



Misura standardizzata DL-02

Ottimizzazione di reti dell'aria compressa

Documentazione

Numero della misura

DL-02

Versione

1.0 (11.2024)



1 Introduzione

Con la legge federale su un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili, nella sessione autunnale del 2023 il Parlamento ha fissato l'obbligo per i fornitori di elettricità di adottare misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Secondo l'articolo 46b della legge sull'energia (LEne; RS 730.0), i fornitori di elettricità devono realizzare gli obiettivi mediante misure volte a migliorare l'efficienza energetica applicate ad apparecchi, impianti e veicoli elettrici esistenti presso i consumatori finali svizzeri oppure, se le misure vengono realizzate da terzi, devono fornire le relative prove. L'Ufficio federale dell'energia (UFE) definisce ogni anno un elenco di misure standardizzate e i relativi risparmi di elettricità computabili. Le misure non incluse nel catalogo delle misure standardizzate possono essere sottoposte all'UFE per approvazione come cosiddette misure non standardizzate.

Per ogni misura standardizzata, l'UFE fornisce un protocollo di risparmio con cui i fornitori di elettricità possono notificare le misure adottate. Nella documentazione accompagnatoria viene illustrata in modo chiaro la metodologia utilizzata per determinare il risparmio di elettricità computabile. Questa metodologia fornisce una stima generale del risparmio cumulativo di elettricità (energia finale) che può essere generato dall'adozione della corrispondente misura di efficienza elettrica per la durata dell'effetto. Si basa su un calcolo ex ante e utilizza ipotesi e fattori che sono stati definiti in base a norme attuali, studi di mercato, letteratura scientifica e contributi di esperti.

La documentazione si rivolge ai fornitori di elettricità, a coloro che adottano misure di risparmio energetico ed anche a chiunque altro sia interessato al risparmio di elettricità nell'ambito del miglioramento dell'efficienza energetica in base all'articolo 46b LEne.

2 Obiettivo

L'obiettivo del presente documento è quello di calcolare il risparmio di elettricità derivante dall'ottimizzazione dell'esercizio di una rete dell'aria compressa.

3 Simboli, termini e unità di misura

Lettere latine

Simbolo	Termine	Unità
E	Consumo annuo di elettricità	kWh/a
ΔE_{eco}	Risparmio di elettricità computabile	MWh
n	Numero	-
N_s	Durata standard dell'effetto	a
f	Fattore	-
\dot{E}	Potenza elettrica nominale (motore)	kW
L	Volume delle perdite	l/min
Δp	Differenza di pressione di esercizio	bar
t	Ore a pieno carico	h/a

4 Descrizione del calcolo ex ante

4.1 Risparmio di elettricità computabile

Il risparmio di elettricità computabile ΔE_{eco} della misura è determinato dalla differenza fra il consumo di elettricità attuale (stato attuale) E_{alt} e quello nuovo (stato dopo il rinnovamento) E_{neu} , moltiplicata per la durata standard dell'effetto N_s .

Per tenere conto del tasso di rinnovamento e ottimizzazione naturale di apparecchi e impianti, che porta a una riduzione del consumo energetico non dovuto a obblighi di legge, il risparmio di elettricità computabile viene ridotto mediante un fattore di riduzione f_{eco} pari a 0.75.

$$\Delta E_{eco} = 0.001 \cdot (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$



ΔE_{eco}	Risparmio di elettricità computabile in MWh
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
E_{neu}	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
f_{eco}	Fattore di riduzione
N_s	Durata standard dell'effetto in anni

4.2 Consumo annuo di elettricità

Le misure di ottimizzazione nel settore dell'aria compressa vengono distinte in base a perdite ed esercizio della rete. A loro volta questi due aspetti vengono suddivisi in analisi e approccio proattivo (perdite) nonché disinserimento della rete e riduzione della pressione (esercizio della rete).

Fabbisogno elettrico non noto	$E_{alt} = \dot{E}_m \cdot t$
-------------------------------	-------------------------------

Fabbisogno elettrico noto	$E_{alt} = \text{Valore noto dal sistema di controllo} / \text{punto di misurazione}$
---------------------------	---

\dot{E}_m	Potenza elettrica nominale motore in kW
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
t	Ore a pieno carico all'anno

4.2.1 Ottimizzazione delle perdite

Il risparmio relativo che è possibile conseguire riducendo le perdite può essere calcolato mediante un'analisi delle perdite (*analisi*) o sulla base di un approccio forfettario (*forfait*).

Approccio forfettario	$E_{neu} = E_{alt} \cdot (1 - (n \cdot f_{eco,lk}))$
-----------------------	--

Approccio analitico	$E_{neu} = E_{alt} - (L \cdot \frac{\dot{E}_{spez}}{1000} \cdot t)$
---------------------	---

E_{neu}	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
$f_{eco,lk}$	Fattore di risparmio
L	Volume delle perdite in l/min
n	Numero di perdite eliminate
t	Ore a pieno carico all'anno
\dot{E}_{spez}	Potenza elettrica specifica in kW/m ³ /min

4.2.2 Ottimizzazione della rete

Il risparmio relativo conseguito riducendo la pressione di esercizio viene calcolato sulla base della riduzione della pressione Δp e di un fattore di risparmio costante $f_{eco,dp}$.

Riduzione della pressione di esercizio	$E_{neu} = E_{alt} \cdot (1 - (\Delta p \cdot f_{eco,dp}))$
--	---

E_{neu}	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
$f_{eco,dp}$	Fattore di risparmio
Δp	Riduzione della pressione di esercizio in bar



4.2.3 Disinserimento della rete

Il risparmio relativo conseguito disinserendo periodicamente la rete dell'aria compressa (ad es. durante le pause dell'esercizio) viene calcolato sulla base della durata del disinserimento, della quota della rete disinserita e di un fattore di risparmio costante $f_{eco,ab}$.

Disinserimento
della rete

$$E_{neu} = E_{alt} \cdot n_{\%} \cdot \frac{t_n}{8760} \cdot f_{eco,ab}$$

E_{neu}	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
$f_{eco,ab}$	Fattore di risparmio
$n_{\%}$	Quota di disinserimento della rete in %
t_n	Numero delle ore di disinserimento della rete in h/a

5 Variabili di ingresso

In generale

- Potenza del motore (*numero intero*)
- Ore a pieno carico (*numero intero*)
- Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato (*numero intero*)

Ottimizzazione delle perdite

- Volume delle perdite (*numero intero*)
- Numero di perdite eliminate (*numero intero*)

Ottimizzazione della rete

- Riduzione della pressione (*numero decimale*)

Disinserimento della rete

- Quota di disinserimento della rete (*percentuale*)
- Numero delle ore di disinserimento della rete (*numero intero*)

6 Ipotesi e dati

In generale

- In presenza di più compressori le potenze vanno sommate. I compressori ridondanti non devono essere considerati.
- Se il consumo annuo di elettricità dell'impianto non è noto, si possono stimare le ore a pieno carico come da tabella 1.
- Se il consumo annuo di elettricità viene determinato mediante una misurazione separata dell'impianto ad aria compressa o un sistema di controllo sovraordinato, la rilevazione deve essere eseguita per un periodo di almeno 12 mesi.
- La vita utile standard della misura N_s è di 3 anni.
- I fattori di risparmio f_{eco} sono stati stimati considerando un'eventuale applicazione combinata delle misure, pertanto le misure sopra indicate sono cumulabili.
- Per le misure cumulative vige un limite massimo del 20 %.

Tabella 1 Stima delle ore a pieno carico del compressore

Sistema ad aria compressa esistente	Compressore singolo	Sistema con più compressori
1 turno, regime a vuoto / sotto carico	2'500 h/a	1'500 h/a



2 turni, regime a vuoto / sotto carico	5'000 h/a	3'500 h/a
3 turni, regime a vuoto / sotto carico	6'500 h/a	4'500 h/a
1 turno, CF a velocità variabile	2'000 h/a	1'500 h/a
2 turni, CF a velocità variabile	4'000 h/a	3'000 h/a
3 turni, CF a velocità variabile	6'000 h/a	5'000 h/a

Ottimizzazione delle perdite: approccio forfettario

- I potenziali punti di perdita includono collegamenti di valvole, elementi di giunzione e pistole ad aria compressa nonché guarnizioni e raccordi di tubi.
- Per ogni perdita eliminata è possibile sommare il fattore di risparmio $f_{eco,lk}$ dello 0.2 %.
- Il fattore di risparmio $f_{eco,lk}$ deve essere limitato a un massimo del 3 %.

Ottimizzazione delle perdite: analisi delle perdite

- Per questa misura singola il risparmio è limitato a un massimo del 20 %.
- Il rilevatore delle perdite deve indicare il volume delle perdite in l/min oppure il volume delle perdite indicato può essere convertito in l/min.
- Per calcolare il risparmio annuo in base al volume delle perdite, occorre fare riferimento alla potenza dell'impianto. A scopo di semplificazione, è possibile usare la potenza specifica \dot{E}_{spez} nella tabella 2 facendo riferimento alla pressione. I valori si applicano a un intervallo di pressione di 4 – 15 bar e a un intervallo di potenza dei compressori di 5 – 160 kW.

Tabella 2 Stima della potenza specifica sulla base della pressione di esercizio

Pressione di esercizio [bar]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\dot{E}_{spez}	5.12	5.56	5.81	6.13	6.48	6.94	7.32	7.73	8.18	8.88	9.56	10.1

Ottimizzazione della rete

- Una riduzione di 1 bar della pressione di esercizio permette di conseguire risparmi nell'ordine del 6 % [1,2], pertanto il fattore di risparmio $f_{eco.dp}$ ammonta al 6 %.
- Per questa misura singola il risparmio è limitato a un massimo del 20 %.

Disinserimento della rete

- Le perdite in tutta la rete dell'aria compressa ammontano mediamente al 15 % circa [1,2], pertanto il fattore di risparmio di questa misura $f_{eco.ab}$ è del 15 %.
- La rete può essere disinserita manualmente o automaticamente con un timer e il disinserimento può riguardare l'intera rete o parte di essa. Anche l'indicazione temporale deve essere espressa in ore all'anno.

7 Risultati

Sulla base delle ipotesi e dei dati presentati, il risparmio di elettricità computabile per le misure di ottimizzazione dell'esercizio viene calcolato come segue.

Misura	Fattore di risparmio f_{eco}
	[%]
Ottimizzazione delle perdite: <i>approccio forfettario</i>	0.2 % per perdita, max. 3 %
Ottimizzazione delle perdite: <i>analisi delle perdite</i>	Secondo l'analisi, max. 20 %



Riduzione della pressione di esercizio	6 % per bar, max. 20 %
Disinserimento della rete	15 %

8 Esempio

Scenario A: a seguito di un'analisi delle perdite di una rete dell'aria compressa di 8 bar, vengono rilevate ed eliminate perdite per un volume di 250 l/min. La potenza elettrica specifica è di 6.48 kW/m³/min (tab. 2). Le ore a pieno carico ammontano a 6'000 h (tab. 1).

Misura	Consumo annuo di elettricità (alt)	Risparmio risultante dal rapporto sulle perdite	Risparmio di elettricità computabile
	[kWh/a]	[kWh/a]	[MWh]
Ottimizzazione delle perdite <i>Analisi</i>	150'000	9'720	21.9

Scenario B: vengono eliminate 25 potenziali perdite durante l'esercizio. Le perdite ammonterebbero dunque al 5 %, ma viene computata una soglia massima del 3 %.

Misura	Consumo annuo di elettricità (alt)	Fattore di risparmio	Risparmio di elettricità computabile
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Ottimizzazione delle perdite <i>Approccio forfettario</i>	150'000	3	10.1

Scenario C: la pressione di esercizio di una rete dell'aria compressa viene ridotta di 2 bar.

Misura	Consumo annuo di elettricità (alt)	Fattore di risparmio	Risparmio di elettricità computabile
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Riduzione della pressione di esercizio	300'000	12	81

Scenario D: a seguito dell'installazione di un timer, il compressore ad aria viene disinserito nel fine settimana e durante la notte, disinserendo la rete al 100% per 3500 h/a.

Misura	Consumo annuo di elettricità (alt)	Fattore di risparmio	Risparmio di elettricità computabile
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Disinserimento della rete	300'000	15	40.5

9 Fonti

- [1] R. Gloor, *Druckluft*: Ratgeber für Anwender und Energieberater zur Effizienzsteigerung in Druckluftsystemen, Independently published, 2021.
- [2] SvizzeraEnergia, *Leitfaden Druckluft-Optimierung*, Ufficio federale dell'energia UFE, Berna, 2015.