

Costi di generazione dell'energia elettrica da bioliquidi sostenibili

2024



Accordo di programma 2022-2024 con il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale.

Progetto
Work Package
Linea di Attività

Codice identificativo

Titolo: Costo di generazione dell'energia elettrica da bioliquidi per la definizione dei prezzi minimi garantiti

Tipologia di documento: Rapporto

Data di emissione: 29/03/2023

Note: prima emissione

© Copyright by Ricerca sul Sistema Energetico-RSE S.p.A.
Contributo/i liberamente utilizzabile/i a condizione che venga chiaramente e visibilmente citata la società titolare.

Per la tutela dell'ambiente, prima di stampare questo documento pensa bene se è veramente necessario.

Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.



INDICE

INDICE	3
SOMMARIO	4
1 - PREMESSA	5
2 - COSTI VARIABILI	6
2.1 Costo del combustibile	6
2.1.1 <i>Costo della materia prima</i>	6
2.1.2 <i>Costo del trasporto nazionale</i>	7
2.1.3 <i>Accise</i>	7
2.1.4 <i>Costo sostenibilità</i>	7
2.2 Costo di smaltimento rifiuti	7
2.3 Costo di manutenzione ordinaria	7
3 - COSTI FISSI	8
3.1 Costo della manutenzione straordinaria	8
3.2 Costo del personale	8
4 - RICAVI DALLA PRODUZIONE DI CALORE	10
5 - CONCLUSIONI	12
6 - BIBLIOGRAFIA	16
7 - ACRONIMI	18
8 - ELENCO ALLEGATI	19



SOMMARIO

A seguito della richiesta di studio in merito ai costi di produzione dell'energia elettrica da bioliquidi, sono state analizzate le principali voci di costo. In particolare, per gli impianti sia "non rilevanti" che "rilevanti" alimentati da bioliquidi sostenibili, sono stati stimati i costi di acquisto del combustibile e i costi di natura operativa (quali, ad esempio, i costi di manutenzione ordinaria, del personale e di gestione dell'impianto).



1 - PREMESSA

ARERA ha incaricato RSE di eseguire uno studio in merito ai costi di produzione dell'energia elettrica generata da bioliquidi.

In particolare, è stata rilevata l'analisi dei costi di produzione di impianti "rilevanti" e "non rilevanti" alimentati da bioliquidi sostenibili. I costi oggetto di interesse ai fini dello studio sono i costi di acquisto del combustibile e i costi di natura operativa (quali, ad esempio, i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria, del personale e di gestione dell'impianto), distinguendo fra costi fissi (cioè quelli sostenuti anche in assenza di produzione) e variabili. Al fine di tener conto della variazione nel tempo dei costi di produzione sostenuti, si è deciso di fare riferimento ai dati più aggiornati disponibili creando un meccanismo di aggiornamento il più possibile automatico.

Lo scopo del presente documento è quello di fornire un metodo di valutazione del costo di produzione dell'energia elettrica, inclusa la funzione di aggiornamento periodico dei relativi parametri. I valori numerici presentati hanno solo valore esemplificativo.



2 - COSTI VARIABILI

2.1 Costo del combustibile

I costi legati al combustibile sono stati valutati in €/t suddividendo le varie voci per categoria:

- Costo della materia prima;
- Costo del trasporto;
- Accise;
- Costo di sostenibilità .

Per la valutazione dei costi in €/MWh sono stati considerati dei fattori di utilizzo del combustibile dipendenti dal rendimento degli impianti. Tali valori sono stati valutati prendendo in considerazione un potere calorifico di 33 MJ/Kg per il grasso animale e 37 MJ/Kg per gli olii. [1] [2] [3]. Il rendimento, che dipende dalla tipologia di motore, dalla taglia, dalle condizioni operative e dalla tipologia di combustibile utilizzato, in generale può variare fra il 30% e il 40% [4]. Sono stati considerati valori che, tenendo conto delle tipiche taglie di interesse e di una certa vetustà degli impianti esistenti, risultano più realistici. È stato considerato un rendimento medio di impianto di circa 30% per impianti di potenza sotto 1 MW, di circa 35% per impianti di potenza compresi fra 1 e 8 MW e 40% per impianti di potenza superiore a 8 MW, al netto degli ausiliari [5]. Tale andamento discreto viene giustificato dal fatto che gli impianti sono costituiti da uno o più motori di taglia standard . I valori dei fattori di utilizzo sono riportati in Tabella 1.

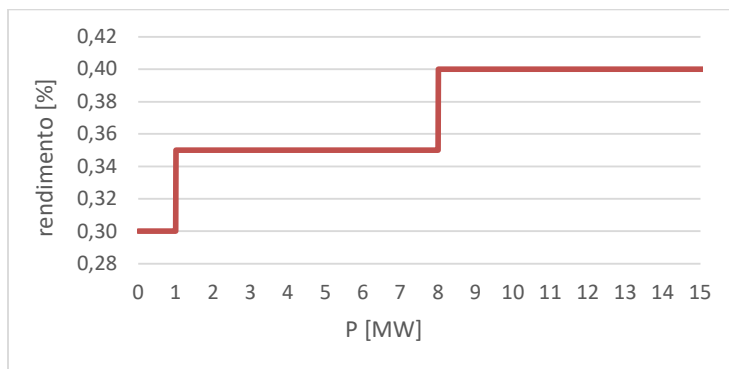


Figura 2-1 Rendimento in funzione della potenza

2.1.1 Costo della materia prima

Il costo della materia prima, in €/t, degli olii vegetali e dei grassi animali è stato valutato prendendo in considerazione i dati pubblicati settimanalmente sul sito granariamilano.it. [6]. I dati esemplificativi utilizzati nel seguito sono stati aggiornati a Giugno 2024.

A titolo di esempio è stato riportato in appendice l'andamento delle quotazioni per il grasso animale e l'olio vegetale grezzo e raffinato. Dalle statistiche più recenti, per impianti inferiori a 10 MWe, l'olio di colza e i grassi animali risultano i combustibili di gran lunga più impiegati. [7]

Gli impianti di potenza superiore ai 10 MW prediligono invece l'utilizzo dell'olio di palma come olio combustibile. Tale olio, non quotato sul sito GranariaMilano, risulta attualmente importato: il maggior produttore ed esportatore mondiale è la Malesia, che copre circa il 46% delle forniture mondiali. Per stimare il costo dell'olio di palma grezzo si fa riferimento ai prezzi CIF (*Cost, Insurance and Freight*) Rotterdam aggiornati settimanalmente [8]. A tale costo vanno aggiunti i costi relativi allo sdoganamento e alla logistica internazionale. I dazi vengono considerati pari al 3,8% del costo CIF Rotterdam [8]. A tale costo vengono



sommati i costi legati alla logistica internazionale pari a 132 €/t [9] [8]. Nel caso in cui l'olio di palma venga sottoposto ad un processo di raffinazione il costo viene incrementato di 50 €/t [8].

2.1.2 Costo del trasporto nazionale

I costi legati al trasporto della materia prima, valutati in €/t, sono stati valutati in base alle seguenti ipotesi riferite alle distanze tra stabilimento e impianti con ritorno a vuoto. Tali valori comprendono sia il costo legato al combustibile che il costo del personale. Il costo legato al combustibile viene considerato facendo l'ipotesi che un autotreno che trasporta 20 tonnellate di combustibile percorra una distanza di 500 km fra andata e ritorno, con un consumo di 3Km/l [10]. Il costo del personale viene valutato considerando un lavoro di 10 ore con un costo di 50 €/h secondo le tariffe del Confartigianato. Il costo del combustibile viene pubblicato dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica [11] e aggiornato sulla base degli indici presenti sul sito del Mit per veicoli di massa complessiva a pieno carico superiore a 7,5 tonnellate scorporando da tale prezzo l'iva e tenendo conto anche degli sconti applicabili sulle accise. [12]

$$C_{trasp} \left[\frac{\text{€}}{\text{ton}} \right] = \frac{P_{aut}}{1000} \left[\frac{\text{€}}{1000 \text{ litri}} \right] \cdot \frac{1}{20} \left[\frac{1}{\text{ton}} \right] \cdot \frac{1}{3} \left[\frac{\text{litri}}{\text{km}} \right] \cdot 500 [\text{km}] + 50 \left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right] \cdot 10 [\text{h}] \cdot \frac{1}{20} \left[\frac{1}{\text{ton}} \right]$$
$$= 0,0083 P_{aut} \left[\frac{\text{€}}{1000 \text{ litri}} \right] + pers_{tras}$$

Si ritiene opportuno che il costo del personale venga aggiornato annualmente sulla base degli indici ISTAT pubblicati online.

2.1.3 Accise

Le accise sono state valutate sulla base dei dati aggiornati all' 1/01/2024 presenti sul sito dell'Agenzia delle dogane e dei Monopoli [13]. Tale aggiornamento fa seguito alla legge del 27/12/2019 (L. 27/12/2019, n. 160, Art. 1, comma 631, lettera b, punto 2) in cui gli oli vegetali non modificati chimicamente sono esenti da accise già a partire dall'aggiornamento dell'1/01/2020, tale provvedimento non ha carattere temporaneo. I grassi animali, invece, sono assimilabili al combustibile BTZ Olio Combustibile Denso, come definito nella UNI 6579 con un'accisa pari a 15,4 €/t [14].

2.1.4 Costo sostenibilità

Gli operatori economici, al fine di dimostrare il rispetto dei requisiti di sostenibilità, richiedono la certificazione di sostenibilità. Tale certificazione è volta ad accertare la completezza dei contenuti riportati nel certificato di sostenibilità e in tutte le dichiarazioni a essi riferibili. Tale costo viene preso pari a 35 €/t per gli olii grezzi, 75 €/t per gli olii raffinati e 55 €/t per i grassi animali [15]

2.2 Costo di smaltimento rifiuti

Per la valutazione dei costi legato allo smaltimento dei rifiuti è stato conservativamente stimato considerando una produzione di ceneri a seguito della combustione di circa il 2%, un costo di smaltimento pari a 300 €/t e un fattore di utilizzo del combustibile che dipende dalla taglia e dal combustibile utilizzato come espresso in Tabella 2.

$$C_{smaltimento} \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] = F_{utilizz} \left[\frac{\text{t}}{\text{MWh}} \right] \cdot 0,02 \cdot 300 \left[\frac{\text{€}}{\text{t}} \right]$$

2.3 Costo di manutenzione ordinaria

Tali costi comprendono i costi legati alla manutenzione dei componenti meccanici come i cambi filtri, oli lubrificanti, i vari materiali utilizzati durante tali interventi, il costo della manodopera per lo scarico dei combustibili e vari altri costi legati strettamente alle ore di funzionamento dell'impianto. Sulla base dei dati



forniti dagli operatori è possibile stimare tali costi pari a 29 €/MWh. Tale costo verrà aggiornato annualmente sulla base degli indici ISTAT pubblicati online.

3 - COSTI FISSI

I costi O&M sono stati valutati sulla base dei documenti messi a disposizione da ARERA [16] e sulla base di ipotesi per quanto concerne il costo della manodopera. Fra i costi fissi vi sono i costi legati alla manutenzione straordinaria e il costo del personale. Tali costi, espressi in €/MW/anno, vengono poi riportati in €/MWh in Tabella 1 considerando un funzionamento medio di circa 6000 h/anno (valore medio degli impianti italiani nel 2016) [7].

3.1 Costo della manutenzione straordinaria

Tali costi sono stati considerati pari a 78000 €/MW/anno. Questi valori sono stati considerati sulla base dei dati forniti dai produttori e sulla base della letteratura [18] [16] [4]. Tali valori non presentano variazioni significative in base alla taglia dell'impianto.

3.2 Costo del personale

I costi legati al personale possono subire variazioni legate alla taglia degli impianti. Tali variazioni, considerando anche i dati presenti in letteratura, possono essere dell'ordine del 20% rispetto al valore riportato di seguito.

Il costo del personale è stato stimato di circa 165000 €/MW/anno considerando 2 addetti con un costo di 50 €/h (importo medio orario degli operai, tariffario Confartigianato) per un impianto con una potenza media di 1 MW e di 1650 ore lavorate mediamente all'anno per dipendente.

$$C_{pers} \left[\frac{\text{€}}{\text{MW anno}} \right] = \frac{50 \left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right] \cdot N_{pers} \cdot 1650 \left[\frac{\text{h}}{\text{anno}} \right]}{P_{impianto} [\text{MW}]}$$

Per taglie superiori a 8 MW invece si considera un numero di personale impiegato pari a 8 addetti con una potenza media pari a 8 MW ottenendo un costo pari a 82500 €/MW anno.

Fra i valori di potenza compresi fra 1 MW e 8 MW viene considerato un andamento lineare. Tale costo verrà aggiornato annualmente sulla base degli indici ISTAT pubblicati online.

$$C_{pers} \left[\frac{\text{€}}{\text{MW anno}} \right] = (-11786) \cdot P_{impianto} [\text{MW}] + (176786)$$

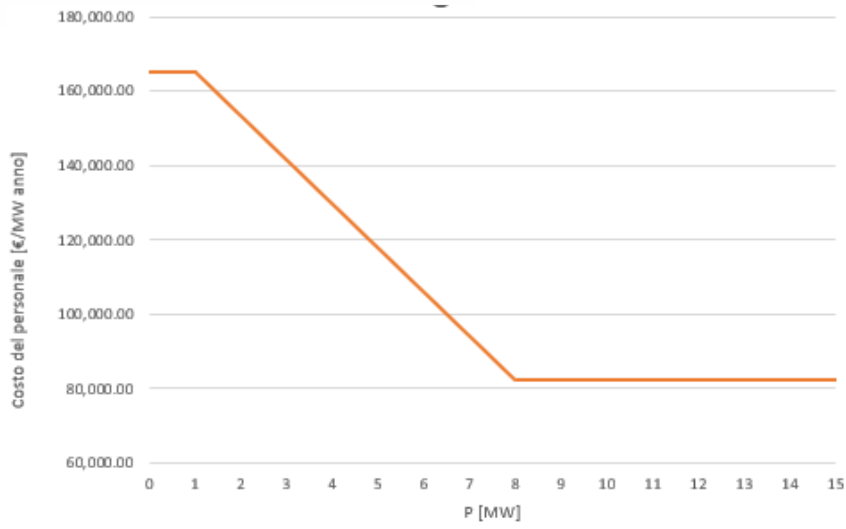


Figura 3-1 Andamento del costo del personale in funzione della taglia



4 - RICAVI DALLA PRODUZIONE DI CALORE

Alcuni impianti di produzione di elettricità da bioliquidi sono adibiti anche alla contestuale produzione di energia termica; i ricavi (o costi evitati) conseguenti alla produzione di questo secondo vettore energetico devono essere scorporati dai costi di produzione dell'energia elettrica per evitare una doppia remunerazione della produzione. In generale, il ricavo da calore dovrà essere scorporato dai costi di produzione dell'energia elettrica in misura pari a quanto indicato nella seguente equazione:

$$r_H = \frac{H}{E} p_H [\text{€/MWh}, e]$$

Equazione 4-1

Dove:

- r_H : Ricavo specifico dalla produzione di calore [€/MWh, e]
- E : Produzione netta di energia elettrica nel periodo di riferimento [MWh, e]
- H : Produzione di energia termica utile nel periodo di riferimento [MWh, th]
- p_H : Valutazione economica dell'unità energetica di calore [€/MWh, th]

La definizione del calore utile (H) è valutata in modo differenziato in funzione dell'utenza finale servita dall'unità di produzione termica:

- Nel caso di produzione di calore derivato, ossia prodotto in impianti di trasformazione energetica e ceduto/venduto a terzi tramite una rete di trasporto, la quantità di calore utile H è pari al calore ceduto all'utenza servita (al netto, quindi, delle perdite di trasporto). A titolo esemplificativo si riporta che le perdite di trasporto delle reti di teleriscaldamento in Italia risultano in media pari al 18% rispetto all'energia prodotta in centrale [19]
- L'efficienza di trasporto della rete di distribuzione del calore ($\eta_{rete,th}$) è ipotizzata pari a 82%.
- Nel caso di utilizzo diretto di calore, ossia prodotto in impianti di trasformazione energetica e utilizzato direttamente in sito, a beneficio del produttore stesso, la quantità di calore utile H è pari all'energia termica prodotta in centrale, essendo in questo caso trascurabili le perdite di trasporto.

Per la produzione termica gli operatori dovranno dichiarare a quanto ammonta la produzione di energia termica utile nel periodo di riferimento.

Lo sviluppo dell'equazione precedente può essere generalizzato in funzione dei parametri di prestazione dell'impianto generazione ottenendo un ricavo da calore:

$$r_H = p_H \cdot \text{MIN} \left(\frac{H^{**}}{E} ; \frac{\eta_{rete,th} \eta_{th} h_{EQ,th}}{\eta_e h_{EQ,e}} \right) [\text{€/MWh}, e]$$

Equazione 4-2

Dove:

- r_H : Ricavo specifico dalla produzione di calore [€/MWh, e]
- H^{**} : $H^{**} = H \cdot \eta_{rete,th}$
- p_H : Valutazione economica dell'unità energetica di calore [€/MWh, th]
- $\eta_{rete,th}$: Efficienza di trasporto della rete di distribuzione del calore [-]; 0,82 per calore derivato, 1 per utilizzo diretto
- η_{th} : Efficienza termica dell'impianto [-], si considera 0.4 come media per un motore a combustione interna



- $h_{EQ,th}$: Ore di produzione termica equivalente nel periodo di riferimento pari a 2500 [h/anno]
 η_e : Efficienza elettrica netta dell'impianto [-], come indicato nel paragrafo 2.1
 $h_{EQ,e}$: Ore di produzione elettrica equivalente nel periodo di riferimento [h/anno], si considerano 6000 h

L'efficienza di trasporto della rete di distribuzione del calore ($\eta_{rete,TH}$) è ipotizzata pari a 82% nel caso di calore derivato e 100% nel caso di uso in sito dell'energia termica.

Per la generazione elettrica è stata considerata una produzione equivalente di 6000 h/anno.

Il valore economico del calore (p_H) è valutato attraverso il metodo del costo evitato di generazione dello stesso vettore energetico utilizzando fonti alternative, qualora il calore fosse prodotto dallo stesso operatore che gestisce il cogeneratore. La fonte energetica alternativa di riferimento è il gas naturale, mentre l'impianto alternativo considerato è la caldaia a gas. Il calcolo di p_H è eseguito attraverso la seguente formula:

$$p_H = \frac{p_g + p_{extra,g}}{k_g \eta_g} [\text{€/MWh, t}]$$

Dove:

- p_H : Valutazione economica dell'unità energetica di calore [€/MWh, th]
 p_g : Prezzo di riferimento del gas naturale [€/MWh]
 $p_{extra,g}$: Extracosto di fornitura gas per utenze industriali [€/MWh]
 η_g : Rendimento convenzionale medio stagionale della caldaia, pari a 0,95 [-]
 k_g : Coefficiente di conversione tra PCI e PCS, pari a 0,9[-]

Le voci di costo sono valutate e/o aggiornate seguendo le modalità indicate di seguito:

La metodologia di aggiornamento proposta è la medesima applicata all'articolo 6 del TIVG; si utilizza quindi l'indice ICIS PSV Day-Ahead, calcolato come media aritmetica, espressa in €/MWh, delle quotazioni giornaliere *Bid* e *Offer* pubblicate. Le quotazioni giornaliere sono presenti nell'ultima pubblicazione del report ICIS "European Spot Gas Markets" antecedente il giorno di rilevamento. Le informazioni riguardanti la metodologia di calcolo sono disponibili sul portale ICIS [20] valore dell'indice di riferimento, espresso in €/MWh e riferito al potere calorifico superiore (PCS), è pubblicato sul portale web dell'Autorità [21] ed è aggiornato mensilmente.

- Gli extracosti legati a trasporto, imposte e oneri ($p_{extra,g}$) sono stati valutati sulla base di quanto riportato dalla relazione annuale ARERA "Stato dei servizi 2023" in merito ai costi sostenuti per la fornitura di gas per utenze industriali relativamente all'anno 2022 [24]. Il valore considerato per $p_{extra,g}$ risulta pari a 16,00 €/MWh. In questa voce di costo sono considerate comprese anche le accise. Per la definizione del valore delle accise versate per la fornitura di gas naturale si fa riferimento all'Articolo 26 del D. L. 26 ottobre 1995, n. 504 (T.U.A.). Per il gas naturale utilizzato per alimentare processi industriali, ovvero il caso in esame, l'imposta è quantificata in 0,012498 €/m³, valore valido per consumi inferiori a 1.200.000 m³ annui [25].
- Il rendimento standard η_g è da intendersi come valor medio stagionale; quanto indicato, ossia il 95% riferito al PCI del combustibile stesso, corrisponde alle prestazioni di una caldaia a condensazione. Questo valore non è soggetto a variabilità temporale.

Si riporta che il valore di p_H calcolato con le ipotesi qui riportate è risultato pari a 57,29 €/MWh,t valutato sulla base del costo rilevato a Maggio 2024.



5 - CONCLUSIONI

Lo studio effettuato ha portato alla compilazione di una tabella riepilogativa comprensiva di collegamenti esterni per l'aggiornamento dei costi legati alla materia prima sulla base dei dati periodici pubblicati sui siti di riferimento [6], [26].

Di seguito viene presentata la suddetta tabella.

Si consideri infine che l'efficienza energetica dell'intero processo è relativamente bassa. A seguito di ciò e degli elevati costi legati in particolare alla materia prima, i costi di generazione risultano essere molto elevati.

Data la presumibile variabilità da caso a caso dei costi di O&M, stimata in +/- 20 %, e considerando la modesta incidenza di tali costi rispetto a quelli del combustibile, si suggerisce di sommare al costo di produzione un margine prudenziale di 10 €/MWh.

A titolo esemplificativo i valori di ricavo da calore sono riportati in Tabella 2 per $h_{EQ,th}=2500$ h/anno.



Potenza P=1MW	Tipo di Combustibile	Fattore di utilizzo t/MWh	COSTI VARIABILI						Smaltimento rifiuti [€/MWh]	M ordinaria [€/MWh]	Costi variabili [€/MWh]	Ricavo da produzione di calore €/MWh,e	
			COMBUSTIBILE									rH derivato	rH utilizzo diretto
			Materia prima [€/t]	Trasporto nazionale [€/t]	Accise [€/t]	Costo sostenibilità [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/MWh]					
0.3	Olii												
	Olio grezzo di germe di Granoturco	0.32	1020.00	37.30	0.00	35.00	1092.30	354.36	1.95	29.00	385.30	26.33	32.11
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	0.32	1085.00	37.30	0.00	35.00	1157.30	375.44	1.95	29.00	406.39	26.33	32.11
	Olio grezzo di semi di Colza	0.32	1050.00	37.30	0.00	35.00	1122.30	364.09	1.95	29.00	395.04	26.33	32.11
	Olio raffinato di germe di Granoturco	0.32	1527.50	37.30	0.00	75.00	1639.80	531.98	1.95	29.00	562.92	26.33	32.11
	Olio raffinato di semi di Soia	0.32	1235.00	37.30	0.00	75.00	1347.30	437.08	1.95	29.00	468.03	26.33	32.11
	Olio raffinato di semi di Colza	0.32	1140.00	37.30	0.00	75.00	1252.30	406.26	1.95	29.00	437.21	26.33	32.11
	Olio raffinato di semi di semi vari	0.32	1255.00	37.30	0.00	75.00	1367.30	443.57	1.95	29.00	474.52	26.33	32.11
	Olio di Palma grezzo	0.32	1139.898	37.30	0.00	75.00	1252.20	406.23	1.95	29.00	437.18	26.33	32.11
	Olio di Palma	0.32	1189.898	37.30	0.00	75.00	1302.20	422.45	1.95	29.00	453.40	26.33	32.11
	Grasso animale												
	Grasso animale acidità 4-MIU1	0.36	1052.50	37.30	15.40	55.00	1105.20	402.00	2.18	29.00	433.19	26.33	32.11
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	0.36	970.00	37.30	15.40	55.00	1022.70	371.99	2.18	29.00	403.18	26.33	32.11
	Grasso animale max 10-MIU1	0.36	935.00	37.30	15.40	55.00	987.70	359.26	2.18	29.00	390.45	26.33	32.11

Potenza = 5MW	Tipo di Combustibile	Fattore di utilizzo t/MWh	COSTI VARIABILI						Smaltimento rifiuti [€/MWh]	M ordinaria [€/MWh]	Costi variabili [€/MWh]	Ricavo da produzione di calore €/MWh,e	
			COMBUSTIBILE									rH derivato	rH utilizzo diretto
			Materia prima [€/t]	Trasporto nazionale [€/t]	Accise [€/t]	Costo sostenibilità [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/MWh]					
0.35	Olii												
	Olio grezzo di germe di Granoturco	0.28	1020.00	37.30	0.00	35.00	1092.30	303.74	1.67	29.00	334.40	22.57	27.52
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	0.28	1085.00	37.30	0.00	35.00	1157.30	321.81	1.67	29.00	352.48	22.57	27.52
	Olio grezzo di semi di Colza	0.28	1050.00	37.30	0.00	35.00	1122.30	312.08	1.67	29.00	342.75	22.57	27.52
	Olio raffinato di germe di Granoturco	0.28	1527.50	37.30	0.00	75.00	1639.80	455.98	1.67	29.00	486.65	22.57	27.52
	Olio raffinato di semi di Soia	0.28	1235.00	37.30	0.00	75.00	1347.30	374.64	1.67	29.00	405.31	22.57	27.52
	Olio raffinato di semi di Colza	0.28	1140.00	37.30	0.00	75.00	1252.30	348.23	1.67	29.00	378.90	22.57	27.52
	Olio raffinato di semi di semi vari	0.28	1255.00	37.30	0.00	75.00	1367.30	380.20	1.67	29.00	410.87	22.57	27.52
	Olio di Palma grezzo	0.28	1139.898	37.30	0.00	75.00	1252.20	348.20	1.67	29.00	378.87	22.57	27.52
	Olio di Palma	0.28	1189.898	37.30	0.00	75.00	1302.20	362.10	1.67	29.00	392.77	22.57	27.52
	Grasso animale												
	Grasso animale acidità 4-MIU1	0.31	1052.50	37.30	15.40	55.00	1105.20	344.57	1.87	29.00	375.44	22.57	27.52
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	0.31	970.00	37.30	15.40	55.00	1022.70	318.85	1.87	29.00	349.72	22.57	27.52
	Grasso animale max 10-MIU1	0.31	935.00	37.30	15.40	55.00	987.70	307.94	1.87	29.00	338.81	22.57	27.52

Potenza P=8MW	Tipo di Combustibile	Fattore di utilizzo t/MWh	COSTI VARIABILI						Smaltimento rifiuti [€/MWh]	M ordinaria [€/MWh]	Costi variabili [€/MWh]	Ricavo da produzione di calore €/MWh,e	
			COMBUSTIBILE									rH derivato	rH utilizzo diretto
			Materia prima [€/t]	Trasporto nazionale [€/t]	Accise [€/t]	Costo sostenibilità [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/t]	Totale costo legato al combustibile [€/MWh]					
0.4	Olii												
	Olio grezzo di germe di Granoturco	0.24	1020.00	37.30	0.00	35.00	1092.30	265.77	1.46	29.00	296.23	19.74	24.08
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	0.24	1085.00	37.30	0.00	35.00	1157.30	281.58	1.46	29.00	312.04	19.74	24.08
	Olio grezzo di semi di Colza	0.24	1050.00	37.30	0.00	35.00	1122.30	273.07	1.46	29.00	303.53	19.74	24.08
	Olio raffinato di germe di Granoturco	0.24	1527.50	37.30	0.00	75.00	1639.80	398.98	1.46	29.00	429.44	19.74	24.08
	Olio raffinato di semi di Soia	0.24	1235.00	37.30	0.00	75.00	1347.30	327.81	1.46	29.00	358.27	19.74	24.08
	Olio raffinato di semi di Colza	0.24	1140.00	37.30	0.00	75.00	1252.30	304.70	1.46	29.00	335.16	19.74	24.08
	Olio raffinato di semi di semi vari	0.24	1255.00	37.30	0.00	75.00	1367.30	332.68	1.46	29.00	363.14	19.74	24.08
	Olio di Palma grezzo	0.24	1139.898	37.30	0.00	75.00	1252.20	304.67	1.46	29.00	335.13	19.74	24.08
	Olio di Palma	0.24	1189.898	37.30	0.00	75.00	1302.20	316.84	1.46	29.00	347.30	19.74	24.08
	Grasso animale												
	Grasso animale acidità 4-MIU1	0.27	1052.50	37.30	15.40	55.00	1105.20	301.50	1.64	29.00	332.14	19.74	24.08
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	0.27	970.00	37.30	15.40	55.00	1022.70	279.00	1.64	29.00	309.63	19.74	24.08
	Grasso animale max 10-MIU1	0.27	935.00	37.30	15.40	55.00	987.70	269.45	1.64	29.00	300.08	19.74	24.08



Potenza P=1MW	Tipo di Combustibile	COSTI FISSI		Costi fissi [€/MW/anno]	Costi fissi [€/MWh]
		Personale [€/MW anno]	M straordinaria [€/MW anno]		
0.3	Olii				
	Olio grezzo di germe di Granoturco	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio grezzo di semi di Colza	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio raffinato di germe di Granoturco	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio raffinato di semi di Soia	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio raffinato di semi di Colza	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio raffinato di semi di semi vari	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio di Palma grezzo	165000	78000	243000.00	40.50
	Olio di Palma	165000	78000	243000.00	40.50
	Grasso animale				
	Grasso animale acidità 4-MIU1	165000	78000	243000.00	40.50
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	165000	78000	243000.00	40.50
	Grasso animale max 10-MIU1	165000	78000	243000.00	40.50

13

Potenza = 5 MW	Tipo di Combustibile	COSTI FISSI		Costi fissi [€/MW/anno]	Costi fissi [€/MWh]
		Personale [€/MW anno]	M straordinaria [€/MW anno]		
0.35	Olii				
	Olio grezzo di germe di Granoturco	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio grezzo di semi di Colza	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio raffinato di germe di Granoturco	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio raffinato di semi di Soia	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio raffinato di semi di Colza	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio raffinato di semi di semi vari	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio di Palma grezzo	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Olio di Palma	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Grasso animale				
	Grasso animale acidità 4-MIU1	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	117856.0	78000	195856.00	32.64
	Grasso animale max 10-MIU1	117856.0	78000	195856.00	32.64

Potenza P>8MW	Tipo di Combustibile	COSTI FISSI		Costi fissi [€/MW/anno]	Costi fissi [€/MWh]
		Personale [€/MW anno]	M straordinaria [€/MW anno]		
0.4	Olii				
	Olio grezzo di germe di Granoturco	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio grezzo semi di Soia delectinata	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio grezzo di semi di Colza	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio raffinato di germe di Granoturco	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio raffinato di semi di Soia	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio raffinato di semi di Colza	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio raffinato di semi di semi vari	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio di Palma grezzo	82500	78000	160500.00	26.75
	Olio di Palma	82500	78000	160500.00	26.75
	Grasso animale				
	Grasso animale acidità 4-MIU1	82500	78000	160500.00	26.75
	Grasso animale max 7FFA - MIU1	82500	78000	160500.00	26.75
	Grasso animale max 10-MIU1	82500	78000	160500.00	26.75



Tipo di Combustibile	Costo totale [€/ MWh]								
	P<1MW			P=5MW			P>8 MW		
	Non cogenerativo	rH derivato	rH utilizzo diretto	rH derivato	Non cogenerativo	rH utilizzo diretto	rH derivato	Non cogenerativo	rH utilizzo diretto
Olii									
Olio grezzo di germe di Granoturco	425.80	399.48	339.53	344.48	367.05	339.53	303.23	322.98	298.90
Olio grezzo semi di Soia delectinata	446.89	420.56	357.60	362.56	385.12	357.60	319.05	338.79	314.71
Olio grezzo di semi di Colza	435.54	409.21	347.87	352.82	375.39	347.87	310.53	330.28	306.20
Olio raffinato di germe di Granoturco	603.42	577.10	491.77	496.72	519.29	491.77	436.45	456.19	432.11
Olio raffinato di semi di Soia	508.53	482.20	410.44	415.39	437.95	410.44	365.28	385.02	360.94
Olio raffinato di semi di Colza	477.71	451.38	384.02	388.97	411.54	384.02	342.16	361.91	337.83
Olio raffinato di semi di semi vari	515.02	488.69	416.00	420.95	443.52	416.00	370.14	389.89	365.81
Olio di Palma grezzo	477.68	451.35	383.99	388.94	411.51	383.99	342.14	361.88	337.80
Olio di Palma	493.90	467.57	397.89	402.85	425.41	397.89	354.30	374.05	349.97
Grasso animale									
Grasso animale acidità 4-MIU1	473.69	447.36	380.57	385.52	408.09	380.57	339.14	358.89	334.81
Grasso animale max 7FFA - MIU1	443.68	417.35	354.85	359.80	382.37	354.85	316.64	336.38	312.30
Grasso animale max 10-MIU1	430.95	404.62	343.93	348.89	371.45	343.93	307.09	326.83	302.76

Tabella 1 Tabella di riepilogo per il costo di generazione dell'energia elettrica



6 - BIBLIOGRAFIA

- [1] «Decreto del ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio,» [Online]. Available: <https://riviste.newbusinessmedia.it/wp-content/uploads/sites/5/2016/07/Grassi-animali.pdf>. [Consultato il giorno 11 04 2023].
- [2] «Comitato termotecnico italiano-Energia e ambiente,» [Online]. Available: <http://www.wpower.it/wp-content/uploads/Equivalenza-consumi-di-combustibile-impianti-di-riscaldamento-e-energia-ceduta-alle-utenze-delle-reti-di-teleriscaldamento-ESTRATTO.pdf>. [Consultato il giorno 11 04 2023].
- [3] «CTI biocombustibili liquidi,» [Online]. Available: <https://www.cti2000.it/biodiesel/index.php?contid=7&nm=2&sm=13#:~:text=Gli%20oli%20vegetali%20sono%20i,kg%20e%2034%20MJ%2Fdm3..> [Consultato il giorno 11 04 2023].
- [4] P. d. Milano, «Costi di produzione di energia elettrica,» 2013.
- [5] P. R. S. Università di Ferrara, *Impianti di produzione elettrica a confronto. Corso sui sistemi Energetici*, 2012.
- [6] «Granaria Milano,» 28 03 2023. [Online]. Available: <https://www.granariamilano.it/listino-2023-03-28/>. [Consultato il giorno 29 03 2023].
- [7] D. L. G. L. V. M. V. S. GSE a cura di Martino dal Verme, *Rapporto statistico 2021 - Energia da fonti rinnovabili in Italia*, 2023.
- [8] «CLAL,» [Online]. Available: https://www.clal.it/?section=palma_m.
- [9] ANPEB, «Misure per il contributo alla flessibilità del sistema elettrico da parte degli impianti non abilitati alimentati da bioliquidi sostenibili,» 2023.
- [10] «Iveco,» [Online]. Available: https://www.iveco.com/Italy/promozioni/Documents/Newsletter/Articolo%20Vie_Trasporti%20aprile%202015.pdf. [Consultato il giorno 11 04 2023].
- [11] «AssoTir,» [Online]. Available: <https://www.assotir.it/notizie/news-generiche/costi-di-riferimento-del-gasolio-il-mims-pubblica-quelli-per-maggio-2022/>. [Consultato il giorno 11 04 2023].
- [12] «Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti,» [Online]. Available: <https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/documentazione/2022-04/costo%20Gasolio%20Marzo%202022.pdf>. [Consultato il giorno 14 04 2021].
- [13] «Agenzia delle dogane e dei Monopoli,» 01 03 2023. [Online]. Available: <https://www.adm.gov.it/portale/documents/20182/4397520/Aliquote-ACCISE-naz-01012024.pdf/29bbbc39-bde5-e5fe-82d6-1e92f908063b?t=1704732616555>.
- [14] «Fisco e Tasse,» 16 11 2022. [Online]. Available: <https://www.fiscoetasse.com/rassegna-stampa/33223-avvisi-di-accertamento-per-accise-ecco-i-codici-tributo-per-pagare.html>. [Consultato il giorno 29 03 2023].
- [15] ANPEB, *ANPEB-Costi impianti tra 1 e 10 MVA*, 2023.
- [16] D. f. d. ARERA, *Allegato_2_CALCOLO_COSTO_MWh_OLIO_GRASSO_GASOLIO_errata_corrige_20230209*, 2023.
- [17] «Istituto Nazionale di Statistica,» 01 02 2023. [Online]. Available: <https://www.istat.it/it/archivio/30440>. [Consultato il giorno 29 03 2023].
- [18] «Costi di produzione dell'energia,» 25 10 2007. [Online]. Available: https://www.astrid-online.it/static/upload/protected/Stud/Studio-Aper_Universit--Padova_25_10_07.pdf. [Consultato il giorno 07 04 2023].
- [19] «AIRU - Associazione Italiana Riscaldamento Urbano, «Annuario 2018-2022», 2022.».
- [20] ««European Spot Gas Market (ESGM)» ICIS - Independent COMmodity Intelligence Services», European Spot Gas Market (ESGM),» ICIS - Independent Commodity Intelligence Services. Consultato: 26 febbraio 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.icis.com/compl>.
- [21] «ARERA, «Valore CMEMm - Servizio di tutela della vulnerabilità». Consultato: 26 febbraio 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.arera.it/area-operatori/prezzi-e-tariffe/valore-cmemm-vulnerabili>.
- [22] «Valore CMEMm - Servizio di tutela della vulnerabilità,» ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, [Online]. Available: <https://www.arera.it/area-operatori/prezzi-e-tariffe/valore-cmemm-vulnerabili>. [Consultato il giorno Febbraio 2024].



- [23] ««Valore CMEMm - Servizio di tutela della vulnerabilità,» ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, [Online]. Available: <https://www.arera.it/area-operatori/prezzi-e-tariffe/valore-cmemm-vulnerabili>. [Consultato il giorno Febbraio 2024]».
- [24] «ARERA, «Relazione annuale 2023 sullo stato dei servizi e sull'attività svolta». Consultato: 26 febbraio 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.arera.it/chi-siamo/relazione-annuale/relazione-annuale-2023>».
- [25] «ufficio D. E. e A. ADM - Agenzia delle Dogane e dei Monopoli, «Aliquote di imposta vigenti nel settore delle accise». 2024. Consultato: 28 febbraio 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.adm.gov.it/portale/documents/20182/43975520/Aliquote-ACCISE-naz>».
- [26] «Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica,» 27 03 2023. [Online]. Available: <https://dgsaie.mise.gov.it/prezzi-settimanali-carburanti>. [Consultato il giorno 29 03 2023].
- [27] «Chimica Online,» [Online]. Available: <https://www.chimica-online.it/download/densita-del-gasolio.htm#:~:text=Volendo%2oesprimere%20la%20densit%C3%A0%20del,L%20%C3%A8%200%2C835%20kg%2FL..> [Consultato il giorno 2023].
- [28] «Gazzetta Ufficiale,» [Online]. Available: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaArticolo?art.progressivo=0&art.idArticolo=1&art.versione=1&art.codiceRedazionale=089A2591&art.dataPubblicazioneGazzetta=1989-09-30&art.idGruppo=0&art.idSottoArticolo1=10&art.idSottoArticolo=1&art..



7 - ACRONIMI

Acronimo	Descrizione
RSE	Ricerca Sistema Energetico
ARERA	Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
O&M	Operation and maintenance
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica



8 - ELENCO ALLEGATI

Allegato	Descrizione	N. protocollo
1	Foglio di calcolo fornito all'Autorità Allegato_2_CALCULO_COSTO_MWh_OLIO_GRASSO_GASOLIO_errata_corrige_2023_0209	Allegato del protocollo 23004587
2	Lettera di incarico fornita dall'Autorità RSE-RichiestaAttivitàCostiBio-DMEA-0008498_signed.pdf	Allegato del protocollo 23004587
3	Costo di generazione dell'energia elettrica	23004587