642,992	-2,682,637	-2,722,877	-2,763,720	-2,805,176	-2,847,253	-2,889,962	-2,933,312	-2,977,311	-3,021,971	-3,067,300	-3,113,310	-3,160,010	-3,207,410	-3,255,521	-3,304,354	-3,353,919	-3,404,228	-3,455,291	-3,507,121
Cheltuieli sit. viitoare			-2,635,063	-2,674,589	-2,714,708	-2,755,429	-2,796,760	-2,838,712	-2,881,292	-2,924,512	-2,968,379	-3,012,905	-3,058,099	-3,103,970	-3,150,530	-3,197,788	-3,245,754	-3,294,441	-3,343,857	-3,394,015	-3,444,925	-3,496,599
Vinzari sit. existenta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinzari sit. viitoare			7,929	8,048	8,169	8,291	8,416	8,542	8,670	8,800	8,932	9,066	9,202	9,340	9,480	9,622	9,767	9,913	10,062	10,213	10,366	10,521
Beneficii	0.00	15,857.95	16,095.82	16,337.26	16,582.32	16,831.05	17,083.52	17,339.77	17,599.87	17,863.87	18,131.83	18,403.80	18,679.86	18,960.06	19,244.46	19,533.13	19,826.12	20,123.51	20,425.37	20,731.75	21,042.72	
Amortizare investitie	0.00	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88	-1,066.88
Dobinda imprumut			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profit brut	0.00	14,791.08	15,028.95	15,270.39	15,515.44	15,764.18	16,016.65	16,272.90	16,532.99	16,796.99	17,064.95	17,336.93	17,612.98	17,893.18	18,177.58	18,466.25	18,759.25	19,056.64	19,358.49	19,664.87	19,975.85	
Impozit profit	0.00	-2,366.57	-2,404.63	-2,443.26	-2,482.47	-2,522.27	-2,562.66	-2,603.66	-2,645.28	-2,687.52	-2,730.39	-2,773.91	-2,818.08	-2,862.91	-2,908.41	-2,954.60	-3,001.48	-3,049.06	-3,097.36	-3,146.38	-3,196.14	
Profit net	0.00	12,424.51	12,624.32	12,827.12	13,032.97	13,241.91	13,453.98	13,669.23	13,887.72	14,109.47	14,334.56	14,563.02	14,794.91	15,030.27	15,269.17	15,511.65	15,757.77	16,007.58	16,261.13	16,518.49	16,779.71	
Reluare amortizare	0	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	1,067	
Rata imprumut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cash Flow	290,100	-21,338	13,491	13,691	13,894	14,100	14,309	14,521	14,736	14,955	15,176	15,401	15,630	15,862	16,097	16,336	16,579	16,825	17,074	17,328	17,585	17,847

An analiza	Total	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investitie actualizata	-21,338	-21,338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venituri actualizate	110,425	0	12,046	10,915	9,889	8,961	8,119	7,357	6,666	6,040	5,473	4,959	4,493	4,071	3,689	3,343	3,029	2,744	2,487	2,253	2,042	1,850
Cash Flow Actualizat	89,088	-21,338	12,046	10,915	9,889	8,961	8,119	7,357	6,666	6,040	5,473	4,959	4,493	4,071	3,689	3,343	3,029	2,744	2,487	2,253	2,042	1,850

NPV	89,088	Euro
IRR	64.71%	
SIR	5.18	
PP	1.85	ani

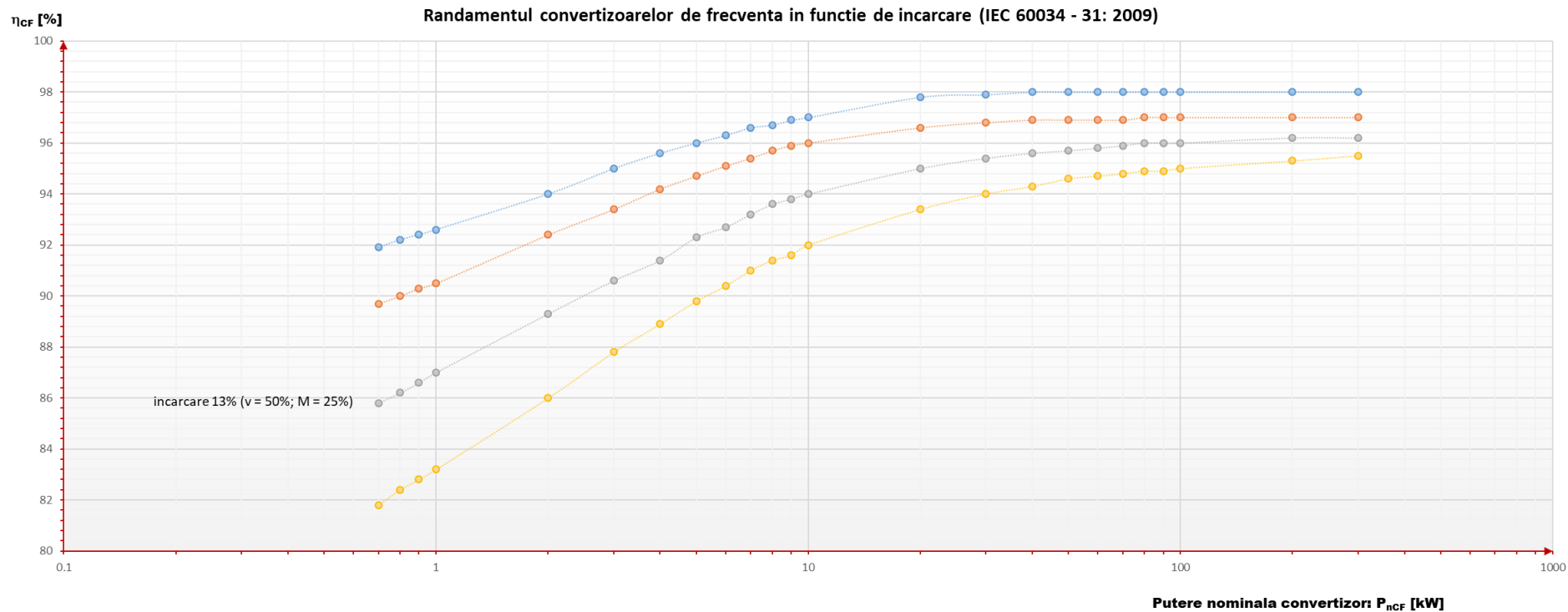
Anul 0 corespunde investitiei facute la inceputul primei perioade de analiza
Toate fluxurile de numerar au loc la sfirsitul perioadei de analiza

Rata de actualizare	12%
Valoarea reziduala	0

ANEXA 20.9 Convertizoare de frecvență. Dependența randamentului de sarcină.

Putere nominală Pn [kW]		Randament η [%]			
		Sarcină 100%	Sarcină 42%	Sarcină 13%	Sarcină 2%
	0	1	2	3	4
1	0.7	91.9	89.7	85.8	81.8
2	0.8	92.2	90	86.2	82.4
3	0.9	92.4	90.3	86.6	82.8
4	1	92.6	90.5	87	83.2
5	2	94	92.4	89.3	86
6	3	95	93.4	90.6	87.8
7	4	95.6	94.7	91.4	88.9
8	5	96	95.1	92.3	89.8
9	6	96.3	95.4	92.7	90.4
10	7	96.6	95.7	93.2	91
11	8	96.7	95.9	93.6	91.4
12	9	96.9	96	93.8	91.6
13	10	97	96.6	94	92
14	20	97.8	96.8	95	93.4
15	30	97.9	96.9	95.4	94
16	40	98	96.9	95.6	94.3
17	50	98	96.9	95.7	94.6
18	60	98	96.9	95.8	94.7
19	70	98	96.9	95.9	94.8
20	80	98	97	96	94.9
21	90	98	97	96	94.9
22	100	98	97	96	95
23	200	98	97	96.2	95.3
24	300	98	97	96.2	95.5

Randamentele convertizoarelor de frecvență, în funcție de sarcină.



ANEXA 20.10 Pierderi în mașini de curent continuu.

În mașina de c.c. se produc pierderi în miezul indusului, în înfășurări, în colector, pierderi mecanice în lagăre și de ventilație și pierderi suplimentare. Pierderile în înfășurări și pierderile de contact la perii depind de curent, celelalte pierderi sunt independente de curent.

Randamentul motorului de c.c este:

$$\eta = \frac{U_b I - (RI^2 + R_e i_e^2 + \Delta U_p I + P_m + P_{f,v})}{U_f I}$$

unde:

U_b – tensiunea la bornele motorului;

I – curentul în înfășurarea indusului;

R – rezistența înfășurării indusului;

R_e – rezistența înfășurării de excitație;

i_e – curentul în înfășurarea de excitație;

ΔU_p – căderea de tensiune la perii;

P_m – pierderi totale în miez (inclusiv cele suplimentare);

$P_{f,v}$ – pierderi de frecare și ventilație.

Pierderi specifice în miez, prin histerezis, datorită magnetizării rotitoare, în indus:

$$P_h = \sigma_H f B^2 [W/kg]$$

σ_H - coeficient experimental;

f – frecvență de rotire a indusului [Hz];

B – inducția magnetică [T];

La mașinile de c.c aceste pierderi sunt mai mari de aproximativ 1,8 ori decât pierderile echivalente în mașini de c.a. deci se poate scrie:

$$P_H = 1,8 \sigma_H f B^2 [W/kg]$$

Pierderi specifice în miez, prin curenți turbionari:

$$P_F = \sigma_F f^2 B^2 [W/kg]$$

σ_F – coeficient experimental

Pierderi specifice, totale în miez:

$$P_m = P_H + P_F = (1,8\sigma_H f + \sigma_F f^2) B^2 \text{ [W/kg]}$$

Pierderi specifice, totale în dinții indusului sunt approximate cu relația:

$$P_d = (1,2 \cdot 1,8\sigma_H f + 3\sigma_F f^2) B_d^2 \text{ [W/kg]}$$

B_d – inducția medie în dinții indusului [T];

Valorile coeficienților σ_H și σ_F

Oțel	Grosimea tolei [mm]	σ_H	σ_F
slab și mediu aliat	1	4.4	22.4
	0.5	4.4	5.6
	0.35	4.7	3.2
înalț aliat	05	3	1.2
	0.35	2.4	0.6

Practic inducția în mașinile de c.c. este cuprinsă în domeniul $B = (1 \dots 1.6)T$

Pierderile specifice, suplimentare sunt reprezentate de pierderile specifice de suprafață, în piesele polare [W/m^2] și de pierderile specifice de pulsație în dinți [W/kg];

Pierderi electrice de contact (perie/colector)

$$P_{pe} = \Delta U_p \cdot I \text{ [W]}$$

unde:

ΔU_p – căderea de tensiune la contactul (perie/colector) [V]

$\Delta U_p = (1.5 \dots 2.5) V$ pe perechea de perii (tensiunea mai mică pt. perii metalografite, tensiunea mai mare pentru perii din grafit)

Pierderi prin frecare în lagăre de rulare:

$$P_{f1} = k_r \frac{G}{d_g} v \text{ [W]}$$

k_r – 0.01...0.02 coeficient de frecare în lagăre cu bile

k_r – 0.02...0.03 coeficient de frecare în lagăre cu role

G – sarcina pe lagăr [N]

d_s - diametrul lagărului (trece prin centrul bilelor sau rolelor) [cm]

v - viteza periferică a arborelui [m/s]

Pierderi prin frecare cu aerul: $P_{f2} = cw^2 D^5 (1 + 5l_r/D)$ [W]

$c = (1,5 \dots 3) \cdot 10^{-3}$ - coeficient.

w - viteza unghiulară a rotorului [rad/s]

D - diametrul rotorului [cm];

l_r - lungimea rotorului [cm];

Pierderi de frecare la perii: $P_{f3} = \mu p S_p v$ [W]

$\mu = 0,25$ - coeficient de frecare;

p - presiunea periiilor pe colector (N/m^2);

S_p - suprafața de contact a periiilor [cm^2];

v - viteza periferică a colectorului (m/s);

Pierderi de autoventilație: $P_v = 1,1 \cdot Qv^2$ [W]

Q - debitul de aer [m^3/s]

v - viteza periferică a rotorului ventilatorului [m/s]

Depresiunea creată de ventilator este cuprinsă în general, în domeniul $H = (50 \dots 100)$ mmCA.