



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Complesso residenziale popolare ATC Biella

Intervento di riqualificazione energetica (Studio di fattibilità Enea)

**B. Di Pietra
F. Margiotta**





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Complesso residenziale popolare ATC Biella
Intervento di riqualificazione energetica (Studio di fattibilità ENEA)

Biagio Di Pietra
Francesca Margiotta

COMPLESSO RESIDENZIALE POPOLARE ATC BIELLA
INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (STUDIO DI FATTIBILITÀ ENEA)

B. Di Pietra (ENEA)

F. Margiotto (SISTEMA S.r.l.)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Responsabile Tema: Ennio Ferrero, ENEA

Indice

1.	Intervento di riqualificazione energetica.....	4
1.1	Introduzione	4
1.2	Stato energetico attuale degli edifici in oggetto.....	4
1.3	Interventi energetici proposti	6
1.4	Stato energetico post intervento	6
2.	Impianto di micro cogenerazione a servizio degli edifici in oggetto.....	8
2.1	Caratteristiche tecniche e logica di funzionamento	11
2.2	Regime tariffario e fiscale di riferimento.....	13
3	Analisi economica micro cogenerazione edifici A e B con intervento “tipo 1”	14
3.1	Calcolo investimento e tempo di ritorno.....	15
4	Analisi economica micro cogenerazione edificio C con intervento “tipo 1”	19
4.1	Calcolo investimento e tempo di ritorno.....	20
5.	Analisi economica micro cogenerazione edifici A e B con intervento “tipo 2”	24
5.1	Calcolo investimento e tempo di ritorno:.....	25
6.	Analisi economica micro cogenerazione edificio C con intervento “tipo 2”	30
7.	Microcogenerazione: considerazioni finali.....	36

1. Intervento di riqualificazione energetica

1.1 Introduzione

L'intervento di riqualificazione energetica è stato condotto su un complesso residenziale sito nella città di Biella, di proprietà dell'Agenzia Territoriale per la Casa (ATC). Il progetto prevede l'intervento su 3 edifici con caratteristiche esteriori estremamente variegata ma legati da medesime pratiche di costruzione.

Il complesso residenziale, infatti, è stato costruito durante gli anni '70 seguendo un *modus operandi* obsoleto, ma in linea con i metodi di costruzione del periodo, che prescinde da ogni volontà di preservazione dei consumi energetici. Non solo anche la tecnologia utilizzata per provvedere ai bisogni degli edifici è arretrata e lontana da rendimenti giudicabili efficienti.

Il complesso edilizio è costituito da tre differenti edifici: A, B e C. Gli edifici A e B si presentano con forma pressoché regolare, rispettivamente di cinque e sei piani e di superficie utile complessiva di 1.800 mq e 2.300 mq; l'edificio C è costituito da forme triangolari e pentagonali di altezza complessiva pari a tre piani e una superficie utile pari a 8.500 mq.

Le soluzioni proposte mirano a riqualificare l'involucro edilizio usando materiali altamente innovativi e alla sostituzione degli impianti con sistemi ad elevata efficienza di conversione dell'energia primaria (cogenerazione, caldaie a condensazione).

La richiesta di energia termica e il corrispettivo fabbisogno di energia primaria sono stati valutati tramite l'ausilio di un simulatore dinamico del sistema edificio-impianto, sviluppato dal dipartimento TER di ENEA attraverso l'ausilio dell'applicativo Matlab/Simulink. Il modello calcola il fabbisogno termico orario dell'edificio simulando le dispersioni attraverso l'involucro edilizio, le perdite per ventilazione, la temperatura esterna e l'irraggiamento solare orario su ogni giacitura dell'edificio.

Per il calcolo delle condizioni meteo orarie del sito (irraggiamento e temperatura) il modello dinamico utilizza un algoritmo (Neural Weather Generator) che, a differenza dei modelli esistenti in cui i dati climatici sono sostanzialmente letti da un database che riporta valori storici di varie località, si basa sulla previsione di tali valori attraverso reti neurali evolutive (ENN) sviluppate in ENEA, addestrate con i dati meteo delle Province Italiane forniti dall'atlante solare ENEA.

1.2 Stato energetico attuale degli edifici in oggetto

Il primo approccio al complesso residenziale è stato di analizzare il sito e di indagare a livello costitutivo, costruttivo ed impiantistico lo stato attuale con particolare riferimento alle strutture orizzontali e verticali, al tipo di infissi e al tipo di impianti per il riscaldamento.

L'esito di questa indagine, meglio esplicitata nei paragrafi seguenti, è sintetizzato nelle seguenti tabelle:

Edificio "A"

TRASMITTANZA TERMICA DELLO STATO ATTUALE	
Trasmittanza termica media delle strutture opache verticali:	0.95 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di copertura:	1.18 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di pavimento:	1.24 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti :	4.38 (W/m²K)
FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA ANNO (FEP):	263.61 (KWh/mq)

Edificio "B"

TRASMITTANZA TERMICA DELLO STATO ATTUALE	
Trasmittanza termica media delle strutture opache verticali:	1.34 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di copertura:	2.63 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di pavimento:	2.04 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti :	4.37 (W/m²K)
FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA ANNO (FEP):	368.53 (KWh/mq)

Edificio "C"

TRASMITTANZA TERMICA DELLO STATO ATTUALE	
Trasmittanza termica media delle strutture opache verticali:	0.88 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di copertura:	2.63 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali di pavimento:	3.21 (W/m²K)
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti :	4.35 (W/m²K)
FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA ANNO (FEP):	383,68 (kWh/mq)

Dall'analisi dello stato attuale degli edifici in oggetto si evince chiaramente che essi presentano valori di trasmittanza termica delle chiusure orizzontali e verticali notevolmente superiori ai "valori limite" (indicati dalla normativa vigente) che l'edificio dovrebbe, invece, rispettare per essere considerato energeticamente efficiente.

Il fabbisogno di energia primaria medio è risultato pari a circa 300 KWh/mq a fronte del valore limite imposto dal Dl 192/05 pari a 80 kWh/mq anno ossia è circa 3,5 volte più elevato. Inoltre ogni appartamento sopporta un costo medio annuo energetico pari a circa 1653 per soddisfare un fabbisogno termico.

1.3 Interventi energetici proposti

Tra tutti gli interventi sottoposti alla verifica del simulatore 2 hanno esibito prestazioni attese ottime:

- ◆ L'intervento 1 prevede l'isolamento dei solai, la sostituzione degli infissi, la sostituzione della caldaia e l'inserimento della valvola termostatica.
- ◆ L'intervento 2 prevede tutte le azioni proposte nell'intervento 1 ma in più prevede l'insufflaggio di schiuma nelle intercapedini e la riduzione dei ponti termici.

L'attuazione dell'intervento di tipo 1 permette la riduzione dei consumi energetici migliorando l'isolamento delle strutture e l'efficienza degli impianti.

L'isolamento dei solai è ottenuto tramite l'utilizzo di pannelli isolanti e permette una rilevante riduzione della trasmittanza. Quella calcolata sulle strutture opache orizzontali di pavimento passa da 1,243 (W/m²K) a 0,259 (W/m²K), quella calcolata sulle strutture orizzontali opache di copertura da 1,184 (W/m²K) a 0,222 (W/m²K) con una riduzione per entrambe di circa l'80% che le fa rientrare entro i limiti consentiti dalla legge.

La riduzione della trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti del 71% è dovuta alla sostituzione degli infissi con alcuni ad alto rendimento energetico con doppi vetri e telai in alluminio.

La sostituzione della caldaia a gasolio con una a condensazione permette il passaggio da un rendimento non superiore all'85% ad un rendimento minimo di funzionamento del 95% garantendo così un risparmio di energia primaria non inferiore al 10%. Le caldaie a condensazione sfruttano il calore contenuto nei fumi che producono per produrre una ulteriore quantità di energia termica aumentando i valori di efficienza e impedendo la dispersione degli stessi fumi nell'ambiente.

L'applicazione della valvola termostatica induce un risparmio energetico del 20%.

1.4 Stato energetico post intervento

L'intervento di tipo 1 produce per i tre edifici in oggetto una situazione caratterizzata da un fabbisogno medio di energia primaria annua pari a 82,00 kWh/mq. Il risultato è tangibile sulla diminuzione della bolletta media annua a circa 500€ per appartamento a fronte dei 1653€ pre intervento.

Tabella 1: Simulazione dei risultati dell'intervento 1

Trasmittanza termica media	Stato pre intervento	Limiti di legge	Stato post intervento 1
delle strutture opache orizzontali di copertura (W/m ² K)	1,18	0,30	0,222
delle strutture opache orizzontali di pavimento (W/m ² K)	1,24	0,33	0,259
delle chiusure trasparenti (W/m ² K)	4,38	2,2	1,237
F.E.P. medio (kWh/mq)	300,00		82,00

L'intervento di tipo 2 prevede tutti le azioni proposte nell'intervento 1 ma inoltre si occupa delle strutture verticali opache attraverso l'insufflaggio di fiocchi di isolante termico acustico nelle intercapedini e riduzione dei ponti termici. Questa azione ha grande impatto sulla diminuzione della trasmittanza delle pareti opache ma aumenta i ponti termici. Questi sono discontinuità di isolamento nella struttura come tra gli spigoli tra muri e solai e tra muri su esterno.

Per abbattere i ponti termici è previsto un isolamento localizzato con pannelli termoisolanti.

Tabella 2: Simulazione dei risultati dell'intervento 2

Trasmittanza termica media	Stato pre intervento	Limiti di legge	Stato post intervento 2
delle strutture opache orizzontali di copertura (W/m ² K)	1,18	0,30	0,222
delle strutture opache orizzontali di pavimento (W/m ² K)	1,24	0,33	0,259
delle chiusure trasparenti (W/m ² K)	4,38	2,2	1,237
delle strutture opache verticali (W/m ² K)	0,952	0,34	0,321
F.E.P. (KWh/mq)	300,00		56,00

L'effetto sulla trasmittanza calcolata per le superfici verticali opache è rilevante, scende da 0,952 W/m²K per la situazione preintervento ad un valore pari a 0,321 W/m²K per quella post intervento di tipo 2.

Il costo medio dell'energia per appartamento scende a 340€ l'anno per sopperire ad un fabbisogno di energia primaria annua pari a 56 kWh/mq*anno.

Sia l'intervento 1 che l'intervento 2 avrebbero capacità di generare risparmio energetico e monetario e ridurre l'impatto energetico.

2. Impianto di micro cogenerazione a servizio degli edifici in oggetto

Si definisce cogenerazione ai sensi dell'art.2 del Decreto legislativo 164/00, un sistema integrato di produzione combinata di energia elettrica o meccanica e di energia termica, entrambe considerate utili.

Teleriscaldamento indica una situazione nella quale la fornitura del riscaldamento e/o dell'acqua sanitaria (energia termica) a più utenti (o edifici) avviene a distanza attraverso delle tubazioni che trasportano il calore (acqua calda, acqua surriscaldata o vapore) generato in una o più centrali principali alimentate da fonti energetiche di vario tipo andando a sostituire i tradizionali impianti calore dei singoli edifici.

Il calore prodotto viene trasportato attraverso le reti di teleriscaldamento, viene quindi ceduto (kwh termici) agli utenti attraverso appositi scambiatori di calore di proprietà o della Ditta/Società Produttrice e Distributrice del calore o dell'utente stesso, contabilizzato con appositi strumenti di misura e quindi periodicamente fatturato all'utenza.

La rete di distribuzione deve svilupparsi su terreni pubblici (strade) e/o su più terreni di privati e comunque di terzi (accessi all'edificio, sentieri, orti, giardini ecc). (Non si può considerare rete se la stessa si sviluppa su un terreno di un solo proprietario) Deve comunque collegare alla centrale almeno due utenti diversi e l'eventuale (*Fonte F.I.P.E.R Federazione Italiana Produttori di Energia da Fonti Rinnovabili*)

Il primo obiettivo che l'iniziativa si prefigge è un uso più razionale delle fonti energetiche, volto alla riduzione dei consumi (a parità di comfort termico) e al contenimento dell'impatto ambientale; benefici questi derivanti dall'elevato rendimento dell'impianto (pari all'80%), che si traduce in risparmio di energia primaria pari circa al 30% .

Di seguito si riporta una valutazione tecnico economica relativa ad un impianto di cogenerazione con microturbine a gas e caldaie di integrazione del tipo a condensazione per il teleriscaldamento del complesso residenziale popolare ATC di Biella in oggetto. (funzionamento limitato al periodo di riscaldamento invernale Ottobre –Aprile).

Considerando il fabbisogno energetico dell'edificio così come ricavato a seguito di intervento riqualificante tipo 1 e tipo 2, la planimetria del complesso edilizio e le curve di durata del carico termico di ciascun edificio, si ritiene che la migliore scelta progettuale sia:

- per gli edifici di Via Lombardia 18 e di Via Rosmini 17 l'installazione di un microcogeneratore tipo Capstone I330 da 30 kWe installato nella centrale termica dell'edificio di Via Lombardia 18, il cui dimensionamento è valido sia per l'accoppiamento con l'intervento di "tipo 1" che con l'intervento di "tipo 2".

- per il complesso residenziale tra Via Piemonte e Via Mongrando, (identificato come edificio "C") dipende dalla tipologia di intervento effettuato:

- Intervento tipo 1: due microturbine tipo Capstone C60 da 60 kWe installate in una centrale termica dell'edificio "C" ;
- Intervento tipo 2: una microturbina tipo Capstone C60 da 60 kWe installata in una centrale termica dell'edificio "C" ;

Le microturbine saranno connesse in parallelo alla rete elettrica di distribuzione cedendo la totale energia elettrica prodotta in cogenerazione al distributore locale, per la quale verrà riconosciuto al soggetto responsabile dell'impianto un prezzo di cessione pari a quello stabilito dall'Acquirente Unico (AU) alle imprese distributrici per la vendita al mercato vincolato così come riportato dalla Delibera 34/05 dell'AEEG.

Il totale consumo elettrico annuo per i 20 alloggi dell'edificio in oggetto è stato ricavato considerando i risultati di un recente studio condotto per il ministero dell'Ambiente dal Politecnico di Milano intitolato *MICENE (Misure dei consumi di Energia Elettrica in 110 abitazioni Italiane)*. Dall'analisi dei consumi elettrici per la Regione Piemonte, si è considerato un consumo medio per appartamento di 3000 kWh anno.

L'installazione delle microturbine e delle caldaie di integrazione potrà essere effettuata utilizzando le centrali termiche già esistenti.

Layout rete di tele riscaldamento abbinata all'intervento tipo 1 :

La rete di tele riscaldamento per gli edifici di **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** sarà così costituita:

- Centrale termica Via Lombardia 18: Una microturbina tipo Capstone da 30 kWe e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R301 KKM8 da 74 kWt.
- Centrale termica Via Rosmini 17: Caldaia a recupero da 60 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R301 KKM8 da 74 kWt .
- Condotta coibentata da 3" per il teleriscaldamento, interrata tra le due centrali termiche

La rete di teleriscaldamento per il complesso residenziale "**Edificio C**" sarà così costituita:

- Centrale termica Via Rosmini 21: Due microturbine tipo Capstone da 60 kWe .

- Centrale termica Via Biemonte 18,20,22: Caldaia a recupero da 110 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R305 KKM8 da 194 kWt .
- Centrale termica Via Mongrando 1: Caldaia a recupero da 110 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R305 KKM8 da 194 kWt .
- Condotta coibentata da 3" per il teleriscaldamento tra le tre centrali termiche.

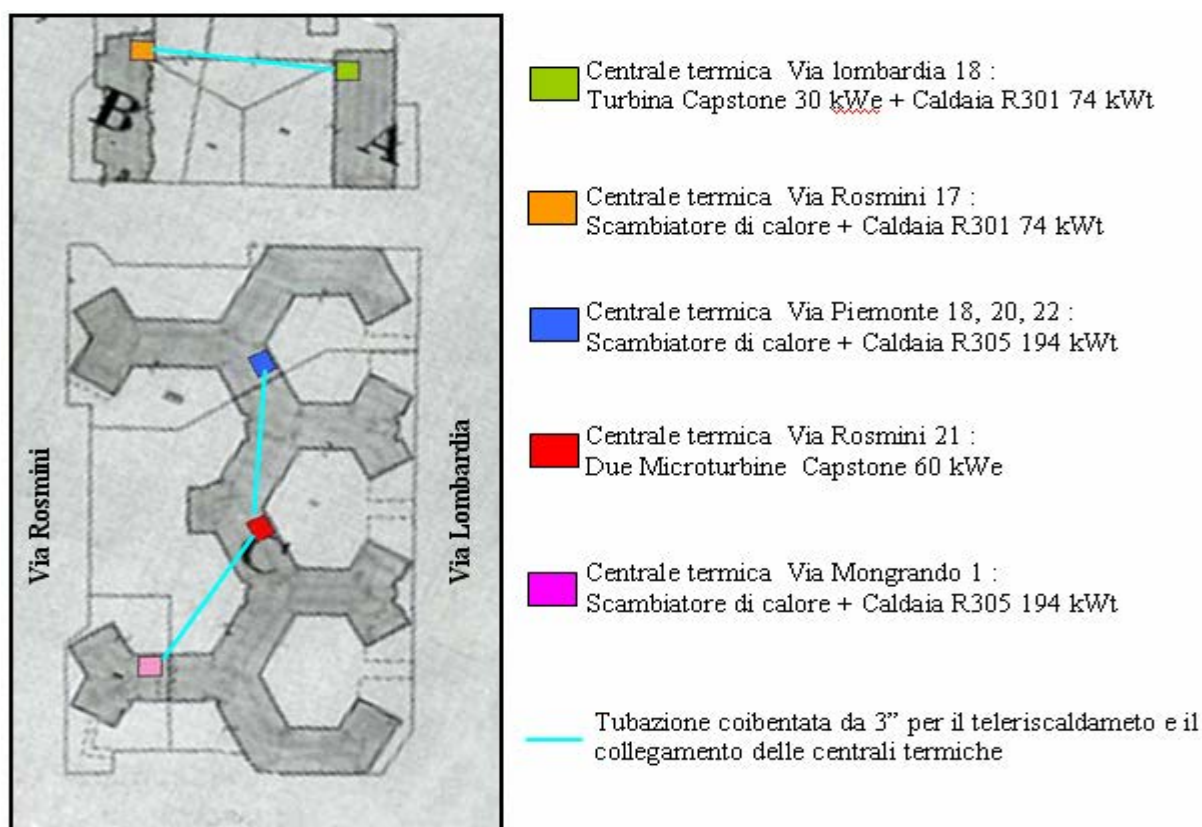


Figura 1: Layout rete di tele riscaldamento abbinata a intervento tipo 1

Layout rete di tele riscaldamento abbinata all'intervento tipo 2 :

La rete di tele riscaldamento per gli edifici di **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** sarà uguale a quella prevista per l'intervento 1, viste le minime taglie commerciali delle più diffuse microturbine e delle caldaie a condensazione a basamento (le caldaie di integrazione saranno sovradimensionate di circa il 35 % rispetto al carico termico stimato):

- Centrale termica Via Lombardia 18: Una microturbina tipo Capstone da 30 kWe e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R301 KKM8 da 74 kWt .
- Centrale termica Via Rosmini 17: Caldaia a recupero da 60 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R301 KKM8 da 74 kWt .
- Condotta coibentata da 3" per il teleriscaldamento, interrata tra le due centrali termiche

La rete di teleriscaldamento per il complesso residenziale “**Edificio C**” sarà così costituita:

- Centrale termica Via Rosmini 21: Una microturbine tipo Capstone da 60 kWe .
- Centrale termica Via Biemonte 18,20,22: Caldaia a recupero da 60 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R304 KKM8 da 147 kWt .
- Centrale termica Via Mongrando 1: Caldaia a recupero da 60 kWt (Scambiatore di calore in controcorrente) e caldaia di integrazione del tipo a condensazione Rendamax R304 KKM8 da 147 kWt .
- Condotta coibentata da 3” per il teleriscaldamento tra le tre centrali termiche.

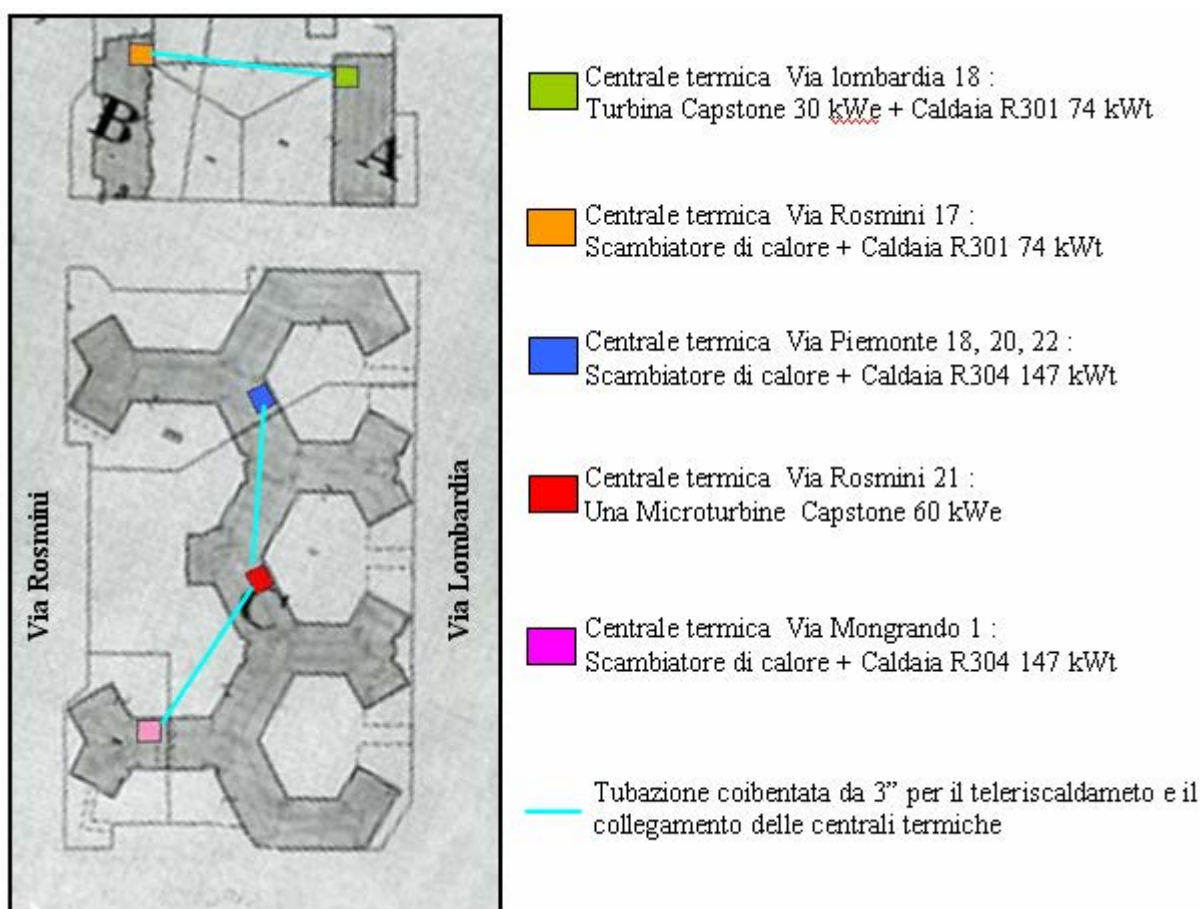


Figura 2: Layout rete di tele riscaldamento abbinata a intervento tipo 2

2.1 Caratteristiche tecniche e logica di funzionamento

L'elemento cardine del sistema di cogenerazione è la microturbina; trattasi di una macchina simile, costruttivamente, ai turbogas installati presso le centrali di produzione di energia elettrica. Queste macchine coprono generalmente un range di potenza da 30-100 kWe; presentano dimensioni relativamente piccole (es. Capston I 330: HxWxL=1900x714x1344 [mm]) e ciò fa della microturbina una macchina estremamente compatta e di peso limitato. A tali caratteristiche si

uniscono inoltre l'opportunità di raggiungere rendimenti relativamente elevati, basse emissioni e bassi costi di impianto, oltre che la possibilità di utilizzare combustibili diversi dal gas naturale quali biogas o altri a basso potere calorifico. Il principio di funzionamento è analogo a quello delle turbogas; l'aria esce dal compressore a circa 4-8 bar ed entra nel rigeneratore, se presente. Nel rigeneratore, il gas esausto è utilizzato per preriscaldare l'aria prima di entrare nella camera di combustione, dove essa è miscelata con il combustibile e bruciata, aumentando il rendimento elettrico. Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche delle microturbine in oggetto:

Modello	Capstone I 330
Potenza nominale	30 kWe
Rendimento elettrico	28 %
Rendimento Totale	77 %
Potenza termica uscente	55 kWt
Portata gas di scarico	0,3 kg/s
Temperatura gas di scarico	205 °C
Temperatura acqua in ingresso scambiatore	60-90 °C
Pressione combustione	2,9 Bar
Tipo compressore aria	centrifugo
Velocità nominale	70.000 giri/min
Rumore (10 m)	70 dB
dimensioni	1.900x714x1.344 [mm ³]

Modello	Capstone C60
Potenza nominale	60 kWe
Rendimento elettrico a potenza nominale	28 %
Rendimento Totale	77 %
Potenza termica uscente	107 kWt
Portata gas di scarico	0,49 kg/s
Temperatura gas di scarico	305 °C
Temperatura acqua in ingresso scambiatore	60-90 °C
Pressione combustione	2,9 Bar
Tipo compressore aria	centrifugo
Rumore (10 m)	70 dB
Velocità nominale	96.000 giri/min
dimensioni	2.110x762x1.956 [mm ³]

La logica di funzionamento della microturbina prevede che l'utente imposti la potenza elettrica che la macchina dovrà erogare (e il fattore di potenza) e la soglia da non superare di temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia a recupero.

La microturbina è in grado di erogare la potenza elettrica richiesta solo se il circuito termico dell'utenza è in grado di smaltire il corrispondente carico termico. Su questo circuito termico dell'utenza è posizionato un sensore che rileva la temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia a recupero. Se la temperatura misurata dal sensore supera la soglia impostata dall'operatore, la microturbina esegue automaticamente una parzializzazione del carico, fino a quando la temperatura ritorna sotto il valore limite. Quando questo avviene, la microturbina tenta di ritornare ad erogare la potenza impostata da pannello.

È questa la logica con cui la macchina è programmata per inseguire il carico termico.

2.2 Regime tariffario e fiscale di riferimento

Lo scenario considerato si riferisce alla situazione normativa, tariffaria e fiscale effettivamente in atto (Delibera 16/98, Delibera 34/05 AEEG). Per la seguente analisi economica si è fatto riferimento a un differente regime fiscale e tariffario che caratterizza gli usi finali dell'energia elettrica e del gas in ambito terziario:

- **Imposte e tariffe gas ed elettricità uso civile** (impianto tradizionale: Rete Enel, caldaia centralizzata):

Costo elettricità utente	0,17	€/kWh
Costo gas utente	0,42	€/Smc
Accise gas uso civile	0,17	€/Smc

- **Imposte e tariffe gas ed elettricità cogenerazione - teleriscaldamento**

La cogenerazione per teleriscaldamento è sottoposta al regime fiscale per produttori, inoltre secondo le Circolari 145/D e 189/D del Ministero delle Finanze, le caldaie di integrazione sono considerate parte integrante dell'impianto di cogenerazione se *l'energia elettrica prodotta è almeno il 10% dell'energia termica totale erogata agli utenti, con il vantaggio che tutto il gas consumato dall'impianto di teleriscaldamento sarà sottoposto ad accisa e tariffa industriale come indicato nella seguente tabella.*

Costo elettricità singolo utente	0,17	€/kWh
Costo gas cogenerazione	0,36	€/Smc
Tariffa media energia elettrica ceduta in rete	9	c€
Accise gas uso industriale	0,0125	€/Smc
Accise gas per 0,25 mc/kWh	0,0004493	€/Smc

Sui primi $0,250 \text{ m}^3$ di gas naturale necessari a produrre 1 kWh elettrico è dovuta l'imposta per la generazione di elettricità ($0,04493 \text{ c€/m}^3$).

Il costo medio dell'energia elettrica ceduto in rete dipende dalla tariffa imposta dall'AU (Acquirente Unico) al distributore di rete (ENEL) che varia ogni mese; per lo studio in esame è stato posto a $0,09\text{€/kWh}$

Gli impianti di cogenerazione sono officine di produzione elettrica. Pertanto sono richiesti il rilascio della Licenza di Officina Elettrica all'avviamento dell'impianto ed il suo rinnovo annuale in seguito. I diritti annuali di licenza sono attualmente pari a $77,47 \text{ €}$.

Di seguito si riporta l'analisi tecnico economica per le due reti di tele riscaldamento proposte

3 Analisi economica micro cogenerazione edifici A e B con intervento "tipo 1"

Utilizzando la piattaforma di simulazione del sistema edificio-impianto è stato possibile ricavare la curva di durata del carico termico totale dei due edifici a seguito di intervento riqualificante "tipologia 1"; la curva di durata è stata utilizzata per il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione che abbia un tempo medio di funzionamento annuo sufficiente per recuperare l'investimento iniziale nel minor tempo possibile tempo possibile.

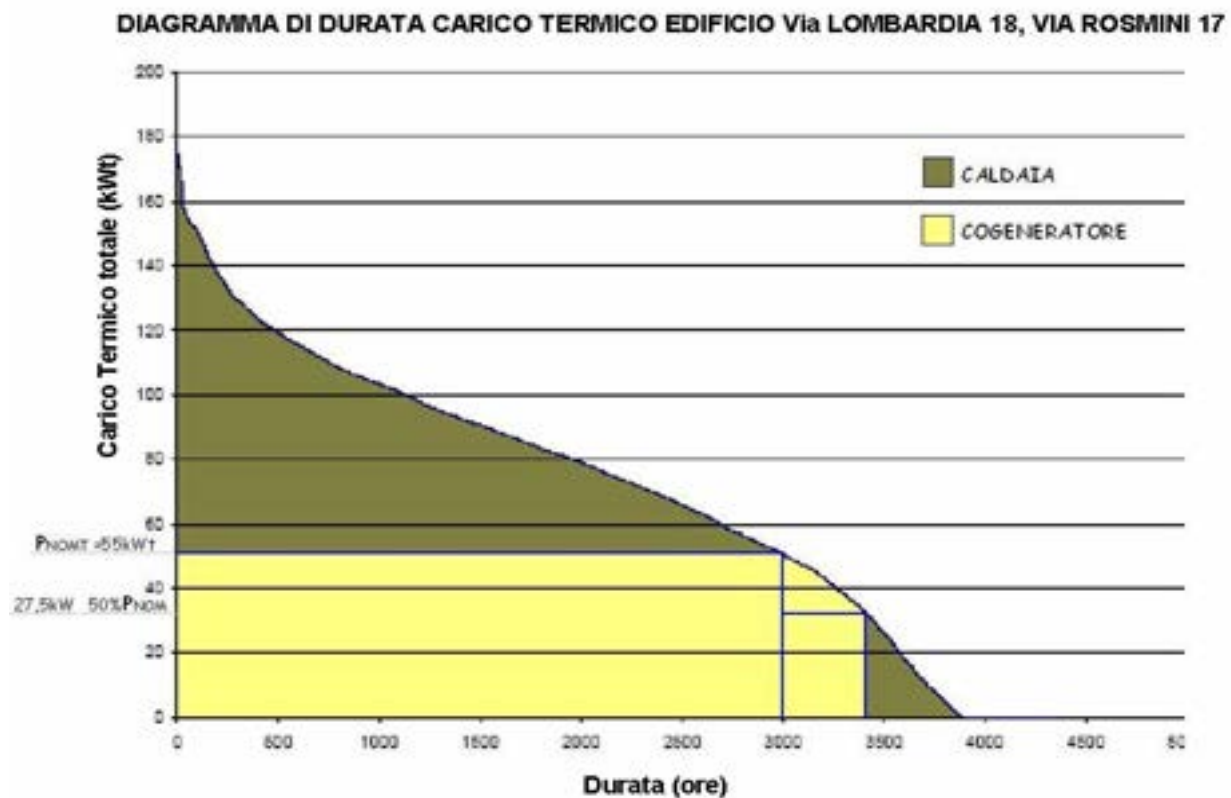


Figura 3: curva di durata carico termico a seguito di interventi strutturali "tipo 1"

Come si evince dal diagramma di durata del carico termico di figura 4, la microturbina Capstone I330 lavora per 3000 ore/anno a potenza nominale e per 400 ore/anno in parzializzazione fino al 50 % della sua potenza nominale. La restante area del diagramma, parte del carico base e del carico di punta viene coperto dalle caldaie integrative R301 da 74 kWt ciascuna.

3.1 Calcolo investimento e tempo di ritorno

Lo scopo della seguente analisi economica è quella di valutare la fattibilità di un investimento incrementale dovuto all'installazione di una rete di teleriscaldamento tra l'edificio **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** rispetto alla soluzione base: 2 caldaie a condensazione tipo Rendamax R303 e R304 (come previsto dall'intervento tipologia 1)

Si riportano di seguito i costi e ricavi relativi al teleriscaldamento

A) Costi Impianto di cogenerazione:

Macchinario			
	Turbina a gas Capstone I 330	30,00	k€
	Totale Macchinario	30,00	k€
Caldaia integrazione			
	Due Caldaie Tipo Rendamax R301 KKM8	11,00	k€
	Totale Caldaia di integrazione	11,00	K€
Equipaggio			
	Pannellatura fonoassorbente	1,43	k€
	Totale Equipaggio	1,43	k€
Opere Meccaniche			
	Materiali (per cogenerazione, scambiatori)	2,00	k€
	Materiali (per gas combustibile)	1,14	k€
	Materiali (per aria + gas scarico)	1,43	k€
	Coibentazione	0,57	k€
	Opere idrauliche (manodopera, ecc.)	2,29	k€
	Totale Opere Meccaniche	7,43	k€

Accordo di Programma MSE-ENEA:

Complesso residenziale popolare ATC Biella - Intervento di riqualificazione energetica (Studio di fattibilità ENEA)

Opere elettriche			
	Quadro elettrico interfaccia	2,57	k€
	Impianto elettrico	2,29	k€
	Opere elettriche (montaggio)	1,71	k€
	Totale opere Elettriche	6,57	k€
Opere civili			
	posa cemento	0,86	k€
	Opere civili (manodopera, ecc.)	1,14	k€
	Totale Opere civili	2,00	k€
Ingegneria			
	progettazione	0,29	k€
	Totale Ingegneria	0,29	k€

TOTALE COSTI IMPIANTO 58.714,29 €

B) Costi opere civili rete di teleriscaldamento: edifici Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17

DESCRIZIONE	PREZZO [€]	QUANTITA'	COSTO [€]
TUBAZIONE COIBENTATA DA 3"	30	60 m	1.800
POSA TUBAZIONE	11	60 m	660
VALVOLE INTERCETTAZIONE	108	2	216
RIDUZIONI	108	2	216
SCAVO	13	32 m	416
RIEMPIMENTO	14,2	32 m	454,4
POZZETTI	262	2	524
RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE	18	32 m	576
MANO D'OPERA	26	216 h	5.616

TOTALE COSTI RETE TELERISCALDAMENTO 10.478,40 €

Importo totale lavori (Rete + Impianto): 69.192,69 €

C) Costi variabili di gestione ed esercizio: Impianto di teleriscaldamento

Nella seguente tabella si riportano i dati utilizzati per il calcolo del gas consumato dalla microturbina durante la stagione invernale:

PCI GAS naturale	9,5	kWh/mc
Contratto manutenzione	0,015	€/kWh
Durata di funzionamento a carico nominale	3.000	h
Durata di funzionamento a carico parziale	400	h

Considerando il regime tariffario e fiscale del teleriscaldamento come riportato nel paragrafo precedente, sono stati calcolati i costi annui di gestione ed esercizio dell'impianto cogenerativo:

costo manutenzione microturbina	1.485,00	€/anno
costo gas microturbina	13.559,60	€/anno
costo gas caldaie di integrazione	7.941,61	€/anno
costo elettricità da rete ENEL	22.440,00	€/anno

TOTALE COSTI DI GESTIONE TELE RISCALDAMENTO 45.426,21 €/anno

D) Ricavi cogenerazione

Come riportato nel paragrafo precedente tutta l'energia elettrica prodotta dalla microturbina viene ceduta al gestore della rete elettrica locale (es. ENEL Distribuzione). Il soggetto gestore dell'impianto, in qualità di cliente produttore, richiederà al gestore di rete la connessione dell'impianto secondo la recente Delibera dell'AEEG 89/07.

Per il calcolo dei ricavi annui dovuti alla cessione dell'energia elettrica ceduta, si fa riferimento al prezzo stabilito dall'AU (Acquirente Unico) variabile ogni mese.

Per lo studio in esame si è considerato un prezzo medio di cessione dell'energia elettrica pari a 0,09 €/kWh generato.

I ricavi totali annui, per funzionamento nel solo periodo di riscaldamento sono sintetizzati nella seguente tabella:

Prezzo medio energia ceduta in rete	0,09	€/kWh
Totale Energia Elettrica generata (ceduta in rete)	99.000	KWh

TOTALI RICAVI COGENERAZIONE 8.910 €/anno

E) Costi fissi impianto tradizionale di riferimento (1 Caldaia R303 + 1 Caldaia R304)

Fornitura Caldaia a Condensazione Tipo Rendamax R 303 000	7.500	€
Fornitura Caldaia a Condensazione Tipo Rendamax R 304 000	8.700	€
Mano d'opera	2.000	€

TOTALE COSTI FISSI IMPIANTO TRADIZIONALE 18.200 €

F) Costi variabili impianto tradizionale

I costi di esercizio annui dell'impianto tradizionale di riferimento (1 Caldaia R303 + 1 Caldaia R304) sono stati ricavati considerando che il diagramma di durata del carico termico di figura 4 venga compensato interamente dalle due caldaie a condensazione e che tutto il fabbisogno di energia elettrica annua dei due edifici venga soddisfatto dalla rete elettrica.

costo energia elettrica consumata	22.440,00	€/anno
costo gas caldaia esistente	23.377,09	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI IMPIANTO TRADIZIONALE 45.817,09 €/anno

G) Flussi di cassa annui e tempo di ritorno dell'investimento

Il flusso di cassa annuo è calcolato come somma dei ricavi annui e dei costi variabili dell'impianto tradizionale (considerato un guadagno visto che non verranno più sostenuti), meno i costi variabili dell'impianto di teleriscaldamento.

Flussi di cassa (D+F- C)	9.300,89	€/anno
---------------------------------	-----------------	---------------

Calcolo Payback investimento per teleriscaldamento edifici Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17 (accoppiato all'intervento tipo 1):

Il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento, *fatto in forma semplice*, è riferito al costo incrementale che bisogna sostenere per l'installazione di una rete di teleriscaldamento tra l'edificio **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** rispetto alla soluzione base prevista dall'intervento tipo 1: Due caldaie a condensazione tipo Rendamax R303 e R304

Payback [(B-E)/G]	5,48	anni
--------------------------	-------------	-------------

Nella valutazione economica dell'investimento dell'impianto di cogenerazione rispetto ad un impianto tradizionale non si è tenuto conto degli ulteriori guadagni dovuti all'ottenimento dei certificati bianchi.

Inoltre nel computo dei costi per l'installazione dell'impianto di cogenerazione non sono stati considerati gli oneri per la connessione alla rete elettrica.

4 Analisi economica micro cogenerazione edificio C con intervento “tipo 1”

Utilizzando la piattaforma di simulazione del sistema edificio-impianto è stato possibile ricavare la curva di durata del carico termico totale del complesso edilizio in oggetto a seguito di intervento riqualificante “tipologia 1”; la curva di durata è stata utilizzata per il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione che abbia una tempo di funzionamento annuo sufficiente per recuperare l'investimento iniziale nel minor tempo possibile.

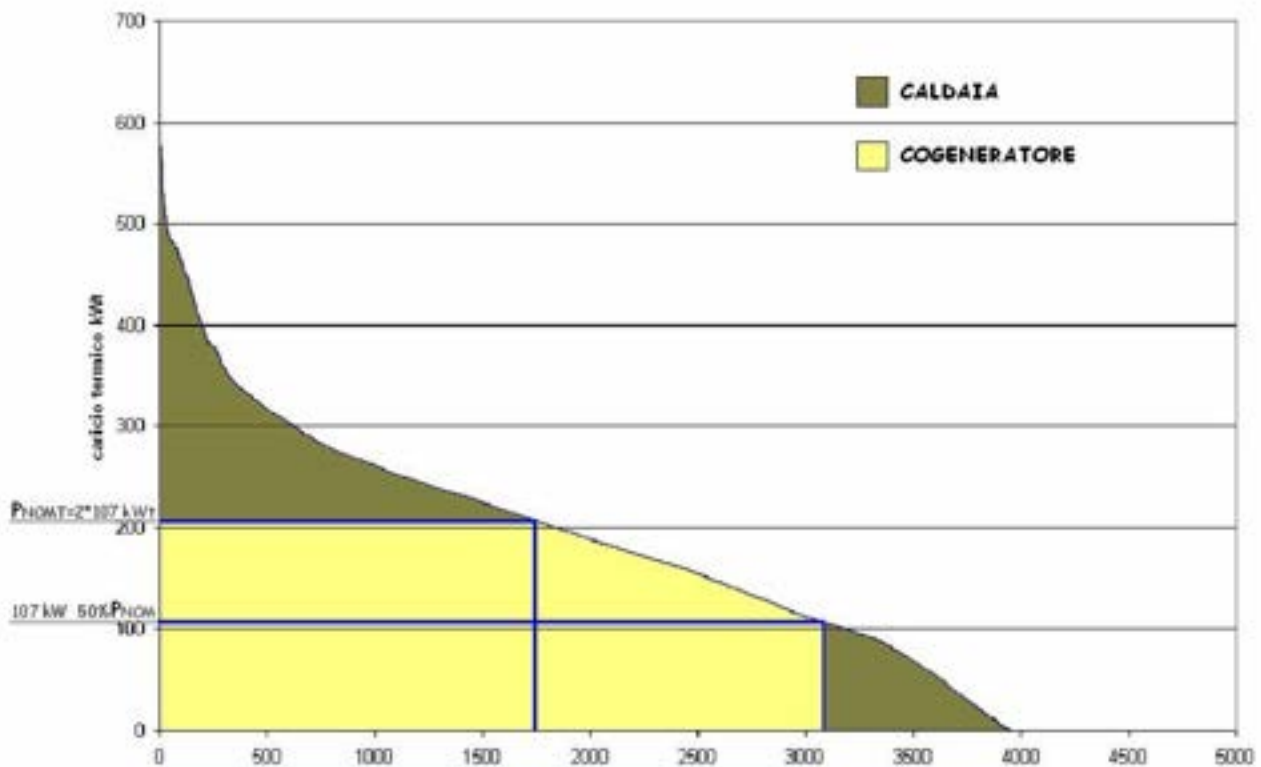


Figura 4: curva di durata carico termico a seguito di interventi strutturali "tipo 1"

Come si evince dal diagramma di durata del carico termico di figura 5, le due microturbine Capstone C60 lavorano per 1.750 ore/anno a potenza nominale e per 1.350 ore/anno in parzializzazione fino al 50 % della sua potenza nominale. La restante area del diagramma , parte del carico base e del carico di punta viene coperto dalle caldaia integrative R305 da 194 kWt ciascuna.

4.1 Calcolo investimento e tempo di ritorno

Lo scopo della seguente analisi economica è quella di valutare la fattibilità di un investimento incrementale dovuto all'installazione di una rete di teleriscaldamento con cogeneratore e due caldaie integrative rispetto alla soluzione base: 7 caldaie a condensazione tipo Rendamax (come previsto dall'intervento tipologia 1)

Si riportano di seguito i costi e ricavi relativi al tele riscaldamento

A) Costi Impianto di cogenerazione:

Macchinario			
2 Turbina a gas Capstone C60	120	k€	
Totale Macchinario	120,00	k€	

Accordo di Programma MSE-ENEA:

Complesso residenziale popolare ATC Biella - Intervento di riqualificazione energetica (Studio di fattibilità ENEA)

Caldaia Integrazione			
	2 Caldaie Rendamax R305 KKM8	17,00	k€
	Totale Caldaie integrazione	17,00	k€
Equipaggio			
	Pannellatura fonoassorbente	5,71	k€
Opere Meccaniche			
	Materiali (cogenerazione)	8,00	k€
	Materiali (gas combustibile)	4,57	k€
	Materiali (aria + gas scarico)	5,71	k€
	Coibentazione	2,29	k€
	Totale Opere Meccaniche	29,71	k€
Opere elettriche			
	Quadro elettrico interfaccia	10,29	k€
	Impianto elettrico	9,14	k€
	Opere elettriche (montaggio, wiring, ecc.)	6,86	k€
	Altro	0,00	k€
	Totale opere elettriche	26,29	k€
Opere civili			
	posa cemento	3,43	k€
	Opere civili (manodopera, ecc.)	4,57	k€
	Altro		
	Totale Opere civili	8,00	k€
Ingegneria e Start-up			
	progettazione	1,14	k€
	Totale Ingegneria e Start-up	1,14	k€

TOTALE COSTI IMPIANTO

207.857,14 €

B) Costi opere civili rete di teleriscaldamento: complesso residenziale edificio "C"

DESCRIZIONE	PREZZO [€]	QUANTITA'	COSTO [€]
TUBAZIONE COIBENTATA DA 3"	30	160	4.800
POSA TUBAZIONE	11	160	1.760
VALVOLE INTERCETTAZIONE	108	2	216
RIDUZIONI	108	2	216
MANO D'OPERA	26	216	5.616

TOTALE COSTI RETE TELERISCALDAMENTO **12.608,00 €**

Importo totale lavori (Rete + Impianto): **220.465,14 €**

C) Costi variabili di gestione ed esercizio impianto di cogenerazione

Nella seguente tabella si riportano i dati utilizzati per il calcolo del gas consumato dalla microturbina durante la stagione invernale

PCI GAS naturale	9,5	kWh/mc
Contratto manutenzione	0,01	€/kWh
Durata di funzionamento a carico nominale	1.750	h
Durata di funzionamento a carico parziale	1.350	h

Considerando il regime tariffario e fiscale del teleriscaldamento come riportato nel paragrafo precedente, sono stati calcolati i costi annui di gestione ed esercizio dell'impianto cogenerativo:

costo manutenzione microturbina	4.837,50	€/anno
costo gas microturbina	46.044,82	€/anno
costo gas caldaie di integrazione	8.457,85	€/anno
costo elettricità da rete ENEL	59.670,00	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI TELERISC. **119.010,17 €/anno**

D) Ricavi dalla cogenerazione

Come riportato nel paragrafo precedente tutta l'energia elettrica prodotta dalla microturbina viene ceduta al gestore della rete elettrica locale (es. ENEL Distribuzione). Il soggetto gestore dell'impianto, in qualità di cliente produttore, richiederà al gestore di rete la connessione dell'impianto secondo la recente Delibera dell'AEEG 89/07.

Per il calcolo dei ricavi annui dovuti alla cessione dell'energia elettrica ceduta, si fa riferimento al prezzo stabilito dall'AU (Acquirente Unico) variabile ogni mese.

Per lo studio in esame si è considerato un prezzo medio di cessione dell'energia elettrica pari a 0,09€/kWh generato. I ricavi totali annui, per funzionamento nel solo periodo di riscaldamento sono sintetizzati nella seguente tabella:

Prezzo medio energia ceduta in rete	0,09	€/kWh
Totale Energia Elettrica generata (ceduta in rete)	322.500	KWh

TOTALI RICAVI COGENERAZIONE**29.025,00 €/anno**

E) Costi fissi impianto tradizionale di riferimento (7 caldaia a condensazione tipo Randamax come da intervento tipo 1 edificio "C")

Fornitura Gruppo Caldaie tipo Redamax: due R304KKMB, due R3010000, due R3020000, due R302KKMB	48.000	€
Mano d'opera	7.280	€

TOTALE COSTI FISSI IMPIANTO TRADIZIONALE**55.280,00 €****F) Costi variabili impianto tradizionale**

I costi di esercizio annui dell'impianto tradizionale di riferimento sono stati ricavati considerando che il diagramma di durata del carico termico di **Figura 4** venga compensato interamente dalle due caldaie a condensazione e che tutto il fabbisogno di energia elettrica annua dei due edifici venga soddisfatto dalla rete elettrica.

costo energia elettrica consumata	59.670,00	€/anno
costo gas caldaia esistente	60.555,99	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI IMPIANTO TRADIZ.**120.225,99 €/anno**

G) Flussi di cassa annui e tempo di ritorno dell'investimento

Il flusso di cassa annuo è calcolato come somma dei ricavi annui e dei costi variabili dell'impianto tradizionale (considerato un guadagno visto che non verrà più sostenuto), meno i costi variabili dell'impianto di teleriscaldamento.

Flussi di cassa (D+F- C)	30.240,83	€/anno
---------------------------------	------------------	---------------

F) Calcolo Payback investimento per teliscaldamento complesso edifici "C" (accoppiato all'intervento tipo 1)

Il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento, fatto in forma semplice, è riferito al costo incrementale che bisogna sostenere per l'installazione di una rete di teleriscaldamento rispetto alla soluzione base delle 7 caldaie a condensazione previste dall'intervento tipo 1 per l'edificio "C"

Payback [(B-E)/G]	5,46	anni
--------------------------	-------------	-------------

Nella valutazione economica dell'investimento dell'impianto di cogenerazione rispetto ad un impianto tradizionale non si è tenuto conto degli ulteriori guadagni dovuti all'ottenimento dei certificati bianchi.

Inoltre nel computo dei costi per l'installazione dell'impianto di cogenerazione non sono stati considerati gli oneri per la connessione alla rete elettrica ed eventuali spese impiantistiche dovute ad una eventuale connessione dell'impianto alla rete di MT del gestore di rete.

5. Analisi economica micro cogenerazione edifici A e B con intervento "tipo 2"

Utilizzando la piattaforma di simulazione del sistema edificio-impianto è stato possibile ricavare la curva di durata del carico termico totale dei due edifici a seguito di intervento riqualificante "tipologia 2"; la curva di durata è stata utilizzata per il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione che abbia un tempo medio di funzionamento annuo sufficiente per recuperare l'investimento iniziale nel minor tempo possibile tempo possibile.

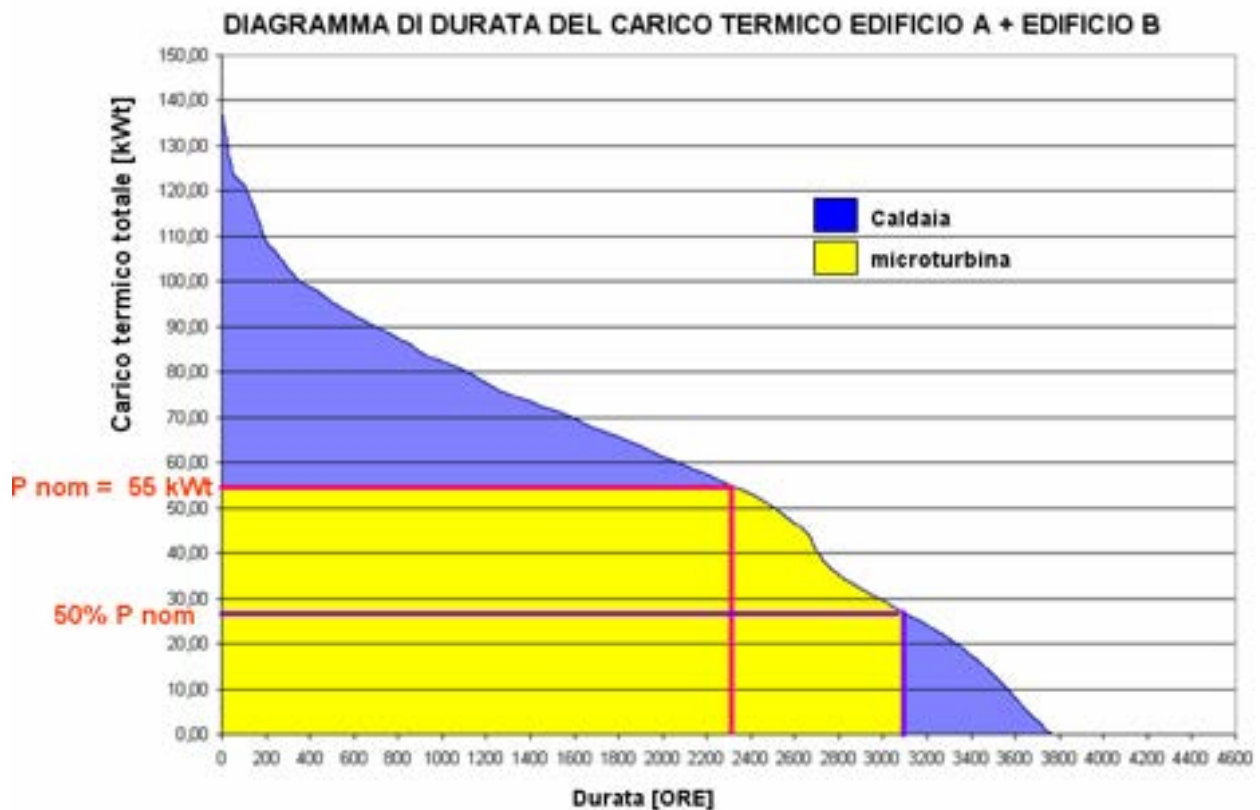


Figura 5: curva di durata carico termico a seguito di interventi strutturali "tipo 1"

Come si evince dal diagramma di durata del carico termico di figura 4, la microturbina Capstone I330 lavora per 2300 ore/anno a potenza nominale e per 800 ore/anno in parzializzazione fino al 50 % della sua potenza nominale. La restante area del diagramma, parte del carico base e del carico di punta viene coperto dalle DUE caldaie integrative R301 da 74 kWt ciascuna.

5.1 Calcolo investimento e tempo di ritorno:

Lo scopo della seguente analisi economica è quella di valutare la fattibilità di un investimento incrementale dovuto all'installazione di una rete di teleriscaldamento tra l'edificio **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** rispetto alla soluzione base prevista dall'intervento tipo 2: caldaia a condensazione tipo Rendamax R303 e caldaia a condensazione R304 (come previsto dall'intervento tipologia 2)

Si riportano di seguito i costi e ricavi relativi al tele riscaldamento

A) Costi Impianto di cogenerazione:

Macchinario			
	Turbina a gas Capstone I 330	30,00	k€
	Totale Macchinario	30,00	k€
Caldaia integrazione			
	Due Caldaie Tipo Rendamax R301 KKM8	11,00	k€
	Totale Caldaia di integrazione	11,00	K€
Equipaggio			
	Pannellatura fonoassorbente	1,43	k€
	Totale Equipaggio	1,43	k€
Opere Meccaniche			
	Materiali (per cogenerazione, scambiatori)	2,00	k€
	Materiali (per gas combustibile)	1,14	k€
	Materiali (per aria + gas scarico)	1,43	k€
	Coibentazione	0,57	k€
	Opere idrauliche (manodopera, ecc.)	2,29	k€
	Totale Opere Meccaniche	7,43	k€
Opere elettriche			
	Quadro elettrico interfaccia	2,57	k€
	Impianto elettrico	2,29	k€
	Opere elettriche (montaggio)	1,71	k€
	Totale opere Elettriche	6,57	k€
Opere civili			
	posa cemento	0,86	k€
	Opere civili (manodopera, ecc.)	1,14	k€
	Totale Opere civili	2,00	k€

Ingegneria			
	progettazione	0,29	k€
	Totale Ingegneria	0,29	k€

TOTALE COSTI IMPIANTO**58.714,29 €****B) Costi opere civili rete di teleriscaldamento: edifici Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17**

DESCRIZIONE	PREZZO [€]	QUANTITA'	COSTO [€]
TUBAZIONE COIBENTATA DA 3"	30	60 m	1.800
POSA TUBAZIONE	11	60 m	660
VALVOLE INTERCETTAZIONE	108	2	216
RIDUZIONI	108	2	216
SCAVO	13	32 m	416
RIEMPIMENTO	14,2	32 m	454,4
POZZETTI	262	2	524
RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE	18	32 m	576
MANO D'OPERA	26	216 h	5.616

TOTALE COSTI RETE TELERISCALDAMENTO**10.478,40 €****Importo totale lavori (Rete + Impianto):****69.192,69 €****C) Costi variabili di gestione ed esercizio: Impianto di teleriscaldamento**

Nella seguente tabella si riportano i dati utilizzati per il calcolo del gas consumato dalla microturbina durante la stagione invernale:

PCI GAS naturale	9,5	kWh/mc
Contratto manutenzione	0,015	€/kWh
Durata di funzionamento a carico nominale	2300	h
Durata di funzionamento a carico parziale	800	h

Considerando il regime tariffario e fiscale del teleriscaldamento come riportato nel paragrafo precedente, sono stati calcolati i costi annui di gestione ed esercizio dell'impianto cogenerativo:

costo manutenzione microturbina	1305,00	€/anno
costo gas microturbina	12083,82	€/anno
costo gas caldaie di integrazione	4617,84	€/anno
costo elettricità da rete ENEL	22.440,00	€/anno

TOTALE COSTI DI GESTIONE TELE RISCALDAMENTO 40446,66 €/anno

D) Ricavi cogenerazione

Come riportato nel paragrafo precedente tutta l'energia elettrica prodotta dalla microturbina viene ceduta al gestore della rete elettrica locale (es. ENEL Distribuzione). Il soggetto gestore dell'impianto, in qualità di cliente produttore, richiederà al gestore di rete la connessione dell'impianto secondo la recente Delibera dell'AEEG 89/07.

Per il calcolo dei ricavi annui dovuti alla cessione dell'energia elettrica ceduta, si fa riferimento al prezzo stabilito dall'AU (Acquirente Unico) variabile ogni mese.

Per lo studio in esame si è considerato un prezzo medio di cessione dell'energia elettrica pari a 0,09 €/kWh generato.

I ricavi totali annui, per funzionamento nel solo periodo di riscaldamento sono sintetizzati nella seguente tabella:

Prezzo medio energia ceduta in rete	0,09	€/kWh
Totale Energia Elettrica generata (ceduta in rete)	87000,00	KWh

TOTALI RICAVI COGENERAZIONE 7830,00 €/anno

E) Costi fissi impianto tradizionale di riferimento (1 Caldaia R303 + 1 Caldaia R304)

Fornitura Caldaia a Condensazione Tipo Rendamax R 303 000	7.500	€
Fornitura Caldaia a Condensazione Tipo Rendamax R 304 000	8.700	€
Mano d'opera	2.000	€

TOTALE COSTI FISSI IMPIANTO TRADIZIONALE 18.200 €

F) Costi variabili impianto tradizionale

I costi di esercizio annui dell'impianto tradizionale di riferimento (1 Caldaia R303 + 1 Caldaia R304) sono stati ricavati considerando che il diagramma di durata del carico termico di figura 4 venga compensato interamente dalle due caldaie a condensazione e che tutto il fabbisogno di energia elettrica annua dei due edifici venga soddisfatto dalla rete elettrica.

costo energia elettrica consumata	22.440,00	€/anno
costo gas caldaia esistente	17736,94	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI IMPIANTO TRADIZIONALE 40176,94 €/anno

G) Flussi di cassa annui e tempo di ritorno dell'investimento

Il flusso di cassa annuo è calcolato come somma dei ricavi annui e dei costi variabili dell'impianto tradizionale (considerato un guadagno visto che non verranno più sostenuti), meno i costi variabili dell'impianto di teleriscaldamento.

Flussi di cassa (D+F- C)	7560,28	€/anno
---------------------------------	----------------	---------------

Calcolo Payback investimento per teleriscaldamento edifici Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17 (accoppiato all'intervento tipo 2):

Il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento, *fatto in forma semplice*, è riferito al costo incrementale che bisogna sostenere per l'installazione di una rete di teleriscaldamento tra l'edificio **Via Lombardia 18 e Via Rosmini 17** rispetto alla soluzione base prevista dall'intervento tipo 2: Due caldaie a condensazione tipo Rendamax R303 e R304

Payback [(B-E)/G]	6,74	anni
--------------------------	-------------	-------------

Nella valutazione economica dell'investimento dell'impianto di cogenerazione rispetto ad un impianto tradizionale non si è tenuto conto degli ulteriori guadagni dovuti all'ottenimento dei certificati bianchi.

Inoltre nel computo dei costi per l'installazione dell'impianto di cogenerazione non sono stati considerati gli oneri per la connessione alla rete elettrica.

6. Analisi economica micro cogenerazione edificio C con intervento “tipo 2”

Utilizzando la piattaforma di simulazione del sistema edificio-impianto è stato possibile ricavare la curva di durata del carico termico totale del complesso edilizio in oggetto a seguito di intervento riqualificante **“tipologia 2”**; la curva di durata è stata utilizzata per il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione che abbia una tempo di funzionamento annuo sufficiente per recuperare l'investimento iniziale nel minor tempo possibile.

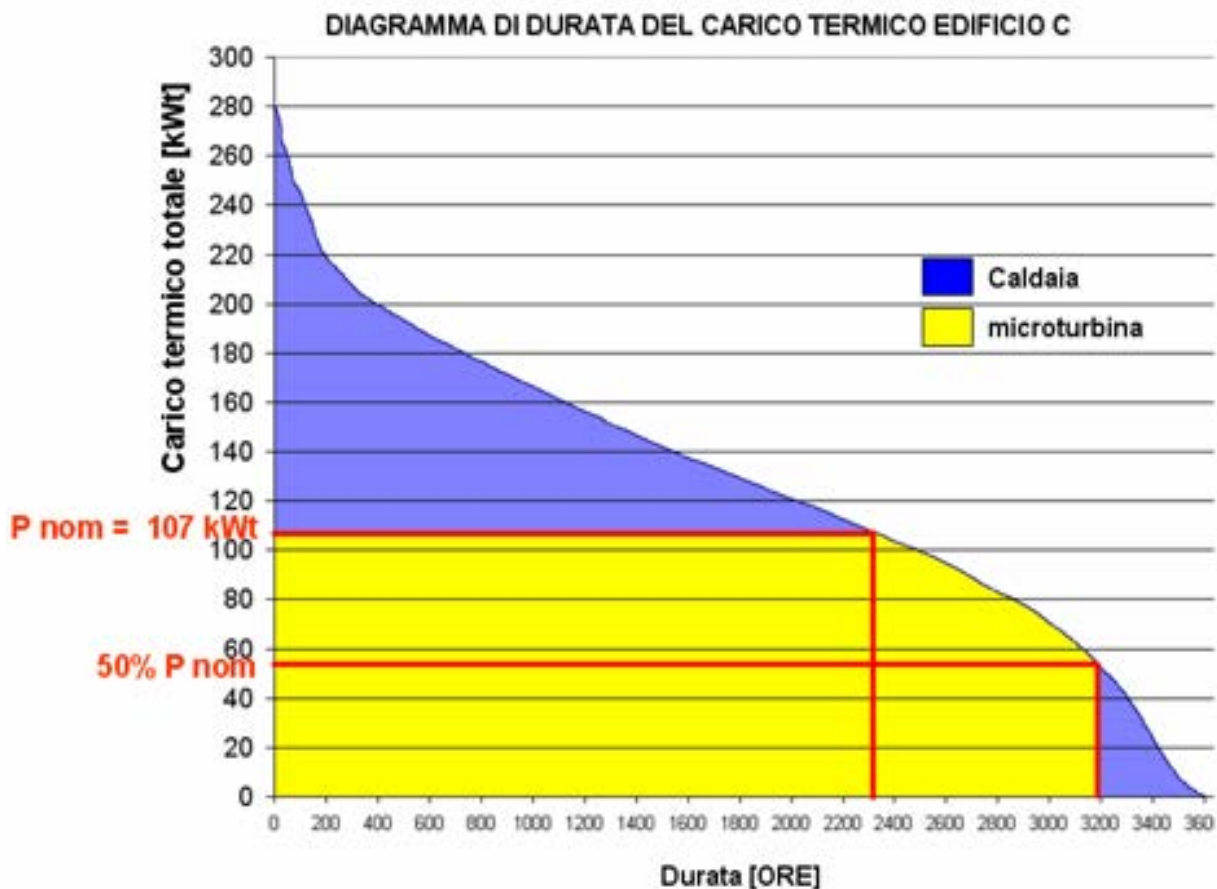


Figura 6: curva di durata carico termico a seguito di interventi strutturali "tipo 2"

Come si evince dal diagramma di durata del carico termico di figura 5, la microturbine Capstone C60 lavora per 2300 ore/anno a potenza nominale e per 900 ore/anno in parzializzazione fino al 50 % della sua potenza nominale. La restante area del diagramma , parte del carico base e del carico di punta viene coperto dalle caldaie integrative R303 da 116 kWt ciascuna.

6.1 Calcolo investimento e tempo di ritorno

Lo scopo della seguente analisi economica è quella di valutare la fattibilità di un investimento incrementale dovuto all'installazione di una rete di teleriscaldamento con cogeneratore e due caldaie integrative rispetto alla soluzione base: 7 caldaie a condensazione tipo Rendamax (come previsto dall'intervento tipologia 2)

Si riportano di seguito i costi e ricavi relativi al tele riscaldamento

A) Costi Impianto di cogenerazione:

Macchinario			
	1 Turbina a gas Capstone C60	60,00	k€
	Totale Macchinario	60,00	k€
Caldaia Integrazione			
	2 Caldaie Rendamax R304 KKM8	16,00	k€
	Totale Caldaie integrazione	16,00	k€
Equipaggio			
	Pannellatura fonoassorbente	2,86	k€
	titale equitaggio	2,86	k€
Opere Meccaniche			
	Materiali (cogenerazione scambiatori di calore)	4,00	k€
	Materiali (gas combustibile)	2,29	k€
	Materiali (aria + gas scarico)	2,86	k€
	Coibentazione	1,14	k€
	Totale Opere Meccaniche	14,86	k€
Opere elettriche			
	Quadro elettrico interfaccia	5,14	k€
	Impianto elettrico	4,57	k€
	Opere elettriche (montaggio, wiring, ecc.)	3,43	k€
	Totale opere elettriche	13,14	k€
Opere civili			
	posa cemento	1,71	k€
	Opere civili (manodopera, ecc.)	2,29	k€
	Altro		
	Totale Opere civili	4,00	k€
Ingegneria e Start-up			
	progettazione	0,57	k€
	Totale Ingegneria e Start-up	0,57	k€

TOTALE COSTI IMPIANTO**111.428,57 €****B) Costi opere civili rete di teleriscaldamento: complesso residenziale edificio "C"**

DESCRIZIONE	PREZZO [€]	QUANTITA'	COSTO [€]
TUBAZIONE COIBENTATA DA 3"	30	160	4.800
POSA TUBAZIONE	11	160	1.760
VALVOLE INTERCETTAZIONE	108	2	216
RIDUZIONI	108	2	216
MANO D'OPERA	26	216	5.616

TOTALE COSTI RETE TELERISCALDAMENTO**12.608,00 €****Importo totale lavori (Rete + Impianto):****124.036,57 €****C) Costi variabili di gestione ed esercizio impianto di cogenerazione**

Nella seguente tabella si riportano i dati utilizzati per il calcolo del gas consumato dalla microturbina durante la stagione invernale

PCI GAS naturale	9,5	kWh/mc
Contratto manutenzione	0,01	€/kWh
Durata di funzionamento a carico nominale	2300	h
Durata di funzionamento a carico parziale	900	h

Considerando il regime tariffario e fiscale del teleriscaldamento come riportato nel paragrafo precedente, sono stati calcolati i costi annui di gestione ed esercizio dell'impianto cogenerativo:

costo manutenzione microturbina	3285,00	€/anno
costo gas microturbina	31345,02	€/anno
costo gas caldaie di integrazione	3004,00	€/anno
costo elettricità da rete ENEL	59.670,00	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI TELERISC. 97304,03 €/anno

D) Ricavi dalla cogenerazione

Come riportato nel paragrafo precedente tutta l'energia elettrica prodotta dalla microturbina viene ceduta al gestore della rete elettrica locale (es. ENEL Distribuzione). Il soggetto gestore dell'impianto, in qualità di cliente produttore, richiederà al gestore di rete la connessione dell'impianto secondo la recente Delibera dell'AEEG 89/07.

Per il calcolo dei ricavi annui dovuti alla cessione dell'energia elettrica ceduta, si fa riferimento al prezzo stabilito dall'AU (Acquirente Unico) variabile ogni mese.

Per lo studio in esame si è considerato un prezzo medio di cessione dell'energia elettrica pari a 0,09 €/kWh generato.

I ricavi totali annui, per funzionamento nel solo periodo di riscaldamento sono sintetizzati nella seguente tabella:

Prezzo medio energia ceduta in rete	0,09	€/kWh
Totale Energia Elettrica generata (ceduta in rete)	219.000	KWh

TOTALI RICAVI COGENERAZIONE 19.710,00 €/anno

E) Costi fissi impianto tradizionale di riferimento (7 caldaia a condensazione tipo Randamax come da intervento tipo 1 edificio "C")

Fornitura Gruppo Caldaie tipo Redamax: 2 R304KKMB, 2 R3010000, 2 R3020000, 1 R302KKMB	48.000	€
Mano d'opera	7.280	€

TOTALE COSTI FISSI IMPIANTO TRADIZIONALE 55.280,00 €

F) Costi variabili impianto tradizionale

I costi di esercizio annui dell'impianto tradizionale di riferimento sono stati ricavati considerando che il diagramma di durata del carico termico di **Figura 4** venga compensato interamente dalle due caldaie a condensazione e che tutto il fabbisogno di energia elettrica annua dei due edifici venga soddisfatto dalla rete elettrica.

costo energia elettrica consumata	59.670,00	€/anno
costo gas caldaia esistente	35.969,16	€/anno

TOTALE COSTI VARIABILI IMPIANTO TRADIZ. 95.639,16 €/anno

G) Flussi di cassa annui e tempo di ritorno dell'investimento

Il flusso di cassa annuo è calcolato come somma dei ricavi annui e dei costi variabili dell'impianto tradizionale (considerato un guadagno visto che non verrà più sostenuto), meno i costi variabili dell'impianto di teleriscaldamento.

Flussi di cassa (D+F- C)	18.045,13	€/anno
---------------------------------	------------------	---------------

F) Calcolo Payback investimento per teliscaldamento complesso edifici “C” (accoppiato all’intervento tipo 2)

Il calcolo del tempo di ritorno dell’investimento, fatto in forma semplice, è riferito al costo incrementale che bisogna sostenere per l’installazione di una rete di teleriscaldamento rispetto alla soluzione base delle 7 caldaie a condensazione previste dall’**intervento “tipo 2”** per l’edificio “C”

Payback [(B-E)/G]	3,81	anni
--------------------------	-------------	-------------

Nella valutazione economica dell’investimento dell’impianto di cogenerazione rispetto ad un impianto tradizionale non si è tenuto conto degli ulteriori guadagni dovuti all’ottenimento dei certificati bianchi.

Inoltre nel computo dei costi per l’installazione dell’ impianto di cogenerazione non sono stati considerati gli oneri per la connessione alla rete elettrica ed eventuali spese impiantistiche dovute ad una eventuale connessione dell’impianto alla rete di MT del gestore di rete.

7. Microcogenerazione: considerazioni finali

I risultati sopra esposti si riferiscono ad una ipotesi di utilizzo tradizionale della turbina (turbina sempre in moto). In realtà esistono sistemi di supervisione e controllo, tipicamente quelli sviluppati dalle ESCO (Energy Service Companies) come Heat & Power, che ottimizzano il funzionamento delle turbina nei momenti dove la domanda termica è inferiore a quella massima. La logica di questi sistemi si basa sul confronto fra le condizioni di funzionamento dell’impianto e le fasce orarie elettriche, gestite in tempo reale. Utilizzando i dati di costo dell’energia elettrica nelle singole fasce ed il costo del gas, il sistema decide di volta in volta se utilizzare la turbina anche come semplice microgeneratore oppure se modularne il funzionamento.

La redditività dell’applicazione dipende dalla variazione dei prezzi dell’energia termica ed elettrica; in particolare, l’aumento del prezzo dell’energia elettrica farà ulteriormente aumentare la redditività della microcogenerazione.