



## Ricerca di Sistema elettrico

Dalla diagnosi alla caratterizzazione energetica  
di processi industriali: metodi per la valutazione e la  
promozione degli interventi di riqualificazione energetica

M. Salvio, D. Santino, A. Calabrese, C. Lavinia, A. Federici, S. Ferrari

DALLA DIAGNOSI ALLA CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DI PROCESSI INDUSTRIALI: METODI PER LA VALUTAZIONE E LA PROMOZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

M. Salvio, D. Santino, A. Calabrese, C. Lavinia, A. Federici, S. Ferrari (ENEA)

Dicembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Processi e macchinari industriali

Obiettivo: Metodologia per la caratterizzazione di processi industriali energivori: benchmark e valutazione dei potenziali di risparmio energetico

Responsabile del Progetto: Ing. Ilaria Bertini, ENEA

## Indice

Executive Summary.....	3
1. Descrizione dell'attività .....	6
2. Nota metodologica .....	6
3. Analisi degli indici di performance .....	8
3.1. <i>Produzione gas tecnici da liquefazione aria</i> .....	8
3.1.1. <i>Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato Liquido</i> .....	8
3.1.2. <i>Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato prevalentemente gassoso</i> .....	10
3.1.3. <i>Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato gassoso e liquido</i> .....	12
3.2. <i>Produzione di "altri gas tecnici"</i> .....	14
3.2.1. <i>Produzione anidride carbonica geologica</i> .....	14
3.2.2. <i>Produzione di solo Idrogeno</i> .....	14
3.2.3. <i>Produzione aria compressa</i> .....	15
3.3. <i>Esclusi dal campione</i> .....	16
Conclusioni.....	17



## Executive Summary

Il presente documento analizza i consumi energetici del settore che si occupa della “*Fabbricazione dei gas industriali*” (codice ATECO 20.11). I dati dello studio sono stati estrapolati dalle diagnosi energetiche inviate ad ENEA per ottemperare all’obbligo imposto dal D.Lgs. 102/2014. Attraverso l’analisi di questi dati si è andato ad individuare una serie di Indici specifici di prestazione energetica.

Il campione di diagnosi a disposizione comprende 27 siti industriali.

Da un punto di vista energetico le sotto-attività che rispondono al codice ATECO 20.11 risultano essere varie e di difficile raggruppamento sotto un unico indice di prestazione energetico. Infatti, sotto la produzione di gas tecnici vi sono differenti processi fortemente energivori che non sono comuni a tutti gli stabilimenti. Una prima grande differenziazione nei processi è legata a come il gas viene commercializzato: se allo stato gassoso o allo stato liquido. Vi sono infatti aziende che producono e commercializzano gas tecnici come azoto, ossigeno e argon in forma completamente gassosa, altre in forma completamente liquida e la maggior parte hanno come output del processo un mix delle due soluzioni. Esiste poi un piccolo campione di aziende che produce e commercializza prevalentemente altri gas, quali: idrogeno, anidride carbonica o aria compressa, con processi ovviamente molto differenti.

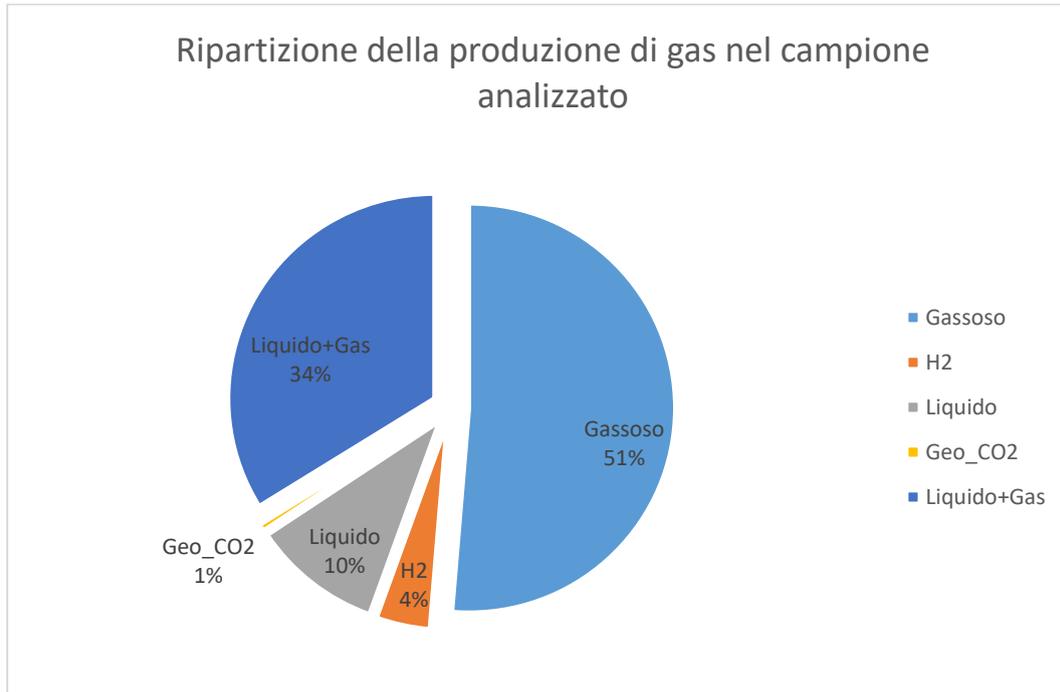
Per rispondere a questa problematica si è suddiviso il campione dati per macro aree produttive:

- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato Liquido (percentuali > 70%);
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato gassoso (percentuali > 70%);
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici sia allo stato liquido che gassoso (Ossigeno, Azoto, Argon) con percentuali comprese tra il 30 ed il 70% di uno dei due stati (liquido o gassoso);
- Produzione di sola anidride carbonica;
- Produzione di solo idrogeno;
- Produzione di Aria compressa;

La suddivisione ha permesso di ottenere ottimi coefficienti di correlazione tra i dati a nostra disposizione; per contro però, essendo il campione preso in esame non molto ampio, l’ulteriore frammentazione ha inciso sull’affidabilità dell’analisi svolta, soprattutto nella determinazione degli indici di prestazione energetica legati alla produzione di Idrogeno, GeoCo2 e di Aria compressa dove il campione dati è limitatissimo, malgrado risulti evidente la scarsa validità scientifica dei dati ricavati per queste tre famiglie se ne riportano i risultati a titolo puramente indicativo.

Va fatta un’ulteriore precisazione, la peculiarità del settore e dei processi produttivi vede una preponderanza dei consumi elettrici che coprono, a meno del 5%, l’intero consumo degli stabilimenti. In alcuni stabilimenti malgrado l’analisi dei dati abbia evidenziato elevatissimi consumi di gas metano, si è poi riscontrato che questo non veniva utilizzato come vettore energetico, ma come materia prima per il processo di reforming per la produzione di idrogeno.

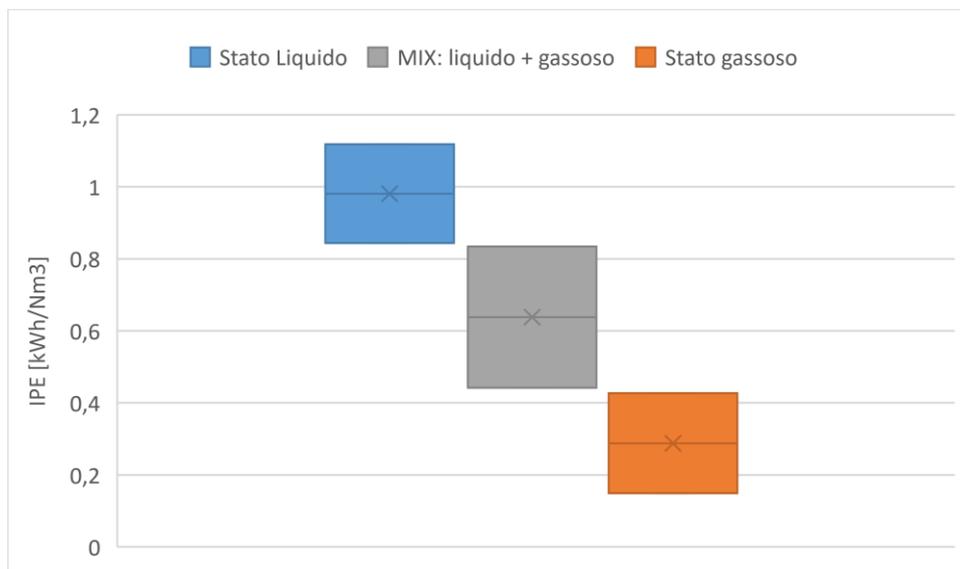
Nella figura che segue si riporta l'incidenza delle macro aree produttive analizzate. Risulta evidente come la produzione di Ossigeno, Azoto e Argon (prodotti della liquefazione dell'aria) giocano, all'interno del campione analizzato, il ruolo principale nella produzione dei gas tecnici coprendo circa il 95% della produzione.



Fatte queste premesse si riportano nella seguente tabella i risultati conseguiti dall'analisi dei consumi energetici elettrici ed in particolare vengono elencati degli indici di prestazione energetica (IPE\_medio) corredati della relativa deviazione standard di ciascuna macro area produttiva. Si riporta anche il numero dei campioni utilizzati per la determinazione di detti coefficienti.

	<b>IPE Medio reale</b>	<b>Deviazione standard</b>	<b>Valore minimo</b>	<b>Valore Massimo</b>	<b>Campione dati analizzati</b>
<b>Stato Liquido</b>	0.981	0.137	0.845	1.118	5
<b>Stato gassoso</b>	0.427	0.149	0.277	0.576	7
<b>MIX: liquido + gas</b>	0.638	0.196	0.442	0.834	11
<b>Geo CO2</b>	0.449	0.047	0.402	0.497	2
<b>H2</b>	0.061	0.024	0.085	0.037	3
<b>Aria compressa</b>	0.131	0.026	0.157	0.105	1

Osservando i valori degli indici di prestazione energetica, ricavati per la produzione dei gas tecnici da liquefazione dell'aria (Ossigeno, Azoto ed Argon) si nota chiaramente la relazione con stato fisico prevalente di come questi gas sono commercializzati.



Il grafico evidenzia come il la commercializzazione di gas allo stato liquido sia notevolmente più energivora (fino a 3 volte) rispetto alla commercializzazione del gas tecnico allo stato gassoso. Ovviamente, nel caso di commercializzazione dei gas in entrambi gli stati fisici l'IPE di riferimento risulta essere una media pesata dei due casi estremi.

## 1. Descrizione dell'attività

Il presente documento analizza i dati estrapolati dalle diagnosi energetiche inviate ad ENEA per ottemperare all'obbligo imposto dal D.Lgs. 102/2014. In particolare, il presente lavoro vuole dare una rappresentazione dei consumi energetici delle aziende che ricadono sotto il codice *ATECO 20.11*, che cioè si occupano di *fabbricazione di gas industriali*.

Le aziende che hanno inviato le diagnosi e che sono state prese in considerazione per la seguente analisi, in quanto presentano dati omogenei e trattabili ai fini del presente studio, sono le seguenti:

ID Azienda	Nome Azienda	ID Sito	Sito produttivo
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>464</b>	Stabilimento di Salerno
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>473</b>	Stabilimento di Ravenna
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>481</b>	Stabilimento di Piombino
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>486</b>	Stabilimento di Novara
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>490</b>	Stabilimento di San Martino Buon Albergo
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l.	<b>494</b>	Stabilimento di Mantova
<b>418</b>	SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO S.r.l.	<b>501</b>	Caponago
<b>418</b>	SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO S.r.l.	<b>7140</b>	ORTE
<b>418</b>	SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO S.r.l.	<b>7455</b>	PORTO MARGHERA
<b>1797</b>	Nuova Oter S.r.l.	<b>2869</b>	Nuova Oter S.r.l.
<b>2640</b>	Linde Gas Italia s.r.l.	<b>4368</b>	Terni
<b>2640</b>	Linde Gas Italia s.r.l.	<b>4376</b>	Trieste
<b>2640</b>	Linde Gas Italia s.r.l.	<b>4385</b>	Sala Bolognese
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>6041</b>	LI-Castelnuovo-ASU
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7087</b>	LI-Limito
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7101</b>	LI-Ferrera
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7116</b>	LI-Padova
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7154</b>	LI-Priolo-ASU
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7176</b>	LI-Priolo-SMR-IA
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7225</b>	LI-Sarroch
<b>4506</b>	Rivoira Operations S.r.l.	<b>8278</b>	Ravenna
<b>4510</b>	Rivoira Gas S.r.l.	<b>8359</b>	San Salvo
<b>4515</b>	Rivoira Geogas S.r.l.	<b>8442</b>	Castelnuovo
<b>4515</b>	Rivoira Geogas S.r.l.	<b>8497</b>	Rapolano
<b>5452</b>	CHEMGAS S.r.l.	<b>10194</b>	Chemgas S.r.l.
<b>5854</b>	Air Products Italia srl	<b>11191</b>	Stabilimento
<b>7823</b>	Industria Gas Tecnici (IGAT) S.p.a.	<b>15158</b>	Sito 1 - Industria Gas Tecnici (IGAT) S.p.a.

## 2. Nota metodologica

Da un punto di vista energetico le attività che rispondono al codice ATECO 20.11 risultano essere abbastanza varie e di difficile raggruppamento sotto un unico indice di performance energetico.

Infatti sotto la produzione di gas tecnici vi sono differenti processi fortemente energivori che non sono comuni a tutti gli stabilimenti.

Vi sono infatti aziende che producono e commercializzano, principalmente, gas tecnici derivanti dalla liquefazione dell'aria come: Azoto, Ossigeno e Argon. All'interno di questa famiglia vi è un'ulteriore suddivisione legata allo stato fisico con cui questi gas vengono commercializzati, che può essere: in forma completamente gassosa, in forma completamente liquida o, come nella maggior parte delle situazioni analizzate, in entrambi gli stati fisici.

Vi è poi chi produce e commercializza principalmente o esclusivamente idrogeno o anidride carbonica o, in caso, aria compressa. Questi sono processi, come facilmente comprensibile, risultano essere completamente differenti da quelli utilizzati per la liquefazione dell'aria.

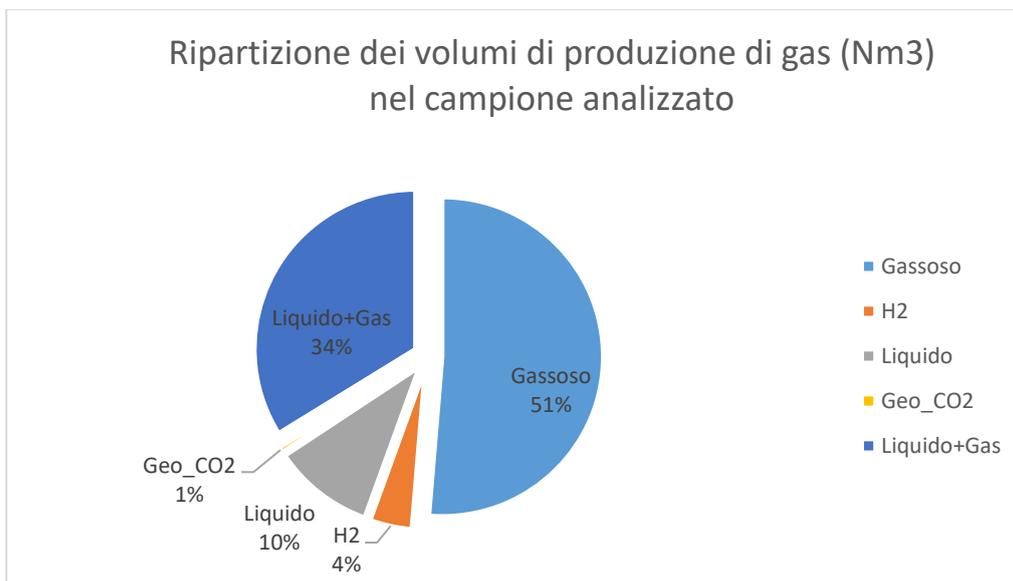
Ovviamente vi sono aziende che hanno produzioni combinate che coprono la produzione di questi tutti questi gas. Questa premessa è d'obbligo per evidenziare le complessità che si sono dovute affrontare nel presente studio.

Per semplificare il problema e trovare una soluzione ai problemi sopra indicati si è provato a suddividere le aziende per macro famiglie di produzione prevalente:

- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato Liquido (percentuali > 70%)
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato gassoso (percentuali > 70%)
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici sia allo stato liquido che gassoso (Ossigeno, Azoto, Argon) con percentuali comprese tra il 30 ed il 70% di uno dei due stati (liquido o gassoso)
- Produzione di sola anidride carbonica
- Produzione di solo idrogeno
- Produzione di Aria compressa

Alcune considerazioni necessarie, essendo il campione preso in esame non molto ampio, l'ulteriore frammentazione ha inciso sull'affidabilità dell'analisi svolta, soprattutto nella determinazione degli indici di prestazione energetica legati alla produzione di Idrogeno, GeoCo2 e di Aria compressa.

La situazione rappresentata risulta ancora più evidente se si va ad analizzare come si ripartiscono i volumi di produzioni individuate all'interno delle macro-aree individuate. Infatti, come viene evidenziato dal grafico sotto riportato: praticamente il 95% della produzione analizzata riguarda il processo di liquefazione dell'aria e la commercializzazione dei prodotti (Azoto, Ossigeno ed Argon) nei diversi stati fisici (nella forma liquida o gassosa).



### 3. Analisi degli indici di performance

Nel presente paragrafo viene riportato un dettaglio dell'analisi dei dati con la relativa definizione degli indici di prestazione energetica per le macro-famiglie individuate:

- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato Liquido (percentuali > 70%)
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato gassoso (percentuali > 70%)
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici sia allo stato liquido che gassoso (Ossigeno, Azoto, Argon) con percentuali comprese tra il 30 ed il 70% di uno dei due stati (liquido o gassoso)
- Produzione di sola anidride carbonica
- Produzione di solo idrogeno
- Produzione di Aria compressa

In particolare si suddividerà il paragrafo tra i gas tecnici provenienti dalla liquefazione dell'aria, per la produzione di Ossigeno, Azoto ed Argone e la produzione di "altri gas tecnici"

#### 3.1. Produzione gas tecnici da liquefazione aria

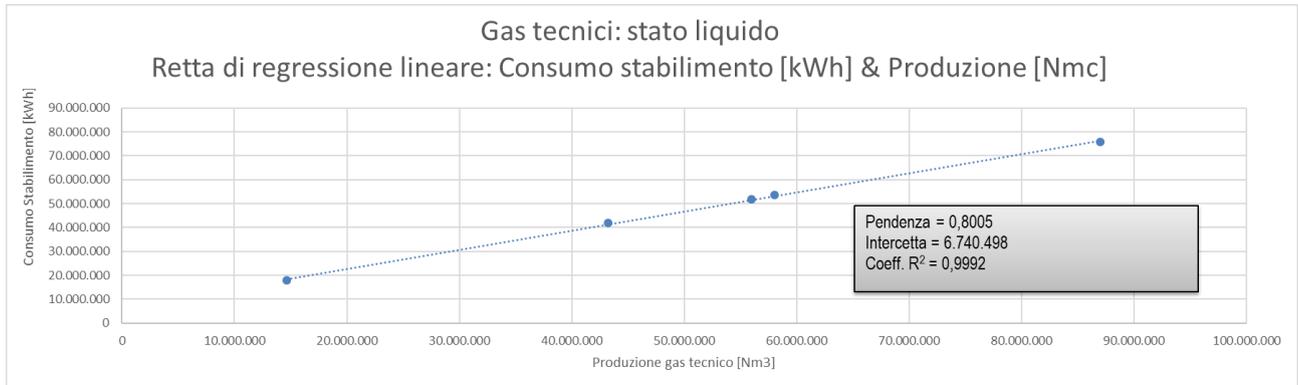
##### 3.1.1. Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato Liquido

L'analisi dei dati ha riguardato gli stabilimenti che commercializzano prevalentemente (percentuali > 70%) gas tecnici provenienti dalla liquefazione dell'aria allo stato liquido. Il processo di produzione di Argon Ossigeno e Azoto si basa sul processo di frazionamento di aria tramite torre di distillazione e rettifica. Il gas estratto dal processo viene successivamente liquefatto.

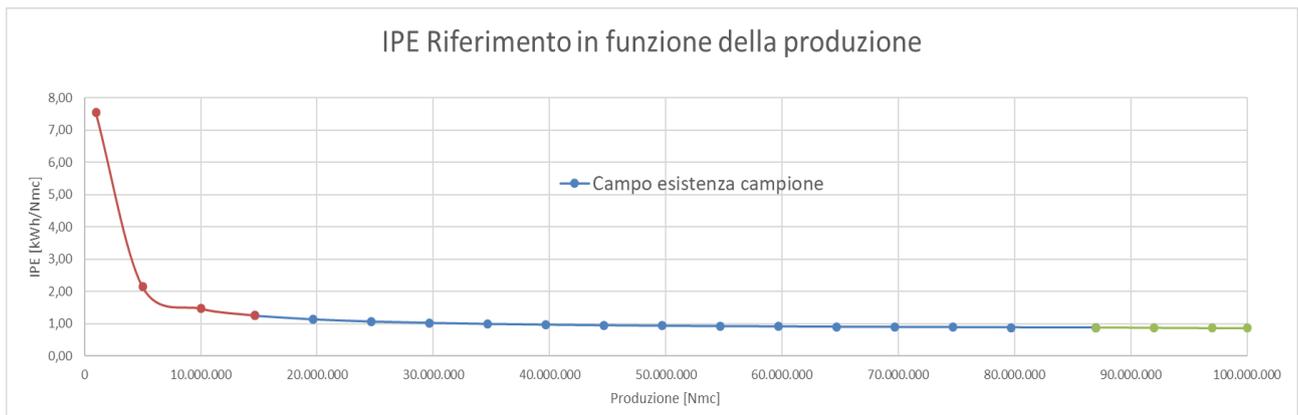
Il campione dati che rispondono a queste caratteristiche riguarda cinque stabilimenti.

Dalle diagnosi sono stati estratti i dati di produzione e di consumo energetico associato alla produzione del gas tecnico allo stato liquido e quindi riportati in un grafico a dispersione. Si è quindi proceduto a verificare la correlazione tra i dati individuati.

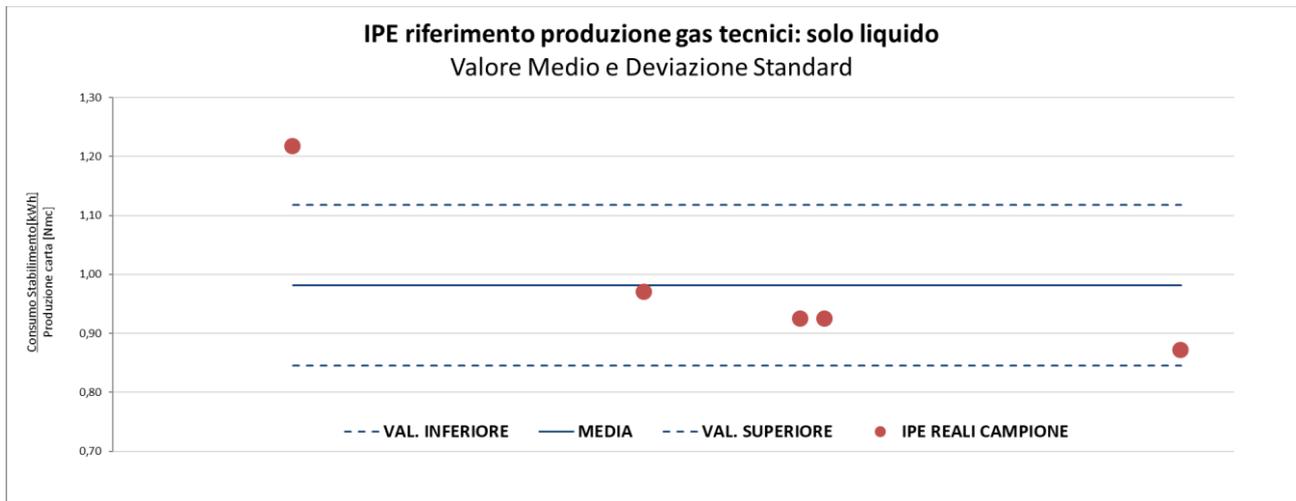
Nel grafico seguente si osserva come vi sia una fortissima correlazione tra i malgrado il campo di esistenza copra una produzione molto ampia.



Andando quindi a verificare la distribuzione dei valori di IPE = Consumo/produzione risulta evidente come questa distribuzione nel campo di esistenza del campione dati a nostra disposizione sia sufficientemente costante.



Si può quindi procedere a calcolare il valore di IPE come media degli IPE reali. Nel seguente grafico è riportata una rappresentazione.



Sulla base di quanto detto i possono determinare il seguente indice di prestazione energetica per la produzione di gas tecnici da liquefazione dell'aria, commercializzati allo stato liquido

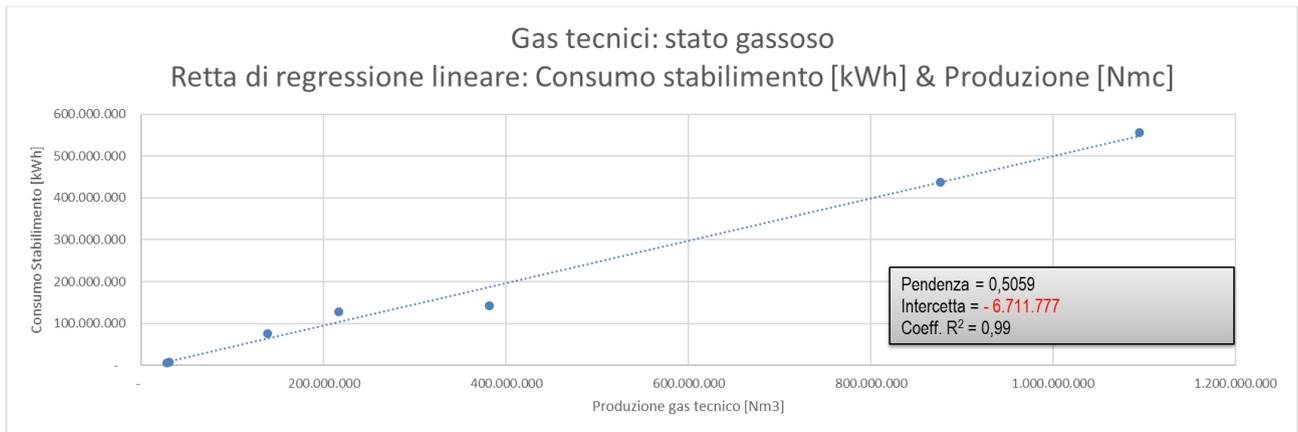
	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm3]	Valore Massimo [kWh/Nm3]
<b>Stato Liquido</b>	<b>0.981</b>	<b>0.137</b>	<b>0.845</b>	<b>1.118</b>

La deviazione standard è di circa il 14% del valore dell'IPE medio reale. Un dato molto buono anche alla luce del non elevato numero di dati a nostra disposizione.

### *3.1.2. Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato prevalentemente gassoso*

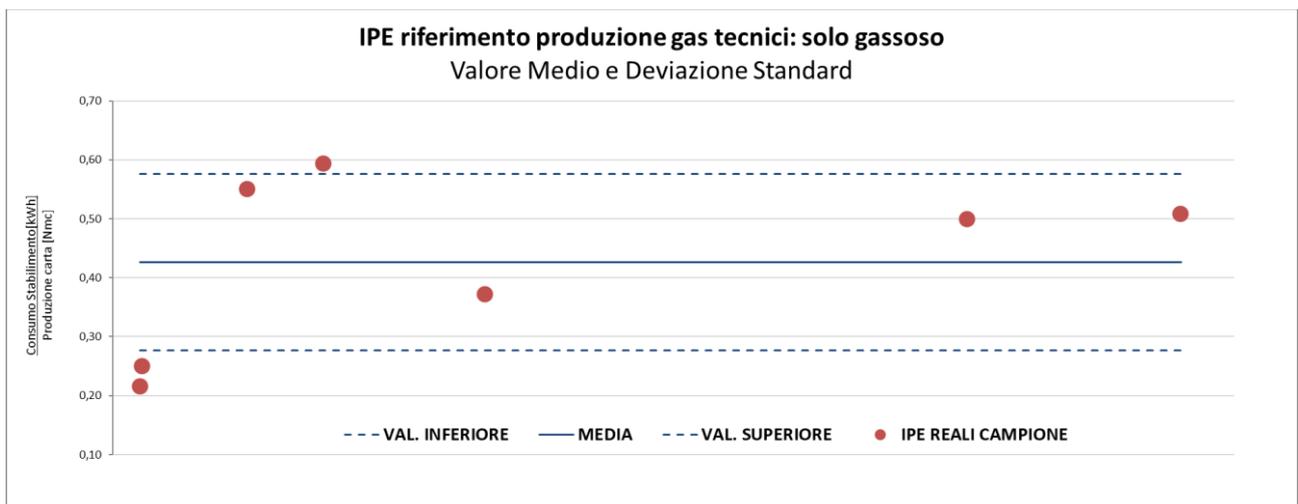
L'analisi dei dati ha riguardato gli stabilimenti che commercializzano prevalentemente (percentuali > 70%) gas tecnici provenienti dalla liquefazione dell'aria allo stato gassoso. Il processo di produzione di Argon Ossigeno e Azoto si basa sul processo di frazionamento di aria tramite torre di distillazione e rettifica. Il processo di separazione è simile per tutti gli stabilimenti. Alcune differenze si posso riscontrare nella "fornitura" del gas ai clienti: pressioni di fornitura, presenza e lunghezza di gasdotti etc...

Il campione dati a disposizione che rispondono a queste caratteristiche riguarda 7 stabilimenti.



Analizzando la retta di regressione saltano all’occhio subito due dati, il primo l’ottima correlazione che c’è tra i dati infatti come si può vedere il valore di  $R^2$  risulta essere molto alto, per contro abbiamo un valore di intercetta negativo che risulta essere fisicamente poco accettabile. A giustificazione di questo valore fisicamente non accettabile vi è il fatto che il campo di esistenza dei valori di produzione analizzati è molto elevato soprattutto a causa di 2 stabilimenti che hanno valori di produzione elevatissimi.

È stata presa in considerazione anche l’ipotesi di spezzare il campione in due sotto insieme con valori di produzione confrontabili ma questo avrebbe ridotto ulteriormente il campione andando a penalizzare l’affidabilità dei risultati. Si è proceduto quindi a valutare l’IPE medio e come gli IPE reali si distribuiscono intorno a questo valore.



Come aspettato il valore di IPE medio sovrastima leggermente i consumi per gli stabilimenti con basse produzioni, questo è legato principalmente perché per gli stabilimenti con elevate produzioni si hanno consumi aggiuntivi legati ai compressori dei gasdotti con i quali è commercializzato il prodotto.

Sulla base di quanto detto i possono ipotizzare i seguenti indici di performance:

	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	Valore Massimo [kWh/Nm <sup>3</sup> ]
<b>Stato gassoso</b>	0.427	0.149	<b>0.277</b>	<b>0.576</b>

In questo caso la deviazione standard risulta essere di **circa il 35%** il valore dell'IPE medio reale, un valore elevato vista anche la forte correlazione che c'è tra i dati, questo è dovuto, come detto, alla elevata estensione del campo di esistenza preso in esame, che vede insieme aziende che producono qualche decina di milioni di metri cubi di gas a quelle che producono più di un miliardo di metri cubi di gas quindi con produzione quasi 100 volte superiori, a differenza del caso precedente in cui il campo di variazione della produzione era più ristretto.

Come detto "l'anomalia" maggiore è legata alle aziende con piccole produzioni di gas circa 30.000.000 Nm<sup>3</sup> che presentano un indice di prestazione energetica nettamente più basso rispetto al valore medio precedentemente ricavato.

Probabilmente, queste aziende con una produzione limitata presentano un processo produttivo leggermente differente. Andando ad eliminare i due stabilimenti produttivi dall'analisi di correlazione, questa risulta essere molto più affidabile, con una deviazione standard in questo caso del 16%.

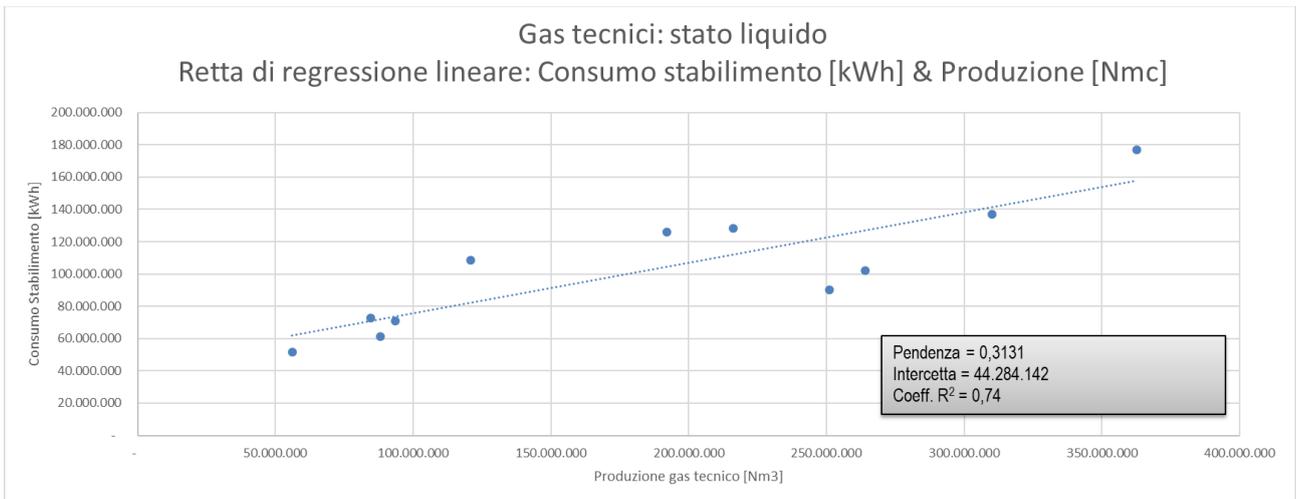
	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	Valore Massimo [kWh/Nm <sup>3</sup> ]
<b>Stato gassoso</b>	0.504	0.083	<b>0.421</b>	<b>0.587</b>

### *3.1.3. Produzione e commercializzazione di gas tecnici allo stato gassoso e liquido*

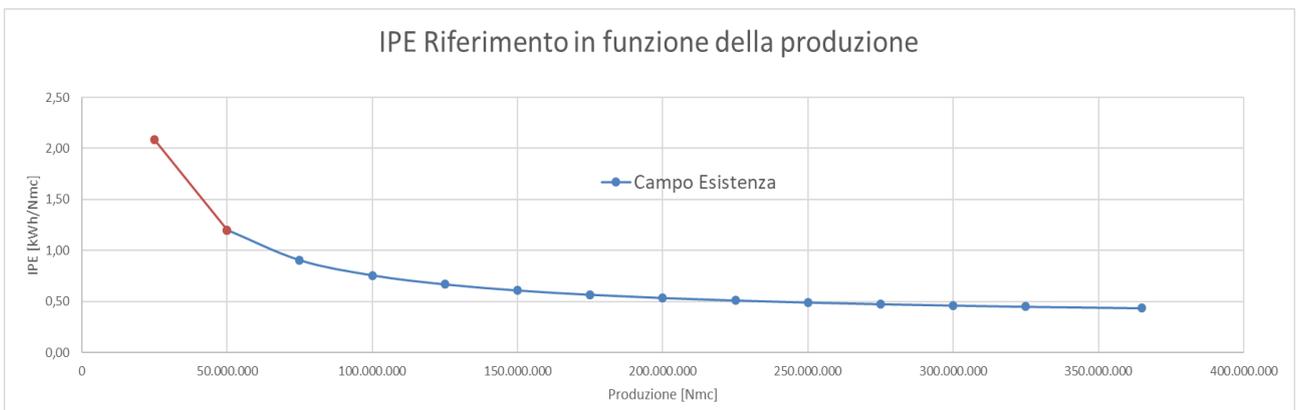
L'analisi dei dati ha riguardato gli stabilimenti che commercializzano indifferentemente gas tecnici provenienti dalla liquefazione dell'aria sia allo stato gassoso che allo stato liquido. Il processo di produzione di Argon Ossigeno e Azoto si basa sul processo di frazionamento di aria tramite torre di distillazione e rettifica. Il processo di separazione è simile per tutti gli stabilimenti.

Come facilmente ipotizzabile gli indici di prestazione sono fortemente influenzati dalla percentuale di gas liquefatto (fase energivora) rispetto al totale prodotto.

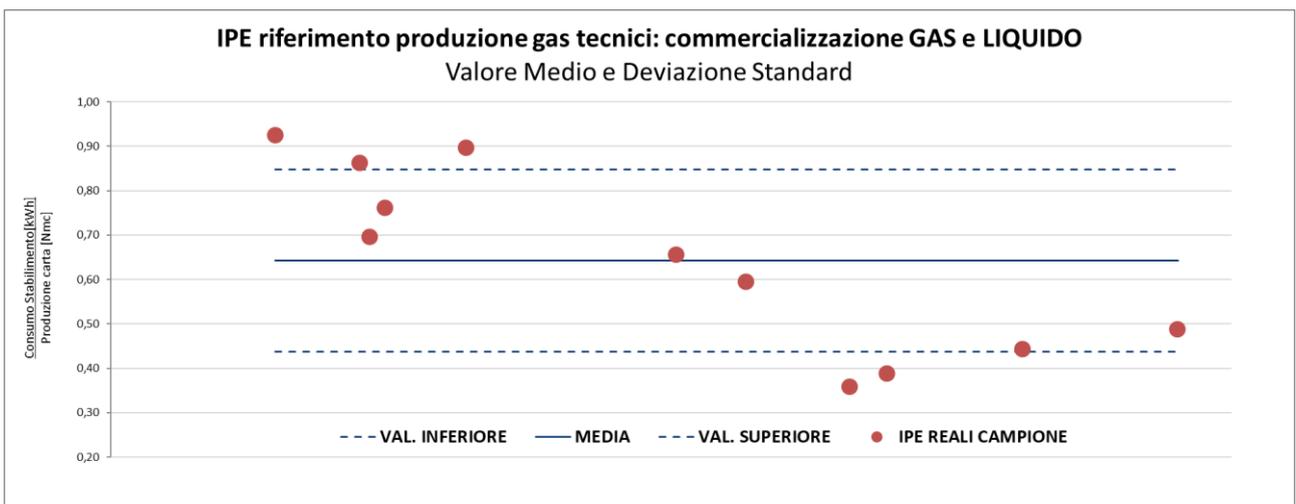
Il numero di campioni a disposizione in questo caso è leggermente superiore ai precedenti, per contro però contiene una casistica molto più ampia con differenti capacità produttive di gas tecnici allo stato liquido e gassoso. In alcuni casi vi è la presenza di gasdotti per la commercializzazione. Tutti questi aspetti vanno a riflettersi sul valore di correlazione che risulta leggermente più basso rispetto alle situazioni precedenti, tuttavia tale valore può considerarsi molto buono ( $R^2=0,74$ ), anche alla luce di quanto sopra detto.



Andando a verificare l'andamento degli IPE teorici che deriverebbero dall'utilizzo della funzione di correlazione si vede come tra le basse produzioni e le alte vi è una sensibile differenza.



Tale differenza di evidenza dal grafico sottostante, dove viene riportata la distribuzione dei valori di IPE reali intorno al valor medio, tuttavia il valore della deviazione standard malgrado sia leggermente elevato, **circa il 30%** del valore dell'IPE medio, risulta essere più che accettabile.



Sulla base di quanto detto i possono ipotizzare i seguenti indici di performance.

	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm3]	Valore Massimo [kWh/Nm3]
<b>MIX</b>	0.638	0.196	<b>0.442</b>	<b>0.834</b>

### 3.2. Produzione di "altri gas tecnici"

#### 3.2.1. Produzione anidride carbonica geologica

Per quanto riguarda la produzione di anidride carbonica di origine geologica il campione a disposizione è risultato essere molto limitato di dati, infatti i siti oggetto di diagnosi sono stati solamente 2.

Il processo produttivo è il medesimo (l'azienda è la stessa) e prevede la captazione di anidride carbonica da pozzi. Questa viene poi filtrata per separare il gas dall'acqua presente, successivamente avviene la fase di filtrazione dello zolfo. Si ha quindi la compressione del gas e sua essiccazione, come ultima fase si ha liquefazione del gas e il relativo stoccaggio.

ID Azienda	Nome Azienda	ID Sito	Sito produttivo
<b>4515</b>	Rivoira GeoGas S.r.l.	<b>8442</b>	Castelnuovo
<b>4515</b>	Rivoira GeoGas S.r.l.	<b>8497</b>	Rapolano

Sulla base di quanto detto i possono ipotizzare i seguenti indici di performance.

	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm3]	Valore Massimo [kWh/Nm3]
<b>GeoCO2</b>	0.449	0.047	<b>0.402</b>	<b>0.497</b>

In questo caso il valore della deviazione standard è di circa il 10% del valore dell'IPE medio reale, il che conferma quanto detto che i consumi specifici dei due stabilimenti sono molto simili.

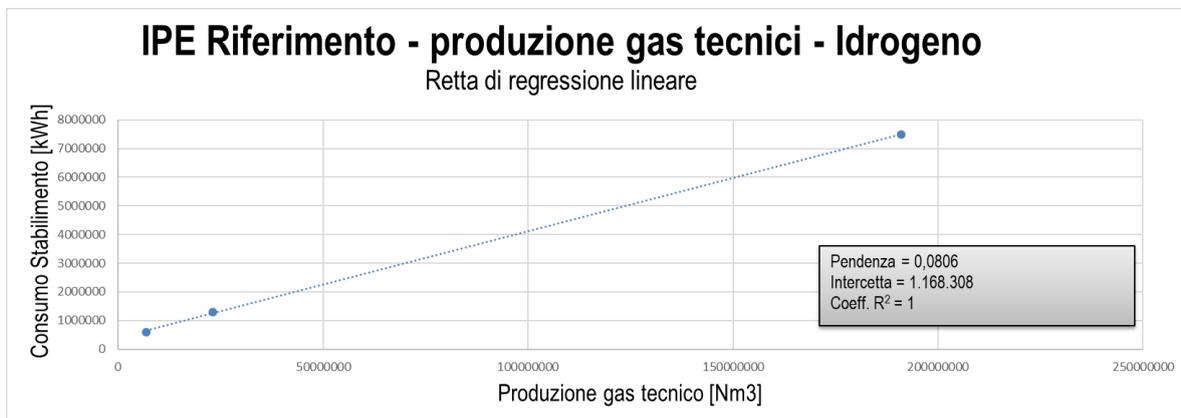
#### 3.2.2. Produzione di solo Idrogeno

L'attività di produzione di idrogeno si basa sul processo di steam reforming il quale prevede l'utilizzo di vapore acqueo e metano come materie prime reagenti.

Nel caso in esame non essendoci aziende che producono solo idrogeno sono stati presi i dati relativi al consumo di energia elettrica associata alla produzione di idrogeno da aziende che producono

anche altri gas tecnici. Anche in questo caso il campione dati a disposizione è molto limitato, solamente 3 siti.

ID Azienda	Nome Azienda	ID Sito	Sito produttivo
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7176</b>	LI-Priolo-SMR-IA
<b>4506</b>	Rivoira Operations S.r.l.	<b>8278</b>	Ravenna
<b>2640</b>	Linde Gas Italia s.r.l.	<b>4368</b>	Terni



Il modello trovato presenta una correlazione perfetta con un Rquadro pari a 1, va necessariamente notato però la scarsa quantità di dati a disposizione, ed inoltre vi è un enorme differenza tra le quantità prodotte, questo si ripercuote inevitabilmente sull'entità della deviazione standard che raggiunge quasi il 40% del valore dell'IPE medio.

	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm3]	Valore Massimo [kWh/Nm3]
<b>H2</b>	0.061	0.024	<b>0.085</b>	<b>0.037</b>

### 3.2.3. Produzione aria compressa

Nel campione dei dati forniti si è riscontrata anche la presenza di un'azienda che ha una notevole produzione di aria compressa secca come utility per gli utenti di raffineria e petrolchimico e aria umida di processo. Essendo la produzione considerevole si è ritenuto utile inserire anche questo consumo. Il valore essendo unico non ha nessuna validità statistica.

ID Azienda	Nome Azienda	ID Sito	Sito produttivo
<b>3424</b>	Air Liquide Italia Produzione S.r.l.	<b>7176</b>	LI-Priolo-SMR-IA

Per il valore di scostamento dal valor medio si assume il 20%.

	IPE medio reale	Deviazione standard	Valore Minimo [kWh/Nm3]	Valore Massimo [kWh/Nm3]
<b>Aria compressa</b>	0.131	0.026	<b>0.157</b>	<b>0.105</b>

### *3.3. Esclusi dal campione*

Nella seguente tabella sono riportati i siti che sono stati esclusi dal campione analizzato in quanto presentavano o palesi incongruenze dei dati o specificità poco correlabili alle attività sopra analizzate.

ID Azienda	Nome Azienda	ID Sito	Sito produttivo	Motivo
<b>5854</b>	Air Product Italia S.r.l	<b>11191</b>	Stabilimento	Da verificare consumi
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l	<b>457</b>	Stabilimento di Cuneo	Troppo piccolo
<b>282</b>	SOL Spa	<b>449</b>	Stabilimento di Cremona	Vendita bombole
<b>282</b>	SOL Spa	<b>330</b>	Uffici direzionali	Ufficio direzionale
<b>387</b>	SOL Gas Primari S.r.l	<b>473</b>	Stabilimento di Ravenna	Dati non congruenti

## Conclusioni

Il presente lavoro ha avuto come scopo l'analisi dei consumi per il settore individuabile con il codice ATECO2007: 20.11 – “fabbricazione di gas industriali”. Lo studio è stato effettuato utilizzando le diagnosi energetiche pervenute ad ENEA a seguito dell'emanazione del D.Lgs 102/2014.

In particolare l'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ha evidenziato due categorie principali di prodotti:

- Gas tecnici prodotti dalla liquefazione dell'aria, quali Azoto, Ossigeno ed Argon, sia allo stato liquido che gassoso;
- Altri gas tecnici quali: idrogeno, anidride carbonica di origine geologica ed aria compressa.

Il campione dati utilizzabili non è stato molto numeroso ed ha riguardato l'analisi di 23 siti produttivi che sono stati poi suddivisi in sotto famiglie differenziate per processo produttivo o prodotto commercializzato.

La produzione di gas dalla liquefazione dell'aria, dove il campione dati era maggiormente rappresentativo, è stata a sua volta suddivisa in 3 famiglie legate allo stato fisico (liquido o gas) con cui questi prodotti sono commercializzati. Infatti vi è una notevole differenza dei consumi specifici tra la commercializzazione del prodotto allo stato liquido e quella allo stato gassoso. Purtroppo, è stato necessario creare una famiglia intermedia che tenesse conto della commercializzazione combinata, in quanto le diagnosi a disposizione non permettevano di discernere in maniera precisa quanto veniva commercializzato in uno stato e quanto nell'altro. Per la liquefazione dell'aria si hanno quindi le seguenti famiglie:

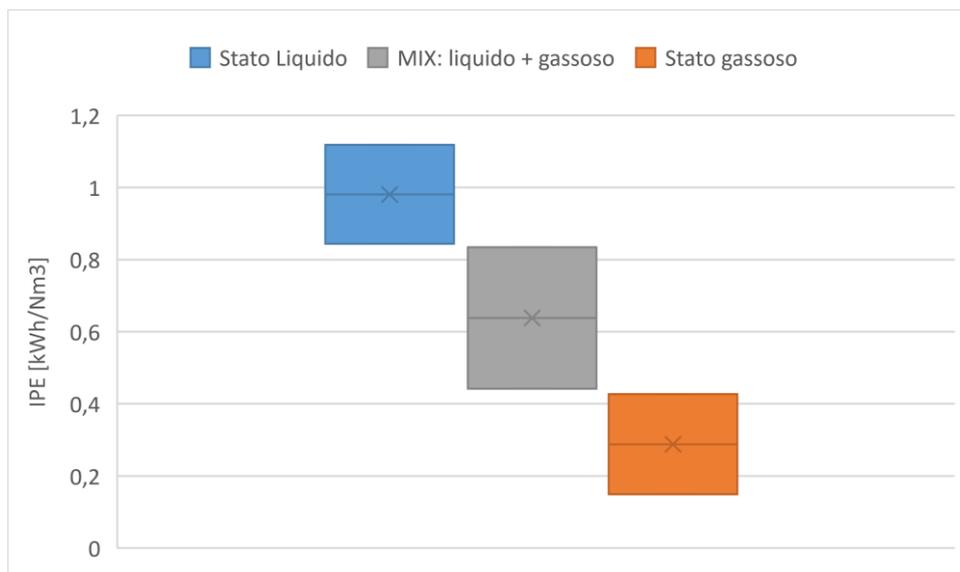
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato Liquido (percentuali > 70%);
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici (Ossigeno, Azoto, Argon) prevalentemente allo stato gassoso (percentuali > 70%);
- Produzione e commercializzazione di gas tecnici sia allo stato liquido che gassoso (Ossigeno, Azoto, Argon) con percentuali comprese tra il 30 ed il 70% di uno dei due stati (liquido o gassoso);

Per quanto riguarda gli “altri gas” il campione a disposizione è risultato essere limitato e quindi di scarsa validità e rappresentatività scientifica, tuttavia a titolo prettamente indicativa sono stati calcolati gli indici di prestazione energetica risultanti.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati ottenuti

	IPE Medio reale	Deviazione standard	Valore minimo	Valore Massimo
<b>LIQUEFAZIONE ARIA</b>				
<b>Stato Liquido</b>	0.981	0.137	0.845	1.118
<b>Stato gassoso</b>	0.427	0.149	0.277	0.576
<b>MIX liquido e gas</b>	0.638	0.196	0.442	0.834
<b>ALTRI GAS</b>				
<b>Geo CO2</b>	0.449	0.047	0.402	0.497
<b>H2</b>	0.061	0.024	0.085	0.037
<b>Aria compressa</b>	0.131	0.026	0.157	0.105

Osservando i valori degli indici di prestazione energetica ricavati per la produzione dei gas tecnici principali derivanti dalla liquefazione dell'aria (Ossigeno, Azoto ed Argon) si vede chiaramente come siano fortemente legati allo stato prevalente di come questi gas sono commercializzati.



Il grafico evidenzia come la commercializzazione di gas liquido sia maggiormente dispendiosa rispetto alla commercializzazione del gas tecnico allo stato gassoso. E come nel caso di commercializzazione dei gas in entrambi gli stati fisici abbia un indice di consumo che si inserisce perfettamente tra i due casi estremi.