



**Certificazione
— energetica —**

**CORSO TECNICO-PRATICO
CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI**

Giovedì 10 Novembre 2016
Ing. Dario Vannini



CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena



**BIOMASSE
TELERISCALDAMENTO
MICROGENERAZIONE**

III parte

INDICE

- Capitolo 1 – Gli impianti a biomassa
- Capitolo 2 – Gli impianti di teleriscaldamento
- Capitolo 3 – I sistemi di microgenerazione



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 3 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**D.Lgs 28/2011****Art. 24**

(Meccanismi di incentivazione)

1. La produzione di energia elettrica da impianti alimentati da fonti rinnovabili entrati in esercizio dopo il 31 dicembre 2012 è incentivata tramite gli strumenti e sulla base dei criteri generali di cui al comma 2 e dei criteri specifici di cui ai commi 3 e 4.
2. La produzione di energia elettrica dagli impianti di cui al comma 1 è incentivata sulla base dei seguenti criteri generali:
 - g) per biogas, biomasse e bioliquidi sostenibili l'incentivo tiene conto della tracciabilità e della provenienza della materia prima, nonché dell'esigenza di destinare prioritariamente:
 - i. le biomasse legnose trattate per via esclusivamente meccanica all'utilizzo termico;
 - ii. ...;
 - iii. ...

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 4 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**D.Lgs 28/2011**

h) per biogas, biomasse e bioliquidi sostenibili, in aggiunta ai criteri di cui alla lettera g), l'incentivo è finalizzato a promuovere:

i. l'uso efficiente di rifiuti e sottoprodotti, di biogas da reflui zootecnici o da sottoprodotti delle attività agricole, agro-alimentari, agroindustriali, di allevamento e forestali, di prodotti ottenuti da coltivazioni dedicate non alimentari, nonché di biomasse e bioliquidi sostenibili e biogas da filiere corte, contratti quadri e da intese di filiera;

ii. la realizzazione di impianti operanti in cogenerazione;

iii. la realizzazione e l'esercizio, da parte di imprenditori agricoli, di impianti alimentati da biomasse e biogas asserviti alle attività agricole, in particolare di micro e minicogenerazione

Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione

Ing. Dario Vannini 5 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**D.Lgs 28/2011****Articolo 26**

(Cumulabilità degli incentivi)

2. Il diritto agli incentivi di cui all'articolo 24, comma 3, è cumulabile, nel rispetto delle relative modalità applicative:

c) per i soli impianti di potenza elettrica fino a 1 MW, di proprietà di aziende agricole o gestiti in connessione con aziende agricole, agro-alimentari, di allevamento e forestali, alimentati da biogas, biomasse e bioliquidi sostenibili, a decorrere dall'entrata in esercizio commerciale, con altri incentivi pubblici non eccedenti il 40% del costo dell'investimento;

e) per gli impianti cogenerativi alimentati da fonte solare ovvero da biomasse e biogas derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali, inclusi i sottoprodotti, ottenuti nell'ambito di intese di filiera o contratti quadro (...) oppure di filiere corte, cioè ottenuti entro un raggio di 70 chilometri dall'impianto che li utilizza per produrre energia elettrica, a decorrere dall'entrata in esercizio commerciale, con altri incentivi pubblici non eccedenti il 40% del costo dell'investimento.

Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione

Ing. Dario Vannini 6 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

D.Lgs 28/2011

Art. 32
(Interventi a favore dello sviluppo tecnologico e industriale)

1. Al fine di corrispondere all'esigenza di garantire uno sviluppo equilibrato dei vari settori che concorrono al raggiungimento degli obiettivi (...) il Ministro dello sviluppo economico con propri decreti individua, senza nuovi o maggiori oneri a carico del bilancio dello Stato, interventi e misure per lo sviluppo tecnologico e industriale in materia di fonti rinnovabili ed efficienza energetica sulla base dei seguenti criteri:

b) gli interventi e le misure prevedono, anche attraverso le risorse di cui al comma 2, il sostegno:

i. ai progetti di sviluppo sperimentale e tecnologico, con particolare riguardo alle infrastrutture della rete elettrica, ai sistemi di accumulo, alla gassificazione ed alla pirogassificazione di biomasse, ai biocarburanti di seconda generazione, nonché di nuova generazione, alle tecnologie innovative di conversione dell'energia solare, con particolare riferimento al fotovoltaico ad alta concentrazione;

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 7 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

D.Lgs 28/2011

ALLEGATO 2
(art. 10, comma 1)

Requisiti e specifiche tecniche degli impianti alimentati da fonti rinnovabili ai fini dell'accesso agli incentivi nazionali

1. Per gli impianti che utilizzano biomasse per la produzione di energia termica ai fini dell'accesso agli incentivi statali, a decorrere da un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, sono richiesti i seguenti requisiti:

a) efficienza di conversione non inferiore all'85%;

b) rispetto dei criteri e dei requisiti tecnici stabiliti dal provvedimento di cui all'articolo 290, comma 4, del decreto legislativo n. 152 del 2006.

2. Per le biomasse utilizzate in forma di pellet o cippato ai fini dell'accesso agli incentivi statali, a decorrere da un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo, è richiesta la conformità alle classi di qualità A1 e A2 indicate nelle norme UNI EN 14961-2 per il pellet e UNI EN14961-4 per il cippato.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 8 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Cosa sono le biomasse?

L'idea di biomassa è strettamente correlata all'idea di 'scarto', rifiuto. Le biomasse comprendono vari materiali di origine biologica, scarti delle attività agricole riutilizzati in apposite centrali termiche per produrre energia elettrica mediante combustione, gassificazione e fermentazione.

Si tratta generalmente di scarti dell'agricoltura, dell'allevamento e dell'industria:

- legname da ardere
- residui agricoli e forestali
- scarti dell'industria agroalimentare
- reflui degli allevamenti
- rifiuti urbani
- specie vegetali coltivate per lo scopo

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 9 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

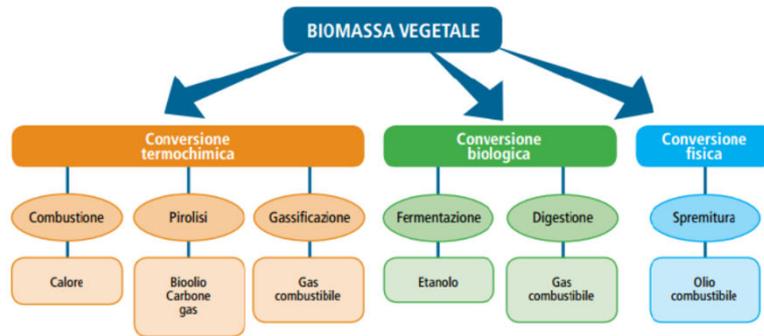
Accorgimenti

Per ridurre l'impatto ambientale è necessario che le centrali siano di piccole dimensioni ed utilizzino *biomasse locali*, evitando in questo modo il trasporto da luoghi lontani.

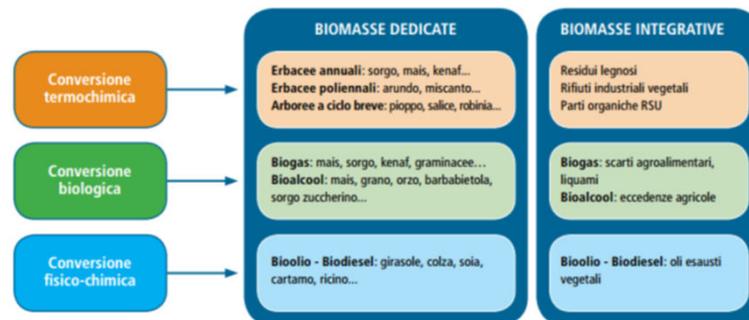
E' necessario evitare nel modo più assoluto che la coltivazione di specie vegetali destinate a fornire materiale per le biomasse prenda il sopravvento sulle colture destinate alle *alimentazione umana*. (mais/bio-etanolo)

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 10 di 105

Biocombustibili e metodi di conversione



Materie prime



1 – Gli impianti a biomasse



Resa energetica per superficie

Specie	Sost. secca (t/ha)	Umidità alla raccolta (%)	Energia teorica (GJ/ha)
Arundo donax	15-35	55-70	240-600
Sorgo da fibra	20-30	55-70	334-507
Panico	10-25	50-60	174-435
Miscanto	15-25	50-60	260-440
Pioppo	9-25	50-60	160-450
Kenaf	10-20	50-60	155-326
Salice	10-15	50-60	178-276
Robinia	10-13	50-60	178-231
Canapa	5-15	50-60	128-270

Tab. 1

Produzione per ettaro di sostanza secca, energia teoricamente ottenibile per ettaro ed umidità alla raccolta di alcune colture da combustione. L'energia che in pratica si ottiene dalla combustione di queste biomasse è di circa la metà rispetto a quella teorica riportata, in quanto quest'ultima è calcolata allo 0% di umidità. Solamente per poche di queste specie esiste una tecnica culturale già trasferibile a pieno campo.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 13 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Resa elettrica per massa

Materiale	Quantità (t)	S.S. %	Produzione Biogas (m ³ /t)	% CH ₄ nel Biogas	CH ₄ (Nm ³ /t)	EnergiaTot (kWh/t)	Elettricità (Kwhe/t)
Fieno di erba medica	1	56	315	54	170	1.622	616
Insilato di sorgo zuccherino	1	30	146	52	76	723	275
Insilato d'erba	1	35	141	52	73	701	266
Insilato di mais	1	35	203	52	105	1.004	382
Stocchi di mais	1	86	243	51	124	1.182	449
Trifoglio	1	20	108	54	58	556	211
Insilato di girasole	1	35	108	53	57	546	207
Paglia	1	86	286	50	143	1.364	518
Liquame bovino	1	7,5	23	55	12	118	45
Liquame suino	1	4,5	14	55	7	71	27

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 14 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Resa elettrica per superficie

Materiale	Prod. tal quale (t/ha)	Prod. SS (t/ha)	CH ₄ (Nm ³ /ha)	Elettricità/anno (kWh/ha)
Insilato di mais	55	19	5.792	20.984
Insilato di sorgo zucc.	60	18	4.549	16.482
Fieno di medica	20	11	3.402	12.326
Trifoglio	40	8	2.333	8.452
Insilato di graminacee	29	10	2.099	7.606
Girasole	30	11	1.717	6.222
Stocchi di mais	5	4	620	2.245
Paglia	4	3	572	2.074

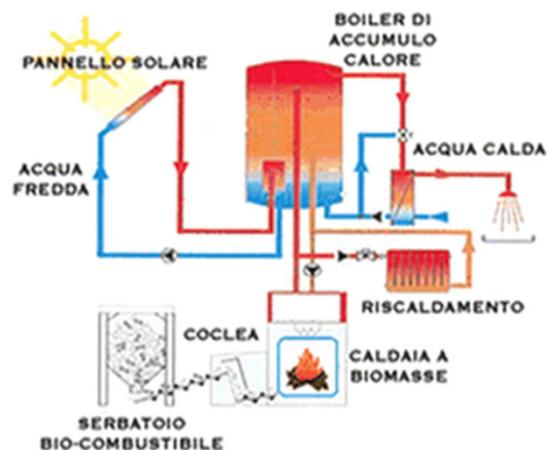
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 15 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Impianto con caldaia a biomassa



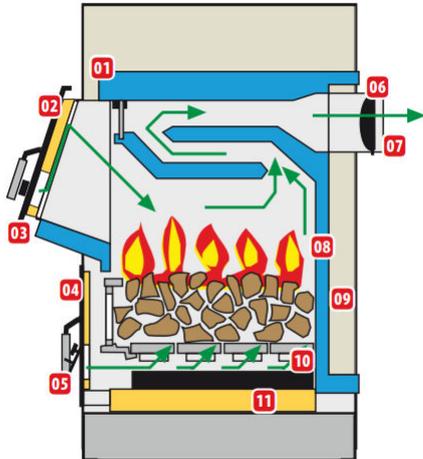
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 16 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse

Caldaia a biomassa



Caldaia a biomassa

- 01 Regolazione flusso aria/fumi
- 02 Sportello ingresso combustibile
- 03 Serranda aria secondaria
- 04 Sportello per ispezione
- 05 Serranda aria primaria
- 06 Serranda fumi
- 07 Scarico fumi
- 08 Isolamento
- 09 Griglia per la combustione
- 10 Raccolta cenere
- 11 Struttura caldaia

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 17 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse

Tipologie di generatori

- 1) a caricamento automatico a biomassa solida (legna, pellet, cippato);
- 2) a caricamento manuale a biomassa solida;
- 3) con bruciatori ad aria soffiata a biomassa liquida (oli vegetali) o gassosa (biogas).

Fluido termovettore dei generatori:

- acqua
- aria

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 18 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Dati tecnici

Campo di potenzialità utile	kW	4 - 12	6 - 18	8 - 24	11 - 32	13 - 40	16 - 48
Temperatura di mandata							
- ammessa ¹⁾	°C	100	100	100	100	100	100
- massima ²⁾	°C	75	75	75	75	75	75
- minima	°C	60	60	60	60	60	60
Temperatura minima del ritorno							
- per funzionamento con serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento	°C	45	45	45	45	45	45
- per funzionamento senza serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento	°C	35	35	35	35	35	35
Pressione max. d'esercizio							
Caldaia	bar	3	3	3	3	3	3
Marchio CE conformemente alla direttiva sulle macchine							
Classe caldaia secondo DIN EN 303.5							
		3	3	3	3	3	3
Potenza elettrica max. assorbita							
- all'accensione	W	350	350	350	370	370	400
- nel programma riscaldamento	W	62	65	68	95	105	120
- alimentazione pellet (sistema ad aspirazione)	W	1960	1960	1960	1960	1960	1960
Contenuto acqua di caldaia							
	l	100	100	100	180	180	160
Grado di rendimento							
- a pieno carico	%	94,5	94,4	94,7	94,3	94,6	94,2
- a carico ridotto	%	95,3	95,7	96,6	95,4	95,3	95,8

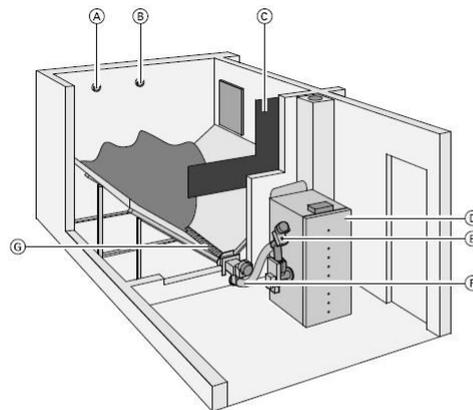
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 19 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Magazzino



- (A) Attacco aria di ritorno
- (B) Attacco di riempimento
- (C) Piastra d'urto
- (D) Vitoligno 300-P

- (E) Unità d'allacciamento coclea flessibile
- (F) Coclea flessibile
- (G) Coclea di prelievo

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 20 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

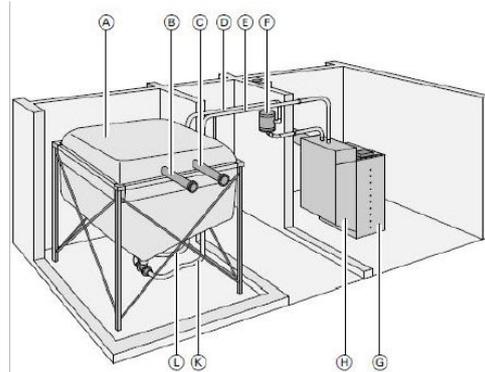
**Requisiti del magazzino**

- il magazzino deve essere asciutto per non far gonfiare i pellet con l'umidità
- il magazzino deve essere a tenuta d'aria per non disperdere la polvere formata dal pellet
- se la quantità di pellet immagazzinato è superiore alle 6,5 tonnellate, le pareti perimetrali e il soffitto devono corrispondere alla classe di resistenza degli incendi F90

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 21 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Alimentazione pellet ad aspirazione**

- (A) Silo pellet
- (B) Attacco aria di ritorno
- (C) Attacco di riempimento
- (D) Tubo della pressione
- (E) Tubo flessibile di aspirazione
- (F) Turbina di aspirazione
- (G) Turbina di aspirazione
- (H) Stiva pellet
- (K) Tubo flessibile di aspirazione
- (L) Tubo della pressione

Se il silos non si trova nelle immediate vicinanze del locale di installazione. I pellet possono essere trasportati fino ad una distanza di 15 m e con un dislivello di 5 m.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 22 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Bilancio termico del sottosistema**

L'energia richiesta dal sottosistema per la combustione (sottosistemi monovalenti) è data da:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{l,gn} + Q_{l,gn,s} - (k_{s,rth} \times Q_{l,gn,s}) - (k_{aux,rth} \times Q_{gn,aux}) \quad [\text{kWh}]$$

dove:

$Q_{gn,in}$ è l'energia richiesta dal sottosistema per la combustione [kWh];

$Q_{gn,out}$ è l'energia termica utile richiesta [kWh];

$Q_{l,gn}$ sono le perdite di generazione [kWh];

$Q_{l,gn,s}$ sono le perdite d'accumulo [kWh];

$k_{s,rth}$ è il fattore di recupero delle perdite di accumulo [-];

$k_{aux,rth}$ è il fattore di recupero dell'energia ausiliaria [-];

$Q_{gn,aux}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione [kWh].

Se si utilizzano i valori precalcolati del rendimento medio stagionale, l'energia ausiliaria non può essere considerata come recuperabile e quindi nella formula si pone $(Q_{gn,aux}) = 0$

Il rendimento del sistema è dato da: $\eta_{gn,p} = Q_{gn,out} / (f_{p,x} \times Q_{gn,in} + f_{p,el} \times Q_{gn,aux})$

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 23 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Dimensionamento accumulo termico**

La UNI EN 305-5 prevede di collegare alle caldaie a biomassa a **caricamento manuale** un accumulo inerziale quando $\Phi_{gn,nom} / \Phi_{des} \geq 1,5$.

Il volume del serbatoio di accumulo inerziale si calcola attraverso l'equazione:

$$V_{acc} = 15 \times t_{gn} \times \Phi_{gn,nom} \times (1 - 0,3 \times \Phi_{des} / \Phi_{min})$$

dove:

$t_{gn,nom}$ è il periodo di combustione in ore del generatore;

$\Phi_{gn,nom}$ è la potenza nominale della caldaia in kW;

$\Phi_{gn,min}$ è la potenza minima della caldaia in kW;

Φ_{des} è il fabbisogno termico alla temperatura di progetto per il riscaldamento

L'obiettivo di un accumulatore inerziale per caldaie a biomassa a caricamento manuale è quello di:

- conservare il calore tra i cicli di funzionamento;
- migliorare il comfort per l'utente;
- bilanciare il sistema in funzione del fattore di carico dell'impianto;

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 24 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Dimensionamento accumulo termico**

Nei sistemi con **caricamento automatico** l'accumulo inerziale permette di:

- ridurre le accensioni e gli spegnimenti del bruciatore migliorando il rendimento
- prolungare il tempo di accensione del bruciatore

Un sistema di accumulo è composto da:

- serbatoio di stoccaggio
- tubazioni di distribuzione tra caldaia, accumulo, pompa di circolazione , regolazione

Il volume del serbatoio di accumulo inerziale si calcola attraverso l'equazione:

$$V_{acc} = k_{acc} \times \Phi_{des}$$

dove:

- Φ_{des} è il fabbisogno termico alla temperatura di progetto per il riscaldamento
 k_{acc} è il fabbisogno in litri per kW di potenza assunto pari a 25 l/kW.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 25 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Dimensionamento ausiliari**

Il fabbisogno di energia dei sistemi ausiliari si calcola con la seguente equazione.

$$Q_{gn,aux} = (P_{aux,pk} \times t_{gn,on} + P_{aux,off} \times t_{gn,off}) / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

dove:

- $P_{aux,pk}$ è potenza degli ausiliari del generatore alla potenza media [W];
 $P_{aux,off}$ è potenza degli ausiliari del generatore alla potenza nulla (generatore non i
 $t_{gn,on}$ tempo di funzionamento del generatore [h];
 $t_{gn,off}$ tempo di non funzionamento del generatore [h].

I valori di P_{aux} a carico nominale, a carico intermedio e a carico nullo sono forniti dal fabbricante se la caldaia è costruita secondo la UNI EN 303-5.

La potenza elettrica degli ausiliari in mancanza di dati forniti dal costruttore deve essere calcolata con l'equazione seguente:

$$P_{aux} = A + B \times \left(\frac{\Phi p_n}{1000} \right)^n \quad [\text{W}]$$

Il valore delle costanti A, B e n sono ricavabili da Tabelle in funzione Φ del tipo di generatore (aria, acqua) e per tre diversi valori di potenza:
 Potenza nominale Φp_n
 Potenza a carico intermedio Φint
 Potenza a carico nullo Φp_0

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 26 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad acqua

Termocamini, termostufe, termocucine a biomassa a caricamento manuale

Valore di base ²⁾	F1 ¹⁾			F3
	1	2	4	
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento UNI EN13229 – UNI EN 13240 – UNI EN 12815)	0	-2	-6	-4
50% (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-2	-6	-4

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.
2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 27 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad acqua

Generatori a caricamento manuale aspirati e con ventilatore

Valore di base ²⁾	F1 ¹⁾			F2	F3	F4
	1	2	4			
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento: UNI EN 303-5, UNI EN12809)	0	-2	-6	-9	-2	-2
47% + 6 Log P _n (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-2	-6	-9	-2	-2

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.
2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 28 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad acqua

Generatori a caricamento automatico e con ventilatore

Valore di base ²⁾	F1 ¹⁾			F2	F4	F5	F6
	1	1,5	2				
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento: UNI EN 303-5, UNI EN 12809, UNI EN 14785)	0	-1	-2	-2	-1	-1	-2
75 % (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2	-2	-1	-1	-2

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la UNI EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.

2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 29 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad acqua

Generatori a condensazione a caricamento automatico e con ventilatore

Valore di base ²⁾	F1 ¹⁾			F2	F5	F6	F7			
	1	1,5	2				40	50	60	>60
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento: UNI EN 303-5, UNI EN 12809)	0	-1	-2	-1	-2	-2	-0	-3	-5	-6
75 % (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2	-1	-2	-2	-0	-3	-5	-6

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la UNI EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.

2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 30 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad aria

Caminetti, stufe e cucine a caricamento manuale

Valore di base ²⁾	F1 ¹⁾			F3
	1	2	4	
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento: UNI EN13229 – UNI EN 13240 – UNI EN 12815, UNI EN 15250)	0	-2	-6	-4
50% (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-2	-6	-4

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la UNI EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.
2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 31 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatori ad aria

Generatori a caricamento automatico con ventilatore

Valore di base	F1 ¹⁾		
	1	1,5	2
Valore dichiarato dal fabbricante (Norme di riferimento UNI EN 14785)	0	-1	-2
75 % (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2

1) Se il generatore opera su un serbatoio inerziale dimensionato secondo la UNI EN 303-5 F1 si considera uguale a 1.
2) Il valore del rendimento base è quello riferito alla potenza nominale.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 32 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Sistemi polivalenti**

- nel caso di porzioni di edifici in cui esista una zona termica servita sia da impianto centrale con generatore alimentato da combustibili fossili sia da un apparecchio alimentato da biomasse (camino, cucina etc) la quota di energia termica utile da biomassa non può superare le quote percentuali che verranno esposte nelle tabelle seguenti.
- se non sono presenti dispositivi di regolazione individuale (valvole termostatiche) della T ambiente il contributo da biomasse è 0 (va tutto in sovratemperatura!!!)
- se c'è il solare termico le quote massime vanno computate sul fabbisogno termico al netto del contributo solare.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 33 di 105

1 – Gli impianti a biomasse

**Riscaldamento + ACS**

Tipo generatore	Quota fornita dalla biomassa %	
	Impianto con accumulo	Impianto senza accumulo
Generatore di calore a biomassa a caricamento manuale e controllo manuale dell'aria comburente	55	40
Generatore di calore a biomassa a caricamento manuale e controllo automatico dell'aria comburente	75	65
Generatore di calore a biomassa a caricamento automatico e controllo automatico dell'aria comburente	90	90

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 34 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

ACS (generatore ad acqua)

Tipo generatore	Quota fornita dalla biomassa %	
	Impianto con accumulo	Impianto senza accumulo
Generatore di calore a biomassa installato in ambiente	-	-
Generatore di calore a biomassa installato in centrale termica a caricamento manuale	50	-
Generatore di calore a biomassa installato in centrale termica a caricamento automatico	90	-
Generatori di calore a biomassa a caricamento automatico con ventilatore a condensazione	90	0

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 35 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

1 – Gli impianti a biomasse ■ □ □

Generatore ad aria

Tipo generatore	Quota fornita dalla biomassa % ^{a)}
Generatore di calore a biomassa a caricamento manuale e controllo manuale dell'aria comburente	30
Generatore di calore a biomassa a caricamento automatico e controllo automatico dell'aria comburente	50

a) La quota è riferita al fabbisogno della zona effettivamente servita dal generatore a biomassa.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 36 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Fabbisogno energia primaria dell'edificio

$$(1) \quad Q_p = \left[\sum_i Q_{del,i} \cdot f_{p,del,i} - \sum_i Q_{exp,i} \cdot f_{p,exp,i} \right]_k \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove:

k è il servizio energetico (k)

i è il vettore energetico (i)

Q_{del,i} è l'energia fornita dal vettore energetico i, AL 'contorno del sistema'Q_{exp,i} è l'energia esportata dal vettore energetico i, DAL 'contorno del sistema'f_{p,del,i} è il fattore di conversione del vettore energetico i (energia fornita)f_{p,exp,i} è il fattore di conversione del vettore energetico i (energia esportata)

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 37 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Fattori di conversione

Per il calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio Q_p mediante la formula (1) si utilizzano i seguenti fattori di conversione delle fonti/vettori energetici in energia primaria:

Classificazione	Vettore energetico (η)	pedice	Fattore di conversione f _p
FONTI NON RINNOVABILI: Combustibili fossili	Gas naturale		1
	GPL	(g)	
	Gasolio		
	Olio combustibile		
Energia elettrica da rete o autoprodotta	Energia elettrica (*)	(e)	1/0,46
FONTI RINNOVABILI	Solare	(solar)	0
	Biomasse (solide, liquide, gassose) (**)	(bio)	0,3
	Energia a bassa entalpia prelevata dall'ambiente in pompe di calore (***)		0

(*) valore AEEG
 (**) valore DPR 59/2009 e DGR 1366/2011
 (***) la cui quantificazione va effettuata sulla base di quanto specificato al punto 28 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

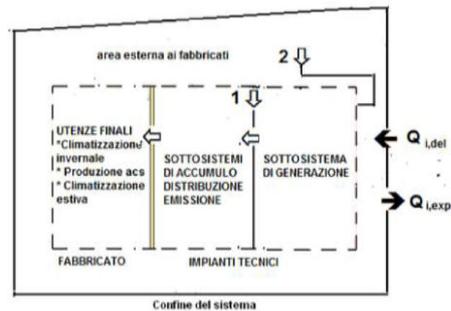
Ing. Dario Vannini 38 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Confine del sistema

La quota percentuale di energia rinnovabile è data dal rapporto tra la quantità di energia da fonti rinnovabili prodotta o catturata all'interno ("on site") del confine del sistema edificio (solare termico, pompa di calore, etc.), convertita in energia primaria in base al fattore di conversione del vettore energetico "fonte energetica rinnovabile", in rapporto alla quantità di energia consegnata al confine del sistema edificio, convertita in energia primaria in base al fattore di conversione del vettore energetico "non rinnovabile".



1: Energia captata "on site"
2: Energia prelevata "on site" da pompe di calore

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 39 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Calcolo quota percentuale da FER

Nel caso in cui siano presenti impianti da fonti energetiche rinnovabili, la quota percentuale di energia rinnovabile si calcola quindi come segue:

$$(2) \quad QR = 100 \cdot \frac{Q_{p,ren,tot}}{Q_{p,tot}} \quad [\%]$$

dove

QR è la quota percentuale di copertura da rinnovabili

$Q_{p,ren,tot}$ è la quantità di energia primaria ("on site") al contorno del sistema edificio attribuibile al vettore "fonte energetica rinnovabile" data dalla formula (3)

$Q_{p,tot}$ è la quantità di energia primaria ("on site") al contorno del sistema edificio dato dalla formula (4)

$$(3) \quad Q_{p,ren,tot} = \sum Q_{del,os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} + \sum Q_{os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove

$Q_{del,os,ren}$ è la quantità di energia consegnata "on site" dal vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

$Q_{os,ren}$ è la quantità di energia prodotta "on site" dal vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

$f_{p,ren}$ è il fattore di conversione del vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 40 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Fattori di conversione

$$(4) \quad Q_{p,tot} = \sum Q_{del,os,nren,i} \cdot f_{p,nren,i} + \sum Q_{del,os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove

 $Q_{del,os,nren}$ è la quantità di energia consegnata "on site" dal vettore energetico "non rinnovabile (nren)"

 $f_{p,nren}$ è il fattore di conversione del vettore energetico "non rinnovabile (nren)"

Per il calcolo della quota di energia da FER QR mediante la formula (2) si utilizzano i seguenti fattori di conversione in energia primaria:

- per le fonti/vettori energetici non rinnovabili si considera $f_{p,nren} = f_p$, e si usano quindi i fattori di conversione di cui al precedente prospetto 1
- per le fonti rinnovabili si considera $f_{p,ren} = 1 - f_p$, e si utilizzano quindi i fattori di conversione del prospetto 2 seguente

Classificazione	Fonte energetica	$f_{p,ren}$
Energie da fonti energetiche rinnovabili "on site"	Solare	1
	Biomasse (solide, liquide, gassose) (*)	0,7
	Energia a bassa entalpia prelevata dall'ambiente in pompe di calore (**)	1

(*) valore DPR 59/2009 e DGR 1366/2011
(**) la cui quantificazione va effettuata sulla base di quanto specificato al punto 28 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 41 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

Palazzina ad uso residenziale (E.1.1) composta da 12 unità immobiliari localizzata a Bologna (2259 GG) Zona Climatica E

DATI GEOMETRICI

Volume lordo climatizzato	3169,18	m ³
Superficie utile energetica	758,98	m ²
Superficie disperdente	1200,23	m ²
Rapporto S/V	0,38	m ⁻¹
Superfici di coperta (Sq)	253	m ²

REQUISITI MINIMI: VALORI LIMITE

Indice EP _i	50,73	kWh/m ² anno	
Indice EP _{acs}	11,55	kWh/m ² anno	
Indice EP _{tot}	62,28	kWh/m ² anno	LIMITE DA RISPETTARE

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 42 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

Copertura FER per ACS	50%		LIMITE DA RISPETTARE
Copertura FER per Risc+acs	35%	<i>In vigore dal 30 maggio 2012 al 31 dicembre 2014</i>	LIMITE DA RISPETTARE

(P) Potenza minima kW_{elettrici} da FER

P = n.°unità immobiliari =	12	kW	LIMITE DA RISPETTARE
----------------------------	----	----	----------------------

$$P = Sq/50 = 253/50 = 5,06 \text{ kW}$$

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA

Usi energetici: riscaldamento ed acqua calda sanitaria
Impianto termico centralizzato, con contabilizzazione del calore per ogni U.I. con produzione combinata riscaldamento ed acqua calda sanitaria.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 43 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

Fabbisogno energia termica utile e $Q_{gn,out}$ dell'edificio di riferimento

RISCALDAMENTO: FABBISOGNI TERMICI ED ELETTRICI

Mese	gg	FABBISOGNI TERMICI			FABBISOGNI ELETTRICI AUSILIARI		
		$Q_{h,nd}$ [kWh]	Q'_h [kWh]	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{H,e,aux}$ [kWh]	$Q_{H,d,aux}$ [kWh]	$Q_{H,gn,aux}$ [kWh]
gennaio	31	6652	6525	7094	0	0	13
febbraio	28	3648	3537	3846	0	0	7
marzo	31	920	805	876	0	0	2
aprile	15	20	5	5	0	0	0
maggio	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	90	53	58	0	0	0
novembre	30	2442	2330	2533	0	0	5
dicembre	31	5701	5577	6063	0	0	11
TOTALI	183	19473	18833	20475	0	0	38

Legenda simboli

- gg Giorni compresi nella stagione di riscaldamento
- $Q_{h,nd}$ Energia termica utile per riscaldamento
- Q'_h Energia utile al netto di eventuali perdite recuperate e per funzionamento non continuo dell'impianto
- $Q_{H,gn,out}$ **Energia termica fornita dalla generazione per riscaldamento (comprensiva di $Q_{H,solare}$)**
- $Q_{H,e,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di emissione
- $Q_{H,d,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di distribuzione
- $Q_{H,gn,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di generazione

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 44 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

ACQUA CALDA SANITARIA: FABBISOGNI TERMICI ED ELETTRICI

Mese	Giorni	FABBISOGNI TERMICI		FABBISOGNI ELETTRICI AUSILIARI		
		$Q_{h,w}$ [kWh]	$Q_{h,gen,out}$ [kWh]	$Q_{w,gen,out}$ [kWh]	$Q_{w,ric,aux}$ [kWh]	$Q_{w,gen,aux}$ [kWh]
gennaio	31	1362	7094	1648	0	3
febbraio	28	1230	3846	1483	0	3
marzo	31	1362	876	1630	0	3
aprile	30	1098	5	1316	0	2
maggio	31	1135	-	1351	0	3
giugno	30	1098	-	1296	0	2
luglio	31	1135	-	1333	0	3
agosto	31	1135	-	1334	0	3
settembre	30	1098	-	1300	0	2
ottobre	31	1135	58	1359	0	3
novembre	30	1318	2533	1579	0	3
dicembre	31	1362	6063	1643	0	3
TOTALI	365	14469	20475	17272	0	33

Legenda simboli

$Q_{h,w}$ Fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria
 $Q_{w,solare}$ Energia termica da produzione solare per acqua calda sanitaria
 $Q_{w,gen,out}$ **Energia termica fornita dalla generazione per acqua calda sanitaria**
 $Q_{w,ric,aux}$ Fabbisogno elettrico degli ausiliari della rete di ricircolo
 $Q_{w,gen,aux}$ Fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di generazione

In alcuni casi negli esempi che seguono, per la verifica dei requisiti di copertura dei consumi energetici con fonti rinnovabili, è stato utilizzato il metodo di cui al punto 23) dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011: si sottolinea che tale metodo si può applicare solo previa verifica del fatto che non è possibile installare impianti da fonti energetiche rinnovabili a pieno soddisfacimento dei requisiti 21 e 22).

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 45 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

Generatore di calore alimentato a biomasse con caricamento automatico e ventilatore

Rendimento nominale dichiarato dal produttore in base a EN 303-5: 0.75

Generatore collegato ad accumulo dimensionato secondo EN 303-5

Installazione all'interno (F2=0). Temperatura media di caldaia maggiore di 65°C (F4=-1). Camino inferiore a 10 m (F3=F6=0).

Rendimento medio stagionale (0.75-0.01)=0.74

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	$Q_{h,gen,out}$ [kWh]	$Q_{h,gen,out,caid}$ [kWh]	$Q_{h,aux}$ [kWh]	$Q_{h,gen,in}$ [kWh]	$Q_{h,gen,D}$ [kWh]	$Q_{p,ren}$ [kWh]
gennaio	31	7094	7094	37.2	9586	2876	6710.54
febbraio	28	3846	3846	33.6	5197	1559	3638.11
marzo	31	876	876	37.2	1184	355	828.65
aprile	30	5	5	18	7	2	4.73
maggio	31	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	58	20.4	78	24	54.86
novembre	30	2533	2533	36	3423	1027	2396.08
dicembre	31	6063	6063	37.2	8193	2458	5735.27
TOTALI	365	20475	20475	220	27669	8301	19368

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 46 di 105

1 – Gli impianti a biomasse



Esempio di calcolo

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{w, en, out} [kWh]	Q _{w, en, out, cold} [kWh]	Q _{w, aux} [kWh]	Q _{w, en, in} [kWh]	Q _{w, en, o} [kWh]	Q _{p, ren} [kWh]
gennaio	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
febbraio	28	1489	1489	11,2	2012	604	1408,73
marzo	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
aprile	30	1596	1596	12	2156	647	1509,36
maggio	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
giugno	30	1596	1596	12	2156	647	1509,36
luglio	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
agosto	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
settembre	30	1596	1596	12	2156	647	1509,36
ottobre	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
novembre	30	1596	1596	12	2156	647	1509,36
dicembre	31	1649	1649	12,4	2228	668	1559,67
TOTALI	365	19413	19413	146	26234	7870	18364

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale $Q_{p, i} = 27669 \cdot 0,3^{11} + 220/0,46 = 8301 + 477 = 8779$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria $Q_{p, a, c} = 26234 \cdot 0,3 + 146/0,46 = 7870 + 317 = 8189$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria totale $Q_{p, tot} = 8778 + 8187 = 16968$ [kWh/anno]

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile $Q_{p, ren} = 19368 + 18364 = 37732$ [kWh/anno] Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica $EP_{tot} = 16968/758,98 = 22,36$ [kWh/m²anno] Classe A+

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo $EP_{tot, lim} = 62,28$ [kWh/m²anno] Requisito rispettato

Verifica copertura 50% ACS $QR_{50} = 18364/(18364+8189) = 69,15\%$ Requisito rispettato

Copertura da fonti energetiche rinnovabili $QR = 100 \cdot Q_{p, ren}/Q_p = 37732/(37732+16968) = 68,97\%$ Requisito rispettato

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 47 di 105

INDICE

- Capitolo 1 – Gli impianti a biomassa
- Capitolo 2 – Le reti di teleriscaldamento
- Capitolo 3 – I sistemi di microgenerazione



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

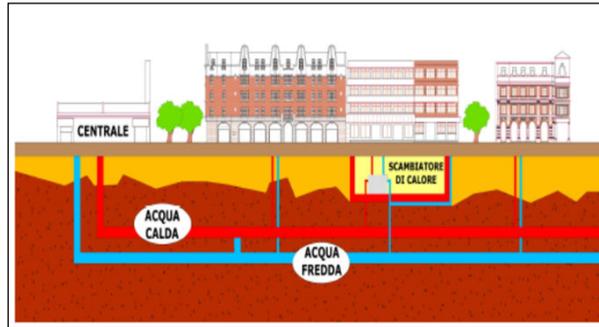
Ing. Dario Vannini 48 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Cos'è il teleriscaldamento

Il Teleriscaldamento è un sistema di riscaldamento a distanza che, attraverso una rete di condutture interrate, distribuisce il calore prodotto da uno o più poli di produzione centralizzati portando l'energia direttamente ai singoli clienti mediante un fluido vettore.



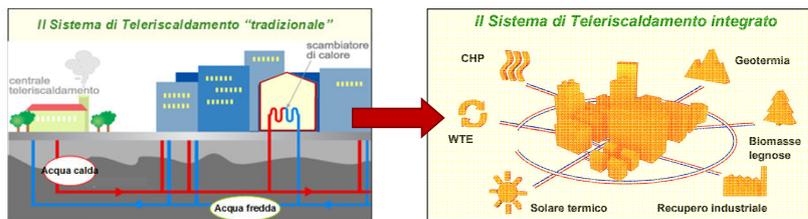
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 49 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Rete di teleriscaldamento



La rete di teleriscaldamento è l'infrastruttura fondamentale che veicola l'energia termica rinnovabile e di recupero alle utenze.

Nota: Waste-to-Energy → WtE

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 50 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento

**Composizione dell'impianto**

Un impianto di teleriscaldamento per la produzione e la fornitura di acqua calda è composto da:

- centrale di produzione
- rete di distribuzione
- rete di distribuzione primaria
- centraline periferiche
- rete di distribuzione secondaria
- contatori individuali alle singole utenze

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 51 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento

**Struttura delle tubazioni**

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 52 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento

**La distribuzione**

La distribuzione avviene attraverso due reti, **primaria** e **secondaria** con le seguenti caratteristiche:

- Condotture con due tubi affiancati (andata e ritorno)
- Circolazione a circuito chiuso di acqua addolcita
- Temperatura rete primaria : A/R 95-65°C
- Pressioni rete primaria : A/R 9,5-4 bar
- Temperatura rete secondaria : A/R 80-60°C
- Pressione rete secondaria : A/R 6-2,5 bar

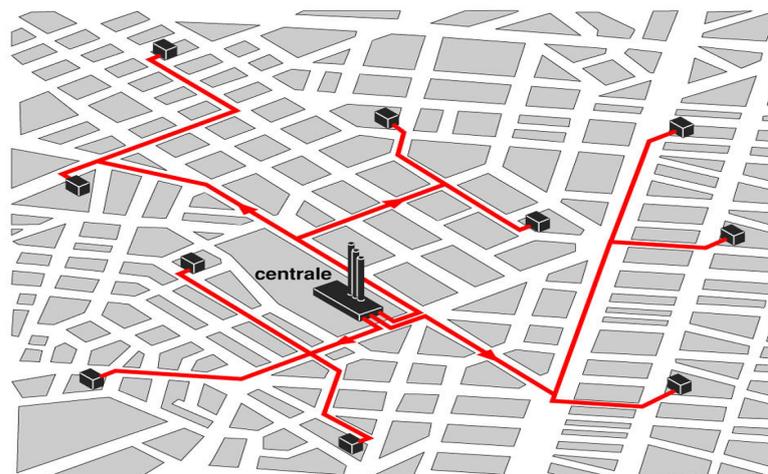
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 53 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento

**La rete di distribuzione**

Dalla centrale di produzione alle centraline periferiche



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 54 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento

Dalla rete agli edifici

centralina periferica

contatori singoli utilizzati

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 55 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento

Dalla rete agli edifici

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 56 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento

Dalla rete agli edifici

contatore individuale

boiler acqua calda usi domestici

termostato ambiente

radiatori

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 57 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento

Il termostato ambiente

- utilizzo personalizzato del riscaldamento
- maggior risparmio energetico
- massima flessibilità nella gestione del riscaldamento come per un impianto autonomo

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 58 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento □ ■ □

La normativa di riferimento

Riferimento: UNI EN 15316-4-5 Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 4-5 La norma distingue tra:

- reti urbane di teleriscaldamento
- sistemi di riscaldamento di quartiere (esclusi vedi UNI TS 11300-2)

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 59 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

2 – Le reti di teleriscaldamento □ ■ □

Alcuni dati...

Dall'analisi del bilancio energetico dello IEA, risulta che in Europa il **75%** delle fonti per il TLR provengono da "calore rinnovabile e di recupero"

▼

In Italia, circa il **72%** dell'energia termica immessa in rete è prodotta con tecnologie a basso impatto ambientale.

Tecnologia	Percentuale
Cogenerazione	50,73%
Prod. Semplice	28,75%
Fonti rinnovabili e di recupero	20,48%
Pompa di calore	0,04%

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 60 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Alcuni dati...

Volumetrie allacciate al TLR in Italia

REGIONE	Popolazione residente	Volumetria riscaldata				
	N.	Mm ³	m ³ /resid	Residenziale	Terziario	Industriale
Lombardia	9.973.397	125	13	69	53	3
Piemonte	4.436.798	76	17	57	18	1
Emilia Romagna	4.446.354	38	9	22	16	0
Trentino	989.109	27	27	18	8	1
Veneto	4.926.818	14	3	11	4	0
Liguria	1.591.939	4	2	0,6	1,1	2,1
Lazio	5.870.451	3	1	2,8	0,4	0
Toscana	3.750.511	2	0	1,5	0,3	0
Valle d'Aosta	128.119	2	12	0,8	0,7	0
Marche	1.553.138	1	0	0,4	0,3	0
TOTALE	37.666.634	292	85	182	102	8

Rapporto Il teleriscaldamento in Italia

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 61 di 105

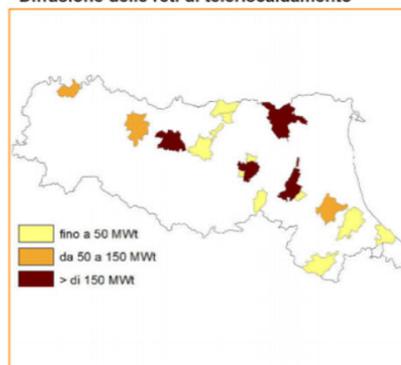
2 – Le reti di teleriscaldamento



Alcuni dati...

Regione Emilia Romagna

Diffusione delle reti di teleriscaldamento



STATO DELL'ARTE AL 2012

N. Comuni 18

N. Reti 28

Popolazione residente 4.446.354

Popolazione servita 8,6%

Vol. teleriscaldato 38 Mm³

Risparmio energia primaria 20.751 tep/anno

Emissioni evitate CO₂ 83.774 t/anno

Estensioni reti 632 km

Energia erogata all'utenza 1.108 GWh

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

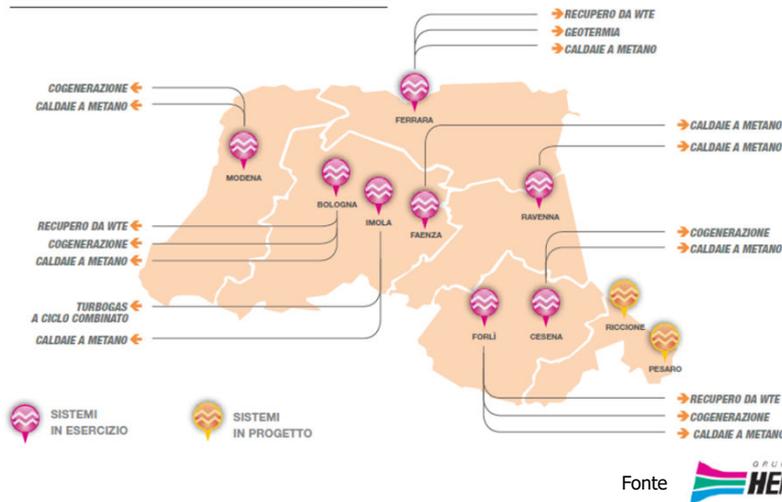
Ing. Dario Vannini 62 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Alcuni dati...

MAPPA DEL TELERISCALDAMENTO DEL GRUPPO HERA



Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione

Ing. Dario Vannini 63 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

Il fattore che il gestore della rete di teleriscaldamento è tenuto a dichiarare, come indicato dal D.M. 11 Marzo 2008 art. 3, nella delibera regionale D.A.L. 156/08 e s.m. e i. e successivamente chiarito dalla Raccomandazione CTI 14 (Febbraio 2013), è il **fP,nren**, ovvero il fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile.

Tale fattore, nella normativa tecnica vigente (norme UNI) viene denominato PEF (*Primary Energy Factor*).

La Regione Emilia - Romagna, che già si è dotata di strumenti operativi per la redazione degli APE, non ha definito una modalità di calcolo vera e propria del PEF.

La metodologia adottata dalla Direzione Teleriscaldamento di Hera si basa pertanto su uno standard di calcolo elaborato, a livello nazionale, da AIRU (Associazione Italiana Riscaldamento Urbano), in accordo alla normativa vigente.

Fonte GRUPPO HERA

Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione

Ing. Dario Vannini 64 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

Si precisa che:

- Il rendimento della rete, comprensivo del rendimento di scambio termico, è già incluso nel calcolo del PEF;
- La potenza della sottostazione è pari alla **potenza contrattuale**, così come indicato in bolletta.

VIA		f _{D,ren}
LARGO ALFREDO NOBEL	MO_Quartiere Giardino	0.81
LARGO MONTECASSINO	MO_III PEEP	0.87
STRADA FORMIGINA	MO_Quartiere Giardino	0.81
STRADA NAZIONALE CANALETTO SUD	MO_Ex Mercato Bestiame	0.87
VIA ALASSIO	MO_III PEEP	0.80

Fonte 

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 65 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

Si precisa che:

- Il rendimento della rete, comprensivo del rendimento di scambio termico, è già incluso nel calcolo del PEF;
- La potenza della sottostazione è pari alla **potenza contrattuale**, così come indicato in bolletta.

VIA		f _{D,ren}
LARGO ALFREDO NOBEL	MO_Quartiere Giardino	0.81
LARGO MONTECASSINO	MO_III PEEP	0.87
STRADA FORMIGINA	MO_Quartiere Giardino	0.81
STRADA NAZIONALE CANALETTO SUD	MO_Ex Mercato Bestiame	0.87
VIA ALASSIO	MO_III PEEP	0.80

Fonte 

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 66 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

SITUAZIONE ATTUALE

3 reti separate:

- Giardino (Coge)
- Illi peep (C.T.)
- Ex Mercato Bestiame (C.T.)

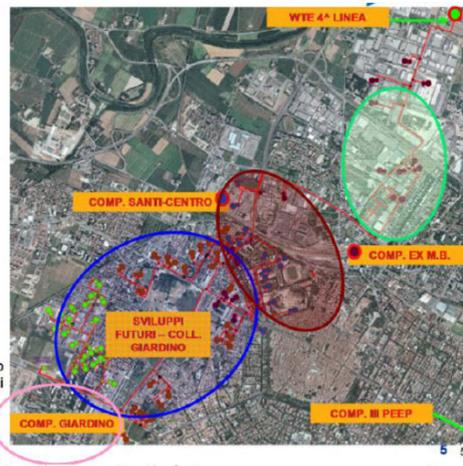
PROGETTO TLR MODENA

- Step 1:
 - Collegamento WTE – ex Mercato B.
 - Cessazione C.T. ex M.B. e attivazione C.T. WTE
- Step 2:
 - Collegamento Sede HERA – Santi e Palazzi Pubblici – Centro
- Step 3:
 - Sviluppo futuro → collegamento con rete Giardino

Il Giardino nel frattempo resta in servizio e si sviluppa autonomamente con i progetti:

- PIP 9/10;
- Via Aristotele;
- Comparto Cannizzaro.

Nota: Waste-to-Energy → WtE



Fonte



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 67 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

Con **SCEGLI TU 70** puoi portare la temperatura di funzionamento dell'impianto da 80° a 70°, risparmiando il 10% sul costo dell'energia e senza rinunciare al comfort.

Caratteristiche principali di SCEGLI TU 70

- Alimentazione dell'impianto del cliente a 70°
- Sconto del 10% sul prezzo base, calcolato sulla quota variabile. Il risparmio complessivo è pari al 10% sulla monomia e circa 8% sulla binomia.
- Necessaria solo una piccola modifica all'impianto a carico del cliente.
- L'allacciamento avviene sulla condotta di andata

Con **SCEGLI TU 60**, puoi portare la temperatura di funzionamento del tuo impianto a 60° e risparmiare addirittura il 20% sul costo dell'energia

Caratteristiche principali di SCEGLI TU 60

- Alimentazione dell'impianto del cliente a 60°
- Sconto del 20% sul prezzo base - calcolato sia sulla quota fissa che sulla quota variabile
- Per rendere attiva tale offerta sui clienti esistenti è necessario un nuovo allacciamento, che sarà a carico del cliente
- Allacciamento sulla condotta di ritorno

Fonte



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 68 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

Confronti di spesa Gas metano e teleriscaldamento

Per calcolare il costo della spesa totale del riscaldamento non si possono confrontare direttamente le due bollette di gas e TLR. Infatti, il confronto corretto tra teleriscaldamento e gas metano comprende anche i costi di esercizio in quanto, usando il gas, oltre all'acquisto della materia prima (bolletta gas), sono da aggiungere vari oneri di gestione mentre nel teleriscaldamento essi sono già inclusi nel prezzo (bolletta TLR).

Nei paragrafi seguenti i prezzi del gas e del TLR sono stati calcolati utilizzando un unico PCS (potere calorifero superiore), pari a 38,52 MJ/Sm³, per fornire un valore medio del bacino di HERA.

PREZZI TIPOLOGIA MONOMIA

La tipologia monomia è costituita da un unico prezzo variabile con il consumo. La spesa annua per il TLR, per un appartamento di 100 metri quadrati, ammonta a EURO 1.193,41 contro EURO 1.134,96 (+ EURO 58,45 rispetto a luglio), mentre per il gas, ammonta a EURO 1.335,08 contro EURO 1.282,98 (+ EURO 52,10 rispetto a luglio), con gli attuali prezzi, con una **differenza a favore del TLR del 10,6%**. I costi INDIRETTI del Gas metano sono calcolati pari a EURO 312, suddivisi in: ammortamento caldaia 180€; costo di conduzione 94€; costo di manutenzione straordinaria 38€; quelli del TLR ammontano a EURO 42, suddivisi in: costo di conduzione 15€; costo di manutenzione straordinaria 27€.

Fonte 

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 69 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

PREZZI TIPOLOGIA BINOMIA

La tipologia binomia è applicata alle utenze con potenza oltre 30kW e consumi superiori a 25.000 kWh annui. Si tratta di condomini, edifici pubblici e altri.

La tipologia binomia è composta di due parti:

- una quota potenza pari a circa il 20 % della spesa totale
- una quota variabile con il consumo pari a circa l'80% della spesa totale.

Per un'utenza con consumi di 201.600 kWh annui (condominio di 30 appartamenti), la spesa COMPLESSIVA per il TLR ammonta a EURO 24.571,02 (+EURO 1.355,65 rispetto ad luglio), mentre per il gas la spesa COMPLESSIVA è pari a EURO 26.657,41 (+EURO 1.185,43 rispetto a luglio), con gli attuali prezzi, con una **differenza a favore del TLR del 7,8 %**.

I costi indiretti del Gas metano ammontano a EURO 5.499, suddivisi in: ammortamento impianto 1.724 €; costo di conduzione 3.025 €; costo di manutenzione straordinaria 750 €; quelli del TLR ammontano a EURO 600, suddivisi in: costo di conduzione 350 €; costo di manutenzione straordinaria 250 €.

Fonte 

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 70 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

PREZZI TIPOLOGIA MONOMIA

MONOMIA												
PCS 38,52												
	Fabbisogno Energetico Appartamenti Servizi	Consumo Energia Primaria	Consumo Gas Naturale	Costo Unitario Gas	Prezzo TLR	Costo Annuo	Netto contatore	IVA 10%	IVA 22%	Costo Annuale Variabile (con IVA)	Ammortamento Conduttore + Manutenzione (IVA compresa)	Costo Totale Annuo
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[Smc/anno]	[€/Smc]	[€/kWh]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]
Caldaia Standard	8.634	11.511	1.200	0,629686	-	840	-	20,35	120,20	989	312	1.301,41
Teleriscaldamento	8.634	8.634	-	-	0,114087	990	26,64	101,68	-	1.119	42	1.160,17

Parametri di Calcolo			Confronto		
Rendimento termico Annuo			TIR vs.	Variaz. Assoluta [€/anno]	Variaz. Relativa [%]
Caldaia Standard	75%		Caldaia Standard	141	-10,9%
P.C.I. Gas Naturale	9,59 kWh/Smc				

Fonte GRUPPO HERA

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 71 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Teleriscaldamento Modena

PREZZI TIPOLOGIA BINOMIA

BINOMIA														
PCS 38,52														
	Tipo di Impianto	Fabbisogno Energetico Appartamenti Servizi	Consumo Energia Primaria	Consumo Gas Naturale	Costo Unitario Gas	Prezzo TLR	Costo Annuo	IVA 10%	IVA 22%	Costo Annuale Variabile	Ammortamento Impianto (IVA Inc.)	Conduttore Impianto (IVA Inc.)	Manutenzione Straordinaria (IVA Inc.)	Costo Totale Annuo
	[kW]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[Smc/anno]	[€/Smc]	[€/kWh]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]
Impianto a Gas	144	203.680	25.1.000	26.277	0,65118	-	17.111	26,25	1.409,01	20.348	1.720	9.015	750	26.319,81
Teleriscaldamento	144	203.680	201.600	-	-	0,105900	21.319	2,133	-	23.462	-	350	250	24.662,16

Confronto effettuato con tariffe "TIR Binomia Domestica"

Parametri di Calcolo			Confronto		
Rendimento termico Annuo Caldaia Domestica	80%		TIR vs.	Variazione assoluta [€/anno]	Variazione percentuale [%]
P.C.I. Gas Naturale	9,59 kWh/Smc		Impianto Termico a Gas	2.218	-8,6%

Fonte GRUPPO HERA

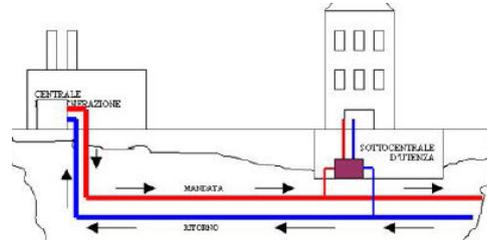
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 72 di 105

2 – Le reti di teleriscaldamento



Il bilancio termico



Il bilancio energetico è dato da: $Q_{ss,out} = Q_{ss,in} - Q_{l,ss,env}$

- $Q_{ss,in}$ energia in entrata
- $Q_{l,ss,env}$ energia termica dispersa in ambiente nella sottostazione
- $Q_{ss,out}$ energia in uscita dalla sottostazione di scambio

Il fabbisogno energetico nel periodo di calcolo è dato da:

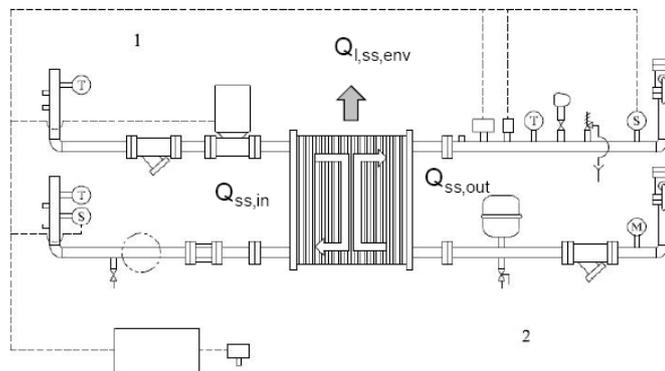
$$Q_{ss,p} = Q_{ss,in} \cdot fp_{,tel}$$

2 – Le reti di teleriscaldamento



Il bilancio termico

$$Q_{ss,out} = Q_{ss,in} - Q_{l,ss,env}$$



2 – Le reti di teleriscaldamento



Le perdite della sottocentrale

Se il fornitore della sottostazione fornisce il fattore di perdita della sottostazione K_{ss} la potenza termica dispersa in ambiente dalla sottostazione si calcola:

$$\Phi_{L,ss,env} = K_{ss} \times (\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}) / 1000 \quad [kW]$$

dove:

- K_{ss} fattore di perdita della sottostazione [W/K];
- $\theta_{ss,w,avg}$ temperatura media del fluido nella sottostazione intesa come media aritmetica della temperatura di andata e ritorno del circuito primario riportate nel progetto o sulla targa dello scambiatore [°C]. Qualora non siano noti tali valori si faccia riferimento al prospetto 33;
- $\theta_{a,ss}$ temperatura dell'ambiente ove è installata la sottostazione [°C].

$$\theta_{ss,w,avg}$$

Rete ad acqua calda bassa temperatura	70 °C
Rete ad acqua surriscaldata	90 °C

2 – Le reti di teleriscaldamento



Le perdite della sottocentrale

Se il fattore di perdita K_{ss} non è disponibile la percentuale di potenza termica persa si calcola:

$$P_{L,ss,env} = P'_{L,s,env} \cdot (\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}) / (\theta_{ss,w,rif} - \theta_{a,rif})$$

dove:

$$P'_{L,s,env} = C_2 - C_3 \cdot \log \theta_{ss}$$

- $C_2 - C_3$ fattori da tabella
- θ_{ss} potenza nominale della sottostazione da libretto centrale (KW)
- $\theta_{ss,w,rif}$ temperatura media di riferimento del fluido termovettore
- $\theta_{a,rif}$ temperatura di riferimento del locale dove è installata la sottostazione

Coefficienti	C_2	C_3
		2,24
Temperatura media di riferimento $\theta_{ss,w,rif}$	85	
Temperatura media di riferimento $\theta_{a,rif}$	20	

INDICE

- Capitolo 1 – Gli impianti a biomassa
- Capitolo 2 – Le reti di teleriscaldamento
- Capitolo 3 – I sistemi di microgenerazione



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 77 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Definizione

Cogenerazione (CHP, Combined Heat and Power)

Produzione contemporanea di più forme di energia (solitamente energia termica ed energia elettrica) utile a partire da una singola fonte energetica, attuata da un unico sistema integrato.

Un sistema di cogenerazione viene caratterizzato dalla potenza elettrica e dalla potenza termica in grado di erogare.

Per potenze elettriche erogate inferiori ad **1 MW** si parla di **piccola cogenerazione**

Per potenze elettriche inferiori a **50 kW** si parla di **micro cogenerazione**

Nei micro-cogeneratori il prodotto principale è la produzione di calore.

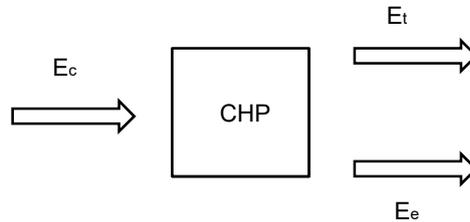
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 78 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Rendimento



Rendimento di primo principio:

$$\eta_u = (E_t + E_e) / E_c$$

Rendimento elettrico:

$$\eta_e = E_e / E_c$$

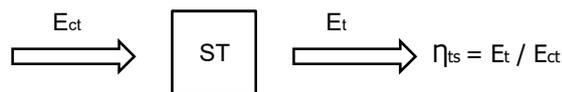
Rendimento termico:

$$\eta_t = E_t / E_c$$

3 – Gli impianti di microgenerazione



Indice di Risparmio Energetico (IRE)



$$IRE = 1 - \frac{E_c}{\frac{E_e}{\eta_{es}} + \frac{E_t}{\eta_{ts}}} = 1 - \frac{1}{\frac{\eta_e}{\eta_{es}} + \frac{\eta_t}{\eta_{ts}}} = 1 - \frac{1}{\eta_t \left[\frac{C}{\eta_{es}} + \frac{1}{\eta_{ts}} \right]}$$

$$C = \frac{\eta_e}{\eta_t}$$

Con l' **IRE** si confronta la quantità di combustibile richiesto per soddisfare il carico elettrico e termico nell'impianto cogenerativo con la quantità di combustibile richiesta in un impianto motore convenzionale per soddisfare lo stesso carico elettrico e in un generatore di calore di rendimento *per soddisfare il carico termico*.

3 – Gli impianti di microgenerazione



Tipologie di micro-cogeneratori

- motori a combustione interna cogenerativi (MCI)
- microturbine a gas (MTG)
- micro cicli Rankine (MCR)
- motori Stirling (MS)

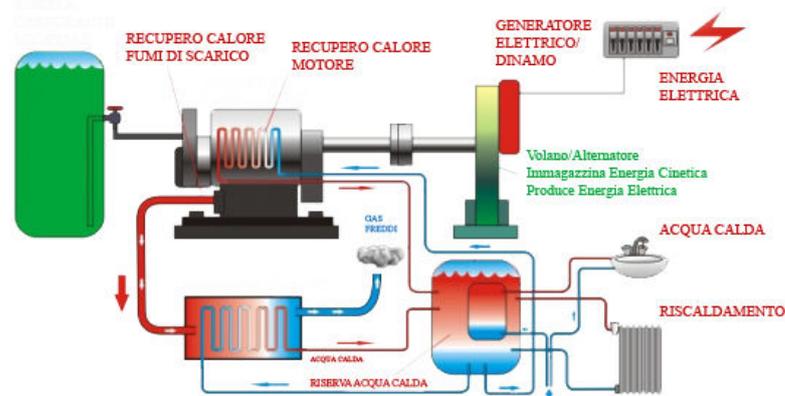
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 81 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Motore a Combustione Interna cogenerativi (MCI)



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 82 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

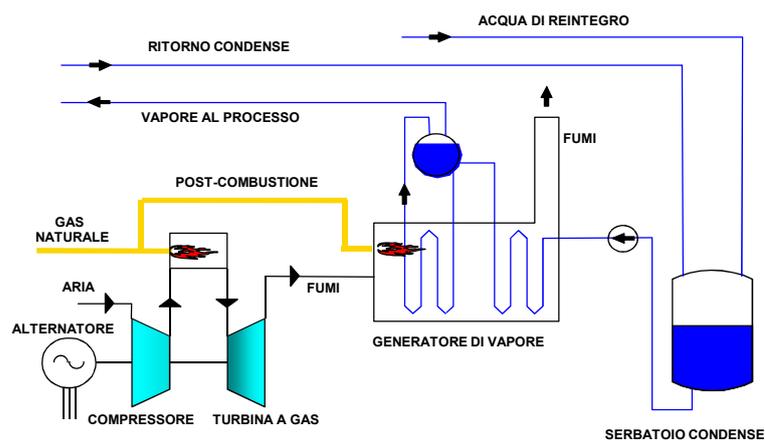
**Manutenzione (MCI)**

- manutenzione ordinaria ogni 3500 ore, ed una straordinaria con sostituzioni parti ogni 30000 ore
- vita utile = circa 80000 ore
- costi medi di manutenzione
10÷25 €/MWh (in rapporto all'energia prodotta)

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 83 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Microturbine a Gas (MTG)**

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 84 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Manutenzione (MTG)

- le microturbine a gas (MTG) presentano taglie di potenza elettrica tipicamente nel range che va dai **30÷200 kW** e **rendimenti elettrici dell'ordine del 25-30%**
- sulla base dei prezzi indicati dai costruttori, il costo di una MTG si colloca tipicamente nell'intervallo di valori **1000÷2000 €/kW**.
- l'affidabilità garantita è elevata: vita utile: circa 60000 ÷ 80000 ore

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

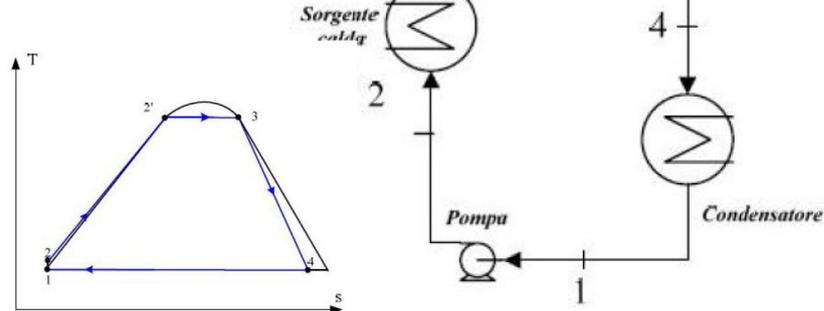
Ing. Dario Vannini 85 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Micro Cicli Rankine (MCR)

I Micro Cicli Rankine (MCR) sono sistemi di produzione dell'energia elettrica di taglia medio-piccola, variabile da pochi kW ad alcuni MW.



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 86 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Micro Cicli Rankine (MCR)

La temperatura dell'acqua di raffreddamento varia a seconda del fluido impiegato e della pressione di condensazione di progetto. A parità di pressione massima di vaporizzazione, **maggiore è la pressione di condensazione, minore è il lavoro compiuto in turbina e dunque minore il rendimento elettrico; la produzione di calore ad alta temperatura penalizza il rendimento elettrico del MCR.**

Con una opportuna scelta del fluido operatore e dei parametri termodinamici del ciclo è possibile realizzare un MCR cogenerativo che fornisca acqua calda per utenze civili a temperature di **40÷60°C, con valori** accettabili del rendimento elettrico.

Costi: sistemi di taglia elevata (>50 kWe) **900÷1600 €/kW installato** (il costo specifico cresce con il diminuire della taglia del turbogeneratore). Il costo complessivo di un impianto, comprensivo della caldaia, dei collegamenti e delle opere civili, si può stimare in circa 4 volte il costo del solo turbogeneratore.

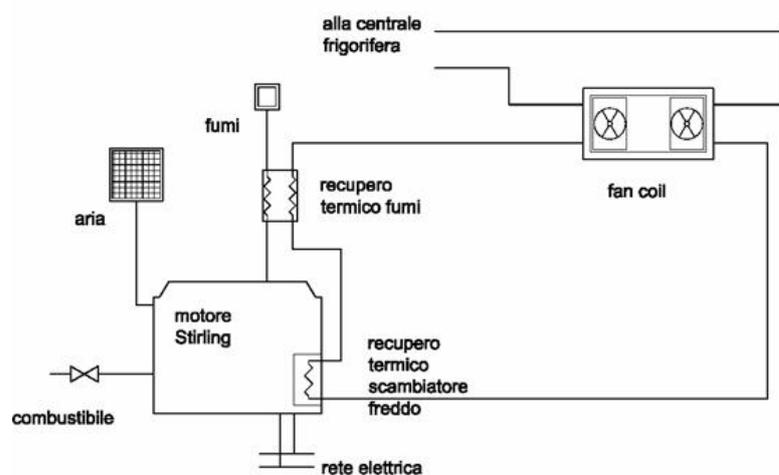
Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 87 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



Motore Stirling (MS)



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 88 di 105

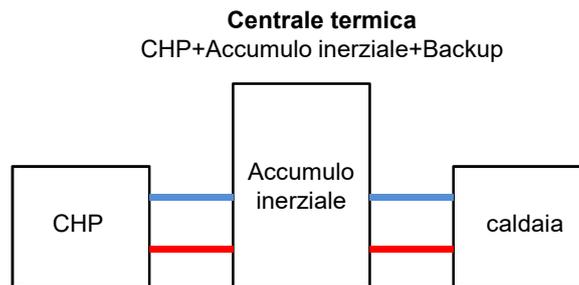
3 – Gli impianti di microgenerazione



Dimensionamento

Per garantire un impiego economicamente vantaggioso dei gruppi di micro-cogenerazione si devono dimensionare tali sistemi così da avere lunghi tempi di funzionamento (**Dt>3000-4000 h/anno**).

Più è lungo il periodo in cui il cogeneratore può trasferire calore e energia elettrica al sistema, più si riducono i tempi di ammortamento.



Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 89 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione



D.M. 04/08/2011

Il **DM 4 Agosto 2011** precisa che la **produzione di** energia elettrica da unità di produzione combinata di energia elettrica e calore con turbina di condensazione a estrazione di vapore e con turbina a gas a ciclo combinato con recupero termico sia da ritenere interamente energia elettrica qualificabile come cogenerativa se dette unità presentano un **rendimento di primo principio annuo almeno pari al 75%**.

Il **DM 4 Agosto 2011** introduce il concetto di **PES (Primary Energy Saving)**

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{RefH\eta} + \frac{CHP E\eta}{RefE\eta}}$$

$CHP H\eta$ è il rendimento termico annuo della cogenerazione

$CHP E\eta$ è il rendimento elettrico annuo della cogenerazione

$RefH\eta$ è il rendimento di riferimento per la produzione separata di calore

$RefE\eta$ è il rendimento di riferimento per la produzione separata di elettricità

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 90 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

3 – Gli impianti di microgenerazione □ □ ■

D.Lgs 28/2011

ALLEGATO 3
(art. 11, comma 1)
Obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti

1. Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

a) il 20 % quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
b) il 35 % quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
c) il 50 % quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

5. L'obbligo di cui al comma 1 non si applica qualora l'edificio sia allacciato ad una rete di teleriscaldamento che ne copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 91 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

3 – Gli impianti di microgenerazione □ □ ■

Energia primaria mensile

$$Q_{p,in,mese} = Q_{CG,p,in,mese} + Q_{gn,npref,in,mese} - f_{p,el} \cdot (Q_{CG,el,out,mese} - Q_{CG,aux,el,mese}) \quad [kWh]$$

$Q_{p,in,mese}$ = fabbisogno mensile totale di energia primaria;

$Q_{gn,npref,in,mese}$ = fabbisogno totale di energia primaria dei generatori di calore non cogenerativi, determinato secondo la normativa partendo da $Q_{gn,npref,out,mese}$;

$f_{p,el}$ fattore di conversione dell' energia elettrica in energia primaria (1/0.46).

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione Ing. Dario Vannini 92 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

3 – Gli impianti di microcogenerazione

Normativa

La UNI TS 11300-4 definisce le modalità di determinazione della produzione di energia termica utile e di energia elettrica delle unità cogenerative ed il corrispondente fabbisogno di energia primaria.

L'impianto deve avere le seguenti caratteristiche:

- deve essere connesso in parallelo alla rete elettrica pubblica;
- la regolazione della sezione di cogenerazione deve essere esclusivamente in funzione del fabbisogno di energia termica in ingresso al sottosistema di distribuzione;
- tutta l'energia termica prodotta in cogenerazione deve essere effettivamente utilizzata.

Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione Ing. Dario Vannini 93 di 105

CORSO CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA EDIFICI
Ordine e Fondazione Architetti PPC della Provincia di Modena

3 – Gli impianti di microcogenerazione

Categorie

La UNI/TS 11300-4 suddivide gli impianti cogenerativi in due categorie:

- impianti in cui le unità della sezione cogenerativa sono dimensionate per **funzionare a carico nominale per la maggior parte dell'anno se adibite** a solo riscaldamento;

Metodo di calcolo: "metodo del contributo frazionale mensile"

- impianti in cui **la potenza termica totale nominale erogata dalla sezione cogenerativa è sensibilmente maggiore del fabbisogno termico di base richiesto con continuità all'ingresso del** sistema di distribuzione. In questo caso la sezione cogenerativa si trova quindi a funzionare a carico variabile.

Metodo di calcolo: "metodo del profilo del giorno tipo mensile"

Biomasse, teleriscaldamento, microcogenerazione Ing. Dario Vannini 94 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Metodo del contributo frazionale mensile**

1. La sezione cogenerativa deve essere costituita da una unità unica in assetto cogenerativo funzionante esclusivamente in condizioni nominali, ossia a punto fisso e senza modulazione del carico, la cui accensione e spegnimento vengano determinate da una regolazione in modalità "carico termico segue". L'impianto, con o senza sistema di accumulo termico inerziale, deve essere privo di by-pass fumi o sistemi di dissipazione dell'energia termica prodotta in eccesso.

2. Nel caso di sezione cogenerativa costituita da più unità in cascata, ciascuna deve funzionare esclusivamente in condizioni nominali, ossia a punto fisso e senza modulazione del carico, in cui l'accensione e lo spegnimento in sequenza dei singoli moduli venga determinato da una regolazione comune che opera esclusivamente in modalità "carico termico segue". L'impianto, con o senza sistema di accumulo inerziale, deve essere privo di sistemi di dissipazione dell'energia termica prodotta in eccesso.

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 95 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Dati di input**

- Caratteristiche del sistema di cogenerazione (rendimenti, potenze) e accumulo (volume)
- Fabbisogni di energia mensili richiesti in entrata dalla rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento ($Q_{H,d,in,mese}$) e dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria ($Q_{W,d,in,mese}$). Per ogni mese, il fabbisogno di energia termica richiesto all'ingresso del sottosistema di distribuzione coincide con il quantitativo di energia termica fornito all'impianto dai sottosistemi di generazione:

$$Q_{gn,ter,out,mese} = Q_{H,d,in,mese} + Q_{W,d,in,mese}$$

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 96 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Congruià accumulò inerziale**

In molti casi il sistema di cogenerazione viene abbinato ad un accumulò termico inerziale (puffer) per eliminare o ridurre la necessit  di avere una perfetta coincidenza tra la potenza termica erogata dalla sezione cogenerativa ed il fabbisogno termico istantaneo dell'impianto.

La UNI TS 11300-4 fornisce un criterio di dimensionamento del sistema di accumulò inerziale stabilendo, mediante un indice di congruit  (α), se il volume del puffer associato al cogeneratore pu  essere considerato ben dimensionato o meno.

La capacit  di accumulò di energia termica utile dipende dalla potenza termica nominale del sistema cogenerativo ($\phi_{CG,ter,out,nom}$) e viene calcolata durante la stagione di riscaldamento e durante la stagione estiva mediante le seguenti relazioni:

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 97 di 105

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Capacit  di accumulò energia termica**

durante la stagione di riscaldamento:

$$Q_{CG,s,design} = \min \left\{ 0.25 Q_{H,d,in,avg,giorno} + 0.29 Q_{W,d,in,avg,giorno} ; 3 \phi_{CG,ter,out,nom} \right\}$$

al di fuori della stagione di riscaldamento:

$$Q_{CG,s,design} = \min \left\{ 0.29 Q_{W,d,in,avg,giorno} ; 4 \phi_{CG,ter,out,nom} \right\}$$

$Q_{H,d,in,avg,giorno}$ = energia termica richiesta dall'impianto di riscaldamento nel giorno tipo mensile

$Q_{W,d,in,avg,giorno}$ = energia termica richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria nel giorno tipo mensile

Biomasse, teleriscaldamento, microgenerazione

Ing. Dario Vannini 98 di 105

**Energia termica nel serbatoio**

L'energia termica immagazzinata in un serbatoio di acqua di volume V può essere calcolata conoscendo la temperatura massima dell'acqua in uscita dalla sezione cogenerativa ($T_{CG,out,max}$) e la temperatura media dell'acqua di ritorno dall'impianto di riscaldamento ($T_{d,out,avg}$):

$$Q_{CG,s} = \frac{\rho V c_p (T_{CG,out,max} - T_{d,out,avg})}{3600}$$

- ρ è la densità dell'acqua (1000 kg/m³);
 V è il volume del serbatoio di accumulo (m³);
 c_p è il calore specifico a pressione costante dell'acqua (4186 J/kgK);

**Indice di congruità del sistema di accumulo**

L'**indice di congruità α del sistema di accumulo** termico è definito come segue:

$$\alpha = \frac{Q_{CG,s}}{Q_{CG,s,design}}$$

L'accumulo termico inerziale viene definito:

- congruo per il mese in questione** quando $\alpha \geq 1$
- non congruo** quando $\alpha < 1$ l'accumulo è invece dichiarato

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Contributo frazionale mensile**

Se la potenza del micro-cogeneratore è inferiore a quella max richiesta dall'impianto, per ogni mese si può calcolare la frazione di energia termica erogata dalla sezione cogenerativa per riscaldamento e produzione di acqua calda in ingresso al sistema di distribuzione (**contributo frazionale mensile**) così definita:

$$X_{H,W,CG,mese} = \frac{Q_{CG,ter,out,mese}}{Q_{H,W,d,in,mese}}$$

Il valore del **contributo frazionale mensile** $X_{H,W,CG,mese}$ dipende:

- dall'indice di congruità dell'accumulo termico (α)
- dal numero di unità cogenerative poste in cascata (da 1 a 3)
- dal parametro $\beta_{H,W}$

3 – Gli impianti di microgenerazione

**Energia termica erogata**

$$\beta_{H,W,mese} = \frac{\phi_{CG,ter,out,nom}}{\left(\frac{Q_{H,W,d,in,mese}}{24G_{mese}} \right)}$$

dove G_{mese} indica il numero di giorni del mese in questione.

Una volta noto il valore assunto per ogni mese dal contributo frazionale mensile è possibile calcolare la quantità di **energia termica erogata** dal cogeneratore ($Q_{CG,ter,out,mese}$):

$$X_{H,W,CG,mese} = \frac{Q_{CG,ter,out,mese}}{Q_{H,W,d,in,mese}}$$

Il relativo fabbisogno mensile di **energia primaria** risulta quindi pari a:

$$Q_{CG,p,in,mese} = \frac{Q_{CG,ter,out,mese}}{\eta_{ter,CG}}$$

$\eta_{ter,CG}$ = rendimento termico nominale del CHP

3 – Gli impianti di microgenerazione



Energia elettrica prodotta

La quantità di **energia elettrica prodotta mensilmente** dall'unità di cogenerazione ($Q_{CG,el,out,mese}$) si calcola come segue:

$$Q_{CG,el,out,mese} = Q_{CG,p,in,mese} \eta_{el,CG} - Q_{CG,aux,el,mese}$$

$\eta_{el,CG}$ = rendimento elettrico netto nominale della sezione cogenerativa (fornito dal produttore)

$Q_{CG,aux,el,mese}$ = è il fabbisogno elettrico degli ausiliari indipendenti presenti nel sottosistema di generazione

3 – Gli impianti di microgenerazione



Fabbisogno residuo energia termica

Il **fabbisogno residuo di energia termica** che il sistema di back-up deve essere in grado di erogare mensilmente al fine di compensare il debito di energia termica si calcola come:

$$Q_{gn,npref,out,mese} = Q_{h,W,d,in,mese} - Q_{CG,ter,out,mese} - Q_{CG,aux,lrh,mese}$$

$Q_{gn,npref,out,mese}$ = il fabbisogno di energia termica soddisfatto dal generatore di back-up

$Q_{CG,aux,lrh,mese}$ = perdite di calore recuperate da ausiliari indipendenti (di solito trascurabili).



*Grazie
per
l'attenzione...*

...e restiamo in contatto!



Ing. Dario Vannini
vannini.studio@gmail.com



Questa presentazione è messa a disposizione sulla base dei termini della licenza Creative Commons Public License; Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 2.5 Versione italiana