

CONSIDERAZIONI IN MERITO AI BENEFICI ENERGETICO-AMBIENTALI DEI CICLI COMBINATI E DEL TELERISCALDAMENTO ASSOCIATO[°]

Iginio Di Federico *, Giacomo Bizzarri *,

* Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, via Quartieri 8, 44100, Ferrara

[°] memoria inviata alla Segreteria della “Conferenza Nazionale sulla Politica energetica in Italia che si terrà a Bologna il 17 e 18 aprile 2005

SOMMARIO

Lo sviluppo dei cicli combinati ha portato in questi ultimi anni a generare numerose iniziative, interessanti l'intero territorio nazionale, mirate alla realizzazione di centrali termoelettriche che utilizzano questa tecnologia, rendendo così disponibile rilevanti quantità di cascami entalpici il cui utilizzo per teleriscaldamento urbano risulta tra i più appropriati.

Nella presente nota dopo aver analizzato la consistenza dei benefici ambientali conseguibili con l'utilizzo dei cascami entalpici in termini di risparmio di combustibili fossili e di contenimento delle emissioni di inquinanti in atmosfera, viene riportato un preliminare censimento della dislocazione territoriale degli interventi ad oggi programmati mettendo in evidenza quelli che consentono la concreta attuazione del teleriscaldamento. A conclusione del lavoro viene effettuato un bilancio complessivo dei benefici energetici e ambientali conseguibili.

1 INTRODUZIONE

Il problema dell'approvvigionamento energetico in Italia costituisce il più grande vincolo non solo allo sviluppo, ma anche allo stesso mantenimento dello *status quo* raggiunto dal nostro sistema produttivo all'interno del più vasto scenario mondiale. La concorrenza di grandi nuovi paesi caratterizzati da sistemi produttivi spesso del tutto privi di regole, l'instabilità politica nelle zone ricche di giacimenti fossili (Medio Oriente, Venezuela), costituiscono ostacoli difficilmente superabili per i paesi, come l'Italia, che soddisfano quasi tutto il proprio fabbisogno energetico con importazioni dall'estero. Se si esclude l'idroelettrico e le altre fonti rinnovabili, l'Italia deve infatti importare tutto, carbone, petrolio e gas naturale, essendo le risorse fossili nazionali quali-quantitativamente scarse. Le vie di uscita da questa situazione non sono facilmente individuabili. Non volendo considerare in questa sede il nucleare, sebbene il dibattito in materia si sia recentemente e fortunatamente riaperto, appare irrealistica una tale diffusione delle rinnovabili da poter coprire quote consistenti e significative della domanda nazionale. La necessità di continuare a ricorrere alla fonte fossile, porta dunque a effettuare specifiche scelte. Un efficace strumento per ottimizzare la produzione di energia elettrica è dato dalla ricerca dell'incremento del rendimento medio di trasformazione dell'energia chimica del combustibile in energia elettrica. L'adozione di cicli combinati nella realizzazione di nuove centrali elettriche e/o nell'ambientalizzazione di quelle esistenti consente di aumentare sensibilmente la quantità di energia elettrica prodotta a parità di energia primaria fossile utilizzata. Qualora poi la centrale termoelettrica sia realizzata in modo da sfruttare i cascami entalpici resi ai condensatori dei cicli di potenza a vapore per alimentare reti di teleriscaldamento, il

rendimento totale dell'impianto a ciclo combinato raggiunge livelli di assoluta eccellenza. Un secondo aspetto di grande interesse associato al conseguimento dei massimi rendimenti possibili nei processi di trasformazione energetica, è rappresentato dal contenimento delle emissioni gassose inquinanti che accompagnano i processi di combustione. Indipendentemente dal protocollo di Kyoto, è buona norma adottare sistemi impiantistici che consentano di limitare il più possibile la emissione in atmosfera di sostanze, come gli ossidi di azoto e le polveri sottili, che possono costituire una seria minaccia per la salute umana soprattutto negli ambienti urbani, caratterizzati da deboli dinamiche atmosferiche. Realizzare centrali a ciclo combinato e possibilmente integrare queste con una rete di teleriscaldamento (o quantomeno di cogenerazione industriale) costituisce una opzione portatrice di numerosi benefici [1-17]. Innanzi tutto consente di abbassare notevolmente le emissioni specifiche (riferite cioè al kWh di energia elettrica prodotta) grazie agli elevati rendimenti di trasformazione, in secondo luogo realizza un turn over degli impianti nel momento in cui le nuove tecnologie sostituiscono sistemi più obsoleti. Inoltre, sostituendo le caldaie condominiali con gli scambiatori della rete di teleriscaldamento, consente di eliminare un elevato numero di generatori puntuali di energia termica (e di emissioni inquinanti). Infine, sebbene la generazione diffusa eviti le dispersioni energetiche legate al vettoriamento dell'energia, un impianto centralizzato permette l'adozione delle migliori tecnologie possibili per l'abbattimento degli inquinanti e il mantenimento dell'assetto di massima efficienza. La stessa emissione da camini alti svariate decine di metri, piuttosto che da impianti con emissioni a basse quote, consente di diluire gli inquinanti con grandi volumi d'aria, sfruttando la più vivace dinamica atmosferica presente in quota e diminuendo drasticamente le ricadute.

Questo articolo, attraverso una valutazione dei benefici connessi alla scelta di centrali a ciclo combinato, vuole così confermare la bontà della scelta di questa tecnologia, che, soprattutto dopo l'approvazione del Decreto Marzano (marzo 2002), costituisce forse l'unico vero e convinto tentativo che l'Italia ha fatto negli ultimi anni per rafforzare e rilanciare uno scenario energetico assolutamente critico.

2 IL DECRETO MARZANO

Il Decreto Marzano, del marzo 2002, costituisce una svolta nella politica energetica italiana: dopo anni di quasi assoluto immobilismo, il Decreto ha consentito di realizzare il rafforzamento del sistema energetico su scala nazionale basato sulla realizzazione di nuovi impianti termoelettrici a ciclo combinato caratterizzati da alti rendimenti.

La conferma dell'efficacia del Decreto sta nel numero di centrali approvate dalla sua emanazione al dicembre 2004. Dal sito del Ministero delle Attività Produttive (M.A.P.) si rileva che le autorizzazioni rilasciate dal 2002 al dicembre 2004 per la realizzazione di nuove centrali o ripotenziamento e ambientalizzazione di quelle esistenti assommano a 40. Dal sito del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio (M.A.T.T.) – CVIA si evince che, sempre facendo riferimento allo stesso periodo, i decreti di compatibilità ambientale rilasciati in merito a nuove centrali elettriche o a centrali già esistenti risulta pari a 27.

Dal confronto di questi due dati, limitando l'analisi alle sole centrali a ciclo combinato, per le quali dal marzo 2002 al dicembre 2004 è stato conseguito sia il decreto di compatibilità ambientale del M.A.T.T. che l'autorizzazione alla realizzazione da parte del M.A.P., si rileva che gli interventi da considerare sono pari a 19.

Nella Tab. 1 sono riassunti i dati sulle potenze elettriche attese dalle 19 nuove centrali a ciclo combinato evidenziandone la localizzazione per regioni. La tabella mostra che gli impianti sono equamente distribuiti su tutto il territorio nazionale, con una leggera prevalenza nell'Italia Meridionale.

Tab. 1: dislocazione regionale delle nuove centrali e relative potenza termica, potenza elettrica complessiva.

Dislocazione sul Territorio	Nuove Centrali Approvate MATT e MAP	Potenza Termica (Dati MAP)	Potenza Elettrica Netta (Dati MAP)
	n° impianti	MWt	Mwe
Piemonte	3	2443	1370
Lombardia	1	1385	701
Veneto	1	681	384
Emilia Romagna	2	2794	1452
Italia Settentrionale	7	7303	3907
Toscana	1	677	385
Molise	1	1344	755
Italia Centrale	2	2021	1140
Campania	3	4084	2286
Puglia	3	2675	1492
Calabria	4	5413	3029
Italia Meridionale	10	12172	6807

La potenzialità complessiva delle 19 nuove centrali risulta pari 21496 MWt, con una potenza elettrica attesa in output dalle centrali di 11854 MWe con un rendimento elettrico medio di 55.21%, cioè di ben quindici punti percentuali superiore al rendimento medio attribuibile (con magnanimità) all'attuale parco centrali di tipo convenzionale in attività nel

nostro paese.

Dalla Tab. 2, che riporta in modo sintetico le configurazioni impiantistiche delle 19 centrali prese in esame, si evince che la taglia più ricorrente è quella a due moduli ognuno da 400 MWe di output.

Tab. 2: Tipologia di impianto termoelettrico.

Dislocazione sul Territorio	Assimilabile a 2 Moduli da 400 Mwe	Assimilabile a 1 Modulo da 400 Mwe	Altre Taglie
	n° impianti	n° impianti	n° impianti
Piemonte	0	1	2
Lombardia	1	0	0
Veneto	0	1	0
Emilia Romagna	2	0	0
Italia Settentrionale	3	2	2
Toscana	0	1	0
Molise	0	0	1
Italia Centrale	0	1	1
Campania	3	0	0
Puglia	0	2	1
Calabria	4	0	0
Italia Meridionale	7	2	1

3 EFFETTI DEL DECRETO NELLO SCENARIO ENERGETICO NAZIONALE

3.1 La Produzione di Energia Elettrica

Facendo l'ipotesi che queste nuove centrali vadano a sostituire vecchie centrali termoelettriche, è evidente che a parità di energia elettrica prodotta, gli elevati rendimenti consentono un minor consumo di energia primaria fossile e, di conseguenza, una minor spesa per l'acquisto della fonte dall'estero. Ma il principale beneficio è sicuramente connesso alla diminuzione delle emissioni inquinanti specifiche. Tale decremento è attuato sia grazie ai più elevati rendimenti di conversione associati ai cicli combinati, sia grazie all'utilizzo delle più moderne tecnologie per il contenimento delle emissioni inquinanti.

Se si prende come riferimento la situazione delle centrali italiane come descritta dal Rapporto sullo stato di attuazione del Patto per l'Energia e l'Ambiente 2004 [17], si osserva che la produzione di elettricità per via termoelettrica avviene in centrali caratterizzate da rendimenti di poco superiori al 38%. Lo stesso documento riporta le emissioni specifiche che caratterizzano in media la produzione di 1 kWh di energia elettrica nel sistema energetico italiano. Poiché il paniere tecnologico è estremamente eterogeneo, è apparso opportuno valutare i benefici in termini di mancate emissioni ottenibili con la messa in servizio dei 19 nuovi impianti approvati, prendendo come riferimento una centrale a ciclo semplice caratterizzata da un rendimento elettrico del 40% alimentata con gas naturale. Tale scenario di studio è sicuramente cautelativo e tenderà al più a stimare per difetto i benefici dello *shift* ipotizzato. Dall'analisi dei processi chimici della combustione sono stati determinate le emissioni caratterizzanti la combustione completa di un normalmetro cubo di metano.

Produrre una quantità di energia elettrica di 11.86 GWe (valore congruo alle potenzialità delle nuove diciannove centrali) sfruttando la tecnologia a cicli combinati con rendimenti al 55.21% invece che quella a ciclo semplice al 40% consente "a monte" di limitare di 8.166 GW la potenza termica. Tale decremento di potenza termica, riferita ad un impianto caratterizzato da un coefficiente di utilizzo di 8250 ore/anno, porta ad un risparmio di oltre 7 miliardi di

normalmetricubi di metano ogni anno (Tab.3).

Tab. 3: Benefici nuove centrali: bilanci energetici.

	Rendimento Elettrico	Potenza Termica Associata ad Output Fissato di 11.855 Gwe	Fabbisogno di Metano
	%	[MWt]	Nm3
Scenario Cicli Combinati	55,21	21472	18 461 716 269
Scenario Ciclo Semplice	40,00	29637	25 482 655 029
Beneficio		8166	7 020 938 759

Analizzando la combustione del metano, riferendosi alla formazione di fumi secchi con una presenza di ossigeno di almeno il 15% (Tab.3), si possono facilmente ricavare le relative emissioni specifiche. In base a questi valori, l'entrata in funzione delle nuove centrali significherà ogni anno minori emissioni di quasi 11000 tonnellate di NOx, 6500 di CO e di quasi 14 milioni di tonnellate di anidride carbonica (Tab.4).

Tab. 4: Benefici nuove centrali: emissioni inquinanti.

	Metano Risparmiato (rif.: Produzione Elettrica 11.855 GWe)	Fumi Anidri Associati alla Combustione di Metano (15%O2)	Minori Emissioni di NOx	Minori Emissioni di CO	Minori Emissioni di CO2
	Nm3	Nm3 fumi	t	t	t
Beneficio	7 020 938 759	218 000 148 477	10 900	6 540	13 791 230

3.2 Il Teleriscaldamento

Lo sfruttamento dei cascami entalpici a fini cogenerativi tende ad incrementare ulteriormente i rendimenti di conversione dell'energia primaria in energia "utile". Le grandi quantità di energia termica che normalmente vengono rilasciate al condensatore del ciclo a vapore dovrebbero, ove possibile, essere sfruttate per sostituire il maggior numero possibile di impianti puntuali di generazione di energia termica per uso industriale o civile. Limitandosi a considerare solamente il caso dell'uso civile, si può facilmente pervenire alla stima dei benefici conseguibili.

In questo caso, infatti, i cascami entalpici alimentano la rete di teleriscaldamento con la quale vengono fornite alle utenze civili l'energia termica necessaria per il mantenimento delle condizioni di confort termico negli ambienti abitativi e per la produzione dell'acqua sanitaria mediante scambiatori che vanno a sostituire le esistenti centrali termiche. Per valutare l'efficacia energetica ed ambientale del teleriscaldamento è sufficiente effettuare semplici bilanci energetici. La generazione di quantità di energia termica equivalente a quella recuperabile dai condensatori delle centrali a ciclo combinato, comporterebbe infatti consumi di combustibili fossili ed emissioni gassose facilmente determinabili.

Allo scopo sono state prese in esame le 19 centrali a ciclo combinato già approvate selezionando quelle che prevedono la connessione a reti di teleriscaldamento civile: complessivamente è risultato un impegno di 441 MW di energia termica utilizzabile a questo fine.

La dislocazione delle centrali che prevedono la connessione a reti di teleriscaldamento risulta dispersa in tutto il territorio nazionale e ciò rende problematico definire un parametro rappresentativo delle diverse condizioni di utilizzo. Si è

pertanto ipotizzato di considerare una potenza termica "efficace", definita come la potenza termica effettivamente sfruttabile nel teleriscaldamento civile, pari al 50% del valore di punta prima indicato.

Poiché l'utilizzo del teleriscaldamento dipende dalla dislocazione geografica della rete e della connessa centrale, per la individuazione del periodo di funzionamento si è fatto riferimento alle indicazioni della legge n. 10/1991 e ai successivi decreti di attuazione, che suddividono il territorio nazionale in cinque principali zone climatiche, specificando per ciascuna il periodo dell'anno nel quale è consentito far funzionare gli impianti di riscaldamento, nonché il numero massimo giornaliero di ore di accensione.

Individuata pertanto la zona climatica di appartenenza dei comuni sede di impianti a ciclo combinato asserviti a rete di teleriscaldamento, è stato così possibile valutare il numero di ore annue di utilizzo del servizio di riscaldamento.

L'energia termica utilizzata per teleriscaldamento risulta, con l'ipotesi fatta, cioè calcolata come il prodotto della potenza termica efficace prima definita (tenendo quindi conto della quota che si può effettivamente recuperare dal condensatore al netto delle perdite) per il numero di ore/anno di utilizzo.

Così operando può essere stimato un risparmio di circa 465 GWh di energia termica con l'utilizzo del teleriscaldamento asservito ad alcune delle 19 nuove centrali.

Per quanto attiene invece alla stima dei benefici in termini di emissioni va ricordato che le caldaie delle singole utenze, sostituite dal teleriscaldamento, possono essere alimentate con combustibili fossili di diverso tipo, mentre l'entità delle stesse emissioni inquinanti, in termini di valori specifici, sono funzione oltre che della natura del combustibile anche dello stato dell'impianto e della sua storia manutentiva. Risultando difficile adottare parametri rappresentativi dello stato di fatto dei generatori puntuali di energia, si è ritenuto più significativo ipotizzare uno scenario semplificato, nel quale la rete di teleriscaldamento va a sostituire caldaie alimentate a gas metano, rispettando così anche un criterio di omogeneità con le analisi precedentemente sviluppate. Tale scelta risulta inoltre cautelativa, in quanto considerare l'attuale sistema di caldaie puntuali alimentate tutte con gas metano porta a sottostimare l'entità delle emissioni dovute alle stesse caldaie.

Nota l'energia termica sfruttabile per teleriscaldamento, così come definita dalla procedura precedentemente esposta, è stato possibile calcolare il risparmio di gas metano che risulta pari, come evidenziato nella Tab. 5, a oltre 48 milioni e mezzo di Nm3. Per quanto attiene invece alla stima dei benefici ottenibili in termini di emissioni di NOx, CO, e CO2 si è fatto ricorso alla letteratura di settore che fornisce dati sulle emissioni specifiche, cioè riferite al Nm3 di gas metano combusto, per le caldaie condominiali [18].

I calcoli effettuati con questi dati portano a definire che le emissioni annue dovute alle caldaie condominiali sostituibili dal teleriscaldamento sono quelle riportate nella seguente Tab. 6, che evidenzia decrementi valutabili in decine di tonnellate di NOx e CO e di quasi 100000 tonnellate di CO2.

Tab. 5: Benefici teleriscaldamento da nuove centrali: bilanci energetici.

	Energia Termica Per Teleriscaldamento	Metano Risparmiato (da Tele Risc.)
	[MWht]	Nm3
Beneficio	465 381	48 502 449

Tab. 6: Benefici teleriscaldamento da nuove centrali: emissioni inquinanti.

	Minori Emissioni di NOx	Minori Emissioni di CO	Minori Emissioni di CO2
	t	t	t
Beneficio	77	16	96423

E' bene infine sottolineare che in molte altre centrali, fra quelle prese in considerazione, si verificano come possibili allacciamenti a reti di teleriscaldamento e pertanto i benefici sopra stimati potrebbero essere ulteriormente incrementati.

4 CONCLUSIONI

Il problema dell'approvvigionamento energetico in Italia costituisce oggi un forte vincolo allo sviluppo, mentre in futuro potrà anche minacciare lo stesso mantenimento dello *status quo* raggiunto dal nostro sistema produttivo all'interno del più vasto scenario mondiale. La necessità di un potenziamento del sistema energetico deve oggi coesistere con l'esigenza di contenere le emissioni in atmosfera di determinati inquinanti che risultano nocivi per la salute dell'uomo e la conservazione dell'ambiente.

Avendo queste esigenze come riferimento, questo studio si è posto l'obiettivo di valutare in che termini la politica energetica realizzata in Italia con il Decreto Marzano, sia risultata efficace. I risultati ottenuti hanno confermato la potenziale efficacia delle scelte rese possibili dal Decreto, che pertanto si configura come uno strumento assai concreto.

Per quanto concerne i benefici energetici ed ambientali, la messa in esercizio delle nuove centrali a ciclo combinato consente di sfruttare più efficacemente l'energia termica del combustibile fossile, in quanto caratterizzate da rendimenti decisamente superiori a quelli dei cicli convenzionali. Questa soluzione tecnologica consente inoltre una riduzione delle emissioni inquinanti che risulta, in base alle analisi sviluppate, senz'altro significativa.

L'analisi sviluppata ha inoltre consentito di determinare i casi di nuove centrali nei quali è previsto anche l'utilizzo dei cascami entalpici per l'alimentazione delle reti di teleriscaldamento urbano.

E' stato così possibile procedere alla stima dei benefici energetici ed ambientali conseguenti alla eliminazione delle centrali termiche condominiali in termini di risparmio di gas metano e di decremento delle emissioni inquinanti in atmosfera.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. G. Bloomquist, Reducing air emissions through district heating and cooling experience from the Nordic countries, *Distr. Energy*, vol. 82, (3) pp. 26-32, 1997.
2. F.D. Drake, The potential for reducing CO₂ emissions of district heating with combined heat and power

- generation, *Euroheat & Pwr. Fern Int.*, vol. 25, (6) pp. 326-355, 1996.
3. S. Gronkvist *et al.*, Models for assessing net CO₂ emissions applied on district heating technologies, *International Journal of Energy Research*, vol. 27, (6) pp. 601-613, 2003.
4. P. E. Grohnheit, B. O. Gram Mortensen, Competition in the market for space heating. District heating as the infrastructure for competition among fuels and technologies, *Energy Policy*, vol. 31, pp. 817-826, 2003.
5. E. Bowitz, M. D. Trong, The social cost of district heating in a sparsely populated country, *Energy Policy* vol. 29, pp.1163-1173, 2001.
6. R. Aringhieri, C. Artioli, G. Gallo, F. Malucelli, Un modello di ottimizzazione per la gestione del teleriscaldamento e la cogenerazione di energia elettrica nella città di Ferrara, *Logistica & Management*, gennaio/febbraio, pp. 75-93, 2001.
7. R. Aringhieri, F. Malucelli, Optimal operations management and network planning of a district heating system with a combined heat and power plant, *Annals of Operations Research*, vol. 120, pp. 173-199, 2003.
8. B. Rolfman, Optimal supply and demand investments in municipal energy systems, *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 595-611, 2004.
9. Politecnico di Torino, AIRU, Federelettrica, Federgasacqua, Federambiente, ANIG, Assogas, UNAPACE, et al., Conferenza Permanente per il contributo energetico ed ambientale del riscaldamento urbano tramite reti.
10. ENEA, Rapporto Tecnico: "Valutazione dei benefici ambientali e del risparmio energetico dei sistemi di riscaldamento urbano" 1995
11. ENEA, Rapporto: "Cogenerazione e riscaldamento urbano - Regione Lombardia" 2001
12. Dipartimento Energetico del Comune di Milano, Determinazione delle emissioni provenienti dagli impianti per il riscaldamento degli edifici di Milano
13. A.I.R.U., Le esternalità positive conseguenti all'adozione di un sistema di riscaldamento urbano http://www.airu.it/SitoPrincipale/_scripts/articolo_view.php?id=90
14. A.I.R.U., I fabbisogni energetici di una città ed il conseguente impatto ambientale http://www.airu.it/SitoPrincipale/_scripts/articolo_view.php?id=74
15. A.I.R.U., Linee guida per la progettazione reti di teleriscaldamento <http://www.airu.it/SitoPrincipale/index.phppublicazioni>
16. A.I.R.U.. Foglio di Collegamento, Giugno 2003
17. ENEA., Rapporto sullo stato di attuazione del Patto per l'Energia e l'Ambiente 2004, www.enea.it/
18. AIRU, ENEA, Conferenza Permanente per il contributo del riscaldamento urbano agli obiettivi di Kyoto, 2000.