



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

II. RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

FAZA DE EXECUȚIE NR. 3

CU TITLUL Stabilirea soluțiilor optime de funcționare a ENET SA prin utilizarea acumulării de căldură și a alimentării centralizate cu frig. Practica și activități de diseminare.

Avizat,

Coordonator

Universitatea Politehnica din
București

Reprezentant Legal

Rector: COSTOIU Mihnea

Semnătură:
Ștampila:



Director Proiect

MINCIUC Eduard

Semnătură:

E. Minciuc

Partener 1

INSTITUTUL NAȚIONAL
DE CERCETARE-
DEZVOLTARE PENTRU
ENERGIE - ICEMENERG
BUCUREȘTI

Reprezentant Legal

Director General: ADAM
Adrian Andrei

Semnătură:
Ștampila:



Responsabil de proiect P1

ADAM Adrian Andrei

Semnătură:

Adrian Andrei Adam

Agent Economic

SC ENET SA Focșani

Reprezentant Legal

Director General:
MERCHEA Manole

Semnătură:
Ștampila:



Responsabil de proiect agent
economic

MERCHEA Manole

Semnătură:

Manole Merchea



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

Contract de finanțare nr. 66BG/2016
Creșterea competitivității ENET SA Focșani prin dezvoltarea și
diversificarea serviciilor oferite și optimizarea tehnologiilor moderne de
producere combinată a energiei electrice și termice

Durata Proiectului 24 luni

STABILIREA SOLUȚIILOR OPTIME DE FUNCȚIONARE A ENET SA
PRIN UTILIZAREA ACUMULĂRII DE CĂLDURĂ ȘI A ALIMENTĂRII
CENTRALIZATE DU FRIG. PRACTICA ȘI ACTIVITĂȚI DE
DISEMINARE.

ETAPA III

Director de proiect: Conferențiar dr. ing. MINCIUC Eduard

București – 2018



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

CUPRINS

Rezumat	4
Activitatea 3.1. Modelarea acoperirii optime a curbei de sarcină integrând acumularea de căldură.	5
Activitatea 3.2. Stabilirea soluției optime de alimentare cu frig.	16
Activitatea 3.3. Plan de afaceri pentru implementare soluției propuse.	18
Activitatea 3.4. Elaborarea suportului de curs privind tehnologiile de alimentare cu frig.	19
Activitatea 3.5. Organizare curs de scurtă durată.	20
Activitatea 3.6. Organizarea și derularea stagiului de practică pentru 2 masteranzi.	20
Activitatea 3.7. Organizarea și derularea stagiului pentru 1 doctorand.	20
Activitatea 3.9. Elaborarea a 2 articole științifice.	20
Activitatea 3.10. Organizarea a 1 mese rotunde.	21
Concluzii	21



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

Obiectivele proiectului

Obiectivul general al proiectului: Creșterea performanțelor tehnologiei moderne de producere a energiei electrice și termice, existente la agentul economic ENET SA Focșani prin transfer de informații și knowhow de la cercetători la specialiștii ce operează echipamentele centralei.

Obiectivele fazei de execuție:

- Modelarea acoperirii optime a curbei de sarcină integrând acumularea de căldură.
- Stabilirea soluției optime de alimentare cu frig.
- Elaborarea planului de afaceri pentru implementare soluției propuse.
- Elaborarea suportului de curs privind tehnologiile de alimentare cu frig.
- Organizare curs de scurtă durată.
- Practica masteranzi.
- Stagiul doctoranzi.
- Diseminarea rezultatelor.

Rezumat

Analizând obiectivele specifice etapei III a proiectului se poate spune că rezultatele obținute sunt în concordanță cu planificarea inițială.

Pentru îndeplinirea obiectivului legat de acoperirea optimă a curbei de sarcină termică integrând acumularea de căldură a fost elaborat un model tehnic. Modelul a fost folosit pentru simularea funcționării centralei cu acumulatorul de căldură. Modelarea acoperirii optime a curbei de sarcină integrând acumularea de căldură a condus la concluzia că prin utilizarea acumulatorului de căldură se poate crește eficiența energetică și în special eficiența economică a ENET SA dat fiind faptul că necesarul de căldură pe timp de vară poate fi acoperit de un singur motor, cu funcționarea motorului doar în perioada când prețul de vânzare al energiei electrice este ridicat, evitând astfel funcționarea pe timp de noapte când prețul de vânzare a energiei electrice este foarte mic

Pentru îndeplinirea obiectivului doi s-a determinat soluția optimă de alimentare cu frig. Ea constă în transformarea centralei de cogenerare existente într-o centrală de trigenerare prin instalarea unei instalații frigorifice cu absorbție care să utilizeze potențialul termic disponibil de la un motor cu ardere internă. Centrala de trigenerare poate asigura cu frig la o temperatură de 4-6 °C un depozit de fructe/legume cu o lungime de 36 m, lățime de 18 m și înălțime de 8 m. Soluția de trigenerare poate conduce la creșterea eficienței tehnice și economice a ENET SA prin utilizarea unui motor cu ardere internă care pe timpul verii nu este folosit.

În cadrul acestei etape a fost elaborat un suport de curs privind tehnologiile de alimentare cu frig. Acest curs reprezintă partea a doua din cadrul cursului de scurtă durată.

În perioada mai-iulie 2018 a fost organizat un curs de scurtă durată cu tematica privind acumularea de căldură și tehnologiile de alimentare cu frig. La curs au participat reprezentanții ENET SA Focșani, doctoranzi/asistenți din cadrul UPB și cercetători tineri din cadrul INCDE-ICEMENERG.

În anul 2018 doi masteranzi și un doctorand au efectuat stagii de practică și de pregătire la ENET SA Focșani. Toate cele trei stagii s-au finalizat cu rapoarte de stagii care au fost prezentate în fața unor comisii din cadrul Facultății de Energetică, Universitatea Politehnica din București.

Activitatea de cercetare din cadrul proiectului a condus la elaborarea a trei articole științifice care au fost prezentate la două conferințe internaționale de către membrii echipei proiectului.



În data de 11 iulie, 2018, orele 10.00 – 13.00 în sala EH 017, s-a desfășurat o masă rotundă, în cadrul proiectului de cercetare Bridge Grant 66BG **“Creșterea competitivității ENET SA Focșani prin dezvoltarea și diversificarea serviciilor oferite și optimizarea tehnologiilor moderne de producere combinată a energiei electrice și termice”**. La eveniment au participat parteneri din cadrul proiectului: UPB, ICEMENERG, ENET Focșani, dar și invitați cu preocupări în domeniu.

Dezbaterile au avut ca scop analiza stadiului actual al cercetărilor din cadrul proiectului, diseminarea rezultatelor obținute și discuții referitoare la finalizarea proiectului.

Intervențiile vorbitorilor au fost moderate de către directorul de proiect, conf. dr. ing. Eduard Minciuc, care a făcut o sinteză a rezultatelor obținute în cadrul proiectului și a prezentat temele abordate din cadrul activității.

Activitatea 3.1. Modelarea acoperirii optime a curbei de sarcină integrând acumularea de căldură.

O primă problemă la alegerea schemei de implementare a AC în schema actuală a ENET Focșani SA este aceea că procesul de stocare-destocare are loc cu schimb de căldură și masă. Astfel:

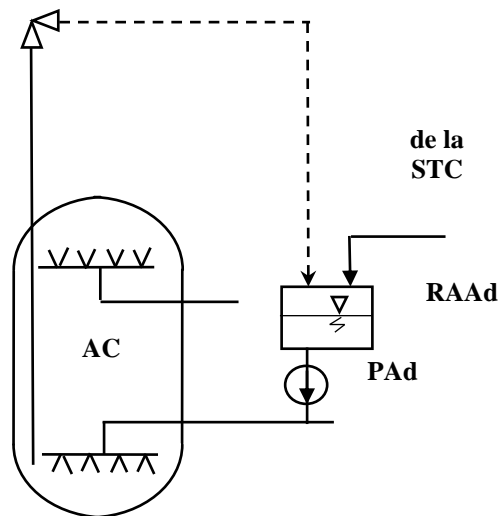
♥ La începerea „încărcării cu căldură”, apa din AC are temperatura stocului rece și densitate mai mare. În cursul stocării apa rece e înlocuită cu apă mai caldă, cu densitate mai mică. Dacă ansamblul AC+rețea ar fi perfect etanș aceasta ar duce la creșterea excesivă a presiunii AF.

♥ La începutul „descărcării căldurii”, apa din AC are temperatura stocului cald și densitate mai mică. În cursul destocării e înlocuită cu apă mai rece, cu densitate mai mare. Dacă ansamblul AC+rețea ar fi etanș aceasta ar duce la scăderea a presiunii AF până la valori subatmosferice.

♥ Masa de apă ce trebuie extrasă din ansamblul AC+rețea AF pe durata stocării căldurii este egală cu cea care trebuie reintrodusă pe durata destocării.

Calcululele autorilor au arătat că masele de apă schimbate între AC și restul rețelei de AF la fiecare 1/2 ciclu de stocare-destocare depind de: temperatura stocului rece $t_{stoc\ rece}$ și de $\Delta t_{st\ cald-rece}$. La $t_{stoc\ rece}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ și $\Delta t_{st\ cald-rece}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ acestea ating valori de circa 41 t/ciclu. Pe de altă parte, ansamblul AC+rețea AF are oricum pierderi de agent. Pentru acoperirea lor există o pompă de adaus care preia apa tratată din rezervorul de adaos și o injectează în returul rețelei de AF.

Fig. 1. Schema de principiu a schimburilor de AF între AC și circuitul de apă de adaos
Legendă: AC - Acumulator de Căldură, STC - Stație de Tratare Chimică (apă adaos), RAAd – Rezervor de Apă de Adaos, PAd – Pompă de apă de Adaos



În regimurile de vară analizate, adaosul mediu a fost circa 5 m³/h, sau 120 t/zi, mai mare decât schimburile de masă datorate dilatării și contractării apei din AC într-un ciclu diurn. Ca



urmare, pentru compensarea schimburilor de masă dintre AC și restul rețelei (vezi și Fig. 2) propunem ca:

- ♣ la stocarea căldurii apă în exces să fie trimisă din partea rece a AC spre rezervorul de adaos;
- ♣ la destocarea căldurii deficitul volumetric de apă rezultat prin contractarea apei din interiorul AC să fie compensat prin majorarea adaosului.

A doua problemă provine din faptul schemele cu AC presupun existența simultană a unor debite diferite de AF prin cele două circuite: debitul de AF din circuitul de recuperare a căldurii de la MP (acesta proporțional cu puterea termică recuperată și invers proporțional cu ecartul de temperatură) și debitul de AF livrată în rețeaua termică (dependent de consum și modul de reglaj).

Pentru a maximiza capacitatea de stocare am ales cea mai mare valoare a $\Delta t_{stoc\ cold-stoc\ rece}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ egală cu încălzirea maximă a AF de către MP $\Delta t_{MP\ max}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La acest ecart debitele prin circuitul de recuperare a căldurii de la un MP ce are încărcări relative de 75÷100% din cea nominală sunt de 189÷237 t/h. Altfel spus ele au același ordin de mărime ca și cele folosite acum, vara, în rețeaua de AF (300÷560 t/h), dar sunt de circa două ori mai mici. Principalul motiv al diferenței de debite este că valorile uzuale în prezent ale $\Delta t_{tur-retur\ AF}$ sunt mult mai mici. Intervalul $[(\Delta t_{med}-\sigma)\div(\Delta t_{med}+\sigma)]$ cu o probabilitatea de 70,7% de încadrare a valorilor $\Delta t_{tur-retur\ AF}$, este $\Delta t \in 4,6\div 9,5$. Pe de altă parte, creșterea $\Delta t_{tur-retur\ AF}$, cu menținerea temperaturii de retur, ar mări pierderile de căldură în rețea.

Pentru a regla debitul termic livrat în limitele largi ale consumului orar actual, propunem ca vara să se lucreze cu un **reglaj mixt, preponderent cantitativ**. Temperatura pe retur va fi constantă, iar debitul de AF și temperatura pe tur variabile. Modificarea temperaturii pe turul AF se va face prin recircularea AF din retur și amestecul între aceasta și AF încălzită de MP sau AF de la stocul cald al AC. În principiu conectarea AC în schema de funcționare de vară se va face astfel:

- ♣ stocul rece al AC, din partea de jos a rezervorului, va fi pus în legătură cu conducta de retur AF și cu ramura rece a sistemului de pompare a AF prin schimbătoarele de termoficare;
- ♣ stocul cald al AC, din partea de sus a rezervorului, trebuie pus în legătură cu conducta de tur AF și cu conducta de AF încălzită de schimbătoarele de căldură pentru cogenerare.

Principala deosebire între schema de bază și variantele noi, care trebuie să permită implemen-tarea în circuit a AC, este că debitele instantanee de AF vor fi diferite în cele două circuite:

- cel de recuperare a căldurii de la MP pentru stocare sau livrare, impus de încărcarea MP;
- cel pentru vehicularea apei în rețeaua de AF, impus de încărcarea MP.

Debitul prin circuitul de recuperare a căldurii de la MP va fi nul când MP sunt oprite, iar când MP funcționează acesta trebuie să fie cel care asigură $\Delta t_{stoc\ cold-stoc\ rece}$ de 20°C, respectiv:

- ◆ cu un MP în funcțiune la încărcare de 88% de circa 230 t/h, iar la 100% de circa 265 t/h;
- ◆ cu 2 MP în funcțiune la sarcină de 88% fiecare circa 460 t/h, iar la 2*100% de circa 530 t/h.

În rețeaua de AF debitul va fi variabil, în funcție de sarcina termică, scăzând mult noaptea, fără să se anuleze. Rezultă necesitatea a două sisteme distincte de pompare a AF (vezi și Fig. 2.):

- sistemul „intern” de circulație a AF prin schimbătoarele de căldură recuperative;
- sistemul de pompare a AF prin rețeaua „externă” de transport AF spre/de la punctele termice.

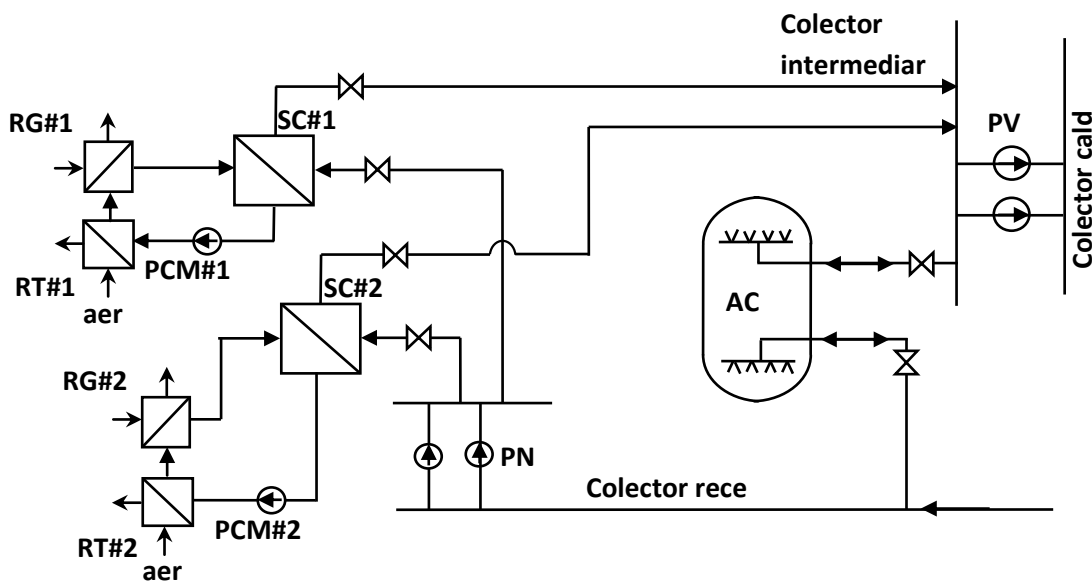


Fig. 2. Varianta 1 de implementare a AC în schema de funcționare de vară a ENET SA Focșani
 Legendă: RT#1, RT#2; RG#1, RG#2; SC#1, SC#2 – aceleași semnificații ca mai sus; PN - Pompe Noi de circulație agent răcire MP; AC – Acumulator de Căldură; PV – Pompe de rețea AF de Vară

În primul circuit sunt necesare pompe noi (notate în continuare PN). În cel de al doilea se pot folosi Pompele de Vară (PV) existente, dar acestea nu vor mai aspira AF din bara „rece”, de retur, ci dintr-un nou colector intermediar de apă încălzită, la care este racordată direct și zona de stoc cald din AC. Refularea PV se va face în actualul colector de tur de vară. Această variantă de integrare a AC în schema de vară a ENET are unele dezavantaje:

D1. Deși puterile termice livrate vor fi variabile, urmărind cererea consumatorului, temperaturile în conductele de tur și retur ale rețelei ar fi constante. Practic reglajul va fi cantitativ și:

- Conductele de tur vor fi permanent alimentate cu AF care, indiferent dacă provine de la MP sau de la AC, va avea temperatura stocului cald al AC.
- Debitul AF la fiecare punct termic va trebui să fie reglat astfel încât pe conductele de retur de la fiecare din acestea temperatura apei răcite să fie egală cu cea a stocului rece.

D2. Reglajul „cantitativ” nu e compatibil cu sistemul actual, bazat pe „diafragmarea” rețelei cu piese de secțiune fixă. El ar presupune instalarea în fiecare punct termic a unor bucle de reglaj al debitului în funcție de temperatura apei răcite.

D3. Temperatura apei pe tur, egală cu a stocului cald, va fi permanent mai mare decât în prezent, iar pierderile de căldură ale sistemului de conducte de transport al căldurii vor fi mai mari.

Pentru a putea menține reglajul mixt al puterilor termice livrate, cu repartitia rețea debitelor între punctele termice prin diafragme fixe și a păstra debitele de AF și pierderile de căldură ale rețelei la valori comparabile cu cele actuale, propunem o a doua variantă de schemă nouă (vezi figura 3).

Din analiza comparativă a celor două scheme, observăm că:

- ◆ În vechea schemă, din Fig. 2, Pompele de Vară (PV) aspiră AF din colectorul de apă încălzită servind ca legătură între circuitul de preluare a căldurii recuperate de la MP și rețeaua AF. În acesta se colectează AF de la SC#1 și SC#2, care poate fi trimisă prin conducta de apă caldă de stocare/destocare spre zona superioară a AC sau spre pompele de rețea.
- ◆ În schema din Fig. 3. apare un nou „colector cald intermediar”, conectat astfel:
 - ◆ pe partea de refulare din PV e legat direct de colectorul „cald de tur” al rețelei, în care se poate amesteca, în sezonul intermediar și cel rece, cu apa încălzită de CAF;

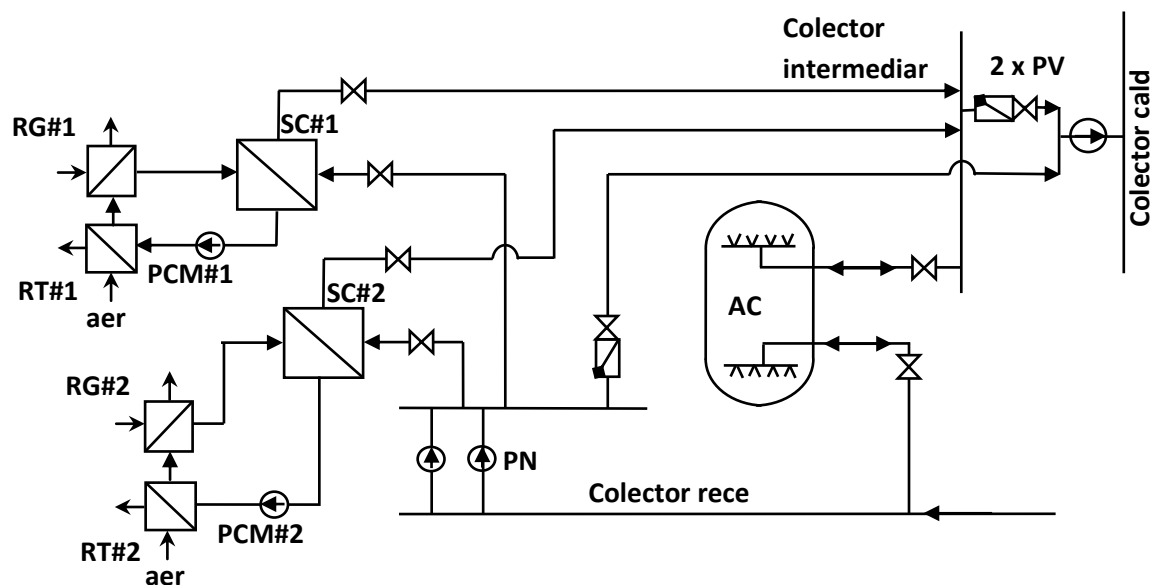


Fig. 3. Varianta 2 de implementare a AC în schema de funcționare de vară a ENET SA Focșani (legenda schemei este aceeași ca pentru figura de mai sus)

- pe partea de admisie a PV e legat atât cu colectorul de apă încălzită, descris mai sus, cât și cu colectorul de refulare al Pompelor Noi PN, prin clapete unisens (a căror prezență împiedică circulația inversă) și prin ventile (jocul de ventile permite reglarea amestecului în noul colector între apa de retur „rece”, refulată de PN, având practic aceeași temperatură ca returul rețelei și apa încălzită în SC#1 și/sau SC#2, sau provenită din zona caldă a AC, având o temperatură cu 20°C mai mare decât cea „rece”).

În noua schemă temperatura AF de tur va deveni, prin amestec, o mărime variabilă, reglabilă prin modificarea participațiilor celor două fluxuri de apă cu temperaturi diferite la respectivul amestec. În acest mod se va putea realiza reglajul „mixt” al puterii termice livrate. În plus:

- debitele de AF prin rețea vor fi mai apropiate de cele actuale, permițând păstrarea modului actual de reglare de vară, prin „diafragmarea” rețelei cu organe de laminare de secțiune fixă;
- temperatura de tur mai coborâtă va reduce pierderile de căldură ale rețelei de AF.

În continuarea lucrării se consideră că se va adopta varianta 2 de implementare a AC în schema de funcționare de vară a ENET SA Focșani.

Împărțirea anului pe sezoane e considerată cea din tabelul 1. Se observă că am pornit de la o durată a unui an mediu de 365,25 zile (8 766 h sau 52,18 săptămâni), pe care am împărțit-o pe 3 sezoane de: 4 166 h (iarna), 588 h (sezonul intermediar) și 4 062 h (vara). Cum vara sarcinile termice de noapte sunt mult mai mici decât cele de zi, am împărțit sezonul cald la rândul lui în două:

- ◆ Subintervalul 1, cu durata de 3 216 h/an sau 19/24 din sezonul cald (19 h din 24, de la 5 h 30 min dintr-o zi la 0 h 30 min din următoarea) când puterile termice livrate, mult mai mari decât cea minimă, vor acoperi cererile orare ale consumatorilor.
- ◆ Subintervalul 2, cu durata de 846 h/an, sau 5/24 din sezonul cald (5 h din 24, în fiecare noapte între 0 h 30 min și 5 h 30 min), când propunem să se livreze o puterea termică constantă și egală cu o valoare minimă care să acopere, în principal, pierderile de căldură ale rețelei.

Tabelul 1. Ipoteze privitoare la împărțirea anului pe sezoane, cu detalierea intervalelor caracteristice pentru sarcinile termice de vară

An	h	zile	săpt
	8 766	365,25	52,18



Sezonul rece			4 116	171,5	24,5
			46,95%	din an	
Sezonul intermediar			588	24,5	3,5
			6,71%	din an	
Sezonul cald (de vară)	Total	timp	4 062	169,25	24.18
		% din an	46,34%	din an	
	Subintervalul 1 $P > P_{\min}$	timp	3 216	133,99	19.14
		% din τ_{an}	36,68%		
		% din τ_{vara}	79,17%		
	Subintervalul 2 $P = \text{constant} = P_{\min}$	timp	846	35,26	5.04
		% din τ_{an}	9,65%		
		% din τ_{vara}	20,83%		

Mărimile pentru calculul curbei clasate a sarcinii termice de vară sunt prezentate în Tabelul 2. Menționăm că valorile numerice din liniile 1÷8 ale tabelului 2 sunt alese, iar cele din liniile 9÷19 sunt calculate cu ajutorul acestora. Analizând valorile numerice din liniile 9÷19 ale tabelului 2, putem observa două consecințe pozitive ale alegerilor din liniile 1÷8:

- folosirea unor ecarturi de temperatură mai mari decât cele de vară în prezent permite scăderea debitelor de AF în raport cu cele actuale și a consumului de energie de pompare a AF;
- deoarece cele două rapoarte $P_{\min \text{ zi vara}}/P_{\max \text{ zi vara}}=0,5235$ și $\Delta t_{\min \text{ zi vara}}/\Delta t_{\max \text{ zi vara}}=0,5714$ coeficientul de reglaj este $k_{\text{reglaj debit}}=0,8647$, apropiat de unitate, fapt care indică un reglaj preponderent cantitativ, în care echilibrarea hidraulică a rețelei este mai ușor de realizat.

Pornind de la datele din tabelele 1 și 2, și ținând seama de rezultatele prezentate în etapa 1 a lucrării privitoare la domeniul de variație a puterilor termice livrate vara, am calculat pentru subintervalul 1 (3.216 h) valori caracteristice ale puterilor termice în perioadele de zi, ca fiind distribuite gaussian, simetric, de o parte și de alta a valorii medii (4,228 MW termici) cu o abatere pătratică medie $\sigma = \pm 0,52$ MW termici. Verificarea corectitudinii alegerii abaterii pătratică medii s-a făcut urmărind egalitatea puterilor extreme calculate cu cele propuse în tabelul 1. Se observă că:

- $P_{\min} = 2,9$ MW termici este egală cu P_{\min} calculată prin extrapolarea celor mai mici valori dintre cele calculate cu distribuția gaussiană (cele din imediata apropiere a puterii minime de zi);
- $P_{\max} = 5,55$ MW termici este egală cu P_{\max} calculată prin extrapolarea celor mai mari valori dintre cele modelate matematic (cele din imediata apropiere a puterii maxime de zi).

Tabelul 2. Date de intrare și mărimi calculate pentru curba clasată de sarcină termică de vară

Nr	Mărime	Notația	UM	Mod de determinare	Valori	
1	$P_{\text{termică maximă}}$, vara, ziua, 19 h	$P_{\max \text{ vara ziua}}$	MW	din analiză statistică date masurate	5,550	
			%	valoare impusă	100,0%	
2	$P_{\text{termică medie}}$ vara, ziua, 19 h	$P_{\text{med vara ziua}}$	MW	din analiză statistică date masurate	4,228	
			%	$P_{\text{med}}/P_{\max \text{ vara}}$	76,18%	
3	$P_{\text{termică minimă}}$ vara, ziua, 19 h	$P_{\min \text{ vara ziua}}$	MW	din analiză statistică date masurate	2,905	
			%	$P_{\min \text{ zi vara}}/P_{\max \text{ zi vara}}$	52,35%	
4	P_{minima} minimorum vara noaptea	$P_{\min \text{ vara noaptea}}$	MW	din analiză statistică date masurate	1,600	
5	Durata totala sezon cald	$\tau_{\text{livr excl ACM}}$	h/an	din condiții climatice	4 062	
6	Durata sezon cald zi	$\tau_{\text{sez cald zi}}$	h/an	din analiză statistică date masurate	3 216	
7	Durata sezon cald noapte	$\tau_{\text{sez cald noapte}}$	h/an	din analiză statistică date masurate	846	
8	Temperaturi AF la sarcini extreme de vară		$t_{\text{tur AF max vara zi}}$	°C	valori alese	64,0
			$t_{\text{tur AF min vară zi}}$	°C		58,0
			$t_{\text{tur AF min vară noapte}}$	°C		55,0
			$t_{\text{retur AF vara}}$	°C		50,0



9	Ecart Δt_{\max} AF vara, ziua	$\Delta t_{\text{tur-ret max vara}}$	°C	$t_{\text{tur AF max vara}} - t_{\text{ret AF max vara}}$	14,0	
10	Ecart Δt_{\min} AF vara, ziua	$\Delta t_{\text{tur-ret min vara}}$	°C	$t_{\text{tur AF min vara}} - t_{\text{ret AF min vara}}$	8	
11	Ecart $\Delta t_{\text{minim minimorum}}$ vara	$\Delta t_{\text{vara, noaptea}}$	°C	valoare impusă	5,0	
12	Debit maxim vara zi	$D_{\max s}$ vara zi	kg/s	mărimi calculate din bilanțuri energetice	94,685	
		$D_{\max h}$ vara zi	t/h		340,87	
13	Debit mediu vara zi	$D_{\text{med s}}$ vara zi	kg/s		90,715	
		$D_{\text{med h}}$ vara zi	t/h		326,58	
14	Debit minim vara zi	$D_{\min s}$ vara zi	kg/s		86,745	
		$D_{\min h}$ vara zi	t/h		312,28	
15	Debit minim minimorum vara, noaptea	$D_{\min s}$ vara noapte	kg/s		47,769	
		$D_{\min h}$ vara noapte	t/h		171,97	
16	Coef reglaj debit AF vara	$k_{\text{reg deb}}$	-		$\ln(\Delta t_{\min}/\Delta t_{\max})/\ln(P_{\min}/P_{\max})$	0,8647
17	Coeficientul "d"	P_{\min}/P_{\max}	-		$P_{\min \text{ inc}}/P_{\max \text{ inc}}$	0,5235
18	Coeficientul "δ"	P_{med}/P_{\max}	-	$P_{\text{med inc}}/P_{\max \text{ inc}}$	0,7618	
19	Exponentul "e" vara	$(\delta-d)/(1-\delta)$	-	$(\delta-d)/(1-\delta)$	1,000	

Pentru calculele numerice pe subintervalul 1 am considerat 40 de puncte intermediare, echidistante în timp, fiecare aflat în centrul unui interval de $\Delta\tau = \pm 40,2$ h ($2 \cdot 40,2 = 80,4 = 1/40$ din durata totală de 3.216 h de livrare a AF vara, în regim de zi).

Pe subintervalul 2 (de 846 h), puterea termică s-a considerat constantă. și egală cu 1,6 MW_{termici}.

Folosind datele de mai sus au fost construite următoarele curbe: noua curbă de sarcină propuse pentru perioada de vară, noua curbă clasată a debitelor de AF în rețea, vara, noua curbă clasată a ecarturilor Δt AF tur-retur, în sezonul cald, noile curbe clasate ale temperaturilor AF pe turul și returul rețelei.

În continuare am construit, în mediul Excel, grafice ce evidențiază dependența debitelor de AF și ecarturilor de temperatură tur-retur de puterile termice livrate vara, în perioadele de zi. Cu ajutorul lor am determinat curbe parabolice de regresie între mărimi, $\Delta t_{\text{tur-retur AF}} = f(P_{\text{term livr}})$ și $Q_{\text{h AF}} = f(P_{\text{term livr}})$. În fiecare din cazuri s-a obținut coeficienții de corelație de peste 99,99%.

Folosind ecuațiilor celor două parabole s-a construit graficul din figura 4 și s-a trasat curba superioară din figura 5. Figura 4 evidențiază că pentru modul de reglaj ales diferențele de temperaturi tur-retur variază în timpul zilei aproape liniar în funcție de puterea termică livrată.

În partea de sus a figurii 5 se observă că debitul de AF din rețea trebuie să crească aproape liniar la creșterea puterii termice termică livrate (mai exact curba de regresie are o ușoară concavitate în jos și o rază mare de curbură, fiind apropiată de o dreaptă). Pe de altă parte, variația relativă a puterii termice livrate este mult mai mare decât variația relativă a debitului. În această situație reglajul puterilor livrate ziua, înseamnă reglajul amestecului dintre apa de 50°C din returul rețelei și AF de 70°C (de la MP sau AC), astfel încât să se obțină temperaturile de tur și puterile termice dorite. Ca urmare, am calculat din bilanțul la amestec cele două debite și am adăugat în partea inferioară a figurii 5 curbele de variație a acestora.

În partea de jos a figurii 5 se observă că la creșterea puterii termice livrate este necesar ca, simultan, să se majoreze debitul de AF de 70°C (de la MP sau AC) și să se reducă debitul de apă de 50°C recirculată de la returul rețelei, astfel încât suma lor să fie egală cu debitul de rețea.

Pentru clarificarea circulației AF încălzite la MP în chiar momentul livrării, sau preluate din AC, trebuie să ținem seama că debitele de AF ce pot încălzite de MP cu 20°C, au, atunci când MP funcționează cu încărcări relative între 75÷100%, valori cuprinse între 190,6÷239,3 t/h, mai mici decât debitele de AF din rețea. Ca urmare, funcție de debitul ce trebuie trimis spre rețea pentru a livra puterea termică dorită și de încărcarea motorului, deosebit situațiile de mai jos:

- ❖ Pe durata celor 5 ore de noapte din subintervalul 2, cu putere termică livrată constantă și egală cu valoarea minimă-minimorum (0 h 30 min÷5 h 30 min) regimul de lucru va fi: $D_{AF\text{ rețea}}=172\text{ t/h}$; $t_{AF\text{ tur}}=55^{\circ}\text{C}$, realizat prin amestecul dintre o parte (43 t/h) apă caldă de 70°C de la AC sau MP și 3 părți (129 t/h) apă rece (de 50°C) din retur.

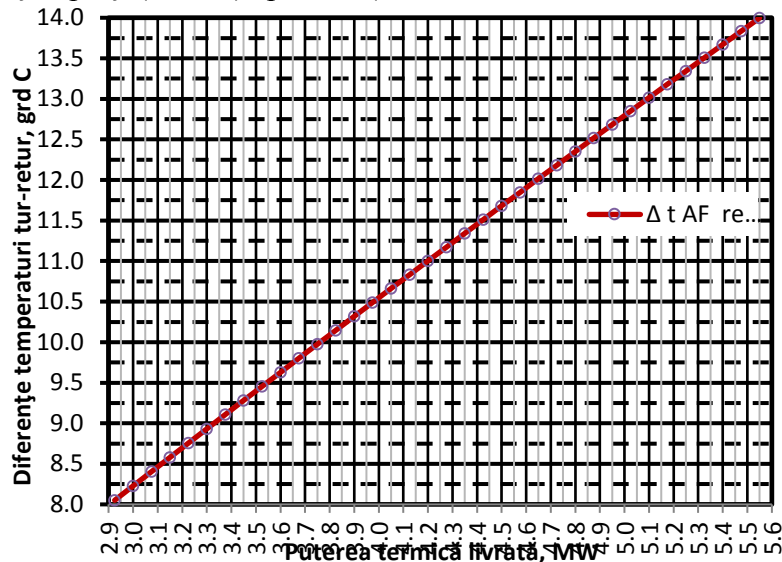


Fig. 4. Curba de corelație putere termică livrată (pe O-x) vs. diferențe de temperaturi tur-retur (pe O-y)

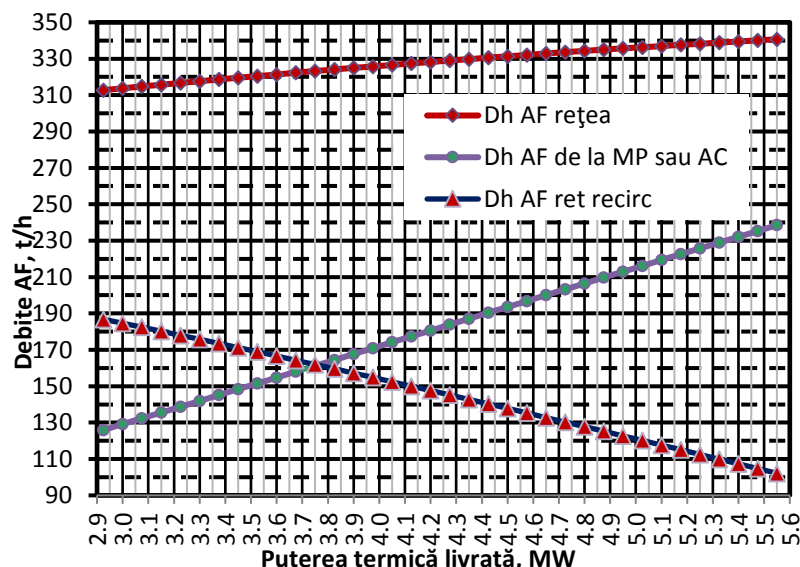


Fig. 5. Curbele de corelație între puterea termică livrată și debitele de apă fierbinte în diverse bucle

- ❖ Când MP va fi oprit, toată AF de amestec cu returul va proveni din AC. Această situație va fi întâlnită uzual noaptea, între (0 h 30 min÷5 h 30 min), dar se poate atinge și în alte câteva ore din vecinătatea subintervalului 2, dacă în acele ore AC va fi suficient de încărcat, iar prețul electricității vândute nu va fi suficient de ridicat.

- ❖ Când MP va fi pornit AF de amestec cu returul poate proveni de la MP sau de la AC. Astfel, după cum se poate observa și în figura 6 (în aceasta debitele pozitive sunt cele de „încărcare” a AC, iar cele negative sunt de „descărcare” a acestuia):

- ✓ Dacă MP e încărcat la 100%, debitul de AF încălzit de el cu 20 C ($239,3\text{ t/h}$), e mai mare decât cel mai mare debit ce trebuie trimis spre rețea a fi amestecat cu returul pentru a atinge perechea de parametrii debit/temperatură tur necesar la $P_{\text{termică max}}=5,55\text{ MW}$. În acest caz există permanent debit de AF de la MP pentru încărcarea AC.

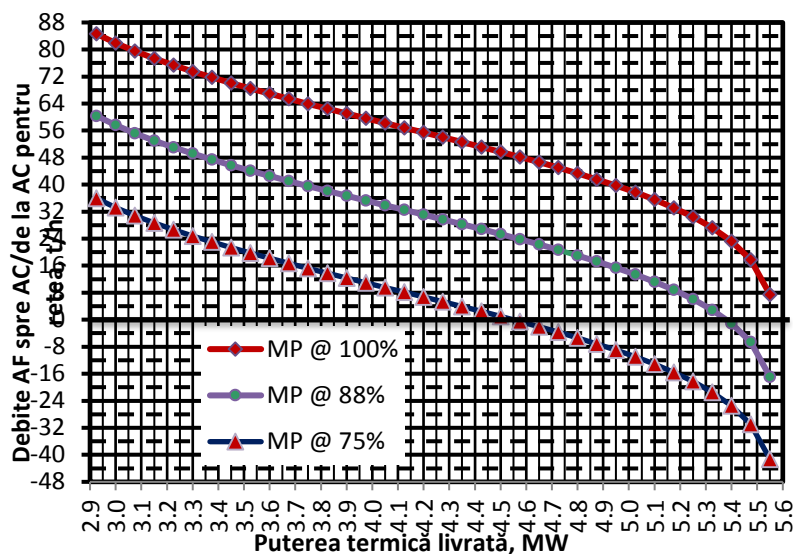


Fig. 6. Variația debitelor de AF încălzită la MP care sunt disponibile pentru „încărcarea” AC, în funcție puterea termică livrată momentan și de încărcarea relativă a MP

- ✓ Dacă MP e încărcat la 88%, debitul de AF încălzit de el cu 20 C (214,95 t/h), este mai mic decât cel mai mare debit ce trebuie trimis spre rețea pentru a atinge parametrii necesari la $P_{\text{termică max}}=5,55$ MW. În acest caz nu se mai poate asigura permanent debit de AF de la MP pentru încărcarea AC. La $P_{\text{termică}} \geq 5,35$ MW debitul de AF disponibil pentru încărcarea AC devine negativ (aceasta înseamnă că o parte din AF de 70°C ce trebuie amestecată cu returul la $P_{\text{termică}} \geq 5,35$ MW trebuie să provină, de fapt, de la AC). O situație similară se atinge, evident, și când MP e încărcat la 75%, iar debitul de AF încălzit de el cu 20 C este de 190,6 t/h, mai mic decât în cazul precedent. În această situație încă de la $P_{\text{termică}} \geq 4,5$ MW o parte din AF de 70°C ce trebuie amestecată cu returul trebuie să provină de la AC. Astfel de situații se pot atinge temporar, la vârfurile de sarcini termice de dimineață și de seară. Rezultă că, pentru a asigura o bună continuitate a alimentării cu căldură în cantitățile și la parametrii necesari este necesar ca AC să fie suficient de încărcat la orele care preced vârfurile de sarcini termice.

Debitele de AF care trebuie pompate ziua de Pompele Noi (PN) în varianta 2 de implementare a AC în schema de funcționare de vară a ENET SA Focșani (Fig. 3) este suma dintre:

- debitul necesar pentru răcirea MP și recuperarea avansată a căldurii gazelor de ardere;
- debitul ce trebuie recirculat din retur spre tur, pentru controlul temperaturii apei de tur.

Prima mărime depinde de încărcarea relativă a MP, iar cea de a doua de puterea termică livrată spre rețea. Rezultă că suma lor depinde de ambele cauze. Figura 7 prezintă modul de variație a debitului care trebuie pompat de „Pompele Noi” (PN) (schema din Fig. 3).

Se observă că acest debit este maxim când se îndeplinesc simultan următoarele condiții:

- ♣ MP este încărcat 100% (și necesită un debit mai mare de „răcire”);
- ♣ Puterea termică livrată în rețea este mică (aceasta corespunde unui debit de rețea mai mic decât cel nominal, dar relativ apropiat de acesta, însă, pentru a asigura o temperatură a apei de tur mai apropiată decât cea de pe bara rece a rețelei decât cea de la AC, cea mai mare parte din acest debit provine din retur).

Asemenea condiții se vor întâlni dimineața devreme, imediat după pornirea MP și seara târziu, înainte de oprirea MP pe timp de noapte.

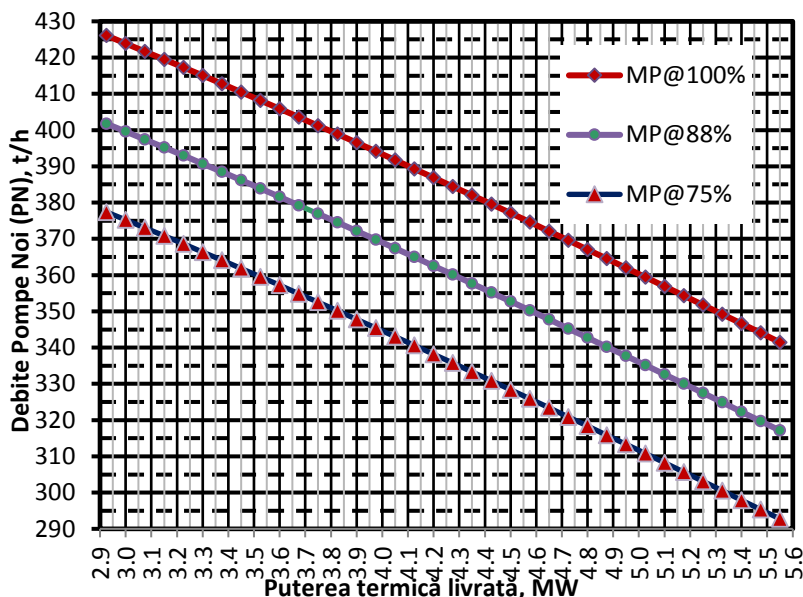


Fig. 7. Dependența debitelor care vor trebui pompate de pompele noi (PN) pentru MP și amestec recirculare funcție de puterea termică livrată ziua

Timpul necesar pentru încărcarea stocului termic, din starea „complet descărcat” până la „complet încărcat” este direct proporțional cu mărimea stocului [MWh_{therm}] și invers proporțional cu puterea termică folosită la încărcarea lui. Cum în cursul „sezonului cald” $P_{\text{termică}}$ folosită în acest scop este doar o parte din cea recuperată de la un MP ($1,2 \div 2,6 \text{ MW}_{\text{termici}}$, restul alimentând rețeaua) am recalculat timpul de încărcare a stocului termic la începutul sezonului cald, în aceste condiții.

Figura 8 evidențiază dependența duratei de „încărcare” completă a stocului, în sensul de mai sus, ca funcție de aceste două variabile. Se observă că dacă $P_{\text{termică}}$ folosită la încărcarea stocului este de două până la patru ori mai mică decât $P_{\text{termică}}$ recuperabilă de la un MP, timpul în care se poate realiza „încărcarea” de la 0% la 100% atinge 1,5 până la peste 3 zile.

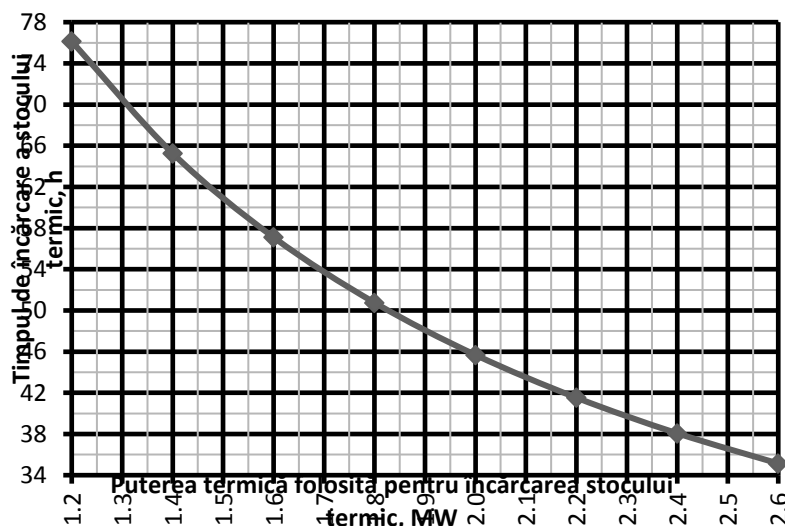


Fig. 8. Durata de încărcare a stocului termic, din starea „complet descărcat”, până la „complet încărcat”, funcție de ecarter de temperatură între stocuri și puterea termică medie trimisă spre stoc în acel interval

În realitate AC, în timpul sezonului cald, stocul nu trebuie încărcat zilnic din starea „complet descărcat” până la „complet încărcat”. Dacă la începutul unui ciclu de 24 de ore AC este deja pe jumătate încărcat din cursul funcționării în ciclul precedent, este suficient ca el să fie readus în aceeași stare la sfârșitul ciclului curent. Pentru aceasta este suficient ca MP să

livreze în 24 de ore o cantitate de căldură de 1,025÷1,03 ori mai mare decât consumul zilnic de căldură în rețeaua de AF.

Analiza curbelor zilnice de consum a început cu determinarea prin calcul, pornind de la datele măsurate orar, a cantităților de căldură zilnice medii și a puterilor medii asociate, pe tipuri de zile ale săptămânii de vară din lunile iulie și august (vezi tabelul 3).

Tabelul 3. Cantități de căldură consumate zilnic vara și puteri medii, pe zile ale săptămânii

Zile	Luni	Marti	Miercuri	Joi	Vineri	Sâmbătă	Duminică
Q zilnic, MWh _{term}	82,946	82,739	94,565	93,698	96,174	93,818	83,140
P med zi, MWh	3,456	3,447	3,940	3,904	4,007	3,909	3,464

Se observă că zilele săptămânii cu cele mai mari consumuri, de 96,2÷93,7 MWh_{termici}/zi, marcate cu „**bold**”, au fost, în ordine descrescătoare a cererii, cele de **Vineri, Miercuri, Sâmbătă și Joi**. La polul opus se situează zilele cu consumuri mici, marcate cu „**bold italic**” în ordine crescătoare a cererii **Marți, Luni și Duminică**, cu 82,7÷83 MWh_{termici}/zi. Curbele de sarcină ale zilelor medii, realizate pe baza citirilor au salturi orare relativ importante (vezi figurile 9.a. și 9.b.).

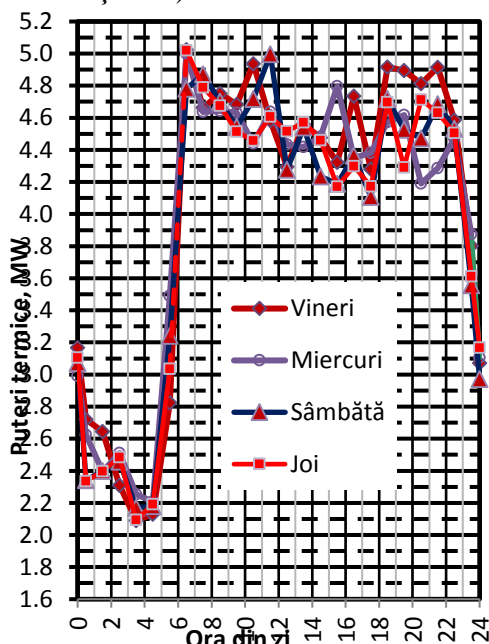


Fig. 9.a. Curbe de sarcină medii de vară măsurate în rețeaua de AF alimentată din ENET SA Focșani, în zilele săptămânii cu consumuri de căldură mari

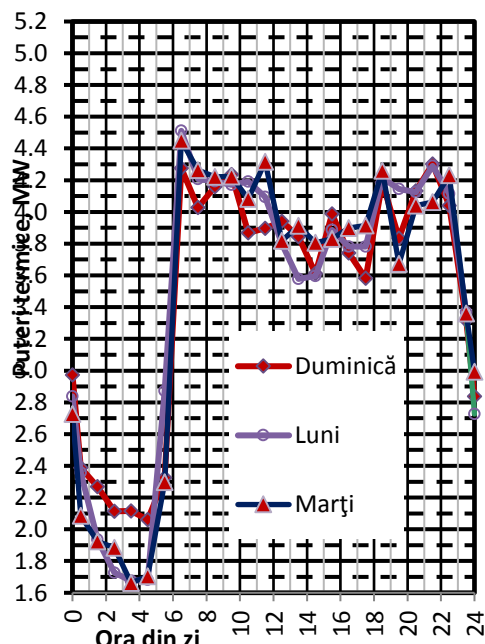


Fig. 9.b. Curbe de sarcină medii de vară măsurate în rețeaua de AF alimentată din ENET SA Focșani, în zilele săptămânii cu consumuri de căldură mici

Pentru comparație am prezentat cele două figuri una lângă alta și am utilizat în ambele aceeași scară de puteri pe Oy. Din cele două figuri se observă că în ambele tipuri de zile:

- Există două vârfuri de sarcină termică: cel de dimineață, între orele 7 și 11, și cel de seară, între 18 și 23. Amplitudinile lor sunt comparabile dar vârful de sarcină termică de dimineață este ceva mai pronunțat decât cel de seară.
- Există două goluri de sarcină termică: cel de prânz, între orele 12 și 17, și cel de noapte, între orele 24 și 5. Amplitudinile lor sunt foarte diferite: consumul în golul de sarcină de prânz deși mai mic decât în vârfurile de dimineață și seară este relativ apropiat de acestea, dar este mult mai mare decât cel din golul de noapte.
- Cele mai mari viteze de variație a puterii termice livrate se ating în cursul creșterii puterii pentru trecerea de la golul de noapte la vârful de dimineață și la reducerea puterii pentru trecerea de la vârful de seară la golul de noapte. În comparație cu acestea vitezele de variație a încărcării în zona vârf de dimineață-gol de prânz-vârf de seară sunt mult mai mici.



În tabelul 4 prezentăm succint cele 9 scenarii de acoperire a curbei de sarcină, rezultate din combinarea a 3 scenarii de consum zilnic de căldură cu 3 scenarii de producții orare de căldură în cogenerare, corespunzătoare funcționării MP la următoarele încărcări termice: 75% din încărcarea nominală ($P_{\text{termică livrată}}=4\,433\text{ kWh}_{\text{termici/h}}$); 88% ($P_{\text{termică livrată}}=5\,000\text{ kWh}_{\text{termici/h}}$) și 100% ($P_{\text{termică livrată}}=5\,566\text{ kWh}_{\text{termici/h}}$).

Tabelul 4. Scenarii de acoperire a celor curburi de sarcină pentru cele 3 zile caracteristice din punct de vedere al consumului de căldură și cele 3 regimuri caracteristice de încărcare a MP

Consum zilnic de căldură		$P_{\text{termică cogenerare}}$	$\tau_{\text{funcț zi nec}}$			$\tau_{\text{funcț zi nec}}$		$\tau_{\text{st zi}}$ [h]		
			rel, %	abs [MW]	min	max	med		de la	până la
Consum zilnic de căldură	consum redus	82,125 MWh _{term/zi}	75%	4,433	18,7	19,3	19,0	5 h 30'	24 h 30'	5 h
			88%	5,000	16,6	17,1	16,8	5 h 30'	22 h 30'	7 h
			100%	5,566	14,9	15,3	15,1	5 h 30'	20 h 30'	9 h
	consum intermediar	87,515 MWh _{term/zi}	75%	4,433	19,9	20,5	20,2	5 h 30'	01 h 30'	4 h
			88%	5,000	17,7	18,2	18,0	5 h 30'	23 h 30'	6 h
			100%	5,566	15,9	16,4	16,2	5 h 30'	21 h 30'	8 h
	consum mare	93,735 MWh _{term/zi}	75%	4,433	21,4	22,0	21,7	5 h	3 h	2 h
			88%	5,000	18,9	19,5	19,2	5 h	24 h	5 h
			100%	5,566	17,0	17,5	17,3	5 h	22 h 30'	6,5 h

Se observă că toate scenariile de consumuri zilnice de căldură se pot acoperi cu un singur MP care să funcționeze mai puțin de 24 h pe zi. Perioadele de staționare vor fi de 2÷9 h/zi, cu atât mai lungi cu cât consumul zilnic este mai mic și încărcarea MP mai mare. Pentru alegerea intervalelor de timp între care să aibă loc staționarea, facem următoarele recomandări:

- dacă durata de staționare necesară e mai mică sau egală cu 5h din 24 aceasta să coincidă cu intervalul 0 h 30 min÷5 h 30 min în care se va livra puterea termică minimă de noapte și în care prețul unitar al electricității este, de obicei, mai redus; cererea de căldură din perioada respectivă va fi acoperit din stocul de la AC;
- dacă durata de staționare necesară e mai mare de 5h din 24 se recomandă ca la intervalul de staționare 0 h 30 min÷5 h 30 min să se adauge intervale vecine în care prețul de valorificare a electricității pe piață este mai redus.

Din punct de vedere al „încărcării” acumulatorului de căldură la momentul de oprire a MP, recomandăm ca AC să fie încărcat cu cel puțin 46 MWh_{termici}, respectiv jumătate din capacitatea nominală preliminară anterior. Când cantitatea de căldură produsă de MP este mai mare decât cea consumată, diferența va fi înmagazinată în AC și gradul de încărcare a acestuia va crește. Când producția de căldură a MP va fi mai mică decât consumul, diferența va fi descărcată din AC.

Pentru a evidenția modul de variație a cantității de căldură înmagazinate în AC în cursul celor 3 tipuri de zile din punct de vedere al consumului termic, pentru diferite 3 încărcări caracteristice ale MP, am integrat numeric cantitățile de energie produse și consumate, de la începutul zilei (ora 0 h 0 min), până la 24 h 0 min. Pentru exemplificare prezentăm în figura 10 cum se modifică gradul de umplere a AC într-o zi de consum mediu, pentru cele 3 scenarii de încărcare a MP.

Din analiza figurii 10 se observă următoarele:

- Pentru scenariile MP@100% și MP@88%, perioadele în care gradul de încărcare termică a AC scade sunt exclusiv cele când MP este oprit și rețeaua este alimentată exclusiv din stoc. În restul timpului, când MP este pornit și puterea termică produsă de el este mai mare decât consumul momentan de căldură, încărcarea termică a AC crește.
- Pentru scenariul MP@75% perioadele în care gradul de încărcare termică a AC scade sunt mai lungi. La intervalul de timp când MP este oprit și rețeaua este alimentată exclusiv din stoc, se adaugă două perioade cu pantă redusă de scădere a încărcării termice a AC,

una la vârful de dimineață și cealaltă la vârful de seară, când puterea termică produsă de MP încărcat la 75% este mai mică decât consumul momentan de căldură.

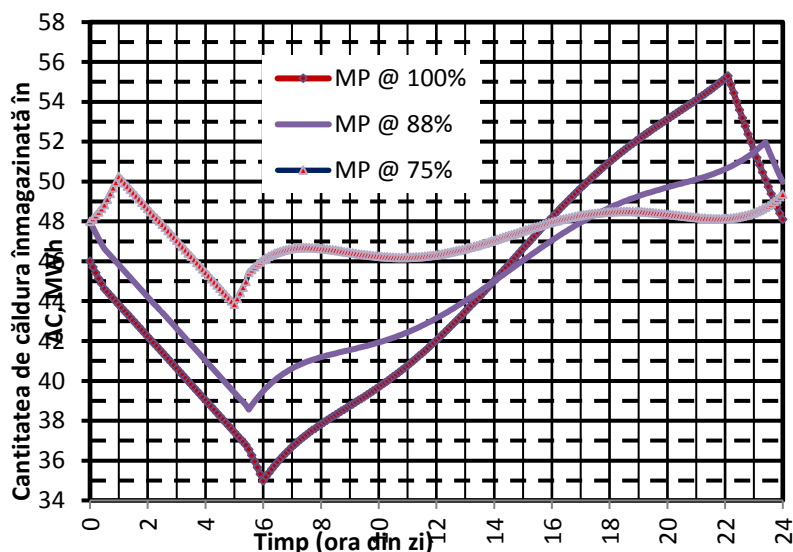


Fig. 10. Variația stării de încărcare termică a AC în cursul unei zile de consum mediu, pentru cele 3 scenarii de încărcare a MP

- Pentru încărcarea inițială a AC de $46 \div 48$ MWh, prin alegerea corectă a perioadelor de funcționare a MP, corelate cu consumul și cu producția de căldură, este întotdeauna posibil ca la sfârșitul ciclurilor zilnice de funcționare încărcarea teoretică a AC să fie ușor mai mare decât la începutul ciclului. (Diferența dintre încărcarea termică a AC la sfârșitul unui ciclu și cea de la momentul inițial al acestuia trebuie să acopere pierderile de căldură ale AC pe durata respectivului ciclu). Altfel spus, e posibil în toate scenariile analizate ca un MP, funcționând $15 \div 22$ ore pe zi (durata depinde de încărcarea relativă a MP și de mărimea consumului zilnic de căldură al rețelei), să producă o cantitate de căldură suficientă pentru a acoperi consumul zilnic și pierderile de căldură în rețea, menținând permanent AC în stare bună de încărcare ($35 \div 55$ MW h termici).

Activitatea 3.2. Stabilirea soluției optime de alimentare cu frig.

Soluția propusă este de a integra o instalație frigorifică cu absorbție, care utilizează potențialul termic provenit de la gazele de ardere, așa cum se poate observa din figura 11.

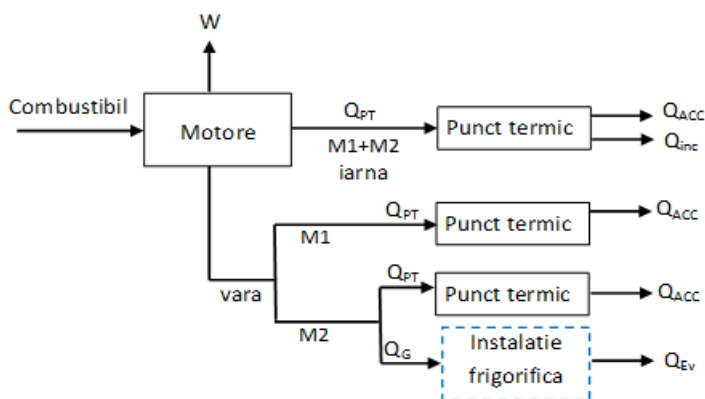


Fig. 11: Schema integrată a sistemului de trigenerare.

Soluția de regenerare presupune funcționarea în timpul verii a motorului, care este oprit, ca urmare a scăderii consumului termic. Potențialul termic ce ar putea fi utilizat într-o instalație cu absorbție pentru producerea de frig este de aproximativ 2.9 MW pentru o funcționare la o



sarcină de 100 %. Acest potențial s-a calculat în urma datelor măsurate și considerându-se un COP al instalației frigorifice cu absorbție de 0,6 rezultă o putere frigorifică de 1,75 MW. În cazul în care scade sarcina motorului atunci scade și puterea frigorifică care poate fi produsă. În cazul în care COP al instalației frigorifice cu absorbție crește atunci crește și puterea frigorifică care poate fi produsă (de exemplu la un COP de 1,2 puterea frigorifică poate ajunge la 3,5 MW).

Pornind de la datele obținute prin determinarea potențialului frigorific al CET-ENET prezentăm în continuare o posibilă soluție de echipare a centralei cu Chiller model Carrier 16LJ 51, cu o capacitate frigorifică de 1477 kW.

Varianta aleasă a fost aceea de a implementa soluția de trigenerare cu instalație frigorifică cu absorbție cu bromura de litiu, chiar în apropierea centralei, pentru a păstra temperatura înaltă a agentului termic, livrând cantitatea de frig unui depozit/hală de fructe și legume, construit în vecinătatea centralei.

În interiorul depozitului temperatura trebuie să fie cuprinsă între 4-6 °C, aceasta fiind temperatura de refrigerare necesară depozitării fructelor și legumelor în condiții optime. Pentru perioadele în care alternează zile calde cu nopți reci, ideală ar fi stocarea apei reci pe timpul nopții și utilizarea acesteia când este cald (pe timpul zilei).

Cele mai importante etape în dimensionarea unui depozit frigorific sunt următoarele:

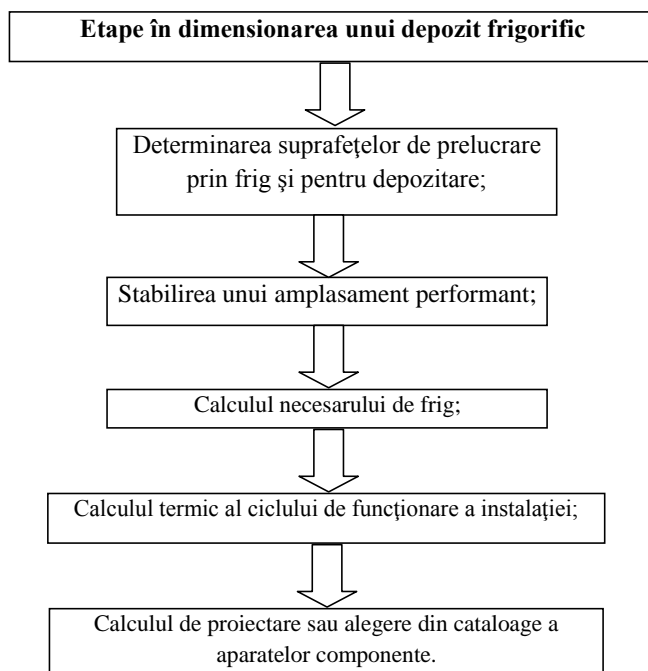


Fig. 12: Etapele de dimensionare a unui depozit.

În urma calculului a rezultat un **necesar de frig de 61839 [MJ/24] ceea ce înseamnă o putere medie $\Phi = 1,01$ MW**. Depozitul a fost dimensionat pentru o temperatură interioară de refrigerare cuprinsă între 4 °C și 6 °C, rezultând în urma calculului următoarele dimensiuni:

Lungimea – 36 m

Latimea – 18 m

Înălțimea – 8 m

În tabelul 5 sunt prezentate rezultatele în ceea ce privește determinarea necesarului de frig pe fiecare componentă în parte a depozitului, pentru temperatura de refrigerare.

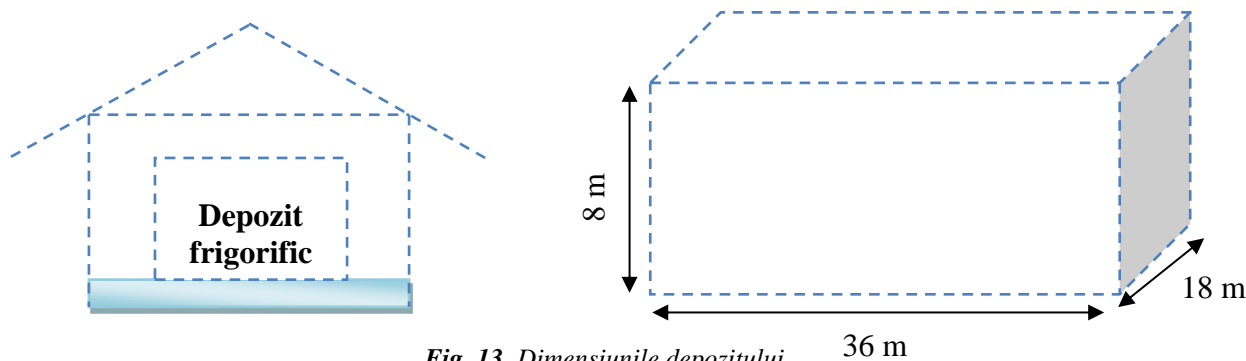


Fig. 13. Dimensiunile depozitului. 36 m

Tabelul 5: Cantitatea de căldură care trebuie extrasă.

Determinarea necesarului de frig	$Q = Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$	MJ/24	61839
		MW	1,01
Suprafata construita	S_i	m ²	648
Cantitatea de produs	m_i	t	350
Norma de incarcare	N_i	kg/m ²	700
Suprafata utila	S_u	m ²	500
Coeficientul de adaus pentru refrigerare	β_i		1,3
Cantitatea de căldură pătrunsă din exterior prin izolații	Q_1	MJ/24h	2468
Necesarul de frig tehnologic	Q_2	MJ/24h	55125
Necesarul de frig pentru ventilarea camerelor	Q_3	MJ/24h	3505
Necesarul de frig pentru acoperirea pierderilor din timpul exploatării	Q_4	MJ/24h	741

În urma calculelor rezultă că necesarul de frig de aproximativ 1,01 MW poate fi acoperit prin funcționarea instalației frigorifice cu un COP de 0,35 rezultând o cantitate de frig de aproximativ 1,00 MW, pentru funcționarea motorului la parametrii nominali. În cazul în care motorul funcționează la sarcini parțiale de 88 %, necesarul de frig pentru depozit poate fi acoperit cu o instalație frigorifică al cărei COP este 0,6 rezultând o cantitate de frig de 1,1 MW.

Activitatea 3.3. Plan de afaceri pentru implementare soluției propuse.

Scopul analizei tehnico-economice este de a evidenția eficiența economică a soluțiilor tehnice elaborate în etapele anterioare ale proiectului, pe perioada de studiu considerată, prin calcularea indicatorilor de eficiență economică.

Pentru determinarea indicatorilor de eficiență ai investiției s-au efectuat calcule economice specifice, pornind de la anumite premise și ipoteze de lucru:

- perioada anuală de analiză s-a considerat a fi 15 mai – 15 septembrie (124 zile), respectiv durata medie a sezonului cald;
- randament nominal motor termic (MT) = 44 % (electric);
- energie electrică produsă de MT la funcționare în regim nominal: 6800 kW;
- energie termică produsă MT la funcționare în regim nominal: 1015 kW;
- preț mediu de achiziție combustibil gazos: 101,37 lei/MWh;
- preț mediu de vânzare energie termică către populație: 285 lei/Gcal;
- preț de vânzare energie electrică:
 - pe durata zilei (inclusiv bonusul de cogenerare): 188,39 lei/MW
 - pe durata nopții: 117,48 lei/MW;
- cheltuielile cu mentenanța echipamentelor s-au considerat a fi 25 % din cheltuielile cu combustibilul;
- durata de viață a echipamentelor: 20 ani



- rata de actualizare considerată: 10 %;
- curs mediu valutar considerat: 1 euro = 4,7 lei.

Pentru fiecare scenariu considerat, s-a analizat structura cheltuielilor operaționale anuale (cu combustibilul, respectiv de mentenanță) precum și structura încasărilor rezultate în urma implementării investiției.

Profitul anual s-a considerat a fi diferența între încasările anuale și cheltuielile operaționale anuale.

Pentru fiecare scenariu considerat, s-a determinat fluxul de numerar operațional net (mii euro/an), ca fiind diferența între profitul anual realizat în scenariul respectiv și profitul anual realizat în scenariul 0 (situația actuală, de referință) – dată de intrare în analiza cost-eficacitate.

Scenariul 0 reprezintă situația actuală de funcționare a centralei ENET SA Focșani pe perioada sezonului cald.

În scenariul 1 se consideră că se implementează soluția de acumulare de căldură cu rezervor stratificat.

În scenariul 2 se consideră că se implementează soluția de trigenerare.

În scenariul 3 se consideră că se implementează ambele soluții tehnice elaborate în fazele precedente ale proiectului, respectiv acumulatorul de căldură și instalația frigorifică.

Principalele rezultate ale analizei tehnico-economice sunt prezentate sintetic în tabelul de mai jos.

Tabelul 6. Principalii indicatori financiari.

Nr. crt.	Mărime	Scenariul 1	Scenariul 2	Scenariul 3
1.	Investiție (mii euro)	94	531	625
2.	Durata de realizare a investiției (luni)	5	5	5
3.	Rata de actualizare (%)	10	10	10
4.	Venitul net actualizat (mii euro)	2.857	36	997
5.	Durata de recuperare actualizată (ani)	3	7	6
6.	Rata internă de rentabilitate (%/an)	91	11	16

Indicatorii de eficiență financiară rezultați pentru toate scenariile de investiții propuse au valori pozitive și respectă condițiile impuse, ceea ce evidențiază capacitatea tuturor investițiilor propuse de a rambursa capitalul investit și de a genera cash-flow în exces. De asemenea, valoarea duratei de recuperare actualizată a investiției în fiecare scenariu evidențiază indicatori favorabili realizării investițiilor.

Analiza cost/beneficiu realizată a demonstrat eficiența economică a tuturor soluțiilor tehnice propuse în cadrul acestui proiect, pe perioada de studiu considerată.

Activitatea 3.4. Elaborarea suportului de curs privind tehnologiile de alimentare cu frig.

În cadrul acestei activități a fost elaborat un suport de curs cu următorul conținut:

1. Introducere.
2. Centrale de cogenerare cu turbine cu abur.
3. Centrale de cogenerare cu turbine cu gaze.
4. Centrale de cogenerare cu motoare cu ardere internă.
5. Instalații frigorifice cu compresie mecanică de vapori.
6. Instalații frigorifice cu absorbție.
7. Centrale de trigenerare.
8. Bibliografie.



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

Activitatea 3.5. Organizare curs de scurtă durată.

În perioada mai-iulie 2018 a fost organizat un curs de scurtă durată cu tematica privind acumularea de căldură și tehnologiile de alimentare cu frig.

Cursul a fost ținut în două etape:

- Prima etapă a fost ținută la Focșani.
- A doua etapă a fost ținută la București.

La curs au participat reprezentanții ENET SA Focșani, doctoranzi/asistenți din cadrul UPB și cercetători tineri din cadrul INCDE-ICEMENERG.

Activitatea 3.6. Organizarea și derularea stagiului de practică pentru 2 masteranzi.

În perioada 23.04.2018 – 18.05.2018 doi masteranzi din cadrul Facultății de Energetică, Universitatea Politehnica din București au efectuat un stagiul de practică în cadrul ENET SA Focșani. Stagiul de practică a masteranzilor s-a axat pe următoarele subiecte:

- studierea informațiilor generale privind ENET SA Focșani;
- studierea informațiilor legate de poziționarea pe piață a ENET SA Focșani (principalii clienți și furnizori);
- studierea detaliată a departamentelor din cadrul ENET SA Focșani, care a inclus departamentul de producție, departamentul de exploatare și departamentul de protecția mediului;
- studierea detaliată a echipamentelor din cadrul ENET SA Focșani;
- studierea posibilităților de optimizare a funcționării ENET SA Focșani prin implementarea soluțiilor de acumulare de căldură și de trigenerare.

Stagiul de practică s-a finalizat cu un raport de practică însoțit de un atestat de practică eliberat de către un tutore de practică din partea ENET SA Focșani.

Activitatea 3.7. Organizarea și derularea stagiului pentru 1 doctorand.

În perioada martie-mai 2018 un doctorand din cadrul Facultății de Energetică, Universitatea Politehnica din București a efectuat un stagiul în cadrul ENET SA Focșani. Stagiul de pregătire a doctorandului s-a axat pe următoarele subiecte:

- descrierea conceptului de cogenerare;
- prezentarea diferitor tipuri de centrale de cogenerare cu evidențierea avantajelor, dezavantajelor și limitărilor pentru fiecare tip de centrală de cogenerare;
- prezentarea instalației frigorifice cu compresie mecanică de vapori: clasificare, descriere generală, agenți frigorifici, etc.;
- prezentarea instalației frigorifice cu absorbție: principiu de funcționare, ciclul termodinamic, instalații frigorifice cu absorbție cu Br-Li, avantaje, dezavantaje, limitări, etc.;
- prezentarea centralei de trigenerare cu motoare cu ardere internă cu instalație frigorifică cu absorbție.

Stagiul s-a finalizat cu un raport care a fost prezentat în fața unei comisii din cadrul Facultății de Energetică, Universitatea Politehnica din București.

Activitatea 3.9. Elaborarea a 2 articole științifice.

Folosind rezultatele din cadrul proiectului au fost elaborate 3 articole științifice care au fost prezentate de către membrii echipei de cercetare la o conferință internațională. Articolele sunt prezentate mai jos:



1. R. Patrascu, E. Minciuc, D. Tutică și Ș. Pluteanu, *Energy efficiency program within an industrial company, the resulting colaboration of energy management services and energy audit*, 9 pag., al 14-lea Forum Energetic Internațional, 10-14 iunie 2018, Costinești, România.
2. D. Tutică, E. Minciuc, R. Patrascu și G. Darie, *A review of optimal technology selection and operation of a residential CHP*, 7 pag., al 14-lea Forum Energetic Internațional, 10-14 iunie 2018, Costinești, România.
3. M. Norișor, E. Minciuc, G. Darie, R. Patrascu și D. Tutică, *Establishing a trigeneration solution to increase the operational efficiency of a heat engine plant*, 5pag., al 14-lea Forum Energetic Internațional, 10-14 iunie 2018, Costinești, România.

Activitatea 3.10. Organizarea a 1 mese rotunde.

În data de 11 iulie, 2018, orele 10.00 – 13.00 în sala EH 017, s-a desfășurat o masă rotundă, în cadrul proiectului de cercetare Bridge Grant 66BG **“Creșterea competitivității ENET SA Focșani prin dezvoltarea și diversificarea serviciilor oferite și optimizarea tehnologiilor moderne de producere combinată a energiei electrice și termice”**. La eveniment au participat parteneri din cadrul proiectului: UPB, ICEMENERG, ENET Focșani, dar și invitați cu preocupări în domeniu.

În deschiderea dezbaterilor a luat cuvântul directorul de proiect, Conf. dr. ing. Eduard Minciuc, care a făcut o sinteză a rezultatelor obținute până acum în cadrul proiectului și a prezentat temele abordate cu prilejul mesei rotunde. A moderat de asemenea intervențiile vorbitorilor.

Dezbaterile au avut ca scop analiza etapelor anterioare, precum și evaluare stadiului actual al cercetărilor din cadrul proiectului, diseminarea rezultatelor obținute și discuții asupra soluțiilor propuse.

Prima prezentare a fost susținută de către Prof. dr. ing. Florin Alexe (UPB), care după o analiză detaliată și riguroasă a modului de acoperire a curbei de sarcină termică de la ENET Focșani, a prezentat regimurile de funcționare ale rețelei de apă fierbinte, s-a evidențiat necesitatea stocării energiei termice, soluțiile de acumulare precum și posibilitățile de integrare a instalațiilor de acumulare a căldurii în sistemul existent. S-a prezentat de asemenea modul de variație al încărcării acumulatorului.

În continuare, șl dr. ing Mihaela Norișor (UPB) a prezentat soluția de trigenerare pentru care s-a optat pe baza cercetărilor efectuate.

S-a prezentat totodată soluția optimă de amplasare a depozitului frigorific (curtea CET ENET Focșani). Au fost prezentate în continuare principalele etape avute în vedere la alegerea soluției de trigenerare. Au avut loc discuții pe această tematică, rezultând concluzia că la variații mari a temperaturii exterioare se poate recurge la stocarea frigului.

În încheiere, directorul de proiect a făcut o sinteză a discuțiilor care au avut loc, a subliniat eficiența acestora, precum și concluziile finale și principalele direcții care trebuie urmate pentru buna desfășurare a ultimei etape a proiectului.

Concluzii

Concluziile care se impun în urma activităților din cadrul etapei III sunt următoarele:

- Modelarea acoperirii optime a curbei de sarcină integrând acumularea de căldură a condus la concluzia că prin utilizarea acumulatorului de căldură se poate crește eficiența energetică și în special eficiența economică a ENET SA dat fiind faptul că necesarul de căldură pe timp de vară poate fi acoperit de un singur motor, cu funcționarea motorului doar în perioada



Universitatea POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, Sector 6, Cod. 060042

București - ROMÂNIA

Telefon: +40214029390; Fax: +40214029675

când prețul de vânzare al energiei electrice este ridicat, evitând astfel funcționarea pe timp de noapte când prețul de vânzare a energiei electrice este foarte mic.

- Soluția optimă de alimentare cu frig o reprezintă transformarea centralei de cogenerare existente într-o centrală de trigenerare prin instalarea unei instalații frigorifice cu absorbție care să utilizeze potențialul termic disponibil de la un motor cu ardere internă. Centrala de trigenerare poate asigura cu frig la o temperatură de 4-6 °C un depozit de fructe/legume cu o lungime de 36 m, lățime de 18 m și înălțime de 8 m. Soluția de trigenerare poate conduce la creșterea eficienței tehnice și economice a ENET SA prin utilizarea unui motor cu ardere internă care pe timpul verii nu este folosit.

- Analiza tehnico-economică efectuată în planul de afaceri a condus la concluzia că atât implementarea ambelor soluții separat cât și implementarea lor combinată este fezabilă din punct de vedere financiar; toți indicatorii financiari având valori peste limitele minime/maxime.

- Activitățile de practică, elaborare curs și de diseminare au fost îndeplinite conform planului, unele obiective fiind chiar depășite (de exemplu nr. de articole științifice publicate).