



# TRIGENERAREA: CONCEPT, SOLUȚII ȘI REALIZĂRI

**Eduard Minciuc, Mircea Scripcariu și Ioan Bitir-Istrate**  
Universitatea Politehnica București, Facultatea de Energetică

**Abstract** – *Lucrarea prezintă conceptul de producere combinată de energie electrică, căldură și frig, numit trigenerare. Autorii prezintă caracteristicile generale ale trigenerării, trecând în revistă principalele avantaje și dezavantaje. La fel sunt analizate diferite soluții tehnice posibile pentru o centrală de trigenerare. În final sunt prezentate descrierile a patru centrale de trigenerare, care funcționează în Europa. Analiza acestor patru centrale demonstrează utilitatea conceptului de trigenerare atât din punct de vedere al eficienței energetice cât și din punct de vedere al impactului asupra mediului ambiant.*

**Cuvinte cheie** – trigenerare

## 1. INTRODUCERE

Trigenerarea este producerea simultană a energiei electrice, căldurii și frigului utilizând o singură sursă de energie. Această tehnologie poate asigura o eficiență sporită de utilizare a combustibilului față de producerea separată. Totodată producerea energiei în trigenerare poate conduce la un impact redus asupra mediului ambiant, adică reducerea emisiilor de noxe. Acest aspect este foarte important deoarece poluarea atmosferei devine un subiect de bază la ordinea zilei a diferitor conferințe internaționale. La conferința din Kyoto din 1997 țările dezvoltate au căzut de acord să reducă emisiile de noxe, ceea ce ar conduce la atenuarea schimbării climei pe glob. Comisia Interguvernamentală pentru Schimbarea Climei estimează că sectoarele energetic și industrial generează aproximativ jumătate din emisiile antropogenice de CO<sub>2</sub> [1].

La momentul actual numărul de centrale de trigenerare care operează în lume nu este mare, și practic toate centralele sunt bazate pe cicluri de turbină cu gaze sau motor cu ardere internă. Din punct de vedere al instalațiilor frigorifice utilizate în centrala de trigenerare, majoritatea sunt echipate cu instalații frigorifice cu absorbție, dar există și cazuri când pentru producerea frigului se folosesc și instalații frigorifice cu compresie. Maidment și Tozer [2] au făcut o trecere în revistă a centralelor de trigenerare care operează în marele magazine universale din Marea Britanie. Autorii au analizat diferite scheme ale centralelor de trigenerare cât și diferite tehnologii de producere a energiei. Bassols și al. [3] au prezentat diferite exemple de utilizare a centralelor de trigenerare în industria alimentară. Havelsky [4] a făcut o analiză comparativă a eficienței energetice și a economiei de combustibil între trigenerare și producerea separată. Dependența emisiilor de CO<sub>2</sub> față de eficiența centralei de trigenerare a fost studiată de către Meunier [5]. Autorul a prezentat câteva exemple de calcul a emisiilor de noxe pentru centrale de trigenerare

și pentru soluția de producere separată a celor trei forme de energie.

## 2. CARACTERISTICI GENERALE ALE TRIGENERĂRII; AVANTAJE, DEZAVANTAJE, LIMITĂRI

După cum a fost menționat mai sus trigenerarea este producerea simultană a trei forme de energie: energie electrică, căldură, și frig utilizând un singur combustibil. Energia mecanică produsă poate fi utilizată pentru producerea energiei electrice, sau pentru antrenarea directă a unor instalații energetice. Căldura produsă poate fi sub formă de abur la diferite nivele de presiune și temperatură, sub formă de apă fierbinte sau apă caldă la diferite nivele de temperatură. Frigul produs poate fi sub formă de apă răcită la temperaturi mai ridicate de 0 °C, sau sub formă de soluții apoase sau alte substanțe la temperaturi mai joase de 0 °C.

Trigenerarea, la fel ca și cogenerarea, este o metodă de creștere a randamentului global de producere a energiei, care, în general, se bazează pe utilizarea căldurii reziduale, care de altfel este aruncată în atmosferă. La momentul actual soluțiile de trigenerare existente pot avea o eficiență globală de producere a energiei de 90 % sau chiar mai mare, depinde de tipul centralei. Din utilizarea acestei călduri reziduale rezultă și o economie de combustibil primar față de producerea separată a celor trei forme de energie.

Față de producerea separată a energiei electrice, căldurii și a frigului, trigenerarea prezintă o serie de avantaje de natură tehnică, economică și de impact ecologic asupra mediului înconjurător, printre care pot fi menționate următoarele:

- se obține o eficiență globală de producere a energiei superior soluției separate;
- la producerea acelorași cantități de energie electrică, căldură și frig în trigenerare, față de producerea separată, se realizează întotdeauna o economie de energie primară;
- se reduce efortul de investiții în instalațiile de extracții și transport, sau importul de combustibil, corespunzător cantității economisite față de producerea separată;
- se reduc elementele poluante corespunzător cantității de combustibil economisit;
- se obțin importante reduceri ale costurilor energiilor produse, prin utilizarea în comun a instalațiilor energetice (concentrarea producției energiei electrice, căldurii și a frigului în aceleași instalații), precum și prin economia de combustibil realizată;
- se diminuează pierderile de energie la transport

datorită plasării sursei aproape de consumator, sau chiar la consumator;

- soluția de trigenerare necesită mai puțin spațiu decât în cazul producerii separate;
- în cazul amplasării sursei de energie la consumator permite o oarecare autonomie din punct de vedere al alimentării cu energie.

Ca dezavantaje și limitări ale soluției de trigenerare față de producerea separată a celor trei forme de energie se pot enumera următoarele:

- interdependență în funcțiune a diverselor instalații de producere a energiei, ceea ce impune o necesitate a cererii constante de energie pentru unele soluții de trigenerare;
- din cauza interdependenței mari a funcționării instalațiilor într-o centrală de trigenerare la sarcini nenominale sunt posibile pierderi de energie / exergie în diferite instalații de reglare;
- necesită o siguranță în exploatare mai mare decât în cazul producerii separate.

### 3. SOLUȚII TEHNICE DE TRIGENERARE

#### 3.1 Concepția de ansamblu

O centrală de trigenerare, după cum s-a menționat mai sus, trebuie să producă simultan trei forme de energie: energie electrică, căldură, și frig, deci, este evident că într-o astfel de centrală trebuie să fie prezente toate echipamentele necesare producerii acestor forme de energie. Deoarece se poate considera, că trigenerarea este un caz particular al cogenerării, atunci se poate spune, că concepția de ansamblu a unei centrale de trigenerare depinde de principiul de funcționare al instalației frigorifice, folosită în cadrul centralei de trigenerare. Instalațiile frigorifice folosite într-o centrală de trigenerare sunt cele cu absorbție și cu compresie. Conceptual centralele de trigenerare pot fi divizate în: centrale de trigenerare cu instalații frigorifice cu compresie sau absorbție.

În figura 1 este prezentată schema de concepție a unei centrale de trigenerare, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu compresie. Pentru această soluție se poate spune, că are un dezavantaj legat de un consum oarecare de energie electrică pentru producerea frigului, însă cantitatea de agent de răcire a instalației frigorifice este mai mică, decât în cazul instalației frigorifice cu absorbție. Coeficientul frigorific mediu este în jurul valorii 5.

În figura 2 este prezentată schema de concepție a unei centrale de trigenerare, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție. În acest caz frigul este produs utilizând o parte din căldură produsă în centrală. Această soluție, în comparație cu cea precedentă, are avantajul că nu consumă energie electrică, produsă în centrală, pentru producerea de frig, în schimb necesită o cantitate de agent de răcire cu mult mai multă, și coeficientul frigorific mediu este în jurul valorii 1,2. În concluzie se poate spune, că o centrală de trigenerare, indiferent de ce motor termic folosește pentru producerea energiei electrice și a căldurii, poate fi cu instalație frigorifică cu compresie sau cu instalație frigorifică cu absorbție.

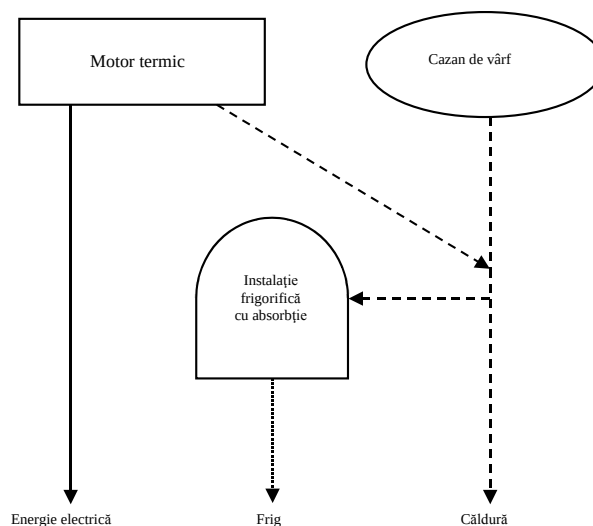


Fig.1 - Schema de concepție a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu compresie

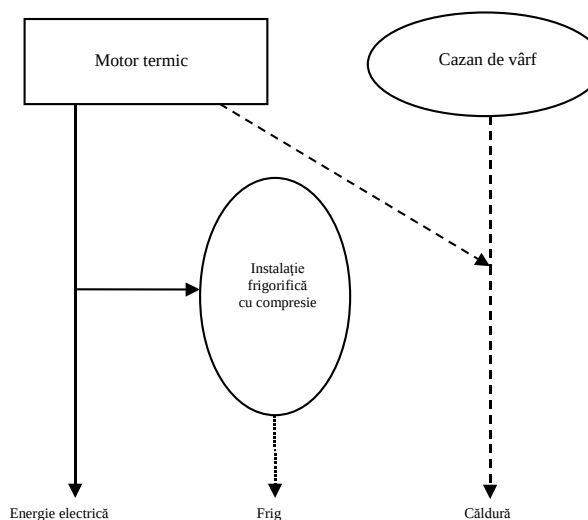


Fig.2 - Schema de concepție a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu absorbție

#### 3.2 Soluții tehnice posibile

Soluția de trigenerare, ca concept, este o formă relativ nouă de producere a energiei. Apariția trigenerării a fost dictată de mai mulți factori, printre care se regăsesc utilizarea mai eficientă a energiei primare, reducerea poluării, apariția de noi tehnologii în domeniu ș. a. Deoarece trigenerarea a apărut și a început să se dezvolte în anii '80-90, astăzi, practic, există numai soluții care se bazează pe cicluri cu turbină cu gaze și pe cicluri cu motor cu ardere internă.

O centrală de trigenerare cu turbină cu gaze sau motor cu ardere internă poate folosi pentru producerea frigului atât instalații frigorifice cu compresie, cât și instalații frigorifice cu absorbție. Alegerea tipului de instalație frigorifică depinde de mai mulți factori atât de natură tehnică, economică, cât și de specificul fiecărui caz de trigenerare aparte.

În figura 3 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gaze, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu

compresie. O astfel de centrală de trigenerare folosește în calitate de combustibil gazul natural. Compresorul instalației frigorifice poate fi legat direct la turbina cu gaze, sau poate folosi pentru antrenare energia electrică produsă. Aceste două opțiuni au avantajele și dezavantajele sale. Legarea directă a compresorului la turbina cu gaze exclude pierderile de energie la transformarea ei în generatorul electric, în schimb impune funcționarea instalației frigorifice tot timpul cât funcționează turbina cu gaze. Deci, practic, instalația frigorifică nu are o autonomie proprie. Această soluție este de preferat atunci, când necesitățile în frig sunt foarte mari și, practic, tot anul în jur. Separarea completă a instalației frigorifice de instalația cu turbină cu gaze are dezavantajul, că apar pierderi de energie electrică în generatorul electric, dar, în schimb, este complet autonomă, și, deci, poate funcționa după un grafic independent. Această soluție este de preferat atunci, când necesitățile în frig sunt periodice, sau chiar sezoniere. Producerea de căldură într-o centrală de trigenerare cu turbină cu gaze se realizează pe baza recuperării căldurii din gazele de ardere într-un cazan recuperator, care poate fi sub formă de apă fierbinte sau abur. În caz dacă cantitatea de căldură recuperată din gazele de ardere nu satisface cerințele, atunci se poate introduce o ardere suplimentară în cazanul recuperator, pentru a mări cantitatea de căldură produsă.

În figura 4 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu motor cu ardere internă, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu compresie. O astfel de centrală de trigenerare poate folosi pentru producerea energiei atât combustibili gazoși cât și combustibili lichizi. Pentru această soluție de trigenerare, la fel ca și pentru cea precedentă, există posibilitatea ca compresorul instalației frigorifice să fie legat direct la motor, sau să folosească energie electrică produsă de motor pentru antrenarea sa. Avantajele și dezavantajele a celor două posibilități sunt aceleași ca și în cazul centralei de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu compresie. Producerea căldurii într-o centrală de trigenerare cu motor cu ardere internă diferă puțin față de varianta cu turbină cu gaze. În acest caz căldură se poate produce folosind energia gazelor de ardere și căldura evacuată din motor în urma răcirii lui. Pe baza căldurii din gazele de ardere se poate produce abur sau apă fierbinte într-un cazan recuperator. Cazanul recuperator funcționează autonom față de motorul cu ardere internă, deci, poate satisface orice cerere de căldură. Căldura recuperată din răcirea motorului poate fi utilizată pentru prepararea apei fierbinți sau a apei calde, dar cererea de căldură trebuie să fie constantă, în comparație cu cazanul recuperator, pentru a asigura răcirea motorului. Dacă cererea de apă caldă sau apă fierbinte este zero, atunci este necesară o sursă rece pentru răcirea motorului.

O altă soluție de trigenerare, bazată pe ciclu cu turbină cu gaze, este aceea care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție.

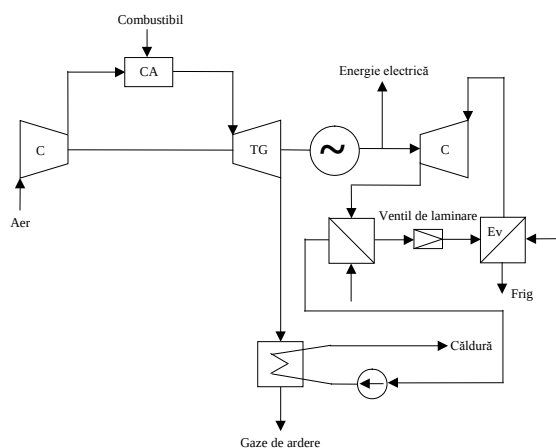


Fig.3 - Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu compresie cu turbină gaze

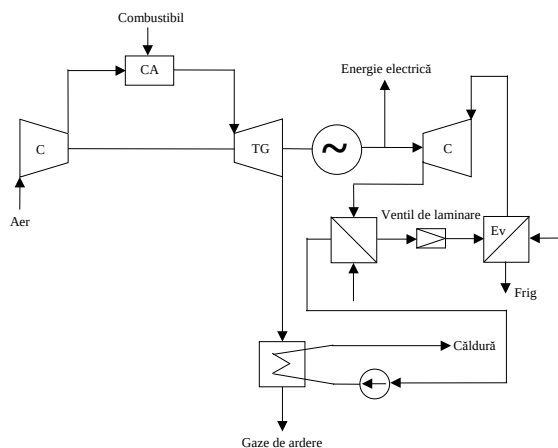


Fig.4 - Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu compresie cu motor cu ardere internă

În figura 5 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu absorbție. Ca și soluția cu instalație frigorifică cu compresie, această centrală de trigenerare folosește în calitate de combustibil gazul natural. În acest caz instalația frigorifică nu mai necesită energie electrică pentru producerea frigului, doar o cantitate foarte mică pentru antrenarea pompelor, cealaltă cantitate de energie electrică produsă poate fi folosită în alte scopuri. Plus la cele spuse mai sus, instalația frigorifică este autonomă și poate funcționa periodic, în dependență de cererea de frig existentă. Producerea de căldură se realizează pe baza căldurii recuperată din gazele de ardere într-un cazan recuperator, în care pe lângă apă fierbinte se poate produce și abur, în caz de necesitate. Dacă cantitatea de căldură recuperată din gazele de ardere nu este suficientă pentru satisfacerea cerințelor, atunci în cazanul recuperator se poate introduce arderea suplimentară, care mărește cantitatea de căldură produsă.

O altă soluție de centrală de trigenerare, bazată pe ciclu cu motor cu ardere internă, este aceea care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție. În figura 6 este prezentată schema de principiu a unei astfel de centrale. Ca și în cazul cu instalație frigorifică cu compresie, combustibilul care poate fi folosit într-o astfel de centrală este atât combustibilul

gazos, cât și combustibilul lichid. În acest caz, energia electrică produsă nu este folosită pentru producerea de frig, doar numai o mică cantitate a ei, pentru antrenarea pompelor. Instalația frigorifică poate funcționa autonom, adică poate satisface orice cerere de frig, independent de sarcina motorului. Producerea de căldură are la bază două surse: căldura recuperată din gazele de ardere și căldura recuperată din răcirea motorului. Pe baza căldurii recuperată din gazele de ardere se poate produce abur sau apă fierbinte într-un cazan recuperator. Căldura recuperată din răcirea motorului poate fi folosită pentru producerea apei fierbinți sau a apei calde. Dar schimbătorul de căldură, în care se recuperează căldură din răcirea motorului, este dependent de funcționarea lui și necesită o fiabilitate sporită în funcționare pentru a asigura o răcire corespunzătoare a motorului cu ardere internă. Când cererea de apă caldă și fierbinte este zero, pentru asigurarea răcirii motorului se necesită o sursă de răcire.

Pentru cazul centralei de trigenerare cu turbină cu gaze producerea de căldură este complet autonomă, adică nu depinde de producția de energie electrică. Cei drept, dacă cererea de energie electrică este zero și turbină cu gaze nu funcționează, atunci, pentru a produce căldură, este necesar de a avea arderea suplimentară în cazanul recuperator. Dacă, însă, cererea de căldură este mai mică decât capacitatea de producere, atunci excesul de gaze de ardere poate fi evacuat în atmosferă.

Soluțiile de trigenerare cu turbine cu gaze pot utiliza fie turbine cu gaze de putere, specializate, de tip "Heavy – duty", fie turbine cu gaze derivate din aviație. Turbinele specializate au o gamă mai largă de puteri, pe când cele derivate din aviație sunt de puteri mici. Alegerea și dimensionarea tuturor echipamentelor din centrala de trigenerare depinde de mai mulți factori, atât de natură economică, tehnică, cât și de specificul cererilor de energie. Așa cum s-a menționat și mai sus cazanele recuperatoare pot fi cu sau fără postardere. În comparație cu turbina cu gaze, cazanele recuperatoare pot folosi, în calitate de combustibil, gazul natural, gazul de furnal, combustibil lichid ușor și chiar păcură fără sulf, cu măsuri speciale privind arderea ei.

#### 4. EXEMPLE DE CENTRALE DE TRIGENERARE ÎN LUME

Autorii prezintă următoarele centrale de trigenerare: centrala de la uzina Michelin din Cholet, Franța, [6, 7]; centrala de la Printer Industria Grafica S. A., Catalonia, Spania, [8]; centrala de la Oxaquim, Alkaniz, Teruel, Spania, [8] și centrala de la expoziția internațională EXPO 1998, Lisabona, Portugalia, [9-12]. Aceste centrale de trigenerare sunt de mărime medie, având o putere electrică instalată între 5 și 10 MW. De asemenea capacitatea instalațiilor de frig instalate în aceste centrale variază între 2 și 22 MW de la una la alta.

Centrala de trigenerare de la uzina Michelin din Cholet, Franța (vezi Figura 7) a fost pusă în exploatare în Ianuarie, 1998. Centrala poate produce 10 MW de energie electrică, 22 t/h de abur saturat la presiunea de 22 bar și 258 m<sup>3</sup>/h de apă răcită la temperatura de 6 °C.

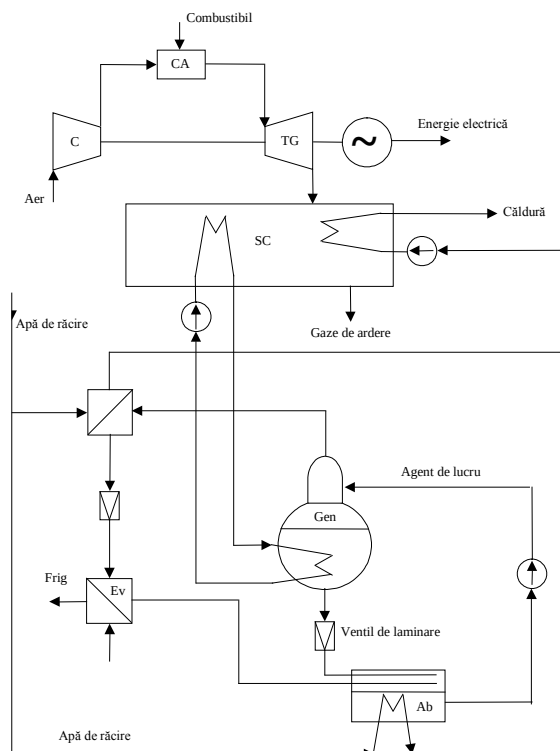


Fig.5 - Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu absorbție cu turbină gaze

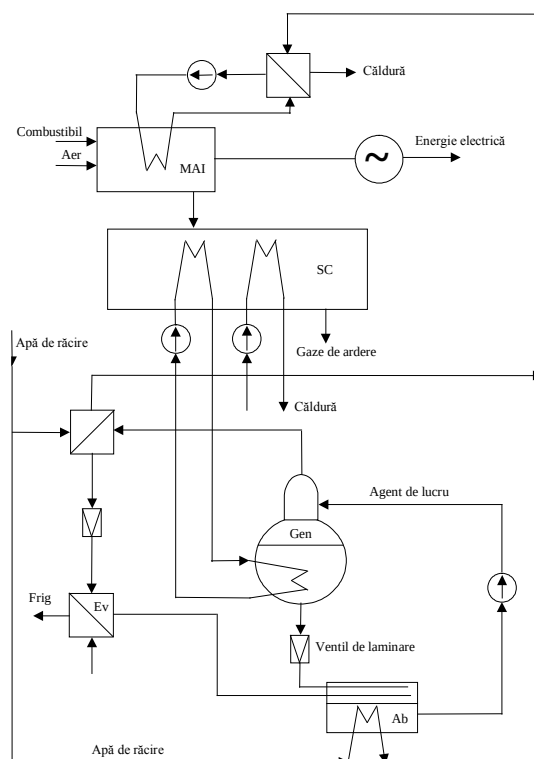


Fig.6 - Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu absorbție cu motor cu ardere internă

Pentru producerea de energie electrică este instalată o turbină cu gaze de tipul SOLAR TGC-100 CM, furnizată de TUMA TURBOMACH, având un randament de producere a energiei electrice de 30 %. Pentru producerea căldurii este folosit un cazan recuperator de tipul CRTG, furnizat de ALSTOM (STEIN). Cazanul

poate produce 2700 kW de apă fierbinte la temperatura de 98-120 °C. Frigul este produs într-o instalație frigorifică cu absorbție de tipul VIA, furnizată de YORK și având o putere de 1800 kW. Ea poate folosi în calitate de energie primară pe lângă abur și 106 m<sup>3</sup>/h de apă fierbinte la temperatura de 98-120 °C. Pentru circuitul de răcire al instalației frigorifice se folosesc 425 m<sup>3</sup>/h de apă, având temperaturile de intrare / ieșire din instalația frigorifică de 27/36 °C. În cazul unei avarii în sistemul energetic național turbina cu gaze poate funcționa separat asigurând toate necesitățile uzinei în energie electrică. Instalația frigorifică poate funcționa aproximativ 8000 de ore pe an.

Centrala de trigenerare de la Printer Industria Grafica S. A., Spania (vezi Figura 8) este echipată cu 2 turbine cu gaze de tipul Solar Centaur T4700 a câte 3000 kWe fiecare. Pentru producția de frig, care este necesar în procesul tehnologic, sunt instalate 3 instalații frigorifice cu absorbție. Ele funcționează în paralel având fiecare o capacitate de 1700 kW. În calitate de energie primară pentru instalațiile frigorifice sunt folosite gazele de ardere care au o temperatură de aproximativ 500 °C. Instalațiile frigorifice funcționează în doua trepte și au în calitate de agent de lucru soluția de bromură de litiu. Apa răcită atinge o temperatură de 7 °C. Pentru a asigura cerințele în apă de răcire sunt folosite trei turnuri de răcire instalate în apropiere. Toate trei turnuri de răcire sunt echipate cu pompe cu turație variabilă, ceea ce permite o mare precizie în controlul temperaturii apei răcite și totodată sunt foarte eficiente din punct de vedere al consumului de energie. Aceste instalații frigorifice pot atinge un coeficient de performanță de 1,25. O parte din gazele de ardere sunt folosite pentru a produce apă fierbinte la temperatura de 160 – 180 °C, care este necesară pentru cerințele tehnologice.

O centrală de trigenerare a fost pusă în funcțiune la Oxaquim, Alkaniz, Teruel, Spania (vezi Figura 9). Oxaquim este o întreprindere chimică care are mari necesități în abur, frig industrial și energie electrică. Din aceste motive o centrală de trigenerare a fost pusă în funcțiune în anul 1996. Ea funcționează 24 de ore pe zi, 365 de zile pe an. Centrala este echipată cu 10 motoare cu ardere internă de tipul GUASCOR FGLD 480, având o putere totală instalată de 6,6 MW. Sistemul de control al centralei este bazat pe microprocesoare, ceea ce permite o operare fără dificultăți. Generatoarele electrice instalate în centrală operează în paralel cu sistemul energetic național și pot face schimb de energie. Aburul necesar pentru procesele tehnologice este asigurat de către două cazane recuperatoare, care funcționează pe baza gazelor de ardere din motoarele cu ardere internă. Ele pot produce 2600 kg de abur saturat pe oră la o presiune de 8 bar. Apa caldă (70 °C ) necesară pentru procesul tehnologic este obținută din circuitele de răcire al motoarelor. O parte din debitul apei calde este folosit pentru producerea apei reci într-o instalație frigorifică cu

absorbție. Instalația frigorifică funcționează pe baza unei soluții de bromură de litiu și poate răci apa până la temperatura de 7 °C.

Expoziția internațională EXPO 1998 a fost inaugurată în May, 1998 la Lisabona, Portugalia (vezi Figura 10). O centrală de trigenerare a fost pusă în funcțiune pentru a asigura toate necesitățile în energie a expoziției. Centrala de trigenerare constă dintr-o turbină cu gaze, un cazan recuperator, un cazan auxiliar, 2 instalații frigorifice cu compresie, 2 instalații frigorifice cu absorbție și un rezervor pentru stocarea apei reci. Turbina cu gaze este de tipul a SOLAR Taurus 60 livrată de Tuma Turbomach și are putere de 4,8 MW. Este important de menționat că la intrare în compresor este plasat un schimbător de căldură pentru a menține temperatura aerului mai jos de 15 °C. Această măsură permite de a menține performanțele echipamentului la nivel înalt chiar și în timp de vară. Producerea aburului este asigurată de către un cazan recuperator de tipul Fire Power. El utilizează gazele de ardere pentru a produce 18,5 t/h de abur la presiunea de 10 bar. Cazanul este echipat cu un sistem de control care permite de a regla cantitatea de abur produsă by-pasarea gazelor de ardere în atmosferă. Cazanul este echipat și cu arzător de post combustie, care permite de a ridica temperatura gazelor de ardere până la 730 °C. Cazanul auxiliar este de tipul Stein Fasel și are o putere de 15,3 MW. Producția de frig este asigurată de către instalații frigorifice cu compresie și absorbție, care răcesc apa până la 4 °C. Instalațiile frigorifice cu absorbție sunt de tipul Carrier Raw 135, cu dublu efect cu soluție de bromură de litiu. Debitul nominal de apă răcită este de 1075 m<sup>3</sup>/h iar cel minim acceptabil 550 m<sup>3</sup>/h. Pentru producerea frigului se folosesc 6300 kg/h de abur. Pentru răcirea instalațiilor frigorifice sunt necesari 1000 m<sup>3</sup>/h de apă, având temperatura de intrare / ieșire de 26/34 °C. Instalațiile frigorifice cu compresie sunt de tipul Carrier 40 CA – M20W având ca agent de lucru amoniacul. Producția de frig este de aproximativ de 5850 kW, ceea ce corespunde a 1075 m<sup>3</sup>/h de apă răcită. Pentru rezervorul de apă rece a fost folosit principiul de stratificare. Rezervorul are o capacitate de aproximativ 15,000 m<sup>3</sup>, ceea ce corespunde a aproximativ 18 MW, și este cel mai mare în Europa.

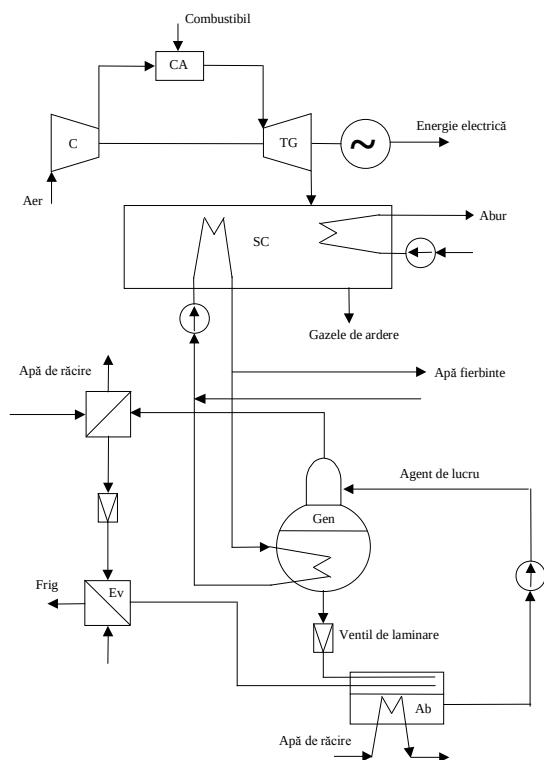


Fig.7 - Schema de principiu a centralei de trigenerare de la uzina Michelin în Cholet, Franța

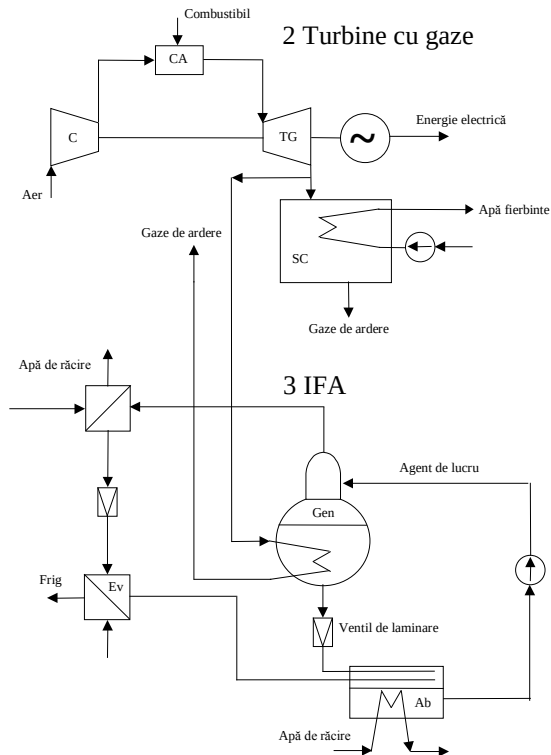


Fig.8 - Schema de principiu a centralei de trigenerare de la Printer Grafica S. A., Catalonia, Spania

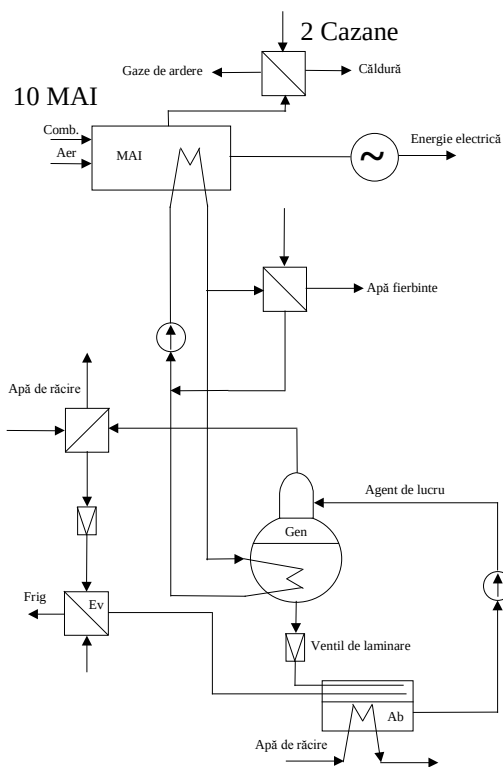


Fig.9 - Schema de principiu a centralei de trigenerare de la Oxaquim, Alkaniz, Teruel, Spania

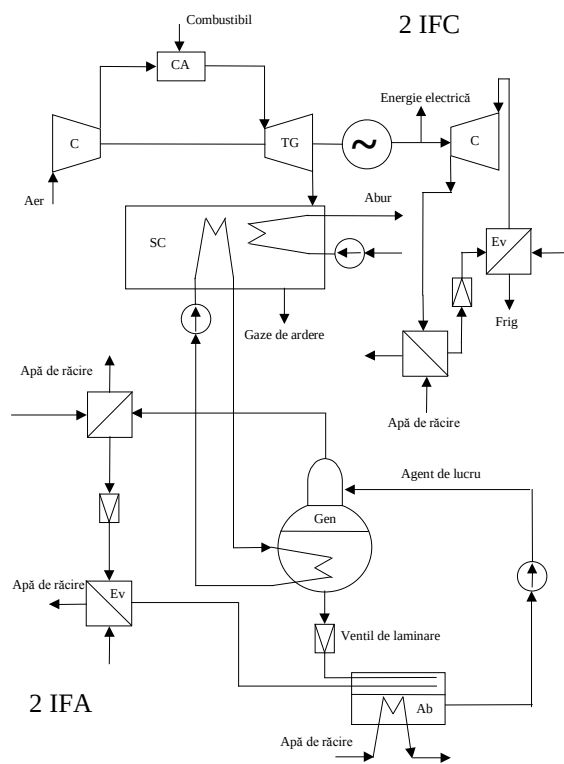


Fig.10 - Schema de principiu a centralei de trigenerare de la EXPO-98, Lisabona, Portugalia

## 5. CONCLUZII

Trigenerarea este o tehnologie eficientă de a spori eficiența de utilizare a combustibilului primar. Totodată ea poate reduce emisiile de noxe în comparație cu producerea separată de energie. Principalele echipamente utilizate astăzi în centralele de trigenerare le constituie turbinele cu gaze și motoarele cu ardere internă. Pentru producerea frigului se pot folosi instalații frigorifice cu absorbție și instalații frigorifice cu compresie. De obicei mai des se folosesc instalațiile frigorifice cu absorbție, dar se pot întâlni și cazuri când pentru producerea frigului sunt folosite și instalații frigorifice cu compresie. Există și centrale de trigenerare în care pentru producerea frigului se folosesc ambele tipuri de instalații frigorifice, ceea ce permite de a spori eficiența întregii centrale. Ca o concluzie generală se poate spune că trigenerare este o tehnologie foarte eficientă și trebuie susținută și dezvoltată.

## REFERENCES

- [1] R. T. Watson, M. C. Zinyowera și R. H. Moss, *Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change*. IPCC Tech. Paper I. Intergovernmental Panel on Climate Change, Noiembrie 1996
- [2] G. G. Maidment și R. M. Tozer, *Combined cooling heat and power in supermarkets*, Applied Thermal Engineering 22 (6), pp. 653-665, Aprilie 2002
- [3] J. Bassols, B. Kuckelkorn, J. Langreck, R. Schneider and H. Veelken, *Trigeneration in the food industry*, Applied Thermal Engineering 22 (6), pp. 595-602, Aprilie 2002
- [4] V. Havelsky, *Energetic efficiency of cogeneration systems for combined heat, cold and power production*, International Journal of Refrigeration 22 (6), pp. 479-485, Septembrie 1999
- [5] F. Meunier, *Co- and tri-generation contribution to climate change control*, Applied Thermal Engineering, 22 (7), pp. 703-718, Iulie 2002
- [6] \*\*\*, *Trigénération: Production frigorifique par valorisation de la chaleur d'une cogénération*, Energie Plus, Supplement, Nr. 327, pp. 26-31, Decembrie 1999
- [7] J.-D. Rongieres, *L'unité de trigeneration de l'usine Michelin Cholet*, Proceedings. IFFI/AFF, 1999, pp. 69-85
- [8] [http://www.guascor.com/ingles/productos\\_y\\_servicios/motores\\_marinos\\_indus/plantas\\_coge\\_trige/plantas\\_coge\\_trige.htm](http://www.guascor.com/ingles/productos_y_servicios/motores_marinos_indus/plantas_coge_trige/plantas_coge_trige.htm)
- [9] G. Vrinat, *Ammoniac et absorption. Pour l'exposition universelle de Lisbonne*, Revue Générale du Froid, Nr. 98, pp. 36-40, June, 1998
- [10] R. Cornette, *Cogénération & froid associés. (Trigénération) à Lisbonne*, Chauffage, ventilation, conditionnement d'air, vol. 44, Nr. 7-8, pp. 42-44, Iulie-August 2000
- [11] [http://www.srbii.be/mensuel/Archives/Lisbonne\\_trigeneration.htm](http://www.srbii.be/mensuel/Archives/Lisbonne_trigeneration.htm)
- [12] <http://www.elyo.fr/business-uk/filiales/portugal.htm>

**Eduard Minciuc** Născut în orașul Făleşti, Republica Moldova la 29 octombrie 1973. Doctor inginer în termoelectrică, diploma obținută la Universitatea Politehnica București, România în anul 2003. Principalele domenii de cercetare sunt producerea combinată de energie, eficiența energetică, resurse energetice regenerabile, probleme de mediu.  
Șef lucrări Dr. ing. Minciuc