

GRADUL DE INFLUENȚĂ AL PARAMETRIILOR UTILIZAȚI LA DIMENSIONAREA CENTRALELOR DE COGENERARE URBANĂ CU CICLU MIXT ASUPRA EFICIENȚEI ECONOMICE A ACESTORA

Marius-Costel HOARĂ, Victor ATHANASOVICI

Universitatea „Politehnica“ din București

REZUMAT. Acest articol a fost realizat pentru a se arăta influența modificării în timp a valorilor principalelor parametri, utilizați în calculele complexe de dimensionare a centralelor de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică și medie putere, asupra eficienței economice a soluției de cogenerare. De asemenea s-a prezentat și influența prețurilor de vânzare a energiei (electrice și termice) asupra valorilor principalelor criterii de analiză economică (VNA, TRA, RIR, r_c , TRB, IP, VNAT, C/B, CTA) pentru a se putea realiza ierarhizarea lor în funcție de gradul de sensibilizare.

Cuvinte cheie: cogenerare de mică și medie putere, ciclu mixt TG/TA, eficiență economică, coeficient nominal de cogenerare optim, dimensionare.

ABSTRACT. This article was realized to show the influence of the modification in time of the values of the main parameters used in the complex calculations for sizing of the cogeneration plants with gas and steam turbines combined cycle for small and medium power, over the economic efficiency of the cogeneration solution. Also, it presented the influence of the energy sales prices (electricity and heat) over the values of the main economic analysis criteria (NPV, DPP, IRR, ARR, BPP, PI, TVNA, B/C, TDC) in order to achieve their hierarchy depending on their sensitization degree.

Keywords: cogeneration for small and medium power, gas and steam turbines combined cycle, economic efficiency, optimal cogeneration nominal coefficient, sizing.

În lucrare se analizează:

- variația a venitului net actualizat maxim la modificarea valorilor principalelor parametri utilizați în cadrul calculelor de dimensionare a centralelor de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică/medie putere pentru condițiile României;
- gradul de influență al parametrilor avuți în vedere asupra eficienței economice a CCGMMP cu ciclu mixt TG/TA;
- modificarea valorilor principalelor criterii de analiză economică la variația prețurilor de vânzare a energiei și ierarhizarea lor în funcție de gradul de sensibilitate.

1. INTRODUCERE

Studiul prezentat în acest articol prezintă o analiză a efectelor factorilor de influență asupra eficienței economice a centralelor de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică și medie putere și stabilirea gradului de influență a modificării valorilor factorilor de

influență asupra eficienței economice a acestor centrale de cogenerare. Având în vedere principalele criterii de analiză economică s-a realizat o ierarhie a acestora în funcție de gradul de sensibilizare la modificarea prețurilor de vânzare a energiei electrice și termice.

În acest scop s-a elaborat un algoritm de dimensionare a CCGMMP cu ciclu mixt TG/TA în care s-a ținut cont ca parametrii avuți în vedere să poată varia.

Prin elaborarea calculelor de dimensionare a CCGMMP cu ciclu mixt TG/TA s-a urmărit stabilirea eficienței tehnico-economice a soluțiilor de cogenerare, pe baza criteriilor de analiză economică, ceea ce presupune:

- dimensionarea optimă, sub aspectul capacității instalate pentru producerea căldurii și a energiei electrice;
- ierarhizarea din punct de vedere al eficienței economice a soluțiilor de cogenerare analizate, cu evidențierea soluției optime;
- calculul performanțelor energetice și al principalelor indicatori economici, ce caracterizează fiecare soluție de cogenerare analizată;

Calculule de eficiență tehnico-economică se fac pentru soluțiile de cogenerare, ținându-se seama de durata de studiu și de evoluția în cadrul acesteia a realizării investiției, a capacităților de producție și a energiei anuale livrate-vândute. Aceasta presupune că toate calculule de eficiență tehnico-economică se fac aplicând criteriile economice bazate pe „metoda actualizării”, ținându-se seama și de montajul financiar adoptat pentru realizarea investiției aferentă obiectivului avut în vedere.

2. PRINCIPALII PARAMETRII UTILIZAȚI ÎN CALCULELE DE DIMENSIONARE

Principalii parametri care influențează eficiența economică a centralelor de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică și medie putere sunt:

- $P_{el.cg}^{SEN}$ [€/MW_{el}h] – prețul energiei electrice produsă în regim de cogenerare și comercializată prin contracte reglementate;
- p_{cb} [€/MW_{cb}h] – prețul combustibilului;
- k_{cb} [%] – ponderea costurilor cu combustibilul în costurile totale, referitoare la consumul de combustibil, mentenanță și operare;
- p_{el} [€/MW_{el}h] – prețul energiei electrice comercializată prin contracte bilaterale;
- vb_{cg}^{el} [€/MW_{el}h] – valoarea bonusului acordat pentru energia electrică produsă în regim de cogenerare și vândută prin contracte reglementate;
- p_t [€/MW_th] – prețul de vânzare al energiei termice;
- i_{ICG} [€/MW_{el}] – investiția specifică în ICG;
- a [%] – rata de actualizare;
- k_{aux} [%] – ponderea investiției în echipamentele auxiliare necesare funcționării CCG în investiția în ICG și ITV;
- $c_{impozit}$ [%] – cota de impozitare;
- e_{CO2} [€/tCO₂] – ecotaxa pe CO₂;
- P_{cons} [kW_{el}] – puterea electrică necesară consumatorului, cu care CCG încheie contract bilateral.

3. MODUL DE VARIAȚIE A VALORILOR MAXIME ALE VENITULUI NET ACTUALIZAT

Pentru analiza influenței variației acestor parametri asupra eficienței economice a CCGMMP cu ciclu mixt TG/TA, s-au avut în vedere 13 variante (V₁÷V₁₃) în care, de la o variantă la alta, s-a modificat valoarea unui singur parametru, după cum este prezentat în tabelul 1. În varianta V₁₃ modificarea valorii parametrului k_{cb} s-a făcut față de varianta V₅.

Notă referitoare la tabelul 1:

♦ centrala de cogenerare poate vinde energie electrică fie în SEN, prin contracte reglementate, fie unui consumator (prin intermediul SEN), prin contracte bilaterale;

♦ în scopul prezentării ulterioare cât mai corecte a gradului de influență a modificării valorilor parametrilor studiați asupra eficienței economice a soluției de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică/medie putere, s-au avut în vedere ca:

- valorile venitului net actualizat pentru variantele V₁-V₁₃ să fie maxime;
- valorile VNA^{max} să varieze în limite asemănătoare la modificarea valorilor parametrilor de la o variantă la alta; astfel, s-a avut în vedere ca imediat după modificarea valorii unui parametru care a avut drept scop schimbarea valorii VNA^{max}, să se revină la valoarea VNA^{max} precedentă prin modificarea valorii unui nou parametru, într-o variantă imediat următoare (de exemplu în varianta V₅ s-a modificat valoarea VNA^{max} de la VNA^{max}_{V₄} = 3,49 mil. € la VNA^{max}_{V₅} = 6,98 mil. €, urmând ca în varianta V₆ valoarea VNA^{max} să devină egală cu cea din varianta V₄: VNA^{max}_{V₆} = VNA^{max}_{V₄} 3,49 mil. €);

Tabelul 1. Influența diferiților parametri care intervin în calculele tehnico-economice asupra VNA^{max}, la funcționarea centralei în regim de cogenerare, cu vânzarea energiei electrice prin contracte reglementate pentru variantele V₁÷V₁₀, V₁₃ respectiv prin contracte bilaterale, pentru variantele V₁₁÷V₁₂

Nr. var.	p_{cb} [€/MW _{cb} h]	p_{el} [€/MW _{el} h]	$P_{el.cg}^{SEN}$ [€/MW _{el} h]	$vb_{cg}^{el,max}$ [€/MW _{el} h]	p_t [€/MW _t h]	e_{CO2}^{max} [€/tCO ₂]	i_{ICG}^{max} [€/kW _{el}]	k_{aux}^{max} [%]	k_{cb} [%]	P_{cons} [kW _{el}]	a [%]	$c_{impozit}$ [%]	VNA ^{max} [mil. €]
V ₁	25,9	71,1	47,4	39,6	30,6	7,5	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	1.031.656
V ₂	25,9	71,1	47,4	39,6	30,6	0	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	3.486.159
V ₃	25,9	71,1	47,4	0	30,6	0	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	-9.695.510
V ₄	25,9	71,1	70,4	0	30,6	0	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	3.486.159
V ₅	24,6	71,1	70,4	0	30,6	0	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	6.972.318
V ₆	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	745,9	30,0	80,0	0	10,0	16,0	3.486.159
V ₇	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	635,7	30,0	80,0	0	10,0	16,0	6.972.318
V ₈	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	635,7	51,4	80,0	0	10,0	16,0	3.486.159
V ₉	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	635,7	51,4	80,0	0	8,5	16,0	6.972.318
V ₁₀	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	635,7	51,4	80,0	0	8,5	30,6	3.486.159
V ₁₁	24,6	71,1	70,4	0	26,5	0	635,7	51,4	80,0	28.532	8,5	30,6	4.120.215
V ₁₂	24,6	74,2	70,4	0	26,5	0	635,7	51,4	80,0	28.532	8,5	30,6	6.972.318
V ₁₃	24,6	71,1	70,4	0	30,6	0	745,9	30,0	76,0	0	10,0	16,0	3.486.159

excepție făcând varianta V_3 unde s-a eliminat complet bonusul de cogenerare și varianta V_{11} unde CCG vinde toată energia electrică produsă numai prin contracte bilaterale, eliminând posibilitatea de a o putea vinde și prin contracte reglementate;

◆ valorile parametrilor din coloanele 2÷7 sunt considerate cele din primul an de calcul;

◆ i_{ICG}^{max} [$\text{€}/\text{MW}_{el}$] reprezintă valoarea maximă a investiției specifice în ICG aleasă dintre valorile investiției specifice în ICG ce au fost determinate la modificarea valorii coeficientului nominal de cogenerare în intervalul 0÷1;

◆ valorile parametrilor din coloanele 9÷13 nu diferă în funcție de anul de calcul;

◆ parametrii necesari calculului din varianta V_1 au fost considerați cei stabiliți de ANRE. [2][3]

4. INFLUENȚA MODIFICĂRII ÎN TIMP A VALORILOR PARAMETRILOR

Fiecare parametru evidențiat anterior, influențează mai mult sau mai puțin soluția optimă de cogenerare. Evoluția în timp a factorilor de influență trebuie avută în vedere mai ales în cazul aplicării criteriilor de eficiență economică bazate pe actualizare. Ca urmare este foarte importantă prognoza, cât mai aproape de realitate a evoluției acestor factori. Studiul influenței parametrilor avuți în vedere a avut ca obiectiv valorile maxime ale VNA. Astfel, s-a determinat gradul de influență a modificării valorilor parametrilor studiați asupra eficienței economice a CCG. Rezultatele acestui calcul s-au prezentat în figura 1.

5. VARIAȚIA VALORILOR PRINCIPALELOR CRITERII DE ANALIZĂ ECONOMICĂ ȘI IERARHIZAREA LOR

În scopul ierarhizării criteriilor de analiză economică în funcție de gradul de sensibilizare la modificarea valorilor parametrilor avuți în vedere, s-au analizat cazurile în care s-au modificat prețurile

de vânzare ale energiei electrice și termice produse de CCGMMP cu ciclu mixt TG/TA.

A. Influența prețului energiei electrice comercializată prin contracte reglementate asupra valorilor principalelor criterii de analiză economică. Având în vedere rezultatele obținute în figura 1 din care rezultă că parametrul cu influența cea mai mare asupra eficienței economice a CCG este prețul energiei electrice produsă în regim de cogenerare și vândută prin contracte reglementate, s-a analizat cum influențează modificarea acestui preț valorile criteriilor de analiză economică utilizate cel mai des în calculele tehnico-economice. Calculele s-au realizat în condițiile stabilite de ANRE, unde prețul energiei electrice comercializată prin contracte reglementate este de $p_{el.cg}^{SEN} = 47,4\text{€} / \text{MW}_{el}\text{h}$. Valorile criteriilor de analiză economică avute în vedere sunt determinate la coeficientul nominal de cogenerare optim și sunt prezentate în tabelul 2.

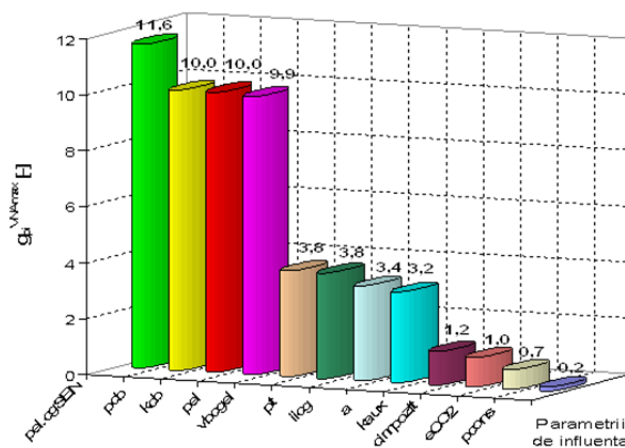


Fig. 1. Gradul de influență ($g_i^{VNA^{max}}$) a modificării valorilor parametrilor analizați asupra eficienței economice a soluției de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică/medie putere.

Pentru a se putea urmări mărimea modificării valorilor principalelor criterii de analiză economică avute în vedere, prețul energiei termice s-a majorat cu 4,5% față de valoarea sa de referință, ceilalți parametrii necesari calculului tehnico-economic rămânând cei stabiliți de ANRE. Rezultatele acestui calcul sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 2 Valorile principalelor criterii de analiză economică, determinate la $(a_{cg}^n)_{opt}$, în condițiile de calcul stabilite de ANRE

VNA^{max}	RIR	r_c	TRB	TRA	IP	B/C	CTA	VNAT
€	%	%	ani	ani	-	-	€	€
1.031.656	10,8	10,1	7,8	15,8	1,04	1,01	114.866.587	90.071.111

Tabelul 3. Valorile principalelor criterii de analiză economică, determinate la $(a_{cg}^n)_{opt}$, la majorarea prețului energiei electrice cu 4,5% față de prețul său de referință

VNA^{max}	RIR	r_c	TRB	TRA	IP	B/C	CTA	VNAT
€	%	%	ani	ani	-	-	€	€
3.280.000	12,5	11,3	7,0	12,8	1,12	1,03	115.618.958	92.727.289

GRADUL DE INFLUENȚĂ AL PARAMETRILOR UTILIZAȚI LA DIMENSIONAREA CENTRALELOR

Tabelul 4. Valorile principalelor criterii de analiză economică, determinate la $(\alpha_{cg})_{opt}$, la majorarea prețului energiei termice cu 5% față de prețul său de referință

VNA ^{max}	RIR	r_c	TRB	TRA	IP	B/C	CTA	VNAT
€	%	%	ani	ani	-	-	€	€
2.397.894	11,9%	10,8%	7,3	13,7	1,09	1,02	115.063.684	91.634.445

Creșterea prețului energiei electrice vândută prin contracte reglementate determină nu numai creșterea venitului net actualizat al centralei de cogenerare, ci și creșterea ratei interne de rentabilitate, a ratei randamentului contabil, a indicelui de profitabilitate, a raportului beneficiu-cost, a cheltuielilor totale actualizate precum și a venitului net total actualizat. În ceea ce privește durata de amortizare a investiției în CCG, aceasta se micșorează odată cu creșterea prețului energiei electrice vândută prin contracte reglementate, atât pentru calculul acesteia în valori neactualizate cât și în valori actualizate. În urma creșterii acestui preț cu 4,5% față de valoarea sa de referință, valorile criteriilor de analiză economică avute în vedere s-au modificat așa cum este prezentat în figura 2.

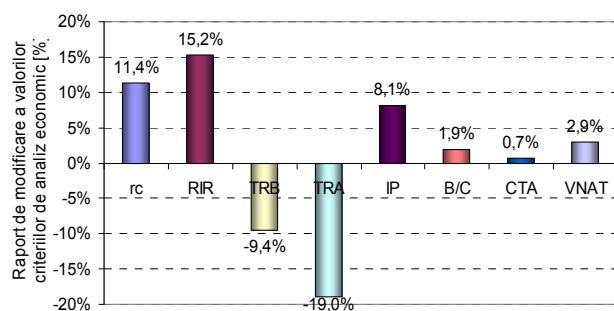


Fig. 2. Raportul de modificare a valorilor principalelor criterii de analiză economică la majorarea cu 4,5% a prețului energiei electrice vândută prin contracte reglementate, față de cel de referință

Din figura 2 rezultă că, la majorarea prețului energiei electrice vândută prin contracte reglementate cu 4,5% față de prețul său de referință, criteriul de analiză economică cu cea mai mare valoare procentuală de modificare, în mărime absolută, este TRA, urmat de RIR, r_c , TRB, IP, VNAT, B/C și CTA. Având în vedere venitul net actualizat maxim, conform tabelelor 2 și 3, acesta înregistrează o creștere de aproximativ 217,9%.

B. Influența prețului de vânzare a energiei termice asupra valorilor principalelor criterii de analiză economică. Pentru a evidenția clar care este gradul de ierarhizare a principalelor criterii de analiză economică s-a avut în vedere și variația prețului energiei termice.

În acest caz s-au determinat valorile criteriilor de analiză economică la majorarea prețului energiei termice cu 5% față de valoarea sa de referință ($p_t = 30,6 [€/MWh]$), ceilalți parametri necesari

calculului tehnico-economic rămânând cei stabiliți de ANRE. Rezultatele acestui calcul sunt prezentate în tabelul 4.

Având în vedere valorile criteriilor de analiză economică determinate în cele două cazuri, prezentate în tabelele 2 și 4, se constată că majorarea prețului energiei termice determină creșterea valorilor criteriilor de analiză economică CTA, VNAT, IP, B/C și RIR în timp ce duratele de amortizare a investiției în CCG în valori neactualizate respectiv actualizate se micșorează.

În ceea ce privește gradul de modificare a valorilor principalelor criterii de analiză economică, în figura 3 este prezentată ierarhia modificării valorilor acestor criterii de analiză economică.

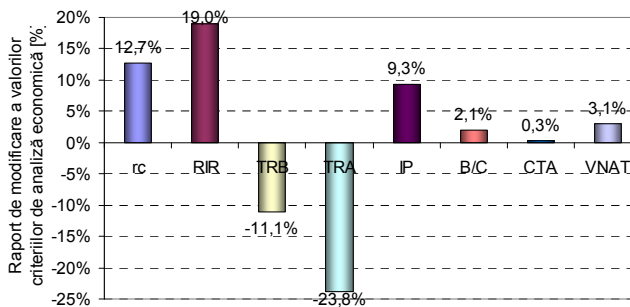


Fig. 3. Raportul de modificare a valorilor principalelor criterii de analiză economică la majorarea cu 5% a prețului energiei termice față de valoarea sa de referință

Din figura 3 rezultă că, la majorarea prețului energiei termice cu 5% față de prețul la care CCG se află la pragul critic de rentabilitate, criteriul de analiză economică cu cea mai mare valoare procentuală de modificare, în mărime absolută, este TRA, urmat de RIR, r_c , TRB, IP, VNAT, B/C și CTA. Valoarea venitului net actualizat maxim are cea mai mare rată de creștere (raportată la valorile celorlalte criterii de analiză economică studiate) la modificarea prețului energiei termice în condițiile stabilite, înregistrând o creștere de 132,4%.

6. CONCLUZII

A. Concluzii referitoare la gradul de influență a valorilor parametrilor avuți în vedere asupra eficienței economice a soluției de cogenerare. Din figura 1, se constată că parametrul care are gradul de influență cel mai ridicat asupra eficienței economice a CCG este prețul energiei electrice produsă în regim de cogenerare comercializată prin contracte

reglementate ($g_{p_{el,CG}}^{VNA^{max}} = 11,6$), urmat de prețul de achiziție al combustibilului și de ponderea costurilor cu combustibilul în costurile totale (k_{cb}), referitoare la consumul de combustibil, mentenanță și operare care au valori egale ($g_{p_{cb}}^{VNA^{max}} = g_{k_{cb}}^{VNA^{max}} = 10,0$). Un grad de influență destul de ridicat îl are și prețul de vânzare a energiei electrice comercializată prin contracte bilaterale ($g_{p_{el}}^{VNA^{max}} = 9,9$), urmat de gradul de influență al bonusului acordat pentru energia electrică produsă în regim de cogenerare și vândută prin contracte reglementate ($g_{v_{b_{cg}}^{el}}^{VNA^{max}} = 3,8$) care este egal cu gradul de influență al prețului de vânzare al energiei termice ($g_{p_t}^{VNA^{max}} = 3,8$). Investiția specifică în ICG și rata de actualizare au valori apropiate ale gradului de influență asupra eficienței economice a CCG, ($g_{i_{ICG}}^{VNA^{max}} = 3,4$) respectiv ($g_a^{VNA^{max}} = 3,2$). Apoi, în ordine descrescătoare și cu valori apropiate se situează gradul de influență al ponderii investiției în echipamentele auxiliare necesare funcționării CCG în investiția în ICG și ITV ($g_{k_{aux}}^{VNA^{max}} = 1,2$), al cotei de impozitare ($g_{C_{impozit}}^{VNA^{max}} = 1,0$), al ecotaxei pe CO₂ ($g_{CO_2}^{VNA^{max}} = 0,7$) și pe ultima poziție se află cel al puterii electrice necesare consumatorului ($g_{p_{cons}}^{VNA^{max}} = 0,2$). Deși puterea electrică necesară consumatorului cu care CCG încheie contract bilateral are cel mai mic grad de influență asupra eficienței economice a acesteia, s-a arătat că pentru valori mari ale acestui parametru, fără a se modifica prețul energiei electrice livrată către acest consumator, eficiența CCG cu ciclu mixt TG/TA crește, cu toate că majorarea valorii acestui parametru are un efect secundar negativ asu-

pra bonusului obținut pentru energia electrică produsă în regim de cogenerare și valorificată prin contracte reglementate.

B. Concluzii referitoare la gradul de sensibilizare a valorilor principalelor criterii de analiză economică în funcție de modificarea valorilor principalilor parametri avuți în vedere. În urma calculului de dimensionare optimă a centralelor de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică și medie putere, indiferent de ce parametru se modifică (prețul energiei electrice comercializată prin contracte reglementate sau prețul energiei termice), a rezultat că VNA este criteriul de analiză economică cu cea mai mare valoare procentuală de modificare în mărime absolută, urmat de TRA, RIR, r_c , TRB, IP, VNAT, B/C și CTA. Astfel, având în vedere raportul de modificare a valorilor criteriilor de analiză economică la modificarea prețurilor energiei termice și electrice, în figura 4 s-a prezentat ierarhizarea acestor criterii pe baza raportului mediu de modificare a valorilor absolute ale criteriilor de analiză economică. Criteriul VNA înregistrează o valoare procentuală de modificare în medie de 175,15%.

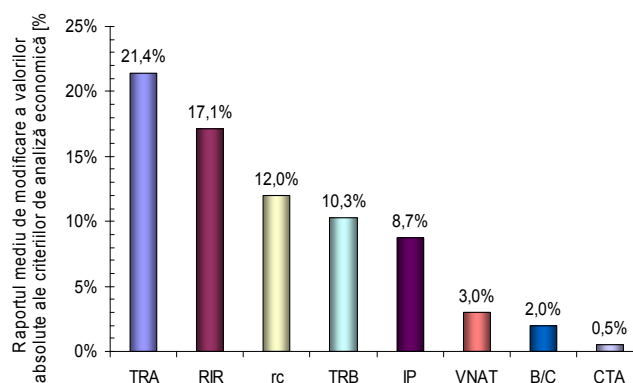


Fig. 4. Raportul mediu de modificare a valorilor absolute ale principalelor criterii de analiză economică la majorarea prețurilor energiei electrice și termice.

Lista notațiilor

Notăție	Descriere	UM
VNA	Venitul net actualizat	€
RIR	Rata internă de rentabilitate	%
r_c	Rata randamentului contabil	%
TRB	Termenul brut de recuperare a investiției	ani
TRA	Termenul actualizat de recuperare a investiției	ani
IP	Indicele de profitabilitate	–
B/C	Raportul cost-beneficiu	–
CTA	Criteriul cheltuielilor totale actualizate	€
VNAT	Venitul net actualizat total	€
NPV	Net present value	€
IRR	Internal rate of return	%
ARR	Accounting Rate of Return	%

GRADUL DE INFLUENȚĂ AL PARAMETRILOR UTILIZAȚI LA DIMENSIONAREA CENTRALELOR

Notație	Descriere	UM
BPP	Brute payback period	years
DPP	Discounted payback period	years
PI	Profitability index	–
B/C	Benefit-Cost ratio	–
TDC	Total discounted costs	€
TNPV	Total net present value	€
ANRE	Autoritatea Națională de Reglementare a Energiei	–
CCGMMP	Centrală de cogenerare de mică și medie putere	–
TG/TA	Turbină cu gaze/turbină cu abur	–
$(\alpha_{cg}^n)_{opt}$	Coeficientul nominal optim de cogenerare	–
ICG	Instalație de cogenerare	–
ITV	Instalație termică de vârf	–
CCG	Centrală de cogenerare	–
$P_{el.cg}^{SEN}$	Prețul energiei electrice produse în regim de cogenerare și comercializată prin contracte reglementate	€/MW _{el} h
p_{cb}	Prețul combustibilului	€/MW _{cb} h
k_{cb}	Ponderea costurilor cu combustibilul în costurile totale, referitoare la consumul de combustibil, mentenanță și operare	%
p_{el}	Prețul energiei electrice comercializată prin contracte bilaterale	€/MW _{el} h
vb_{cg}^{el}	Valoarea bonusului acordat pentru energia electrică produsă în regim de cogenerare și vândută prin contracte reglementate	€/MW _{el} h
p_t	Prețul de vânzare al energiei termice	€/MW _t h
i_{ICG}	Investiția specifică în ICG	€/MW _{el}
a	Rata de actualizare	%
k_{aux}	Ponderea investiției în echipamentele auxiliare necesare funcționării centralei de cogenerare în investiția în ICG și ITV	%
$c_{impozit}$	Cota de impozitare	%
e_{CO_2}	Ecotaxa pe CO ₂	€/t _{CO₂}
P_{cons}	Puterea electrică necesară consumatorului, cu care centrala de cogenerare încheie contract bilateral	kW _{el}
SEN	Sistemul electroenergetic național	–
$g_i^{VNA^{max}}$	Gradul de influență a modificării valorilor parametrilor analizați asupra eficienței economice a soluției de cogenerare cu ciclu mixt TG/TA de mică/medie putere	–

BIBLIOGRAFIE

- [1] V. Athanasovici, *Tratat de inginerie termică – Alimentări cu căldură. Cogenerare*, Ed. Agir Publishing, București, 2010.
- [2] Guvernul României, „Ordin al președintelui Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei privind aprobarea valorilor bonusurilor de referință pentru energia electrică și a prețului de referință pentru energia termică produsă și livrată din centralele de cogenerare de înaltă eficiență”, Monitorul Oficial al României nr. 215/2011, 64/2010.
- [3] Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei, <http://www.anre.ro>
- [4] M.C. Hoară, *Eficiența tehnico-economică a ciclului mixt gaze-abur aplicat la soluțiile de cogenerare de mică și medie putere*, Raport științific nr. 2, UPB, 2011.