

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

***Relazione per la prova finale
«Studio su un innovativo sistema
criogenico di purificazione del biogas di
alimentazione di una SOFC»***

Tutor universitario: Prof. Mirto Mozzon

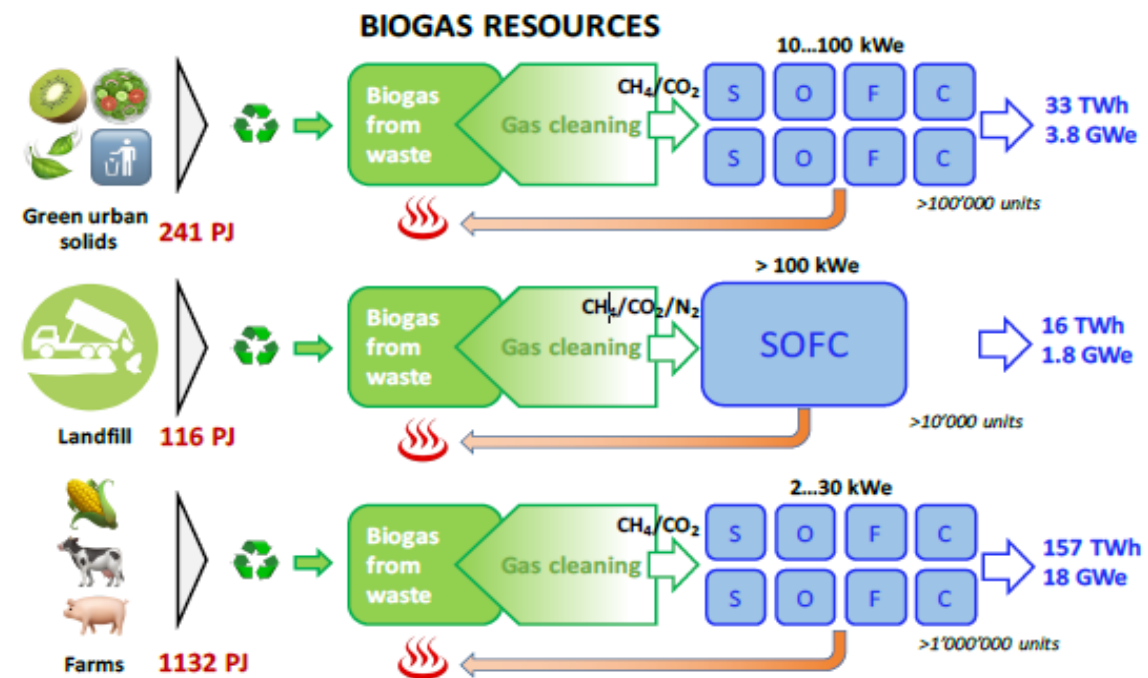
Laureando: *Lorenzo Luigi Scarsella*

Padova, 15/07/2022

W2W

Waste2Watts

Il progetto è nato per creare energia dagli scarti. Il biogas prodotto viene sfruttato in una cella a combustibile per generare energia elettrica e calore. Bio-komp si è occupata della parte di purificazione del biogas.



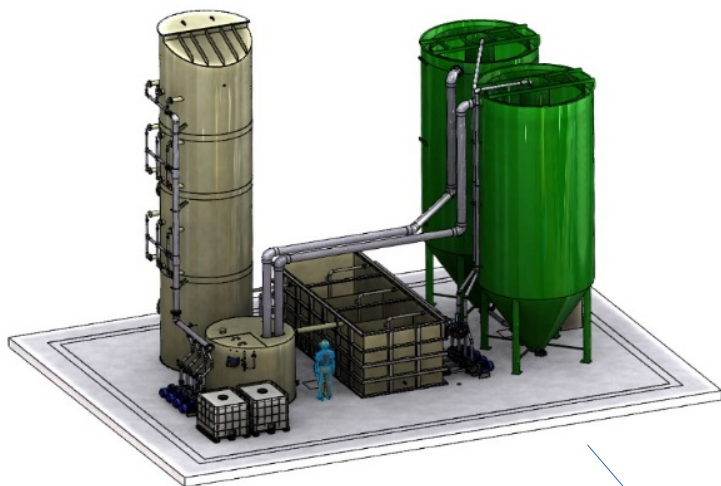
parameter	unit	result	100 % CH4
Main components			
Methane	vol.- %	62,4	-
Carbon dioxide	vol.- %	32,5	-
Oxygen	vol.- %	0,9	-
Nitrogen	vol.- %	4,1	-
Inorganic trace gases			
Ammonia	mg/m ³ _N	0,3	0,5
Hydrogen sulphide	mg/m ³ _N	1470	2356
Silicon compounds			
Sum silicon compounds (calc.)	mg/m ³ _N	0,4	0,6

Inquinante da rimuovere

H ₂ S S organico (COS, CS ₂ , mercaptani)	Silossani (D4, D5, ...)	Alogeni	Altri VOC (idrocarburi lineari e aromatici)	Ammoniaca e ammine
1 ppm	0.01 ppm	20 ppm	1000s ppm	Non c'è alcun limite

**Limite accettabile da
SOFC/reformer**

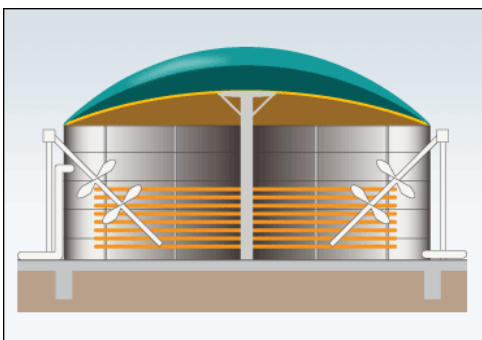
Desolforatore chimico



Soffiante

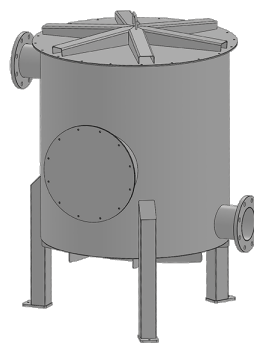


Filtro a carboni attivi

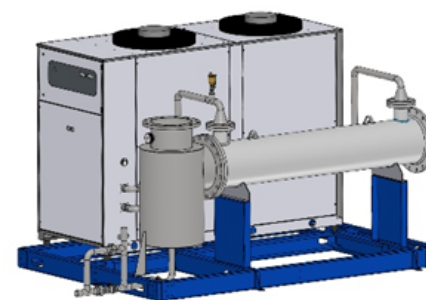


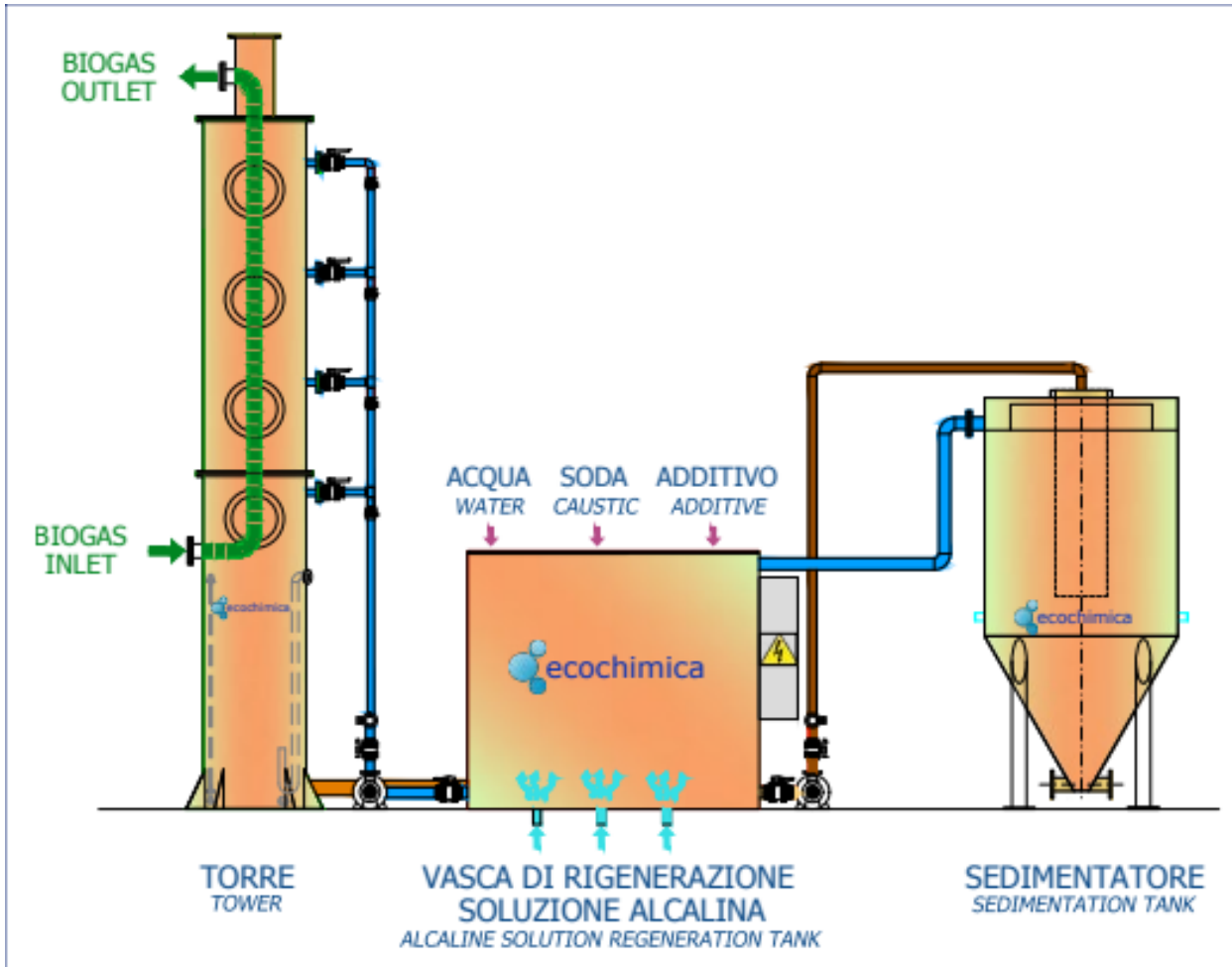
Digestione anaerobica

Filtro a ghiaia



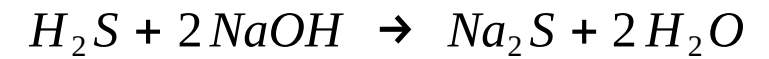
Deumidificatore





Il desolforatore chimico porta il contenuto di H₂S da 1150 ppm a 200 ppm. È composto da:

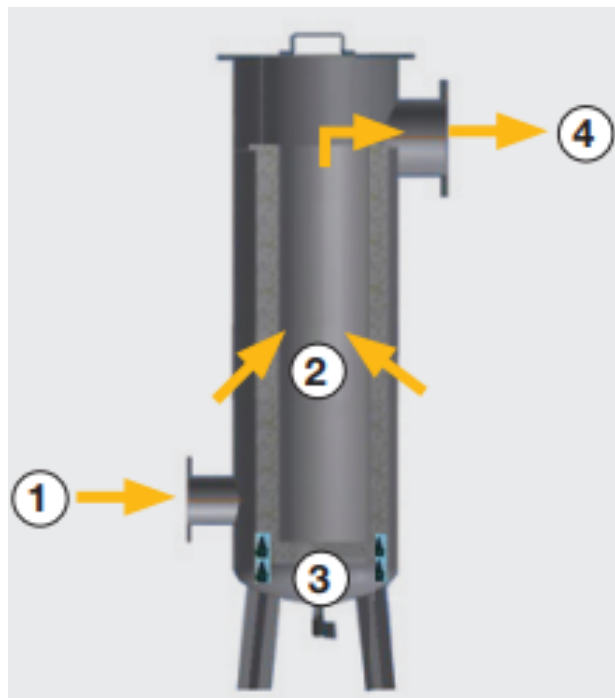
1) Torre di controlavaggio: il biogas incontra una soluzione alcalina a base di soda



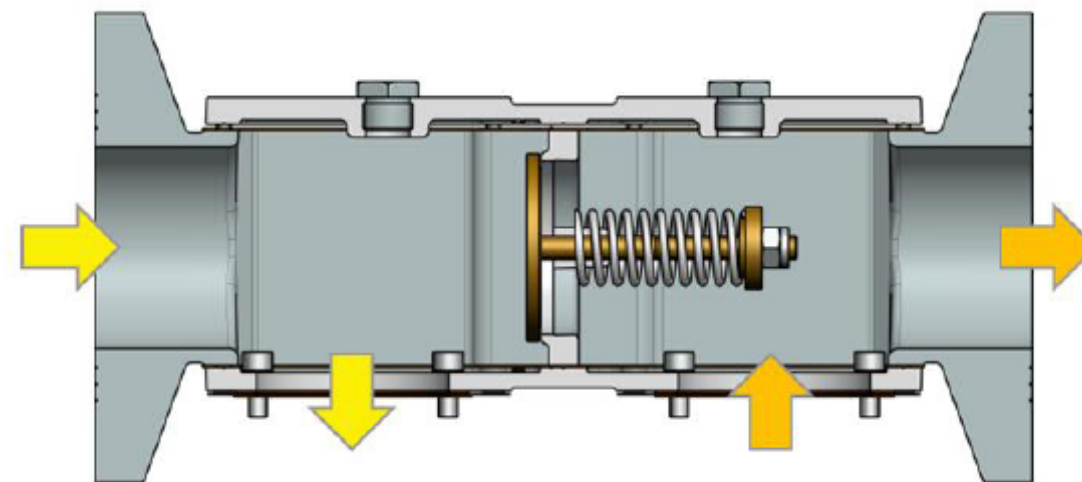
2) Vasca di recupero: mediante insufflazione d'aria e reintegro di acqua, soda e additivo viene rigenerata la soluzione alcalina

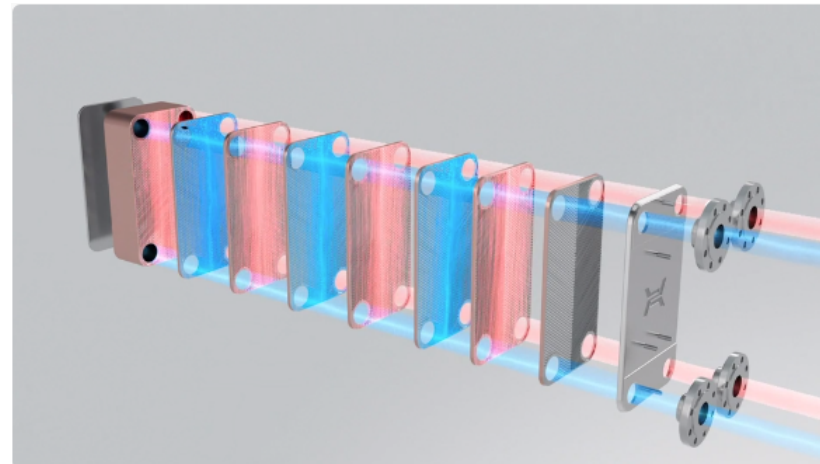
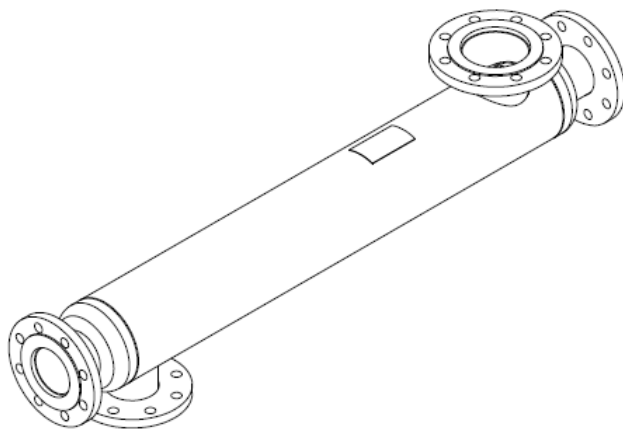
3) Sedimentatore: zolfo elementare e solfati si depositano sul fondo conico del serbatoio

Il filtro a ghiaia rimuove le particelle solide più grosse e buona parte dell'umidità.
Si tratta di un filtraggio puramente meccanico.



La soffiante porta il biogas ad una pressione di 150 mbar(g) per vincere le perdite di carico successive.
Il bypass compatto è un sistema efficace per garantire una portata variabile.





La sezione di deumidificazione è costituita da:

- a) una macchina refrigerante per il glicole etilenico al 20%
- b) uno scambiatore di calore a fascio tubiero o a piastre in cui il biogas è portato ad una temperatura di 5°C
- c) un sistema per la separazione della condensa

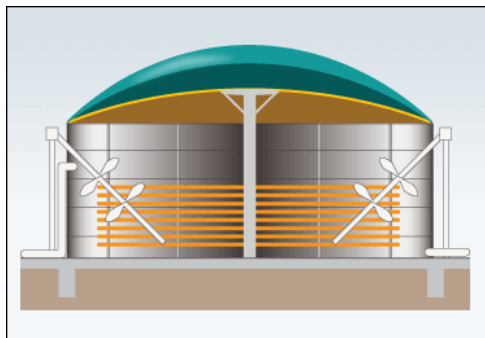
Il consumo complessivo è di 20 kW.

I carboni attivi servono per la rimozione completa dell' H_2S e dei silossani. Sono materiali con un'elevatissima superficie interna.

Il Desorex G50 è un carbone impregnato di soda caustica, che reagisce con l'acido solfidrico (chemiadsorbimento). Invece il Desorex K47 adsorbe fisicamente i silossani.



Digestione anaerobica



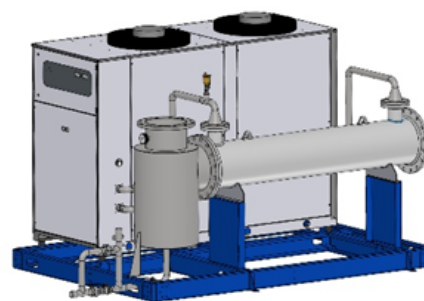
Scambiatore ad aria



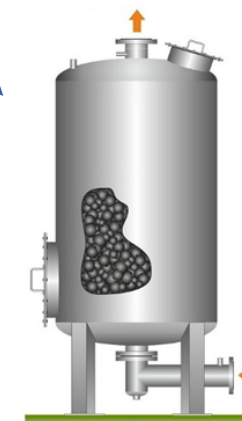
Scambiatori criogenici



Compressore a vite



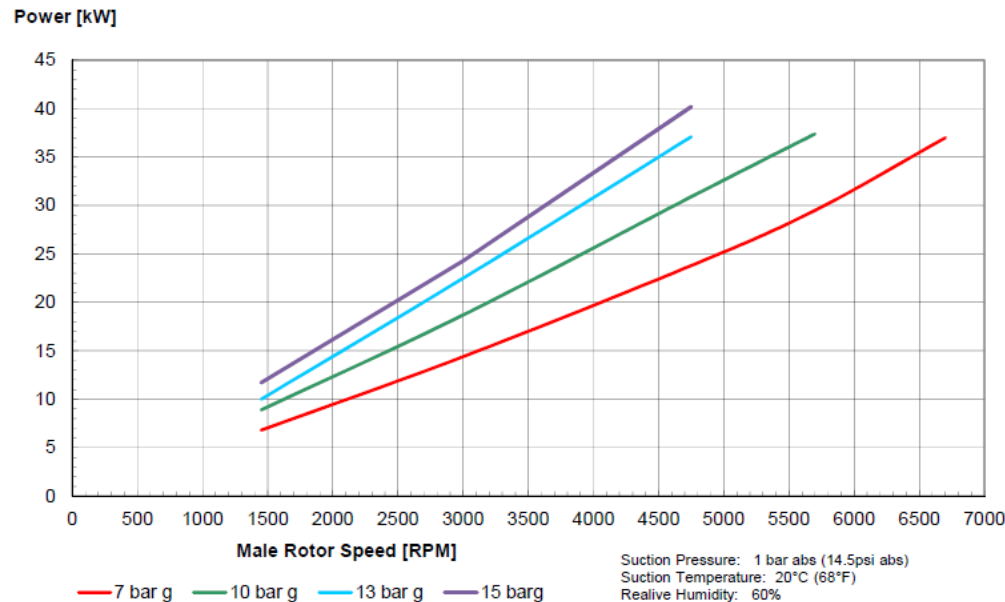
Deumidificatore

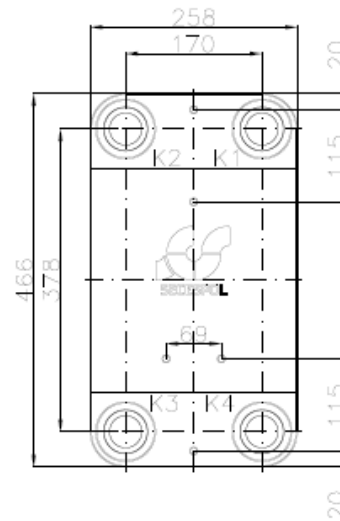
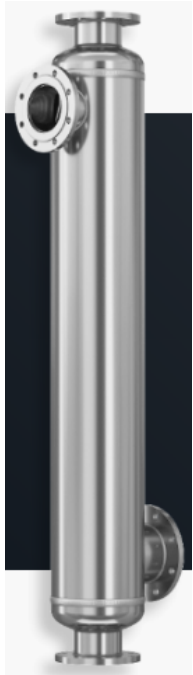


Filtro a carboni attivi

Il compressore a vite porta il biogas ad una pressione tra i 3 e i 6 bar(g).
L'aumento di pressione comporta un aumento della temperatura fino a circa 90°C.
La potenza assorbita è pari a 13.5 kW.

Lo scambiatore di calore ad aria riporta il biogas a 50°C riscaldando l'aria dell'ambiente esterno.
Per asportare l'aria si ricorre ad un ventilatore con un consumo di 1.1 kW.





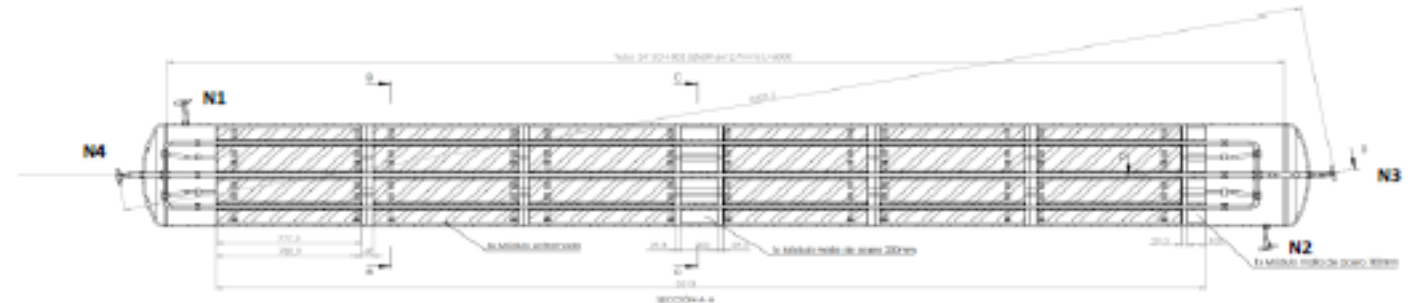
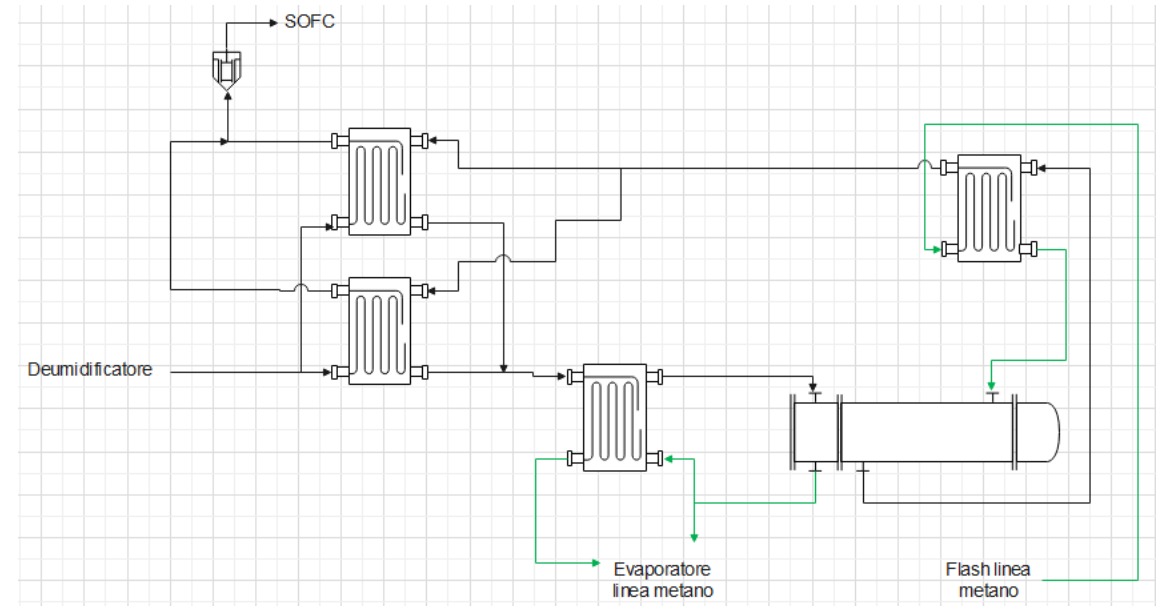
La sezione di deumidificazione, come nella soluzione standard, è costituita da una macchina frigorifera per l'acqua glicolata, uno scambiatore di calore e un separatore di condensa.

In questo caso il consumo di elettricità e l'ingombro spaziale sono minori.

La potenza assorbita è pari a 1.94 kW.

Il biogas entra in una serie di scambiatori, dove viene raffreddato sempre più fino a raggiungere una temperatura di $-100/-110^{\circ}\text{C}$. A tale temperatura l' H_2S , i silossani e una parte della CO_2 solidificano e si accumulano nel “desublimatore”.

Il fluido refrigerante è metano liquido ottenuto mediante un ciclo Linde.





In questo caso l'adsorbimento mediante carboni attivi ha solo scopi precauzionali.
Viene utilizzato un serbatoio contenente 50 Kg di Desorex G50.

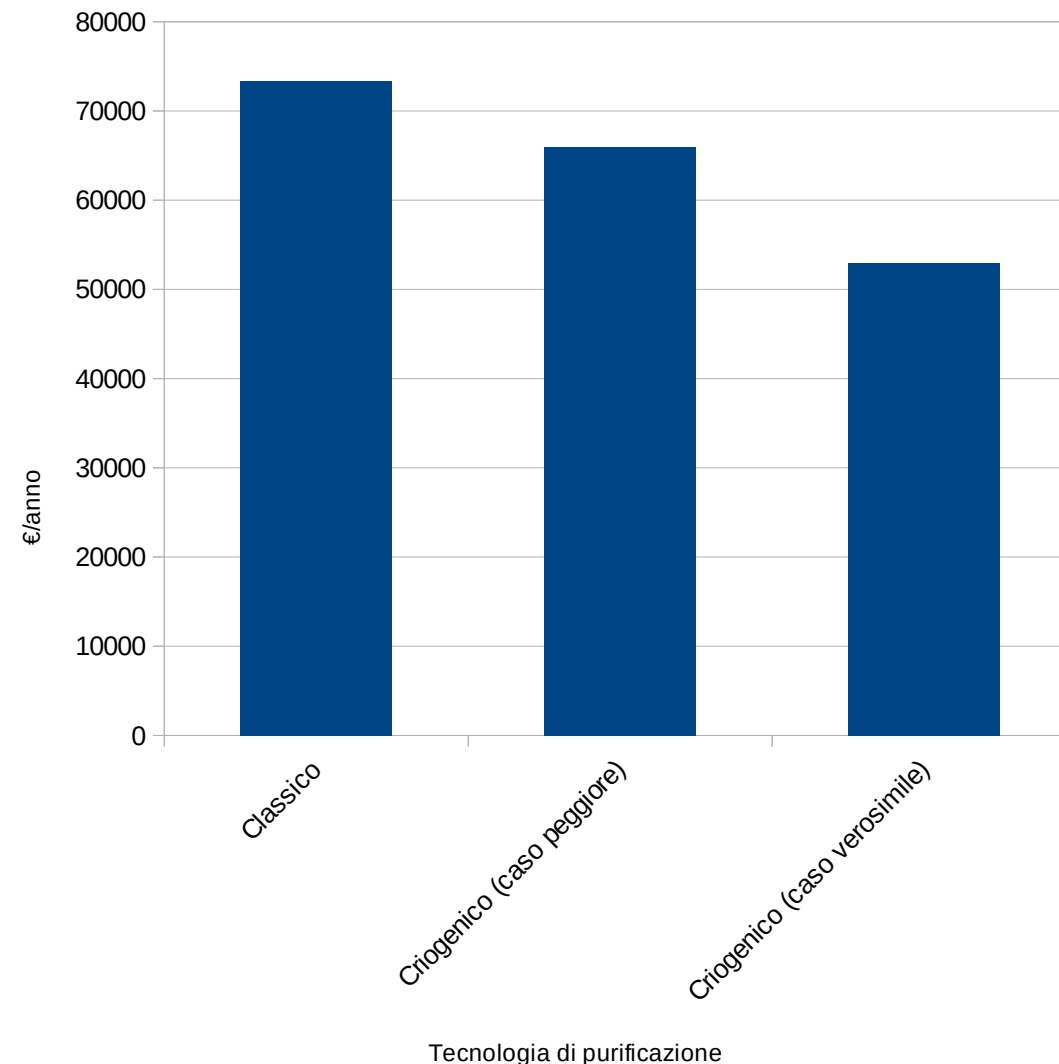
L'impianto classico di purificazione assorbe 39 kW, equivalenti a 63647.5 €/anno, e ha dei costi per reagenti e carboni attivi pari a 9729.8 €/anno.

Invece il sistema criogenico richiede 40.44 kW, per una spesa pari a 65997.6 €/anno, e 222.5 €/anno di carboni attivi.

Ridimensionando le prestazioni del compressore a vite e quelle del compressore a pistoni nella linea del metano si giunge ad una potenza assorbita di 32.44 kW, eguale ad un esborso di 52941.7 €/anno.

La nuova tecnologia porta anche indiscussi vantaggi ambientali.

Confronto tra i costi di gestione



Inquinante rimuovere	da Biogas agricole	da aziende	Biogas da FORSU	Biogas da discarica	Limite accettabile da SOFC/reformer
H ₂ S S organico (COS, CS ₂ , mercaptani)	H ₂ S: 1000s ppm S organico: parecchi ppm		H ₂ S: 100s ppm S organico: parecchi ppm	H ₂ S: 100s ppm	1 ppm
Silossani D4, D5,	Non rilevati		Fino a 0.1 ppm	0.4 – 23 ppm Si	0.01 ppm
Alogeni	0.2 – 1.4 ppm HCl 0.1 ppm halocarbons		0.2 – 1.6 ppm HCl 1 ppm halocarbons	11 – 20 ppm HCl 6 – 14 ppm halocarbons	20 ppm
Altri VOC (idrocarburi lineari e aromatici)	1 – 3 ppm		1 – 50 ppm	100s ppm	1000s ppm

Condizione migliore

Grazie per l'attenzione