

CATTURA E STOCCAGGIO DI CO₂ : LA TECNOLOGIA DI MISURA AD ULTRASUONI PER GAS AD ALTO CONTENUTO DI CO₂



SICK
Sensor Intelligence.

Salvatore Squillaci
Product manager Analyzer & Flow Solutions



EMISSIONI DI GAS SERRA

ANCORA IL PUNTO DI PARTENZA



I gas serra sono dei gas presenti in atmosfera che trattengono la radiazione IR dal sole riemessa dal suolo. L'incremento di questi gas nell'atmosfera provoca un **aumento** globale delle **temperature**

L'effetto serra



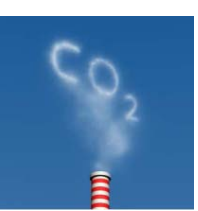
Sorgenti naturali

Vulcani + Agricoltura

Sorgenti umane:

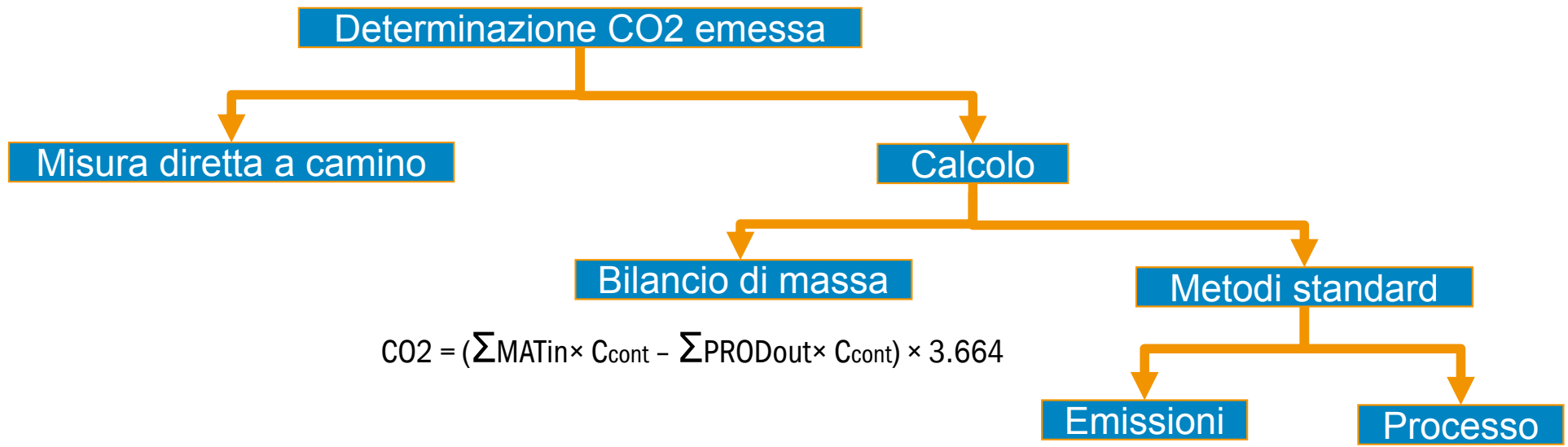
Processi industriali quali la combustione o processi chimici

Le sorgenti di gas ad effetto serra

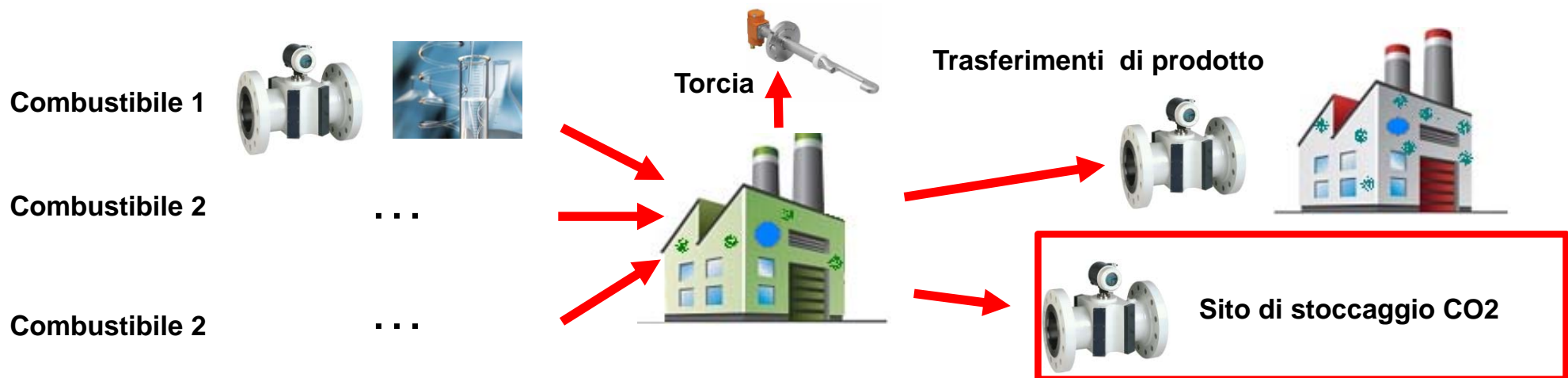


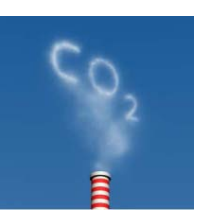
DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO2

CRITICITÀ DEGLI IMPIANTI COMPLESSI



Per impianti complessi bisogna considerare ogni singolo trasferimento





DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO2

NON DIMENTICHIAMO L'INCERTEZZA AMMESSA

Ogni trasferimento deve essere misurato e l'incertezza della misura influisce sul budget totale di incertezza disponibile

Incertezza massima ammessa per ogni livello

Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4
+/- 10%	+/- 7,5%	+/- 5%	+/- 2,5%



L'incertezza nella misura del flusso di CO2 catturato e stoccato si deve tenere in considerazione

Come minimizzare questa incertezza?

Può contribuire la tecnologia di misura ad ultrasuoni?

- Le caratteristiche fisiche della CO2 sembrerebbero smorzare le speranze ... oltre che l'intensità di un segnale ultrasonoro ...

$$p = p_0 e^{-\alpha l}$$

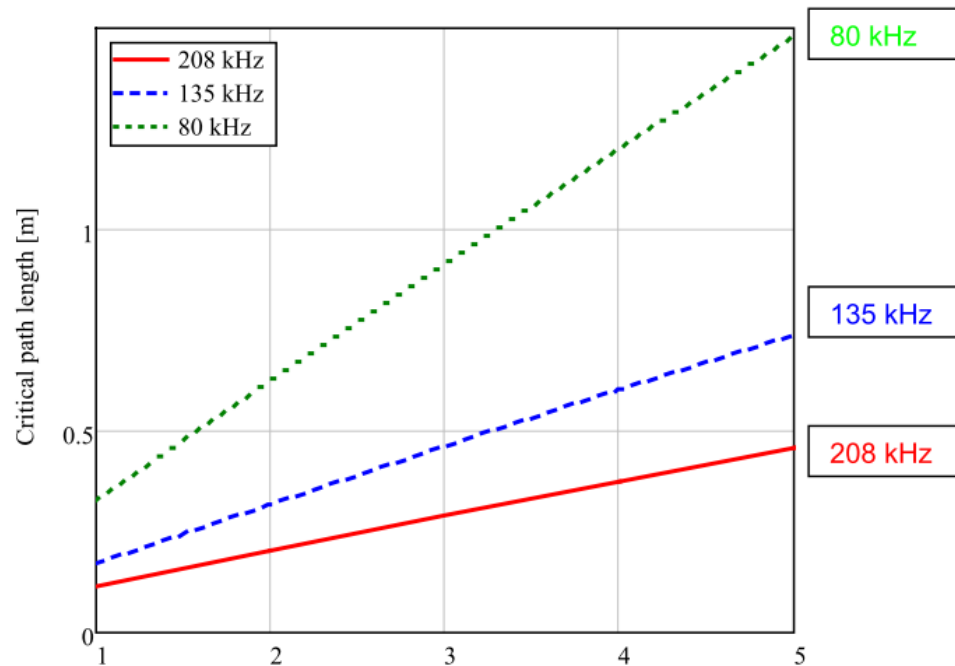
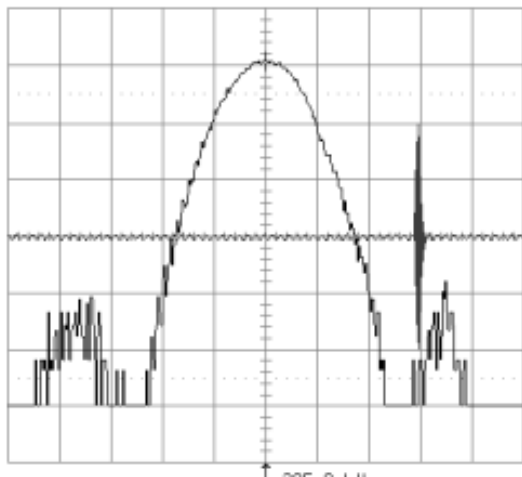
Frequenza	Aria secca	Metano	CO2
80 kHz	0,09	5,3	33,5
135 kHz	0,26	9,9	39,9
208 kHz	0,62	12,3	42,6

Stream gassosi ricchi di CO2

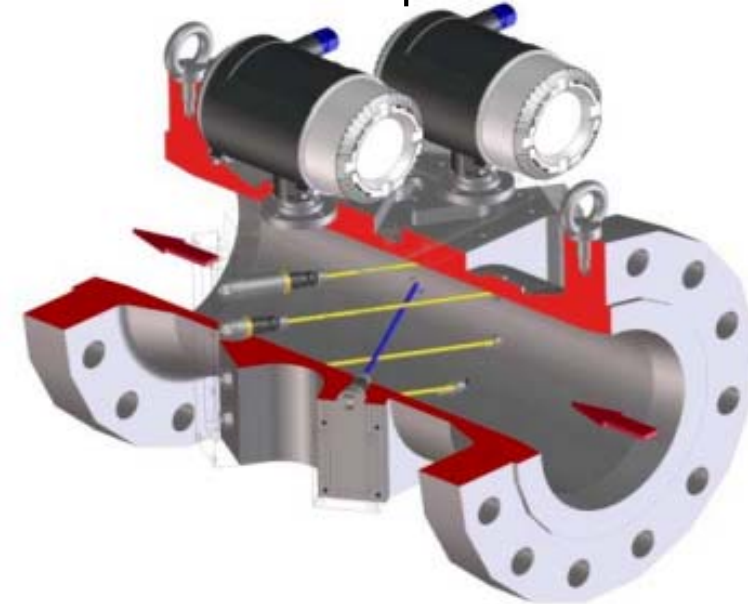
Applicazione	CO2	Altri gas	Pressione	Accuratezza target
Gas naturale, con basso CO2	<5%	CH4, N2, HC	10 ... 150bar(g)	Fiscale
Gas naturale, con elevato CO2	5% ... 20%	CH4, N2, HC	10 ... 150bar(g)	Fiscale
Iniezione e recupero	Fino al 60%	CH4	50 ... 100bar(g)	Allocazione
Cattura e stoccaggio CO2	Quasi 100%	No	10 ... 100bar(g)	Allocazione

MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

FORSE NON TUTTO È PERDUTO



FLOWSI600 2-plex 8"



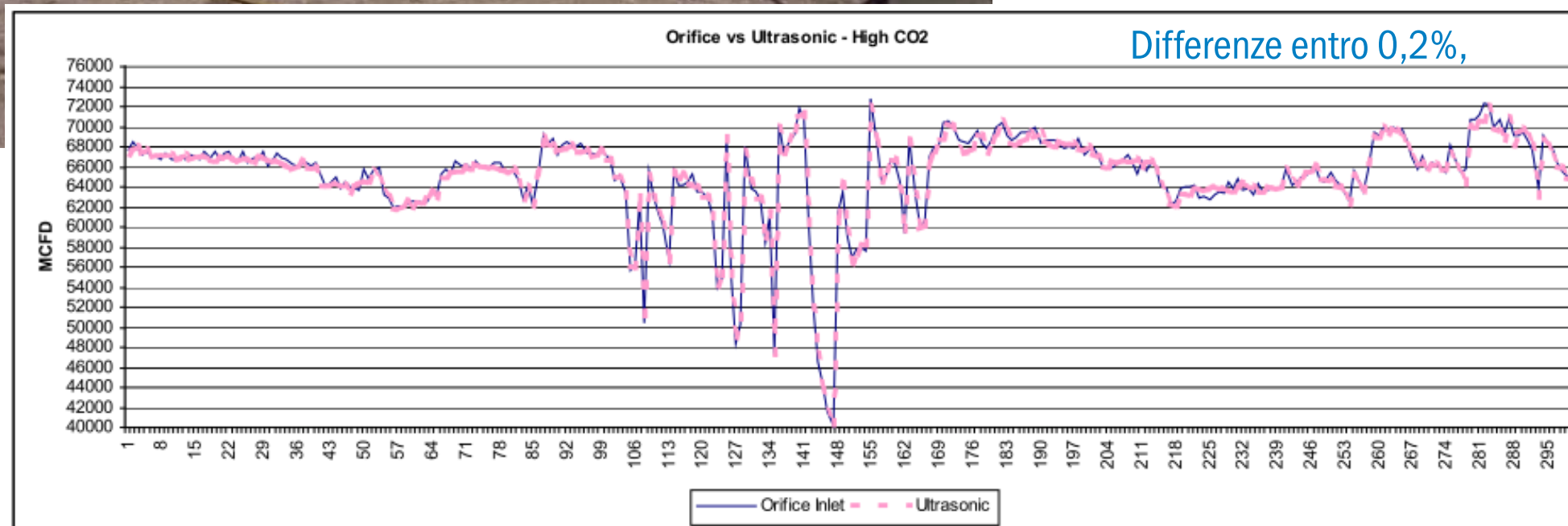
CO2	CH4	C2H6	C3H8	N2
62,1%	37%	0,3%	0,1%	0,5%

MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

ALLA PROVA DELLE ARMI



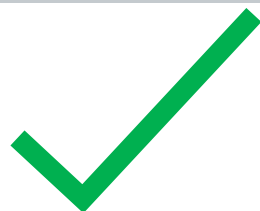
La lettura del misuratore ad ultrasuoni fu confrontato con quella del misuratore ad orifizio già presente a valle



MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

PRIME CONCLUSIONI

YES we can!



Come?

- ✓ Il **design** innovativo dei trasduttori,
- ✓ l'ottimizzazione degli **algoritmi di ricezione**
- ✓ una piena padronanza del **modello applicativo** (pressione, taglia, portata, CO2)



Può misurare **concentrazioni** ancora **maggiori** di CO2?



Come può essere **calibrato**?

E' possibile un'**accuratezza fiscale**?

MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

DOVE CALIBRARE – CON CHE CRITICITÀ?

- Condizioni in campo **spesso** differiscono dalle condizioni di laboratorio
 - ▶ Effetto della temperatura
 - ▶ Effetto della pressione
 - ▶ Effetto dell'installazione
 - ▶ Effetto della **composizione del gas**

Tipicamente le condizioni di calibrazioni permettono di replicare bene i primi effetti ma difficilmente la composizione



Che **effetto** ha il variare della CO2?

MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

COME CALIBRARE? UNO SPIRAGLIO DALLA OIML137



- OIML R137-1-2-e12 da le seguenti raccomandazioni :
 - ▶ Se il test mostra una differenza tra due gas inferiore a $1/3 M_{ax} P_{ermissible Error}$ la verifica iniziale può essere fatta con il **gas alternativo** ⁽¹⁾
- Quindi per un dispositivo di classe 1 :
 - ▶ Se la **deviazione** tra **gas naturale** e **CO2** è **< 0.33%** la calibrazione iniziale può essere fatta con il solo gas naturale

L'effetto di CO₂ sul **profilo del flusso** può essere descritto con il **numero di Reynolds**

$$Re = \frac{\rho \cdot v_g \cdot d}{\eta} \longrightarrow \frac{\eta}{\rho} \quad (\text{a parità di } V_g, d, p, T)$$

Re – Numero di Reynolds
ρ – Densità del gas
v_g – velocità del Gas
d – lunghezza effettiva
η – viscosità dinamica

P=amb / T=20°C	Gas naturale(Tip.)	CO ₂ 100%
Viscosità dinamica [μPas]	14.64	12.16
Densità [kg/m ³]	0.775	1.83
Viscosità cinematica [m ² /s]	8 x10⁻⁶	15.7 x10⁻⁶

Fattore di equivalenza

$$a = \frac{v_{gas\ naturale}}{V_{CO_2}} = 1.96$$

(1) OIML R137-1-2-e12, chapter 12.5.2.3.

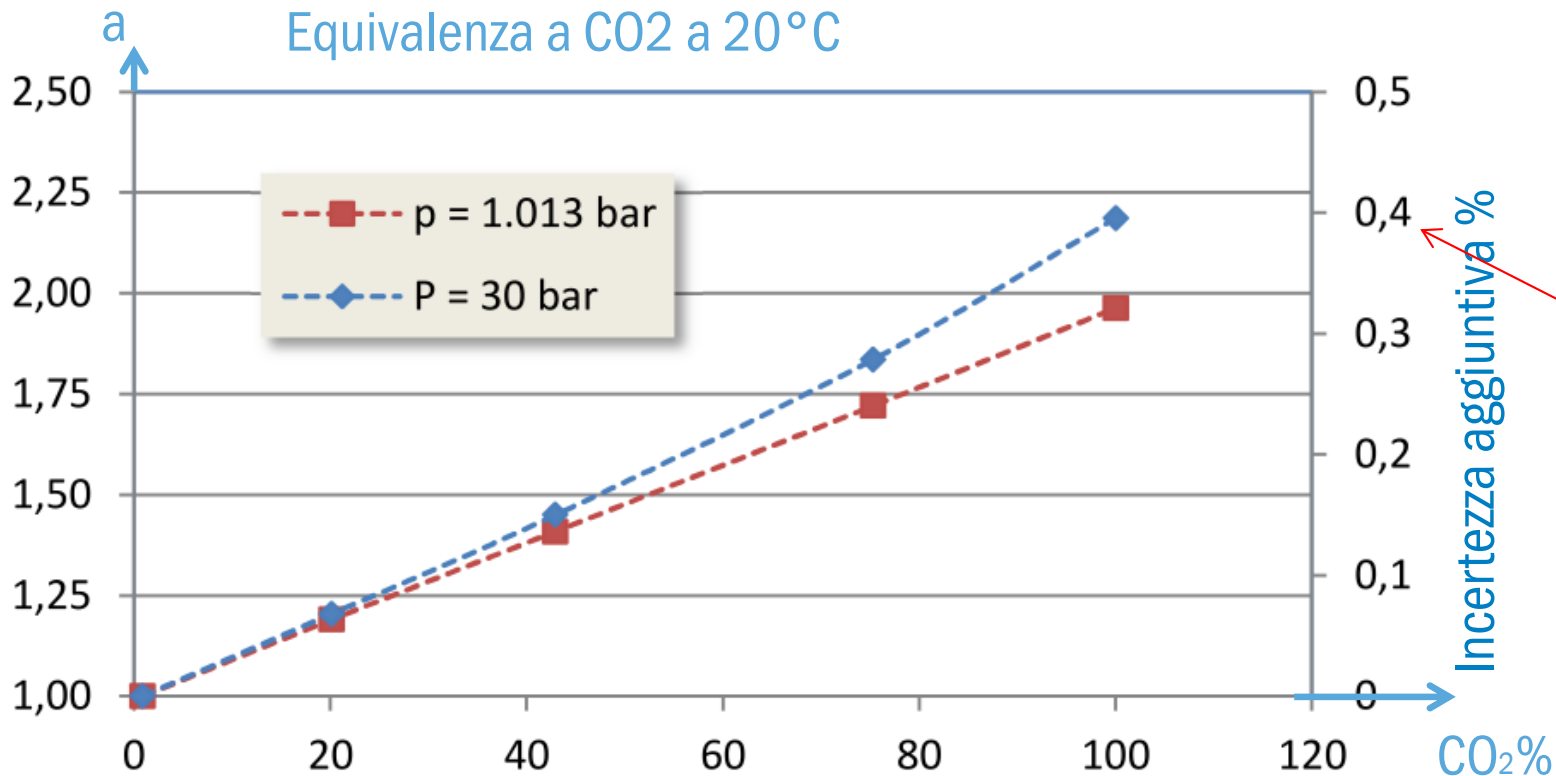
MISURA DI FLUSSI AD ALTO CONTENUTO DI CO2

COME USARE IL FATTORE EQUIVALENZA DEL NUMERO DI REYNOLDS

Ma la viscosità cinematica dipende fortemente da pressione e composizione del gas



Incertezza aggiuntiva del 0,4%
per pura CO2 calibrando in gas
naturale senza misure correttive



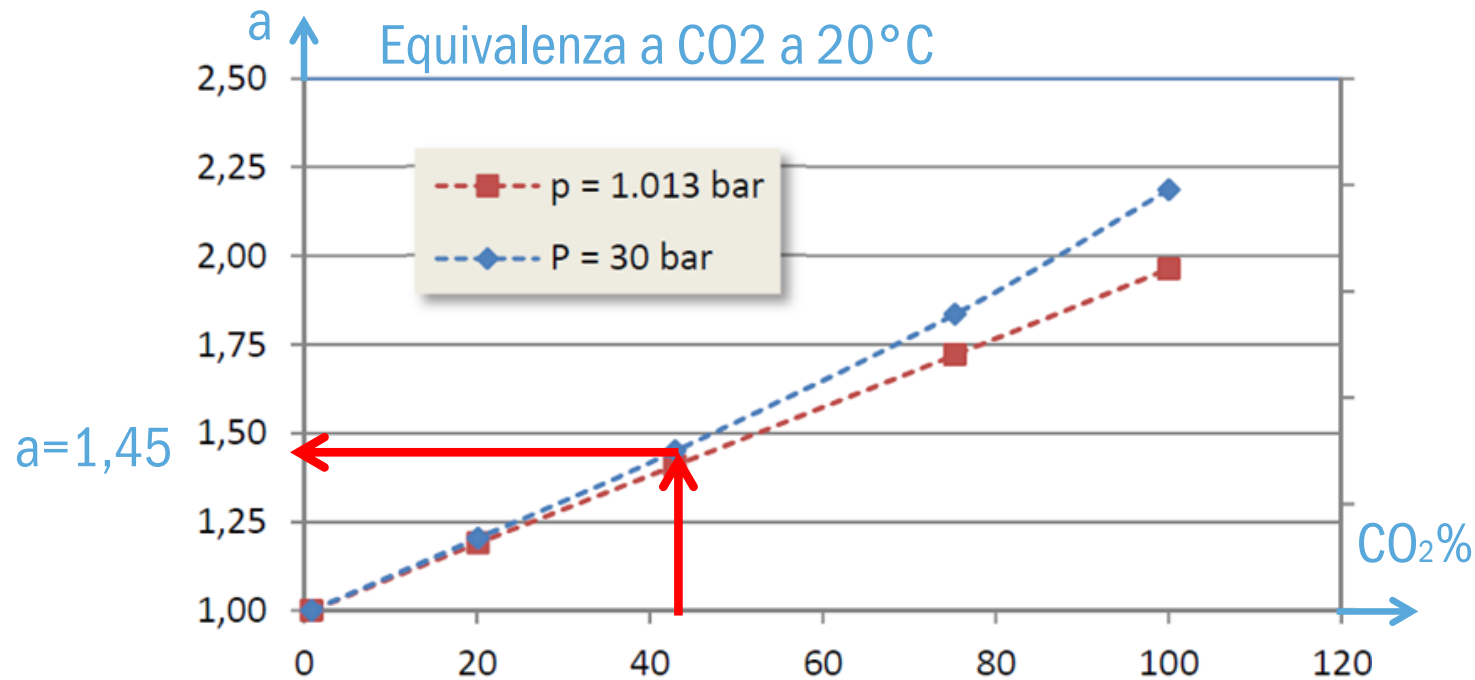
Come usare questo fattore per compensare l'effetto di concentrazioni variabili durante la calibrazione (P=atm/T20°C/CO2 100%)?

- Incrementare la **velocità** di un fattore 1.96
- Incrementare la **pressione** di un fattore 1.96

CALIBRARE CO2 CON GAS NATURALE

TIME FOR TESTING!

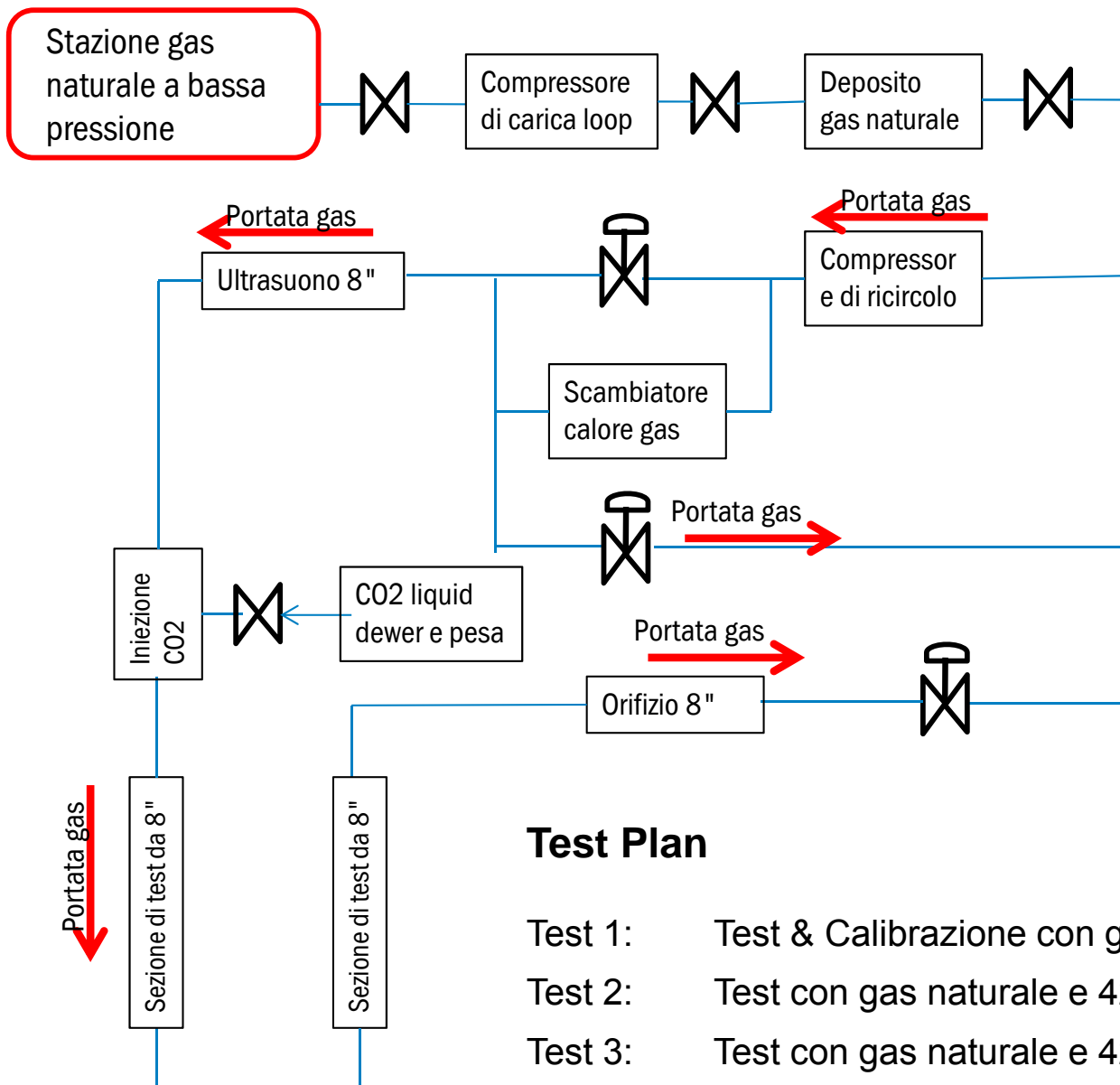
- Prova delle prestazioni con portata presso il laboratorio indipendente CEESI di Nunn
- Test in un flow loop a 20 e 30 bar utilizzando un 8" e confrontando con un orifizio
- Gas naturale con 2% di CO2 e 42% di CO2 e range 3...16.8 m/s



Si può ottenere lo stesso numero di Reynolds correggendo pressione o velocità con il fattore di equivalenza determinato (1,45 @ 42% di CO2)

CALIBRARE CO2 CON GAS NATURALE

LOOP E PIANO DI TEST



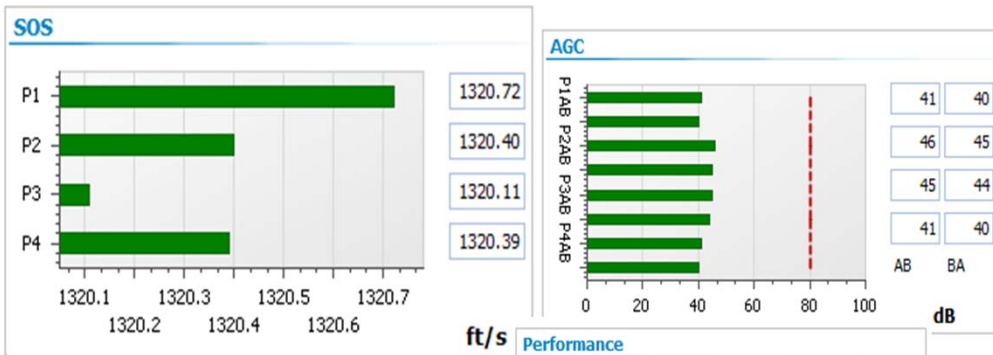
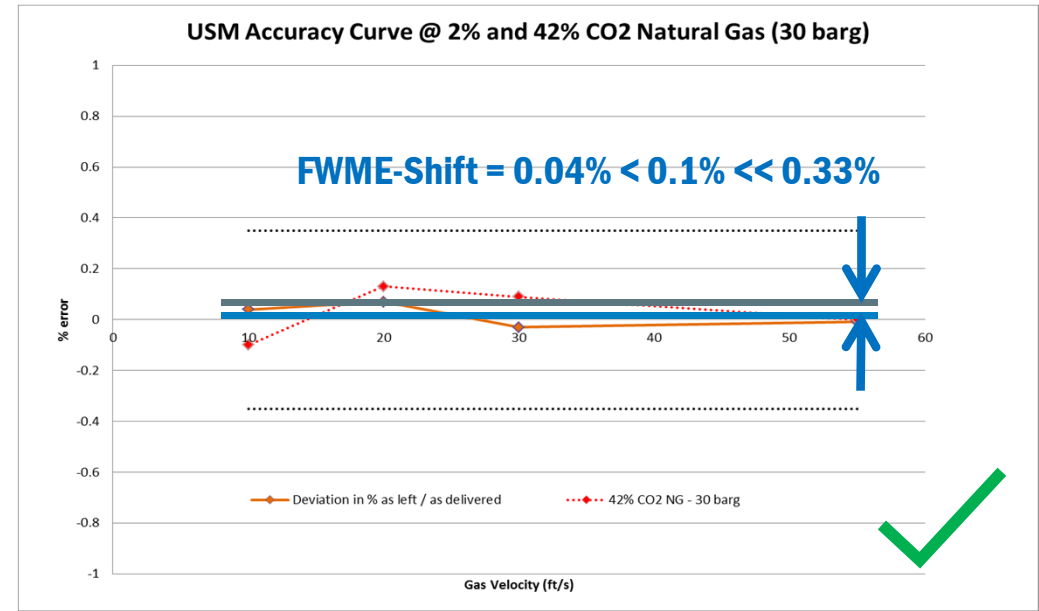
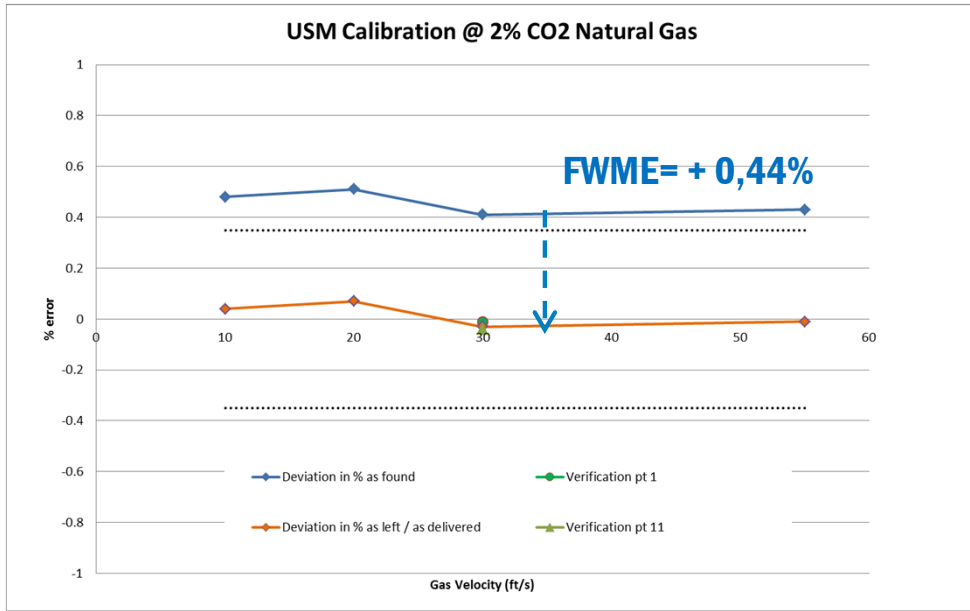
Incertezza laboratorio $\pm 0.35\%$
 Max incertezza aggiuntiva $\pm 0.33\%$
 Errore atteso FL600 (FWME) $\pm 0.1\%$

Test Plan

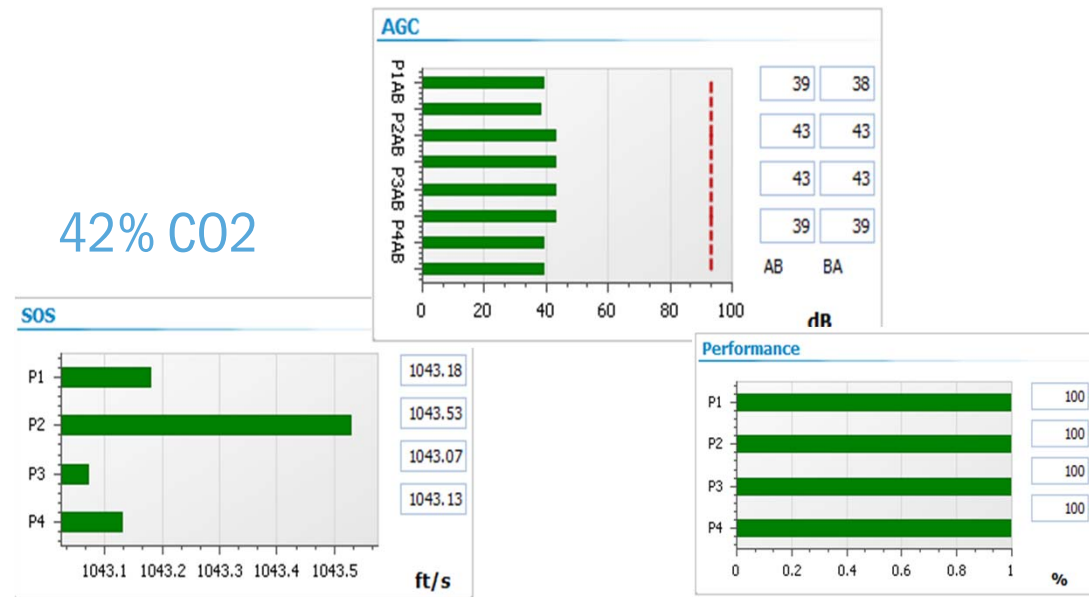
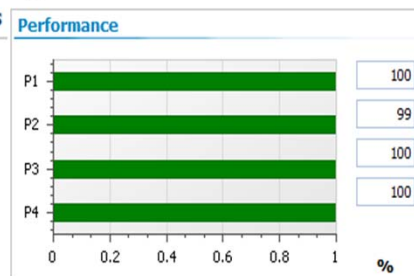
- Test 1: Test & Calibrazione con gas naturale e 2% CO₂ @ 30 barg
- Test 2: Test con gas naturale e 42% di CO₂ @ 30 barg
- Test 3: Test con gas naturale e 42% di CO₂ @ 20 barg

CALIBRARE CO2 CON GAS NATURALE

RISULTATI DEL TEST



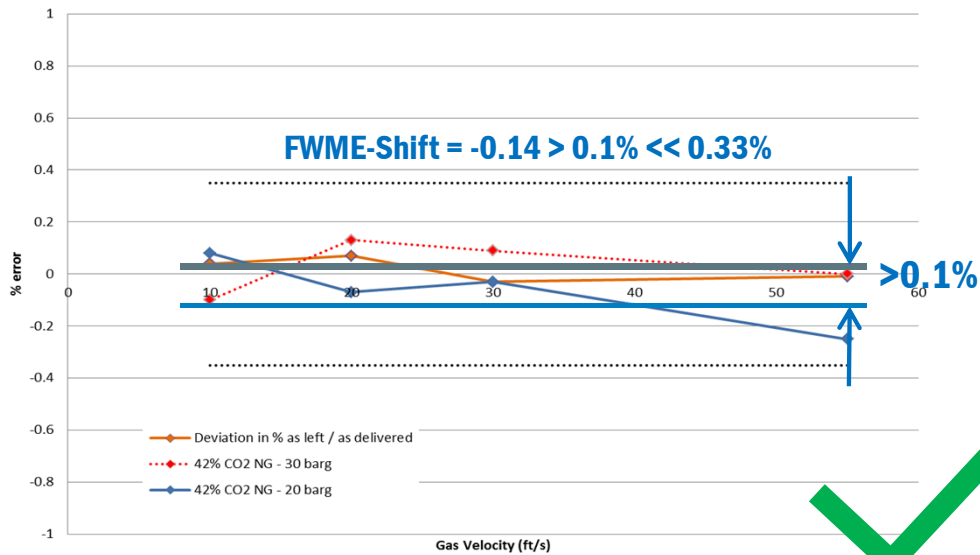
2% CO2



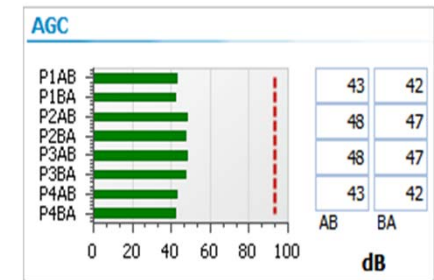
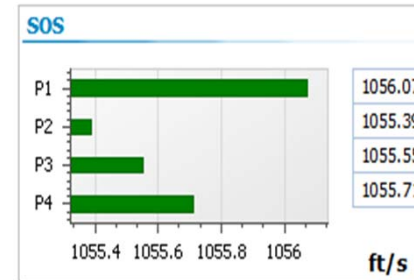
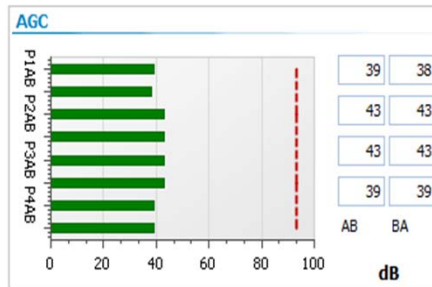
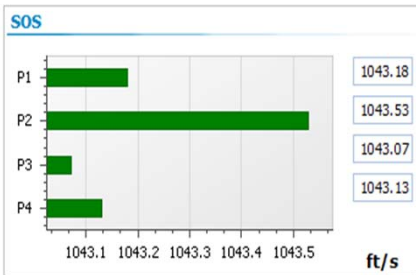
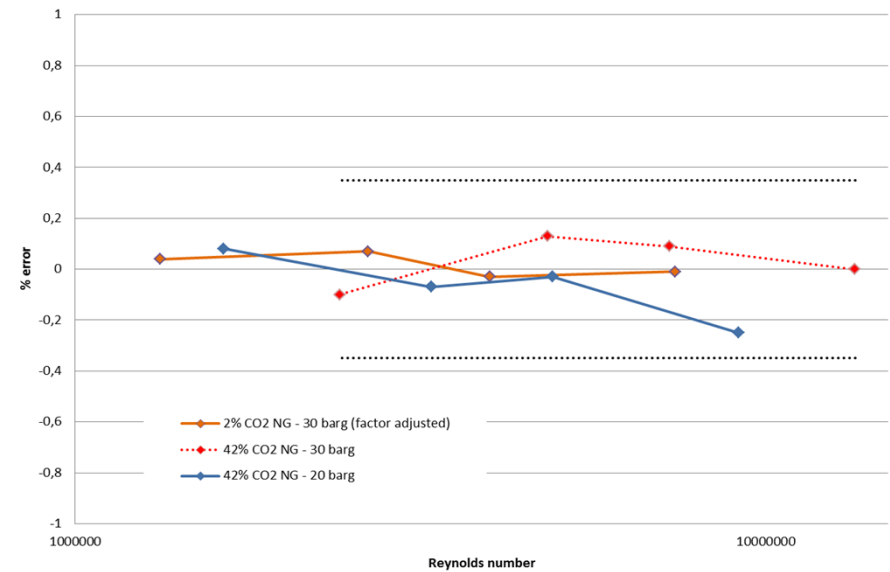
CALIBRARE CO2 CON GAS NATURALE

RISULTATI DEI TEST

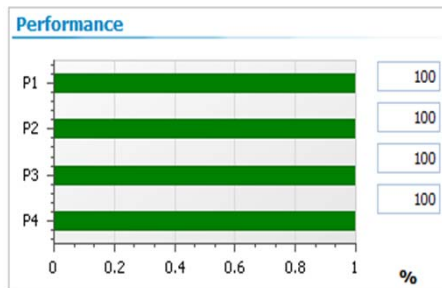
USM Accuracy Curve @ 42% CO2 Natural Gas (20 barg)



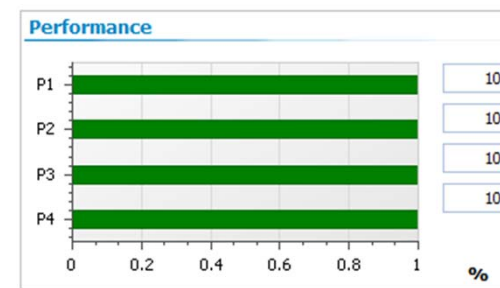
USM Accuracy Curve @ 2% & 42% CO2 Natural Gas (20 & 30 barg)



p=30 barg



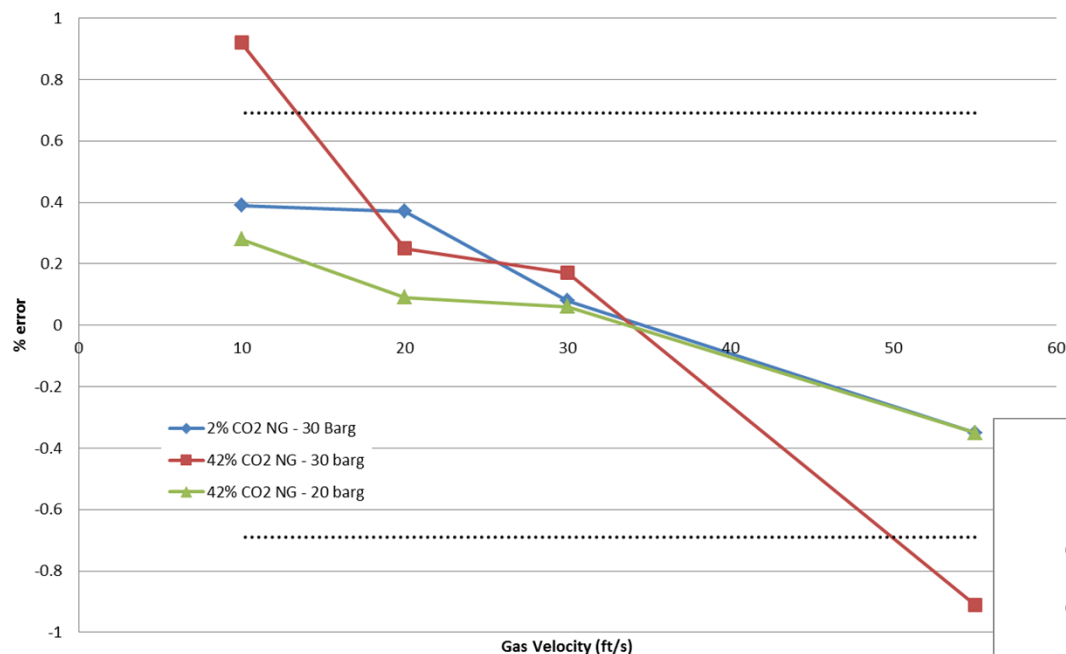
p=20 barg



CALIBRARE CO2 CON GAS NATURALE

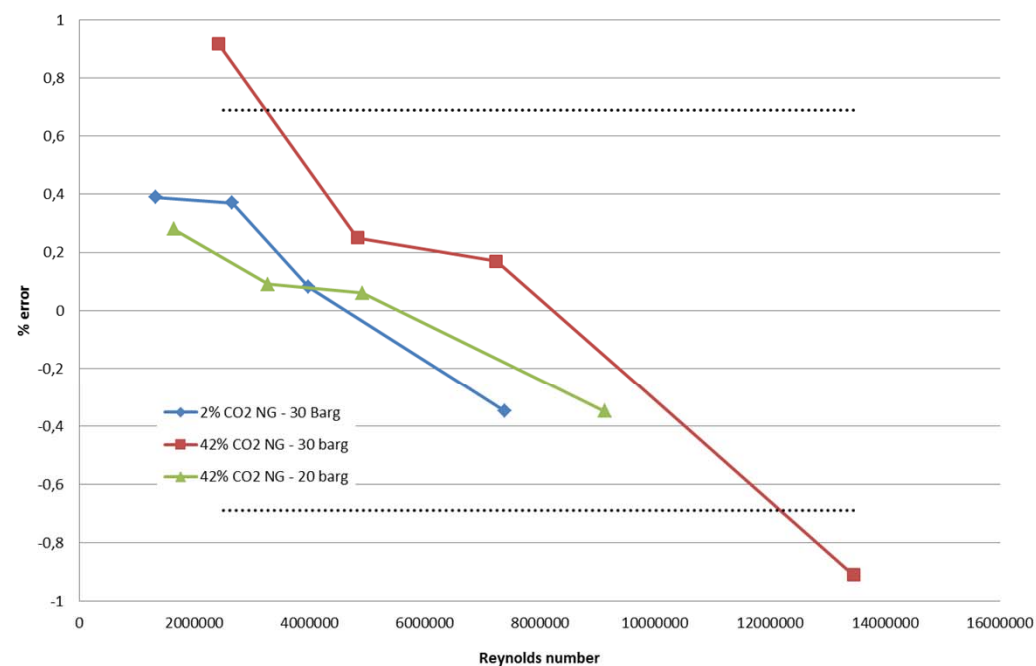
RISULTATI DEI TEST DELL'ORIFIZIO TARATO

Orifice performance @ 42% CO2 Natural Gas



Accuratezza = $\pm 0,69\%$

Orifice performance @ 2% & 42% CO2 Natural Gas (20 & 30 barg)

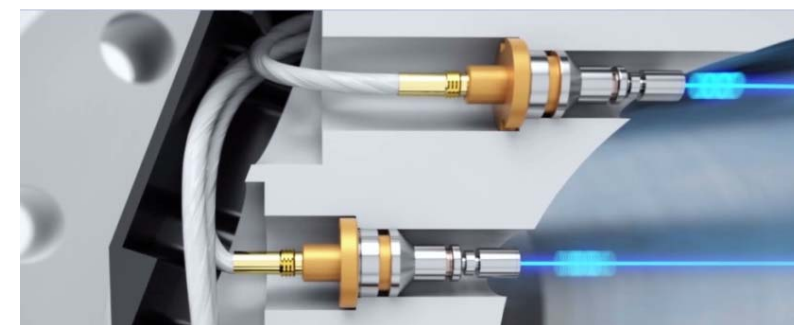
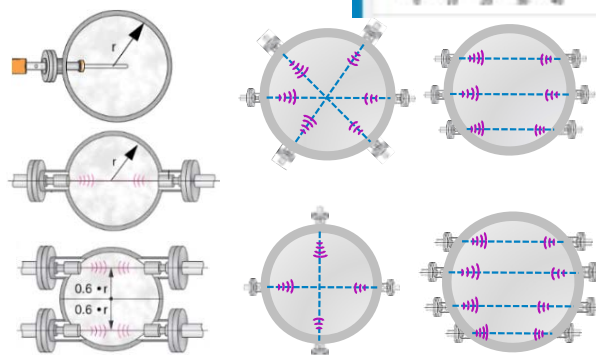
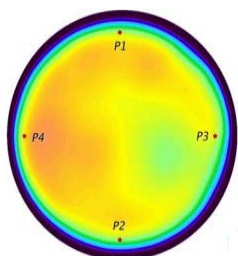
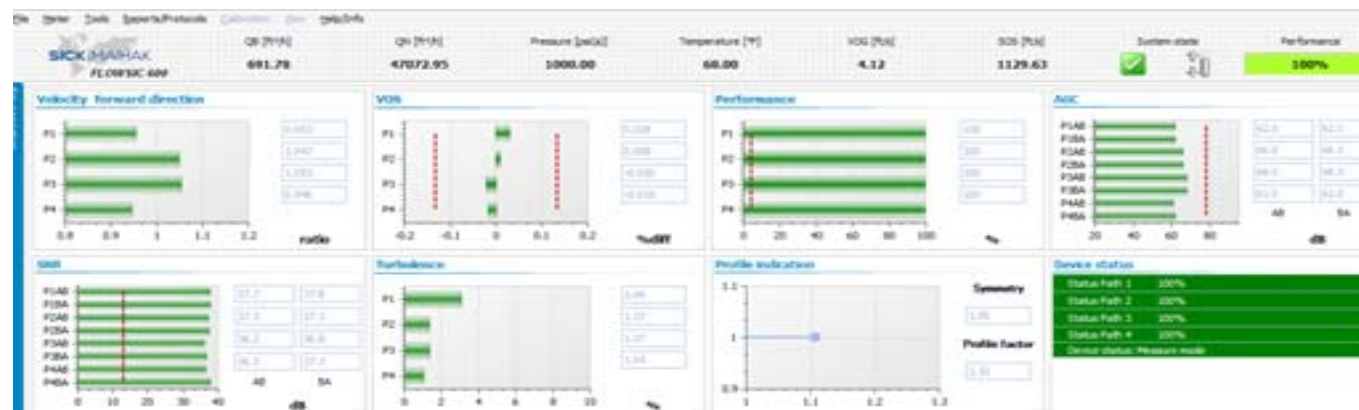



- ✓ I misuratori ad ultrasuoni **possono misurare** flussi ricchi di **CO2** (anche **100%**)
- ✓ Il misuratore può essere **calibrato con gas naturale** e i risultati sono coperti da OIML (livello di **accuratezza fiscale** per la **CO2**)
- ✓ L'**equivalenza del numero di Reynolds** può essere utilizzato anche per **altre miscele** (es. Gas naturale e idrogeno) per rendere le **calibrazioni** più economiche (manca uno **standard**)
- ✓ I **misuratori ad Ultrasuoni** hanno nella **diagnostica** un impagabile valore aggiunto (posso facilmente individuare variazioni nelle condizioni operative) oltre a **elevate rangeability**, basse **perdite di carico** **manutenzione minima o nulla**

CONCLUSIONE

LA NOSTRA MISSIONE

- Trovare una soluzione a problemi sempre nuovi
- L'innovazione delle tecniche di trasduzione
- Individuare il layout di misura
- Nuovi algoritmi e funzionalità per una qualità di misura e di informazione sulla misura mai vista (tutto sotto controllo)
- Spingere la tecnologia di misura ad ultrasuoni oltre i tradizionali limiti



A photograph of industrial pipes in a factory setting. The pipes are large, metallic, and run horizontally across the frame. In the background, there are various industrial components, including valves and a staircase. The lighting is bright, suggesting an indoor or well-lit outdoor environment.

Fill the gap! ... discover
The perfect match

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

SICK
Sensor Intelligence.

Salvatore Squillaci

Product Manager Analyzer & Flow solutions

salvatore.squillaci@sick.it