



## Ricerca di Sistema elettrico

# Impianto pilota AG2S: progetto di massima

C. Frau, E. Loria, F. Poggi

Politecnico di Milano - CMIC Dept. "Giulio Natta"

## IMPIANTO PILOTA AG2S: PROGETTO DI MASSIMA

Caterina FRAU, Eusebio LORIA, Francesca POGGI  
Politecnico di Milano - CMIC Dept. "Giulio Natta"

Gennaio 2019

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

Progetto: *Tecnologie e metodologie low carbon e Edifici a energia quasi zero (nZEB)*

Parte A: Tecnologie per l'impiantistica energetica 'low carbon'

Tema A: Impianti ad emissione negativa: Gassificazione e co-gassificazione di biomasse per lo sviluppo di piccoli sistemi energetici e trattamento del syngas e utilizzo della CO<sub>2</sub>

Sottotema a.2: Recupero e trattamento di gas e composti provenienti da processi di gassificazione e combustione. Test su impianto da banco per studiare il trattamento dei gas di coda provenienti dalla desolfurazione del syngas da carbone e successivo sviluppo

Responsabile del Progetto: dott.ssa Franca Rita Picchia, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Tecnologie e metodologie Low Carbon e Edifici ad energia quasi zero (nZEB)*"

Responsabile scientifico ENEA: ing. Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: ing. Enrico Maggio

## Indice

SOMMARIO .....	4
1 INTRODUZIONE .....	5
2 L'IMPIANTO IOSTO .....	6
2.1 TAGLIA E SPECIFICHE DELL'IMPIANTO.....	6
2.2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO .....	9
2.2.1 <i>Principali fasi del processo</i> .....	9
2.2.2 <i>Sezioni principali dell'impianto</i> .....	11
2.2.3 <i>Sezione di disidratazione dei fumi</i> .....	12
2.2.4 <i>Sezione di Reazione</i> .....	13
2.2.5 <i>Sezione di Assorbimento</i> .....	16
2.2.6 <i>Descrizione delle apparecchiature</i> .....	19
2.2.7 <i>Caratteristiche del piping</i> .....	20
2.2.8 <i>Prese di campionamento</i> .....	21
2.2.9 <i>Guarnizioni e tenute</i> .....	22
2.3 SISTEMA DI CONTROLLO E GESTIONE DEGLI ALLARMI.....	23
2.3.1 <i>Anelli di regolazione</i> .....	24
2.3.2 <i>Strumentazione e sensoristica</i> .....	26
2.3.3 <i>Schemi elettrici di base</i> .....	27
2.4 DESCRIZIONE DEI SERVIZI AUSILIARI.....	28
2.5 SISTEMA DI ANALISI GAS ABB .....	29
3 CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO TRA TECNOLOGIA TRADIZIONALE E AG2S .....	31
4 DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEI COMPONENTI PRINCIPALI DEL PILOTA AG2S .....	31
4.1 SIMULAZIONE DELLA CINETICA NELLA SEZIONE DI REAZIONE .....	32
4.2 SIMULAZIONE TERMICA DELL'IMPIANTO PILOTA AG2S .....	33
4.3 BILANCI DI MASSA ED ENERGIA .....	34
4.4 DAT SHEET APPARECCHIATURE .....	36
5 CONCLUSIONI.....	37
6 BIBLIOGRAFIA.....	38
7 ALLEGATO 1 P&I DELL'IMPIANTO IOSTO .....	39
8 ALLEGATO 2 DATA SHEET DELLE APPARECCHIATURE- IOSTO .....	41
9 ALLEGATO 3 SCHEMI DI CONTROLLO -IOSTO.....	52
10 ALLEGATO 4 LAY-OUT CON VISTE -IOSTO .....	64
11 ALLEGATO 5 SCHEMI ELETTRICI DI BASE -IOSTO .....	67

## Sommario

Sotacarbo ha avviato già da diversi anni, in collaborazione con POLIMI – Politecnico di Milano, Dipartimento CMIC “Giulio Natta”, un’attività di studio e sperimentazione riguardo la reazione di ossidoriduzione di acido solfidrico e anidride carbonica per la produzione di gas di sintesi, composto essenzialmente da monossido di carbonio, vapore e idrogeno. Lo studio teorico, sviluppato da POLIMI e oggetto di brevetto, propone una reazione ad altissima temperatura in fase gassosa e promette di essere una soluzione particolarmente interessante, vista la possibilità di convertire in H<sub>2</sub> e CO (che possono ancora rappresentare un vettore energeticamente valido il cui contributo può essere facilmente estrapolato mediante reazione di combustione) sostanze dannose e/o pericolose per l’ambiente e l’uomo, quali l’H<sub>2</sub>S e il CO<sub>2</sub>. I risultati, validati con il contributo sperimentale, potranno rappresentare il punto di partenza per lo sviluppo di una tecnologia di riconversione particolarmente interessante in impianti di gassificazione che prevedono una linea di cattura di H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>, da cui, attraverso la rigenerazione dell’elemento sequestrante (ad es solventi amminici come MDEA) e l’applicazione di tale processo, ottenere un surplus di gas di sintesi e la contemporanea riduzione di emissioni inquinanti, a fronte di un riuso della CO<sub>2</sub>.

Nell’ambito del processo di trasferimento della tecnologia AG<sub>2</sub>S, è fondamentale portare le attività di sperimentazione e simulazione alla scala pilota. A seguito degli studi sperimentali condotti, esiste la possibilità di approfondire le conoscenze scientifiche e tecnologiche relative a questo processo su scala pilota, effettuando un revamping sull’impianto IOSTO, ubicato nella Piattaforma Pilota Sotacarbo.

Sono state in quest’ambito affidate al Politecnico di Milano, Dip. CMIC “Natta” le seguenti attività:

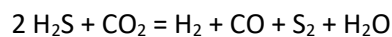
- Bilanci di massa ed energia al fine di definire le dimensioni di massima dei componenti principali;
- Data Sheet dei componenti principali

Esse risultano una prosecuzione delle attività già effettuate nell’ambito del PAR 2017.

## 1 Introduzione

Questo lavoro si inserisce negli studi svolti in seno all'Accordo di Collaborazione tra ENEA e Sotacarbo fanno parte del Piano Annuale di Realizzazione (PAR) 2018, ripartito in nove Progetti, riferito alla estensione della terza annualità dell'Accordo di Programma MiSE-ENEA 2015-2017, in particolare rivolto allo sviluppo di una ricerca dal titolo "PARTE A: Tecnologie per l'impiantistica energetica Low-Carbon" facente capo al piano annuale di realizzazione 2016 dell'Accordo di Programma MiSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico, ed in particolare agli ambiti attinenti il Tema di Ricerca "Tecnologie per l'impiantistica energetica Low-Carbon", Progetto A "Impianti ad emissione negativa: gassificazione e co-gassificazione di biomasse per lo sviluppo di piccoli sistemi energetici e trattamento del syngas", Obiettivo a.2 "Recupero e trattamento di gas e composti solforati provenienti da processi di gassificazione e combustione.

I gas di coda provenienti dalla rigenerazione dei solventi utilizzati per la desolforazione sono principalmente costituiti da H<sub>2</sub>S, oltre che da CO<sub>2</sub>, CO, COS e altri composti organosolforati. Tali correnti possono essere efficacemente convertite a gas di sintesi in base ad una nuova tecnologia (AG2S™, Acid Gas to Syngas) sviluppata presso il Politecnico di Milano secondo la reazione di ossido-riduzione:



Gli studi preliminari di modellazione e sperimentazione svolti in collaborazione con Sotacarbo SpA hanno mostrato l'efficacia di tale reazione a temperature relativamente elevate, tali per cui si ha la decomposizione termica dell'H<sub>2</sub>S, l'ossidazione dello zolfo ivi contenuto a zolfo elementare e, a seguito dello sviluppo di un pool radicalico, la riduzione di CO<sub>2</sub> a CO. Tale processo permette di neutralizzare l'H<sub>2</sub>S presente nei gas di coda, così come già avviene per alcuni processi di conversione, ma nel contempo valorizza il potenziale di idrogeno contenuto in questa molecola. Inoltre, il carattere innovativo del processo è nell'utilizzo di CO<sub>2</sub> come agente ossidante e non di aria o ossigeno come comunemente avviene. Ciò permette di convertire porzioni significative di CO<sub>2</sub> in gas sintesi.

L'interazione tra Politecnico di Milano e Centro Ricerche Sotacarbo è fortemente sinergica. L'attività sperimentale del Centro di Ricerca di Carbonia ha permesso di estendere e convalidare i modelli cinetici e matematici sviluppati presso il Politecnico, caratterizzando quindi in maggior dettaglio i meccanismi di reazione coinvolti nella reazione complessiva di ossido-riduzione per la produzione di gas di sintesi e, quindi, di ottimizzarne la resa.

A fronte degli studi preliminari, esiste la necessità di approfondire le conoscenze scientifiche e tecnologiche relative a questo processo, nonché di dimostrarne fattibilità e impatto su scale dimostrative ed industriali con forti ricadute in diverse aree tecnologiche come la gassificazione del carbone, la desolforazione di gas naturale e greggi, la produzione a impatto zero di metanolo e ammoniaca per citarne alcune.

Di recente è stato effettuato uno studio di fattibilità tecnica e economica del processo per la produzione di gas di sintesi con riferimento ad una scala tecnologica paragonabile a quella industriale. In particolare è stato eseguito un confronto techno-economico comparativo tra la tecnologia tradizionale (Traditional Technology, TT) per le unità di recupero zolfo e la nuova tecnologia AG2S e, al fine di istruire le attività di revamping per l'impianto IOSTO, sono stati effettuati studi di Grassroots e Refurbishing che risultano parte del confronto. I risultati ottenuti hanno evidenziato che la tecnologia AG2S risulta economicamente più appetibile della tecnologia tradizionale sia in termini di CapEx che di OpEx per impianti chiavi in mano, mentre il Refurbishing, d'altro canto, è decisamente più sensibile agli aspetti di ottimizzazione non ancora implementati.

Grazie a tali strumenti, è stato possibile, durante la presente fase, effettuare il dimensionamento di massima delle le principali unità che intervengono nella tecnologia AG2S, permettendo di limitare al minimo i rischi costruttivi e operativi nelle fasi di commissioning e refurbishing.

## 2 L'impianto IOSTO

### 2.1 Taglia e specifiche dell'impianto

L'impianto pilota (denominato *IOSTO Innovative Oxyflue SO2 Treatment and Oxydation*) è nato con l'obiettivo di studiare sperimentalmente le efficienze di conversione della reazione di ossidazione catalitica  $SO_2 + 1/2 O_2 \rightarrow SO_3$  e le rese di produzione di acido solforico commerciale dalla  $SO_2$  contenuta nei fumi di un ossi-combustore flameless. L'impianto è caratterizzato da una portata dei fumi in ingresso da trattare pari a  $3 \text{ Nm}^3/\text{h}$  (circa  $3.7 \text{ kg/h}$  in condizioni di progetto) ed è composto da due unità principali ovvero la sezione di reazione costituita da un reattore catalitico ad alta temperatura per la conversione dell'anidride solforosa in anidride solforica (che lavora in continuo) e la sezione di assorbimento in  $H_2O$  dell'anidride solforica e produzione di acido solforico concentrato (che lavora in modalità semi-batch).

L'impianto ha un duplice scopo: consentire la rimozione degli ossidi di zolfo dalla corrente di gas esausti in ingresso e produrre contemporaneamente acido solforico di grado commerciale. In questo modo vengono abbattuti i costi di smaltimento dei reflui prodotti dai tradizionali processi di desolforazione a freddo (tipo Desox) e nello stesso tempo la corrente gassosa di  $CO_2$  concentrata in uscita dalla sezione di assorbimento può essere inviata tal quale allo stoccaggio.



Figura 1 Vista frontale dell'impianto IOSTO



**Figura 2** Viste laterali dell'impianto IOSTO

I fumi di combustione ovvero la corrente gassosa in alimentazione all'impianto rappresentano gli effluenti tipici prodotti da un ossi-combustore pressurizzato di tipo flameless ad alta efficienza alimentato con slurry di carbone di basso rango (lignitico ad alto tenore di zolfo) e provengono da una caldaia di recupero termico (GVR) di tipo VELOX.

Su una base di servizio di 330 giorni annui (35 giorni di fermo programmato annuo, non necessariamente continuativi), l'impianto ha un fattore di servizio di 0,90; pari a 7.920 ore annue non necessariamente continuative.

In condizioni di progetto, la corrente gassosa spillata a valle di un turbo-espansore posizionato dopo la caldaia a recupero (GVR) ha le seguenti caratteristiche:

<b>"Fumi di combustione di ingresso reattore Stream Exhausted gas</b>	
Portata totale	4.5 kg/h (3 Nm <sup>3</sup> /h)
Temperatura	450°C
Pressione	0,2 barg
Composizione [%vol]	
Particolato	assente
Metalli pesanti e alcalini	assenti
NOx	assenti
CO <sub>2</sub>	56%
SO <sub>2</sub>	2
H <sub>2</sub> O	39
O <sub>2</sub>	3%

**Tabella 1** Composizione gas esausti da ossicombustore

Al fine di verificare le prestazioni dell'impianto, la corrente in alimentazione può anche essere costituita da un gas sintetico prodotto da bombole con caratteristiche analoghe ai fumi.

<b>"Fumi sintetici di ingresso reattore Stream Simulated gas</b>	
Portata totale	3,7 kg/h (3 Nm <sup>3</sup> /h)
Temperatura	25°C
Pressione	0,2 barg
Composizione [%vol]	
Particolato	assente
Metalli pesanti e alcalini	assenti
NO <sub>x</sub>	assenti
CO <sub>2</sub>	88%
SO <sub>2</sub>	3,15
N <sub>2</sub>	3,5
O <sub>2</sub>	4,75%

**Tabella 2** Composizione gas sintetici disidratati

In particolare i valori di temperatura e pressione della corrente sono le condizioni tipiche della corrente in uscita dal turbo espansore posizionato a valle della caldaia.

In termini di prestazioni nominali, l'impianto è caratterizzato da una efficienza di conversione SO<sub>2</sub>-SO<sub>3</sub> pari a 99.7 % mol e un grado di purezza della corrente di CO<sub>2</sub> in uscita dalla colonna di assorbimento pari a 97% mol.

<b>Fumi di combustione uscita reattore</b>	
Portata totale	3,7 kg/h (1,8 Nm <sup>3</sup> /h)
Temperatura	350
Pressione	0,2
Composizione [%vol]	
Particolato	assente
Metalli pesanti e alcalini	assenti
CO <sub>2</sub>	90%
SO <sub>2</sub> -SO <sub>3</sub>	0,01 % -3,20 %
H <sub>2</sub> O	3,54%
O <sub>2</sub>	3,22 %

**Tabella 3** Composizione fumi uscita reattore



Fumi uscita colonna ricchi in CO2	
Portata totale	3,4 kg/h 1,8 Nm3/h
Temperatura	40
Pressione	0,2 barg
Composizione [%vol]	
Particolato	assente
Metalli pesanti e alcalini	assenti
NOx	assenti
CO2	96%
SO2	0,01%
H2O	0
O2	3,48

Tabella 4 Composizione

fumi uscita colonna

## 2.2 Descrizione del processo

### 2.2.1 Principali fasi del processo

Il processo complessivo consta delle fasi seguenti:

- Disidratazione dei fumi di combustione;
- Riscaldamento dei fumi disidratati in ingresso al reattore alla temperatura di 350°C;
- Reazione catalitica (ossidazione da SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub>);



- Assorbimento della SO<sub>3</sub> in H<sub>2</sub>O per formare H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



Durante la fase di start-up è necessario scaldare tramite un riscaldatore elettrico l'alimentazione disidratata fino a una temperatura idonea per l'inizio della reazione di ossidazione. A tal fine è anche previsto il recupero termico del calore dei fumi di combustione tramite uno scambiatore di calore che riscalda l'alimentazione disidratata. Nel caso di alimentazione costituita da gas sintetico, il riscaldatore elettrico dovrà funzionare per l'intera durata del processo.

Tutte le reazioni che avvengono all'interno del processo sono esotermiche.

L'ossidazione da SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> è una reazione catalitica e prevede l'utilizzo di un catalizzatore al Pt o V2O5 con temperatura di soglia <300°C o <500. La temperatura media della reazione è di circa 350 °C nel caso del platino e 450°C nel caso del vanadio.

Il reattore a due stadi catalitici è dotato di due riscaldatori elettrici (uno per ciascuno stadio) al fine di mantenere costante la temperatura della reazione.

Tra i due stadi catalitici è inoltre previsto un raffreddamento intermedio vista l'esotermicità delle reazioni.

Lo stadio di inter-refrigerazione potrà essere coibentato con coppelle in lana di roccia in relazione alle rese di conversione della reazione catalitica in modo da spingere la reazione di ossidazione verso l'equilibrio.



Figura 3 Coibentazione intercooler tra i due stadi del reattore

La colonna di assorbimento, a differenza delle altre apparecchiature, è esercita in modalità discontinua. In particolare all'inizio del ciclo di lavoro dell'impianto, il fondo-colonna viene riempito con acqua o una soluzione acida di  $H_2SO_4$  a una concentrazione inferiore rispetto a quella commerciale.

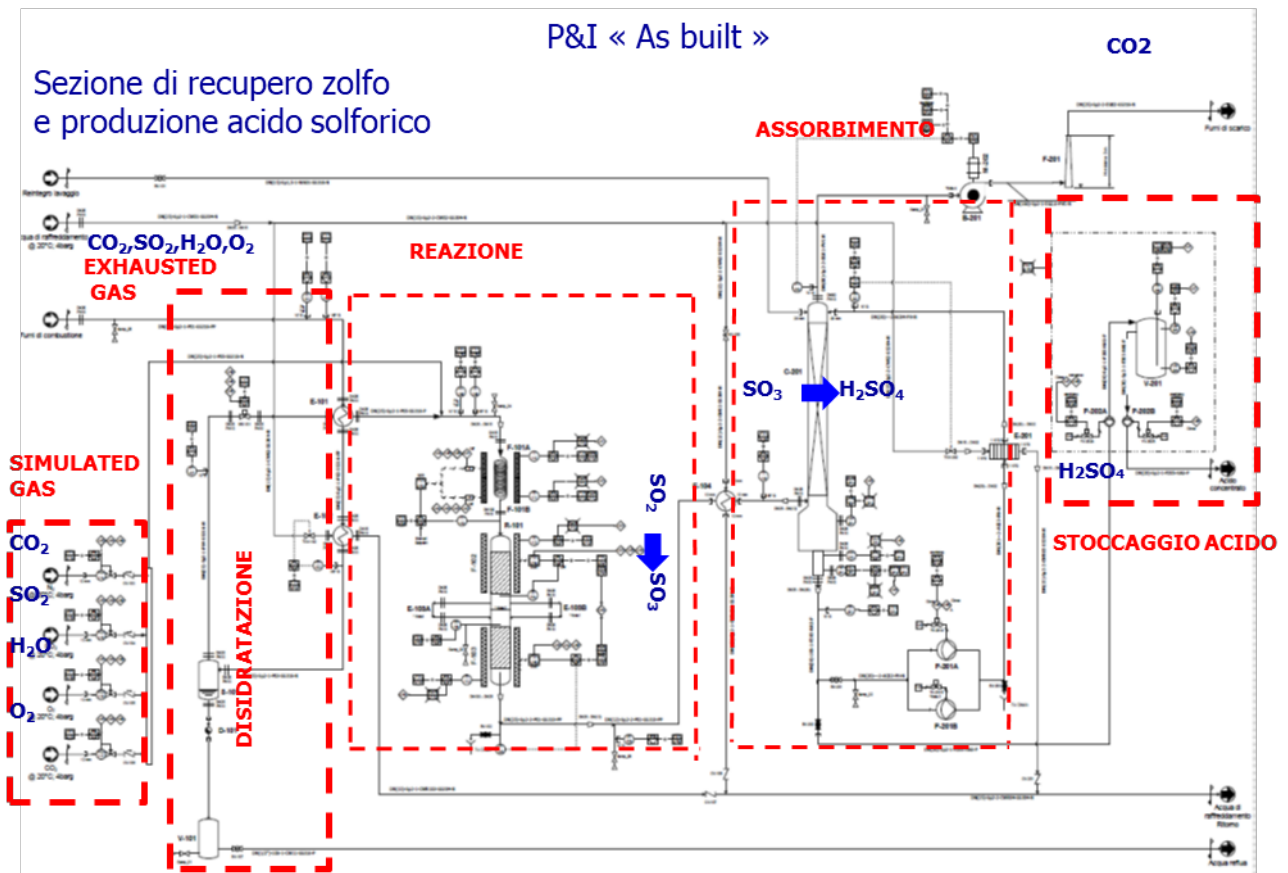
I cicli di produzione di acido solforico prevedono le seguenti fasi:

- Riempimento fondo colonna con 10 kg di  $H_2O$  pura con produzione di 140 kg di  $H_2SO_4$  al 98% in circa 700 h;
- Riempimento fondo colonna inizialmente con 10 kg di  $H_2O$  fino alla produzione di  $H_2SO_4$  al 50% in circa 48 h e successivamente riempimento fondo colonna con 10 kg di  $H_2SO_4$  al 50 % con produzione di 75 kg di  $H_2SO_4$  al 98% in circa 347 h.

I fumi in uscita dal reattore, che attraversano la colonna in controcorrente con l'acqua, producono l'acido solforico che viene ricircolato continuamente in testa alla colonna dopo essere stato raffreddato in uno scambiatore sulla linea di ricircolo. L'acido prodotto viene raccolto sul fondo della colonna. I fumi ricchi di  $CO_2$  e contenenti  $O_2$  vengono spurgati dall'alto della colonna e inviati al camino.

La corrente gassosa e la corrente liquida escono dalla colonna a circa  $40^\circ C$ .

Uno schema che evidenzia le diverse fasi del processo è riportato in Figura 4.



Due tipi di alimentazione:

Alimentazione Exhausted gas ad alta T (350 -450 °C)

Alimentazione Simulated Gas - Tamb

Corrente in ingresso ricca in CO<sub>2</sub> con basse concentrazioni di SO<sub>2</sub> dell'ordine del 2 % vol

Figura 4 Schema a blocchi dell'impianto

### 2.2.2 Sezioni principali dell'impianto

L'impianto pilota consta di due sezioni principali (cosiddette Package Units e indicate nel seguito con P.U.):

- P.U. 01 comprendente
  - Sezione di disidratazione e riscaldamento dei fumi (in continuo);
  - Sezione di Reazione (in continuo);
- P.U. 02 comprendente
  - Sezione di Assorbimento (in semi-batch).

Nella prima avviene la conversione catalitica dell'anidride solforosa SO<sub>2</sub> in anidride solforica SO<sub>3</sub>.

Nella seconda avviene la produzione di acido solforico concentrato (al 98%) per assorbimento dell'anidride solforica SO<sub>3</sub> in acqua.

L'impianto è dotato di sistema di supervisione e controllo così come riportato nel P&I dell'impianto allegato.

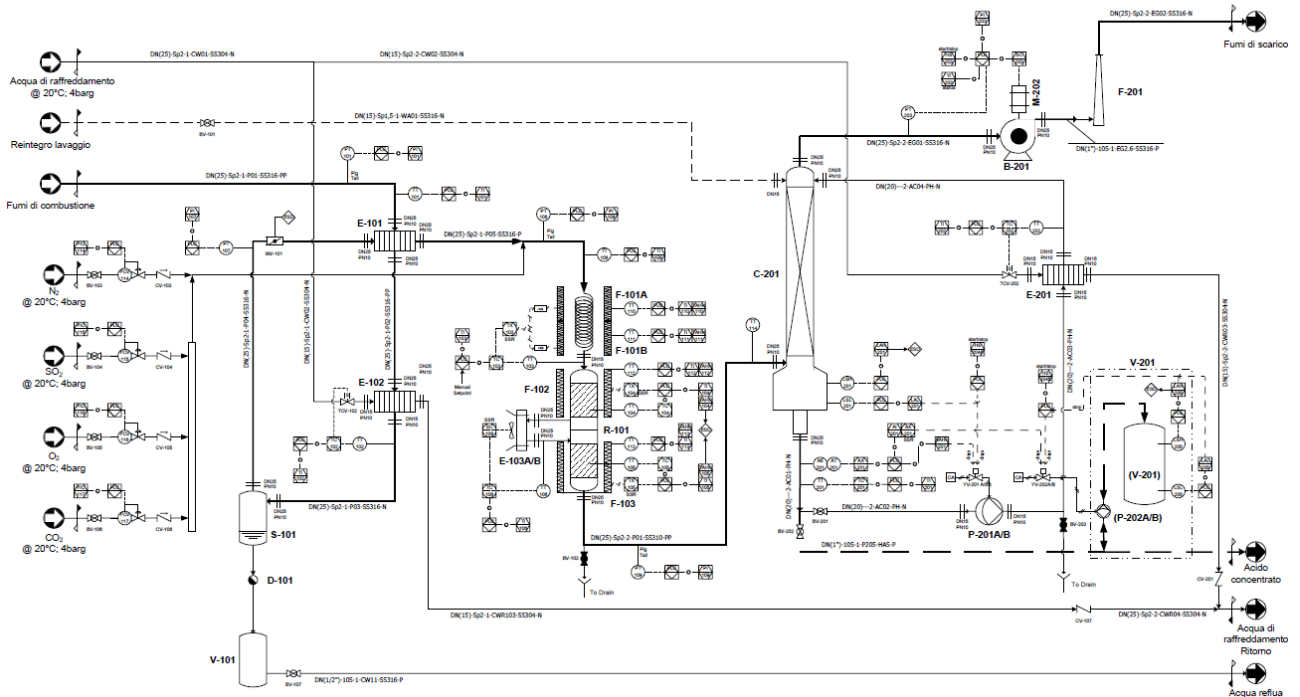


Figura 5 P&I della configurazione finale dell'unità

### 2.2.3 Sezione di disidratazione dei fumi

La sezione di disidratazione (Figura 6, i cui dati di progetto sono riportati in Tabella 5) è costituita dai due scambiatori E-101 e E-102.

Lo scambiatore di calore rigenerativo gas-gas E-101 a doppio tubo ha la funzione di recupero termico del calore dei fumi di combustione (Temperatura operativa<sub>latocaldoIN</sub>= 400, Temperatura operativa<sub>latocaldoOUT</sub>= 190 °C). Il calore scambiato è circa 1 kW. Il materiale del mantello esterno e del tubo interno è AISI 316. Le guarnizioni sono in mica.

Lo scambiatore di calore gas-liquido E-102 a doppio tubo ha la funzione di condensatore per la disidratazione dei fumi di combustione utilizzando acqua di raffreddamento a circa 20°C (Temperatura operativa<sub>latocaldoIN</sub>= 190, Temperatura operativa<sub>latocaldoOUT</sub>= 30 °C). Il calore scambiato è pari a 1,5 kW. Il materiale del mantello e delle piastre è AISI 316 mentre le guarnizioni sono in mica.

**Tabella 5 Dati di progetto sezione disidratazione**

TAG	Descrizione	Servizio
E-101	Scambiatore rigenerativo	Recupero calore fumi caldi
<b>Dati geometrici</b>		
-		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Pressione operativa nominale 0.2 barg		
Temperatura di esercizio lato caldo da 400°C a 190°C		
Temperatura di esercizio lato freddo da 30°C a 300°C		
Portata gas lato caldo		
3 Nm <sup>3</sup> /h		
6 m <sup>3</sup> /h		
4.5 kg/h		
Portata gas lato freddo 1.9 Nm <sup>3</sup> /h		
<b>Materiale</b>		
AISI 316/AISI316/mica		



E-101 Scambiatore rigenerativo  
E-102 Condensatore  
S-101 Separatore condense  
V-101 Serbatoio condensa

**Figura 6 Sezione di disidratazione –exhausted gas**

#### 2.2.4 Sezione di Reazione

All'ingresso del reattore di conversione è installato un riscaldatore elettrico in materiale ceramico rivestito in AISI 316, con la funzione di preriscaldamento della corrente gassosa disidratata al reattore. La

temperatura di progetto del riscaldatore è di 1500 °C con una temperatura operativa di 250/350 °C. Il calore scambiato è pari a 1.5 kW<sub>th</sub> per una potenza elettrica installata pari a 2,1 kW.

Il reattore catalitico R-101 a pressione atmosferica (0.2 barg) (Figura 7, i cui dati di progetto sono riportati in Tabella 6) è costituito da due stadi per la conversione dell'SO<sub>2</sub> in anidride solforica SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (in tracce). Costruito in Hastelloy per le parti interne, e in AISI 310/316 per le altre. Il reattore ha le seguenti caratteristiche geometriche principali: Diametro interno = 83 mm, Lunghezza = 960 mm, spessore della parete = 3 mm. La reazione esotermica (con costante della velocità di reazione 0.2 s<sup>-1</sup>) avviene in due strati di catalizzatore di Pt (temperatura di soglia 300°C) o vanadio (temperatura di soglia 400°C) opportunamente coibentati tra i quali è posto il sistema di raffreddamento intermedio E-103. La temperatura operativa dello stadio di reazione è compresa tra 350 e 450 °C. La temperatura di progetto è di 600 °C. In ciascuno dei due stadi di reazione è presente un riscaldatore elettrico (i cui dati di progetto sono riportati in Tabella 6) in materiale ceramico con la funzione di garantire il mantenimento della temperatura dello stadio (range di temperatura = 350/450 °C, Temperatura di progetto = 1500°C, Calore scambiato = 1.5 kW<sub>th</sub>, Potenza installata = 2,1 kW).

Tra i due stadi è previsto un raffreddamento intermedio della corrente di gas attraverso uno scambiatore di calore per garantire il controllo della temperatura nel reattore. E' prevista la possibilità di coibentare lo stadio di intercooling con cospelle di lana di roccia.



Figura 7 Reattore catalitico - R101

**Tabella 6 Dati di progetto del reattore e dei riscaldatori**

<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Servizio</b>
<b>R101</b>	Reattore	Ossidazione catalitica
<b>Dati geometrici</b>		
Diametro interno 83 mm		
Altezza 960 mm		
Volume nominale 0.005 m <sup>3</sup>		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Pressione operativa nominale 0.2 barg (-0.001 bar)		
Temperatura di esercizio 350°C ( max 450 °C)		
Temperatura di parete 350°C		
Temperatura progetto 600°C		
Portata gas 3.65 kg/h		
Superficie di scambio totale 0.097 m <sup>2</sup>		
<b>Materiale</b>		
AISI 316/AISI 310		

<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Servizio</b>
<b>F-101</b>	Riscaldatore elettrico start up	Riscaldamento fumi secchi
<b>Dati geometrici</b>		
-		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Potenza installata 2.1 kW (240 V, 50 Hz)		
Temperatura di progetto 1500°C		
Portata gas da riscaldare 1.9 m <sup>3</sup> /h@ 0.2 barg		
Riscaldamento da 30 a 300 °C		
<b>Materiale</b>		
Fibra ceramica e AISI 316		
<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Servizio</b>
<b>F-102/103</b>	Riscaldatore elettrico reattore	Mantenimento temperatura
<b>Dati geometrici</b>		
-		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Potenza installata 2.1 kW (240 V, 50 Hz)		
Temperatura di progetto 1500°C		
Portata gas da riscaldare 1.9 m <sup>3</sup> /h@ 0.15 barg		
Mantenimento temperatura a 350°C		
<b>Materiale</b>		
Fibra ceramica e AISI 316		

### 2.2.5 Sezione di Assorbimento

La produzione di acido solforico avviene nella colonna di assorbimento liquido-gas C-201 (Figura 8 i cui dati di progetto sono riportati in Tabella 7) nella quale si produce l'acido solforico concentrato per assorbimento con reazione chimica esotermica fra  $\text{SO}_3$  e acqua o acido a concentrazione minore di 98%. La colonna ha le seguenti caratteristiche geometriche principali: Diametro interno = 54 mm, Lunghezza = 2000 mm, spessore della parete = 3 mm. La temperatura di progetto è 200°C. La colonna è realizzata in PVDF: le guarnizioni sono in teflon. Il gas alimentato in colonna viene raffreddato da uno scambiatore a fascio tubiero (Figura 9) ad acqua per abbattere la temperatura da 350/450°C a circa 50°C.

È previsto un serbatoio di accumulo dell' $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrato T-201 (Figura 11) con la funzione di raccogliere l'acido prodotto e scaricato in modalità discontinua. Il diametro interno è di 500 mm, la lunghezza di 500 mm e lo spessore è pari a 3 mm. La temperatura operativa massima è di 70 °C (40 °C in condizioni normali). La temperatura di progetto è di 200 °C. Il serbatoio è coibentato ed è realizzato in PVDF, le guarnizioni sono in teflon;

Attraverso lo scambiatore E-201 liquido-liquido (Figura 10) si raffredda la corrente liquida di ricircolo della colonna (Calore scambiato = 2,5 kW, Duty 2.5).

Il ricircolo alla colonna avviene tramite una pompa centrifuga con una portata caratteristica di 100 l/h in Hastelloy.



Figura 8 Colonna di assorbimento -C201





**Figura 9 Scambiatore gas –liquido ingresso colonna**



**Figura 10 Scambiatore a piastre e pompe rilancio soluzione**

Tabella 7 dati di progetto della colonna e dello scambiatore a piastre

<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Servizio</b>
<b>C201</b>	Colonna assorbimento	Produzione H2SO4
<b>Dati geometrici</b>		
Diametro interno 90 mm		
Altezza 4000 mm		
Spessore delle pareti 3 mm		
Volume nominale colonna 0.0048 m <sup>3</sup>		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Pressione operativa nominale 0.2 barg (max 0.25 barg)		
Temperatura di esercizio 40°C ( max 70 °C)		
Temperatura di progetto 200°C		
Portata del liquido ricircolato 180 kg/h		
Portata gas 3.65 kg/h		
Densità del liquido da 993 kg/m <sup>3</sup> (acqua) a 1810 kg/m <sup>3</sup> (H2SO4 al 98 %)		
Viscosità dinamica da 0.8 ( acqua ) a 17 cP (H2SO4 al 98 %)		
<b>Materiale</b>		
PVDF		

<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Servizio</b>
<b>E-201</b>	Scambiatore su linea di ricircolo soluzione	Raffreddamento liquido colonna
<b>Dati geometrici</b>		
-		
<b>Condizioni operative e proprietà dei fluidi</b>		
Pressione operativa nominale 0.15 barg		
Temperatura di esercizio lato caldo da 40°C a 30°C		
Temperatura di esercizio lato freddo da 20°C a 35°C		
Portata liquido da raffreddare 0.1 m <sup>3</sup> /h		
<b>Materiale</b>		
Hastelloy/Hastelloy/teflon		



**Figura 11** Stoccaggio acido –V201 (1000 l)

### 2.2.6 Descrizione delle apparecchiature

L'impianto è montato su skid ed è costituito da varie apparecchiature appartenenti alle due sezioni: reazione e assorbimento. Le apparecchiature che compongono le due unità con alcune della loro caratteristiche son riportate in **Tabella 8** e descritte nel seguito più dettagliatamente.

**Tabella 8 Equipment list**

Tag	Sezione	Q.tà	Descrizione	Servizio	Dimensione caratteristica	Note
E-101	Reazione	1	Scambiatore di calore	Recupero termico fumi combustione	1 kW	AISI 316
E-102	Reazione	1	Scambiatore di calore	Condensatore H <sub>2</sub> O	1.5 kW	AISI 316
E-103	Reazione	1	Scambiatore di calore	Raffreddamento intermedio	1 kW	Hastelloy acciaio rivestito
F-101	Reazione	1	Riscaldatore elettrico	Start up riscaldamento fumi		
F-102	Reazione	1	Riscaldatore elettrico	Riscaldamento 1° letto catalitico		
F-103	Reazione	1	Riscaldatore elettrico	Riscaldamento 2° letto catalitico		
R-101	Reazione	1	Reattore catalitico	Conversione SO <sub>2</sub> in SO <sub>3</sub>	0.2 s <sup>-1</sup>	Hastelloy acciaio rivestito
S-101	Reazione	1	Separatore condensa	Separazione acqua da fumi		AISI 316
D-101	Reazione	1	Scaricatore condensa	Scarico condensa		AISI 316
C-201	Assorbimento	1	Colonna assorbimento	Produzione H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		PVDF
P-201	Assorbimento	1	Pompa ricircolo	Pompa di ricircolo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100 l/h	Hastelloy acciaio rivestito
M-201	Assorbimento	1	Motore pompa	-		
E-201	Assorbimento	1	Scambiatore di calore	Raffreddamento ricircolo	2.5 kW	Hastelloy acciaio rivestito

Altre apparecchiature:

- Ventilatore centrifugo a pale rovesce in materiale plastico –cassa a spirale in PE, girante a semplice aspirazione in PP con pale rovesce e mozzo in alluminio, motore asincrono per funzionamento continuo a carico costante
- Pompe di carico e scarico acido pneumatiche a doppio membrana sede in PP/PVDF e membrana in santoprene/teflon
- Separatore condense AISI 316
- Serbatoio condense materiale plastico HDPE (100 litri)
- Pompe a membrana di ricircolo soluzione corpo in PP/PP+CF/ECTFE organi interni in PTFE Viton

### 2.2.7 Caratteristiche del piping

Le caratteristiche delle tubazioni (tra cui il diametro nominale, tipo di fluido etc) sono riportate per ciascuna linea sul P&I in allegato.

Tutti i materiali (tubazioni, giunti, raccordi, flange, valvole ed altri accessori), a contatto con i fluidi di processo sono realizzati in materiale compatibile con le condizioni di lavoro e il fluido come specificato nella Tabella 9.

**Tabella 9 Compatibilità materiali piping**

Fase	Sostanza			Condizioni di progetto meccanico				Costruzione	
	Servizio	composizione	tipo	T progetto °C	T Minima °C	P Progetto barg	P minima barg	piping	Guarnizione
<b>liquido</b>	Acqua di raffreddamento	H <sub>2</sub> O	neutro	20/35 °C		2		AISI 304	
<b>Liquido</b>	Reintegro soluzione acquosa in colonna	H <sub>2</sub> O o acido diluito	Neutro o acido	20		0		AISI 316	teflon
<b>Gas</b>	Fumi alimentati ingresso reattore	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Sostanze che producono gas infiammabili o fluidi aggressivi	20/450°C		0,2		AISI 316	
<b>Gas</b>	Fumi raffreddati e disidratati	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Sostanze che producono gas infiammabili o fluidi aggressivi	30°C				AISI 316	
<b>Gas</b>	Fumi ossidati caldi	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O	Sostanze che producono gas infiammabili o fluidi aggressivi	350				AISI310S	
<b>Liquido</b>	Acido concentrato ricircolato	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acido corrosivo	40		0		Materiale plastico	
<b>Liquido</b>	Acido concentrato stoccato	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acido corrosivo	40		0		PVDF	
<b>Gas</b>	Fumi di scarico	CO <sub>2</sub>	neutro		40	<0.5		AISI 316	teflon

In sintesi, i materiali scelti in quanto giudicati compatibili sono stati:

- acciai austenitici AISI-316 per le componenti impiantistiche e il piping a monte del reattore R-101;
- leghe resistenti alla corrosione Hastelloy per le componenti impiantistiche e il piping a valle del reattore R-101, esso compreso;
- PVDF e teflon, in alternativa alle leghe Hastelloy per le componenti impiantistiche e il piping a valle del reattore R-101.

E' stato escluso l'utilizzo di acciaio al carbonio, alluminio, ottone e bronzo.

L'utilizzo dell'acciaio al carbonio o ottone è consentito per l'impiego di fluidi relativi ai servizi ausiliari.

### 2.2.8 Prese di campionamento

Vista la natura sperimentale dell'impianto, sono state predisposte adeguate prese di campionamento (A.C.) al fine di procedere all'analisi della composizione delle correnti e valutare l'efficienza delle singole apparecchiature.

I punti di campionamento principali predisposti sono:

#### Lato Liquido

- A.C. sulla linea dell'acqua reflua USCITA 8 proveniente dal processo di disidratazione dei fumi di combustione;
- A.C. sulla linea di ricircolo dell'acido concentrato USCITA 5 dalla colonna di assorbimento C-201.

#### Lato Gas

- A.C. sulla linea dei fumi di combustione INGRESSO1 in alimentazione all'impianto;
- A.C. sulla linea dei fumi di combustione CORRENTE 1.1 all'ingresso del reattore R-101;
- A.C. tra i due stati di reazione catalitici del reattore R-101;
- A.C. sulla linea dei fumi di combustione ossidati CORRENTE 3 in uscita al reattore R-101
- A.C. sulla linea dei fumi di scarico USCITA 2.5 in uscita dalla colonna di assorbimento C-201.

### 2.2.9 Guarnizioni e tenute

Per quanto riguarda le guarnizioni e tenute, sul lato processo sono risultati utilizzati i seguenti materiali (in ordine di preferenza) :

- PTFE (Teflon)
- Kynar, Polifluoruro di vinilidene (PVDF)
- Noryl
- Kalrez
- Polychlorotrifluoroethylene (PTCFE) – Neoflon
- Viton

Invece sono stati esclusi i seguenti:

- EPDM, elastomero etilene propilene
- FPM o FKM, elastomero fluorurato (Viton)
- PEEK
- NBR, gomma nitrilica
- Silicone
- SBR

### 2.3 Sistema di controllo e gestione degli allarmi

Per la gestione operativa del processo è installato un Quadro di Controllo posizionato a bordo dello skid che garantisce:

- la conduzione (anche in modalità manuale) delle unità attraverso il monitoraggio delle principali variabili di processo;
- l'archiviazione dei dati;
- l'intervento dell'operatore sulle variabili manipolabili, sui set-point o direttamente sull'apertura delle valvole (in manuale).

E' costituito da due sistemi che permettono il controllo dell'impianto, la gestione delle operazioni in sicurezza e la comunicazione attraverso l'impianto:

- Sistema di controllo compresi i moduli di acquisizione (PLC);
- Sistema di Spegnimento d'Emergenza (ESD).

Il Quadro di Controllo (Figura 12) è il centro principale di controllo sia durante le normali operazioni che durante le fasi di emergenza. Le principali azioni per il normale funzionamento in sicurezza dell'impianto sono effettuate dal Quadro di Controllo attraverso un software di controllo con interfaccia touch screen fronte quadro, dove sono implementate tutte le operazioni logiche e le sequenze. In caso di emergenza gli interblocchi implementati nell'ESD eseguono le azioni di protezione. Il sistema registra, rende visibili e gestisce gli allarmi provenienti dal processo per garantire l'intervento dell'operatore.

Il quadro di controllo dell'impianto è integrato con un PLC di tipo "High Performance" in grado di garantire la massima affidabilità di comunicazione e sicurezza. Il sistema hardware e software di controllo è stato sviluppato per permettere future espansioni. Sono stati integrati tutti i moduli di acquisizione e controllo necessari a gestire il maggiore numero di segnali rispetto a quelli predisposti inizialmente.



**Figura 12** Quadro elettrico di controllo

Le variabili di controllo e le misure principali (ad es. temperature, pressioni) sono visualizzate e rese disponibili per la ripetizione dei segnali prevalentemente del tipo:

- 4..20 mA (uscita di regolazione in continuo di tipo proporzionale);
- Digitali input/output (0..24VDC;0..115 VAC; 0..230 VAC) predisposti per l'uscita ON/OFF.

Il Quadro di Controllo è collocato in zona sicura (zona non classificata ai sensi della normativa ATEX) ed è predisposto per il funzionamento all'aperto (IP55) opportunamente riparato al fine di proteggere gli schermi dei controllori dalla luce solare.

Tutti i loop di controllo possono essere comandati, impostati e monitorati sul quadro attraverso i diversi moduli di controllo, interruttori, pulsanti e spie luminose poste su di esso. Gli allarmi di malfunzionamento sono visualizzati tramite apposite spie applicate sul quadro.

L'impianto è dotato di opportuni strumenti e componenti di sicurezza che permettono di identificare condizioni anomale di funzionamento.

### 2.3.1 Anelli di regolazione

Di seguito vengono riportati i loop di controllo principali relativi alle due sezioni (reazione e assorbimento) dell'impianto:

#### P.U. 01 **Reazione**

- LOOP 101 Misura e indicazione di temperatura e pressione sulla linea dei fumi di combustione in ingresso;
- LOOP 102 controllo della temperatura dei fumi di combustione nella sezione di disidratazione (variabile controllata temperatura dei fumi TT-102 variabile manipolata portata acqua di raffreddamento tramite la valvola TCV-102;
- LOOP 103 controllo della temperatura dei fumi di combustione in ingresso al reattore R-101 (variabile controllata temperatura dei fumi TT-103 variabile manipolata potenza erogata dal riscaldatore elettrico F-101 tramite solid state relè);
- LOOP 104 controllo della temperatura dei fumi di combustione all'interno del primo letto catalitico R-101 (variabile controllata temperatura dei fumi TT-104 variabile manipolata potenza erogata dal riscaldatore elettrico F-102 tramite solid state relè); Allarme di alta temperatura TAHH-104 per attivazione di spegnimento di emergenza impianto;
- LOOP 105 controllo della temperatura dei fumi di combustione all'interno del secondo letto catalitico R-101 (variabile controllata temperatura dei fumi TT-105 variabile manipolata potenza erogata dal riscaldatore elettrico F-103 tramite solid state relè); Allarme di alta temperatura TAHH-105 per attivazione di spegnimento di emergenza impianto;
- LOOP 106 controllo della temperatura dei fumi di combustione tra i due letti catalitici del reattore R-101 (variabile controllata temperatura dei fumi TT-106 variabile manipolata potenza di aria di raffreddamento tramite solid state relè che agisce su E-103);
- LOOP 107 misura e indicazione di pressione sulla linea dei fumi di combustione in uscita da S-101;
- LOOP 108 misura e indicazione di pressione sulla linea dei fumi di combustione in ingresso al reattore R-101;
- LOOP 109 misura e indicazione di pressione sulla linea dei fumi ossidati in uscita dal reattore R-101.

#### P.U. 02 **Assorbimento**

- LOOP 201 Controllo del livello di liquido nel serbatoio di accumulo T-201 della colonna C-201 ; presenza di Level Switch LSH-201 (alto livello manda sistema in ESD); presenza Level Switch LSL-201 (basso livello ferma la pompa di ricircolo P-201); controllo di concentrazione di acido sulla linea di ricircolo tramite l'analizzatore AE-201; presenza di allarme di alta concentrazione AAHH-201 che ferma la pompa P-201 da PLC; misura e indicazione di temperatura sulla linea di ricircolo in uscita dalla colonna;



- LOOP 202 controllo della temperatura del ricircolo da raffreddare per il reintegro in colonna ( variabile controllata temperatura del ricircolo con termocoppia TT-202 variabile manipolata portata acqua di raffreddamento tramite valvola TCV-202
- LOOP 203 controllo della pressione dell'impianto tramite soffiante

2.3.2 Strumentazione e sensoristica

I sensori presenti sulle linee delle due unità P.U, con le principali caratteristiche sono riportati in Tabella 10. **L'origine riferimento non è stata trovata.** e descritte dettagliatamente nel seguito:

Tabella 10: I/O summary

PU	TAG	I/O	q. ty q. tà	Description Descrizione	Measure Misura			Power Supply Alimentazione			Analog I/O Analogico			
					From Da	To a	[uom] [udm]	Voltage	Colonna1	Power Potenza	[uom] [udm]	From Da3	To a4	[uom] [udm]
101	PT-101	Input	1	PT ingresso Fumi di combustione	0	1	barg	24	DC	1	W	4	20	mA
101	TT-101	Input	1	TT ingresso Fumi di combustione	-270	1370	°C							
101	TT-102	Input	1	TT Fumi di combustione freddi	-270	1370	°C							
101	TCV-102	Output	1	Regolazione portata d'acqua di raffreddamento (E-102)								4	20	mA
101	TT-103	Input	1	TT ingresso al Reattore del Fumi di combustione	-270	1370	°C							
101	TX-103	Output	1	Solid State Relè riscaldatore F-101								4	20	mA
101	TT-104	Input	1	TT primo letto catalitico Reattore	-270	1370	°C							
101	TX-104	Output	1	Solid State Relè riscaldatore F-102								4	20	mA
101	TT-105	Input	1	TT secondo letto catalitico Reattore	-270	1370	°C							
101	TX-105	Output	1	Relè riscaldatore F-103								4	20	mA
101	TT-106	Input	1	TT secondo ingresso al Reattore	-270	1370	°C							
101	TX-106	Output	1	Solid State Relè riscaldatore E-103								4	20	mA
101	PT-107	Input	1	PT Fumi di combustione freddi	0	1	barg	24	DC	1	W	4	20	mA
101	PT-108	Input	1	PT ingresso al Reattore del Fumi di combustione	0	1	barg	24	DC	1	W	4	20	mA
101	PT-109	Input	1	PT ingresso Fumi nella Colonna	0	1	barg	24	DC	1	W	4	20	mA
102	AT-201	Input	1	Composizione Soluzione in uscita dalla Colonna	0	0.78	kg/h	24	DC			4	20	mA
102	ALHH-201	Output	1	Step sulla pompa P-201										
102	TT-201	Input	1	Temperatura Soluzione in uscita dalla Colonna	-270	1370	°C							
102	LSH-201	Input	1	Livello stato di alto del Serbatoio										
102	LSL-201	Input	1	Livello stato di basso del Serbatoio										
102	LAL-201	Output	1	Step sulla pompa P-201										
102	TT-202	Input	1	TT ingresso del Reintegro in Colonna	-270	1370	°C							
102	TCV-202	Output	1	Regolazione portata d'acqua di raffreddamento (E-201)								4	20	mA

P.U. 01 Reazione

- TT-101 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura dei fumi di combustione in ingresso allo scambiatore E-101, Type K (-200 / 1398 °C);
- PT-101 (Q.tà 1) Misuratore di pressione dei fumi di combustione prima della loro disidratazione (0-1 bar, Potenza fornita 12 V);
- TT-102 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura dei fumi di combustione raffreddati, Type K (-200 / 1398 °C);
- TT-103 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura dei fumi di combustione in ingresso a R-101 (controllo F-101), Type K (-200 / 1398 °C);
- TT-104 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura del primo letto catalitico (Controllo F-102), Type K (-200 / 1398 °C);
- TT-105 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura del secondo letto catalitico (Controllo F-103), Type K (-200 / 1398 °C);
- TT-106 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura dell'aria di raffreddamento (Controllo E-103), Type K (-200 / 1398 °C);
- PT-107 (Q.tà 1) Misuratore di pressione dei fumi di combustione dopo la separazione della condensa (0-1 bar, Potenza fornita 12 V);
- PT-108 (Q.tà 1) Misuratore di pressione dei fumi di combustione riscaldati dopo la separazione della condensa (0-1 bar, Potenza fornita 12 V);
- PT-109 (Q.tà 1) Misuratore di pressione dei fumi ossidati in ingresso alla colonna (0-1 bar, Potenza fornita 12 V);
- TX-103 (Q.tà 1) Relè on-off del riscaldatore F-101 al fine di mantenere la temperatura costante sul reattore (Potenza fornita 230 V);
- TX-104 (Q.tà 1) Relè on-off del riscaldatore F-102 al fine di mantenere la temperatura costante sul reattore (Potenza fornita 230 V);

- TX-105 (Q.tà 1) Relè on-off del riscaldatore F-103 al fine di mantenere la temperatura costante sul reattore (Potenza fornita 230 V);
- SC-106 (Q.tà 1) Inverter, controllo della portata d'aria di raffreddamento al reattore R-101 (Potenza fornita 230 V)

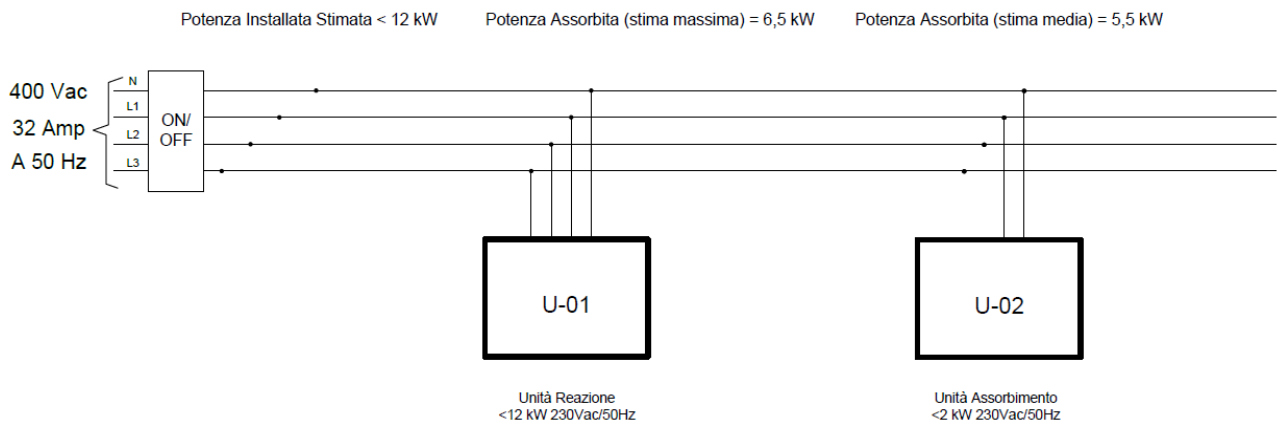
#### P.U. 02 Assorbimento

- TT-201 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura della soluzione acida (ricircolo/acido concentrato) in uscita alla colonna C-201, Type K (-200 / 1398 °C);
- TT-202 (Q.tà 1) Misuratore della temperatura del ricircolo della soluzione acida in colonna, Type K (-200 / 1398 °C);
- PT-203 (Q.tà 1) Misuratore di pressione dei fumi di scarico in uscita dalla colonna (0-1 bar, Potenza fornita 12 V);
- LSH-201 (Q.tà 1) Controllo del livello di liquido (alto) nella colonna C-201(Potenza fornita 24 V);
- LSL-201 (Q.tà 1) Controllo del livello di liquido (basso) nella colonna C-201 (Potenza fornita 24 V);
- AE-201 (Q.tà 1) Sensore per l'analisi della composizione della soluzione acida (ricircolo/acido), (Potenza fornita 24 V);
- AT-201 (Q.tà 1) Trasmettitore della composizione per il sensore AE-201

#### 2.3.3 Schemi elettrici di base

L'impianto assorbe una potenza elettrica massima pari a 6.5 kW.

Di seguito (Figura 13 e Figura 14) sono riportati gli schemi elettrici di base.



**Figura 13 Schema elettrico di base dell'unità di reazione e assorbimento**

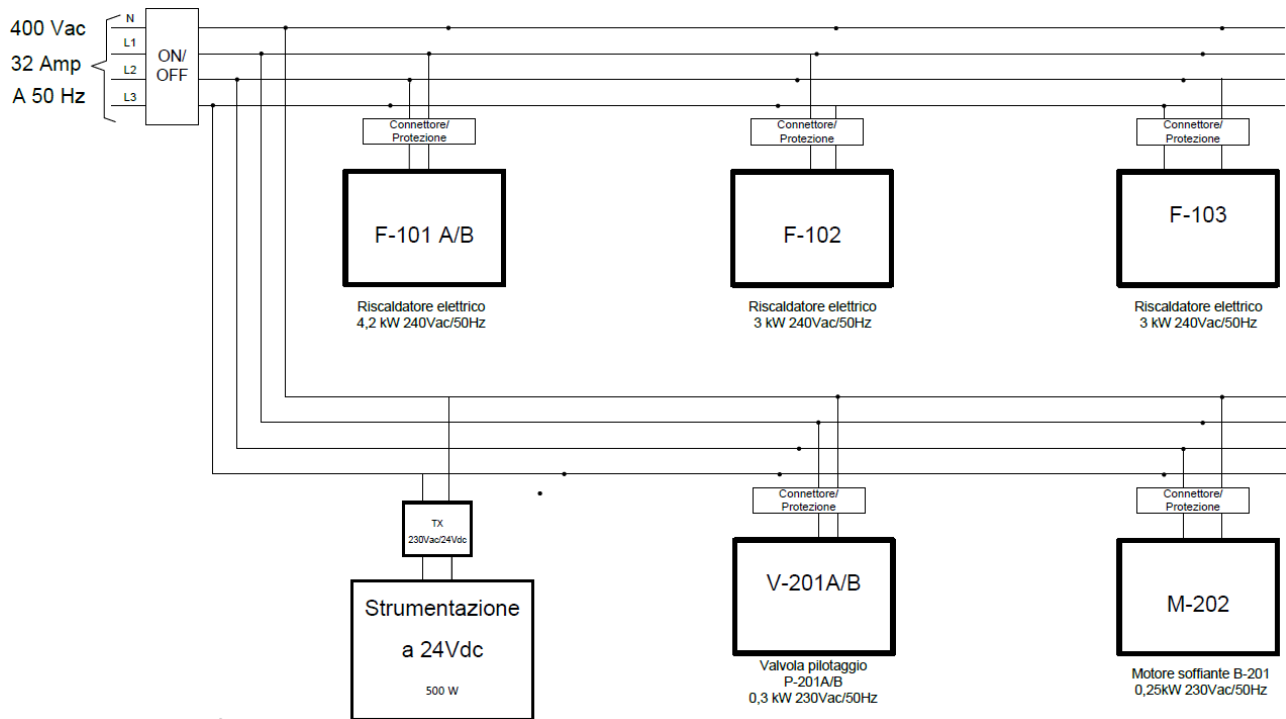


Figura 14 Schema elettrico di base dei riscaldatori elettrici, degli organi di movimentazione e della strumentazione

## 2.4 Descrizione dei servizi ausiliari

I servizi di base necessari al funzionamento dell'impianto sono:

### Aria strumenti

- Pressione di alimentazione 6 barg (min.)
- Filtrata e senza olio (contenuto di olio max 0.003 ppm; polveri max 0.01  $\mu\text{m}$ )
- Deumidificata con punto di rugiada 20°C ( max)

### Azoto

- Pressione di alimentazione 8 barg (max.
- Specifica minima grado tecnico 2.5

### Acqua di raffreddamento a servizio di utenza E-102 e E201

- Portata totale<sup>1</sup>(max/nor/min) circa 200/-/- g/h
  - Ingresso E-102 circa 50 kg/h
  - Ingresso E-201 circa 50 kg/h
- Disponibile in ingresso a
  - T(max/nor/min) -/20/- ° C
  - Pressione (max/nor/min) 4.0/2.5/2.0 barg
- Ritorna a
  - T(max/nor/min) -/35/- ° C
  - Pressione (max/nor/min) 4.0/2.5/2.0 barg
- Massimo Delta T di ritorno  $\leq 20^\circ\text{C}$
- Caratteristiche tipiche:
  - pH 9,0-10,0

<sup>1</sup> Valori arrotondati e maggiorati del 10 % rispetto ai valori di processo

- Conduttività < 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Chloride < 100 ppm
- Total iron (Fe) < 1 ppm
- Corrosione 1 mm/yr
- Nitrite 250-300 ppm
- Bacteri < 1.000 colonies/ml
- Altre: trattamento con inibitori per la corrosione e biocidi.

### 2.5 Sistema di analisi gas ABB

L'analisi in composizione del flusso gassoso in ingresso e in uscita potrà essere effettuata mediante analisi gascromatografiche eseguite tramite il sistema analitico ABB. Opportuni collegamenti verranno realizzati per mettere in comunicazione i punti di campionamento (tbd) con l'analizzatore.

Il sistema di analisi gas installato nella piattaforma pilota Sotacarbo permette il campionamento e l'analisi immediata di un massimo di 15 stream gassosi costituiti da specie ridotte. È costituito da un armadio carrellato mobile ABB, avente dimensioni 800 x 800 x 2000 mm, dotato di condizionatore e di segnalatore acustico luminoso per la segnalazione della presenza di gas esplosivo. In tale armadio sono installati sia un'unità di trattamento gas che gli analizzatori per la misura delle concentrazioni di sei gas, ovvero:

- CO, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> tramite modulo URAS26 di tipo IR (raggi infrarossi), con i seguenti campi di misura:
  - ✓ CO<sub>2</sub>: 0-45% in volume;
  - ✓ CH<sub>4</sub>: 0-5% in volume;
  - ✓ CO: 0-30% in volume;
- H<sub>2</sub> tramite modulo CALDOS 25 a conducibilità termica, con campo di misura tra lo 0 e il 100% in volume;
- O<sub>2</sub> tramite modulo MAGNOS 206 di tipo paramagnetico, con campo di misura tra lo 0 e il 25% in volume;
- H<sub>2</sub>S tramite modulo LIMAS 11 a raggi ultravioletti, con campo di misura tra lo 0 e il 2% in volume.

Il sistema di analisi (in figura 15) è completato da un sistema di acquisizione e registrazione dati. In particolare tutta la strumentazione di analisi è collegata ad un sistema di gestione della scansione dei punti di misura, ad un PLC per la gestione automatica delle sequenze di misura e ad un sistema per la gestione e archiviazione dati.



Figura 15 Sistema di analisi ABB.

### 3 Confronto tecnico-economico tra tecnologia tradizionale e AG2S

Nel corso del precedente PAR2017 l'aspetto approfondito con la collaborazione del Politecnico di Milano ha riguardato la valutazione preliminare del processo AG2S su scala maggiori di quella pilota; è stato fatto confronto tecno-economico fra l'impianto AG2S e un tipico impianto di raffineria (tecnologia tradizionale) per il recupero di H<sub>2</sub> dalla corrente ricca in H<sub>2</sub>S con recupero dello zolfo. La tecnologia tradizionale selezionata è quella di Tecnimont-KT, utilizzata per la progettazione di diverse unità di recupero zolfo (SRU) mentre l'innovativa tecnologia AG2S™ consente di produrre gas di sintesi convertendo anche una certa quantità di CO<sub>2</sub> rispetto al tradizionale processo Claus.

In questa fase sono stati stimati i bilanci di massa ed energia per la tecnologia AG2S™ senza alcun tipo di ottimizzazione di processo. È selezionato l'idrogeno come unico vero prodotto a discapito del potenziale (più elevato) in termini di syngas come prodotto complessivo della tecnologia AG2S™.

Anche in questo contesto ristretto, la tecnologia AG2S™ risulta economicamente più appetibile della tecnologia tradizionale sia in termini di CapEx che di OpEx per impianti chiavi-in-mano. Il Refurbishing, al contrario, è risultato decisamente più sensibile ad aspetti di ottimizzazione ancora da implementare e rientranti nei potenziali sviluppi futuri.

Inoltre, al fine di avviare le attività di revamping per l'impianto IOSTO, sono stati effettuati gli studi di Grassroots e Refurbishing.

### 4 Dimensionamento di massima dei componenti principali del pilota AG2S

Al fine di istruire le attività di revamping per l'impianto IOSTO, il presente report fa riferimento esplicito alle attività di studio di processi Grassroots and Refurbishing illustrati nel precedente report (PAR 2017), dove il confronto è strutturato per una taglia industriale d'impianto, in modo da sfruttare appieno le competenze del gruppo di ricerca nella definizione preliminare dei carichi relativi (bilanci) delle varie operazioni unitarie e sezioni di processo.

Lo studio di revamping dell'impianto IOSTO comprende in particolar modo il dimensionamento della sezione di reazione costituita da un Reattore Termico Rigenerativo (RTR) tipico della tecnologia AG2S e riportato in Figura 16.

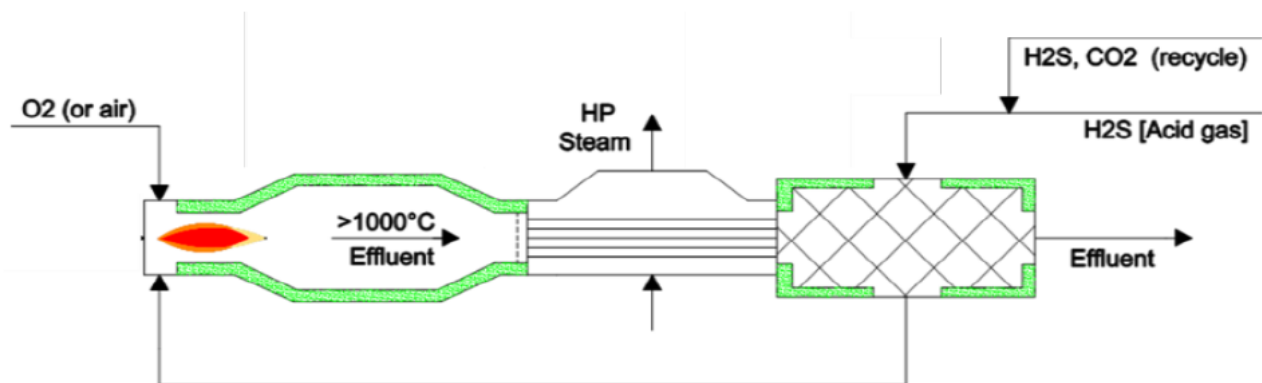


Figura 16 Reattore Termico Rigenerativo (RTR) per la tecnologia AG2S

Si tratta di un reattore non ideale che include una camera termica, un waste heat boiler e uno scambiatore gas/gas di tipo feed/effluent per recupero energetico.

Il dimensionamento di massima è stato realizzato nei seguenti step:

1. Simulazione cinetica dell'impianto IOSTO basato sul nuovo reattore RTR;

2. Simulazione termica dell'impianto IOSTO basato sul nuovo reattore RTR;
3. Bilanci di massa e energia dell'impianto;
4. Data sheet dei componenti.

Il reattore RTR è stato simulato mediante la Suite Dsmoke che permette di sviluppare simulazioni costituite da una serie più o meno complessa di reattori ideali, ognuna contenente specifiche cinetiche, in modo da caratterizzare al meglio il comportamento di reattori non ideali, quindi, industriali.

Per il dimensionamento di massima del processo AG2S™ci si è avvalsi di diversi strumenti tra cui:

- Una **libreria cinetica** sviluppata presso il Centre for SuPER (POLIMI) con circa 30'000 reazioni,
- una **suite di simulazione di Reti di Reattori** (DSmoke 7.0),
- una **libreria numerica** per la simulazione e l'ottimizzazione dei processi (BzzMath 7.1)
- diverse soluzioni CAPE (Computer Aided Process Engineering) per l'integrazione dei modelli dettagliati di simulazione del Regenerative Thermal Reactor (RTR) all'interno del software di simulazione commerciale **AspenHysys** (by AspenTech) e **PRO/II** (by Schneider-Electric).

#### 4.1 Simulazione della cinetica nella sezione di reazione

Il reattore RTR (non ideale) è stato simulato mediante una rete di reattori costituita da un PFR adiabatico (camera termica RTR) e un PFR non isoterma (Waste Heat Boiler). Lo scambiatore di calore gas/gas a valle del PFR non isoterma è stato direttamente simulato con pacchetti commerciali di simulazione di processo.

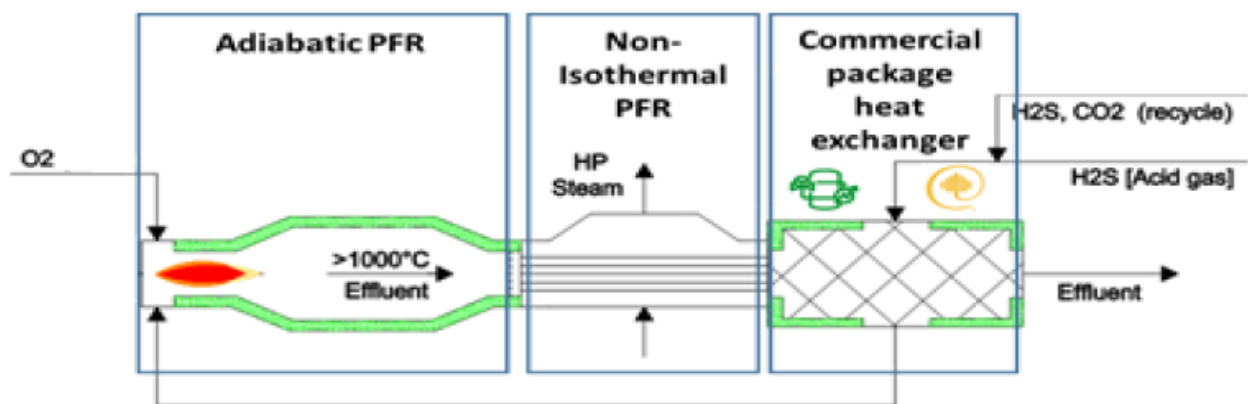


Figura 17 Struttura di simulazione per il reattore RTR

Sono stati ottenuti gli andamenti di conversione per i reagenti H2S e CO2 in funzione del tempo di residenza e della temperatura d'esercizio.

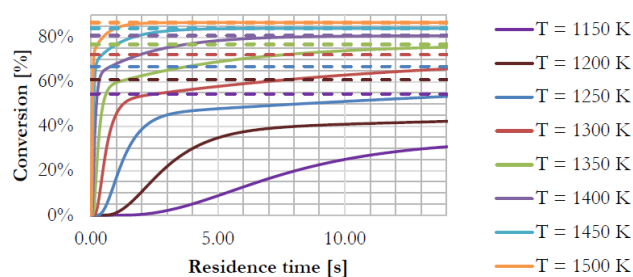
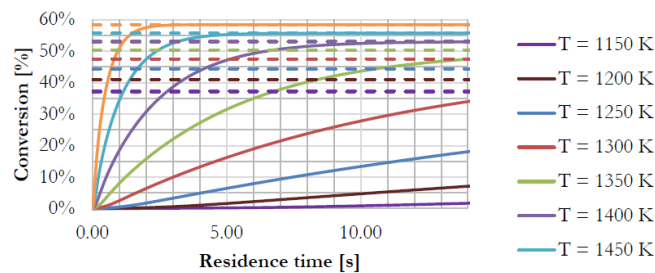


Figura 18.a Conversione H2S





**Figura 18.b Conversione CO2**

Risulta che:

- Per temperature superiori a 1400 K, tipiche dei processi di recupero zolfo, la specie H<sub>2</sub>S raggiunge conversioni prossime all'equilibrio in tempi ragionevolmente ridotti; al contrario a temperature inferiori le cinetiche risultano essere più lente e i tempi di residenza per raggiungere buone conversioni nella configurazione once-through sono inevitabilmente dilatati. Occorre un buon compromesso tra le temperature di esercizio e i volumi della camera termica.
- La specie CO<sub>2</sub>, termicamente stabile fino a temperature dell'ordine di 1700 K, viene convertita con valori di conversione oltre il 50% con bassi tempi di residenza e temperature relativamente ridotte.

La libreria cinetica utilizzata è stata sviluppata presso il Centre for SuPER dal 19691. La parte della libreria che comprende i meccanismi di pirolisi è il nucleo del programma SPYRO, per la simulazione dei forni di cracking, commercializzato da Technip-Pyrotec (NL) da diverse decadi. La parte di libreria cinetica adottata per gli studi relativi alla tecnologia AG2S™ comprende i meccanismi per l'ossidazione parziale del carbonio<sub>2</sub>, i meccanismi per le specie solforate e i meccanismi per le specie azotate. La libreria è convalidata attraverso un vasto database che include sperimentazioni ad hoc, esperimenti di letteratura e campagne sperimentali pilota (test run) e industriali.

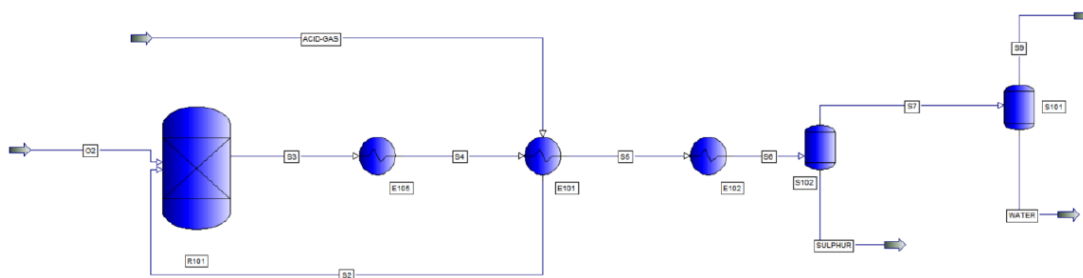
La libreria numerica denominata BzzMath è utilizzata in oltre 70 paesi per il calcolo scientifico e l'industria di processo. Essa include classi per la risoluzione di sistemi algebrici lineari/non-lineari, sistemi differenziali ed algebrico-differenziali, ottimizzazioni on/off-line, riconciliazione dati, design of experiments, regressioni e stima di parametri. La libreria risolve in maniera efficiente e performante rete di reattori sviluppate in DSmoke e permette una rapida convergenza dei calcoli di progettazione e di gestione per la tecnologia AG2S™.

I modelli cinetici e la libreria numerica sono pienamente integrati e interagenti nella Suite DSmoke, in modo da ottenere una simulazione "friendly" del reattore RTR. Tale pacchetto integrato (RTR Simulation Package) è a sua volta implementato all'interno dei principali software commerciali di simulazione dettagliata di processo (AspenTech® and PRO/II®) utilizzati a livello mondiale per le attività di ingegneria di base, di fattibilità economica e processistica e di convalida dei processi.

#### 4.2 Simulazione termica dell'impianto pilota AG2S

I bilanci termici e materiali sono stati svolti con l'ausilio del software commerciale PRO/II (Schneider-Electric). Per le valutazioni preliminari e alla luce dei risultati del precedente paragrafo, il reattore è stato simulato come un reattore all'equilibrio termodinamico.

La simulazione della zona termica del processo AG2S su base IOSTO (Figura 19) comprende: il reattore RTR, rappresentato dal reattore di equilibrio R-101 (comprensivo dei preriscaldatori preesistenti F-101, F-102 ed F-103 del PFD del processo IOSTO), lo scambiatore rigenerativo E-101, il condensatore E-102, il separatore di condensa S-101 e da due nuove unità E-105 ed S-102, rappresentative rispettivamente del waste heat boiler e del separatore per il recupero dello zolfo.



- R-101 sezione di reazione
- E-101-scambiatore gas gas
- E-102 condensatore
- E-105 caldaia con recupero del calore HP steam ( waste heat boiler)
- S-102 separatore zolfo
- S-101 separatore di condensa

**Figura 15. Flowsheet preliminare revamping IOSTO ad AG2S**

### 4.3 Bilanci di massa ed energia

Nella tabella seguente sono riportati bilanci di massa e di energia della nuova configurazione dell'impianto IOSTO.

Stream Name Description Phase	ACID-GAS	S2	S3	S4	S5	S6	S7	SULPHUR SULPHUR STREAM	S9	WATER WATER STREAM	O2 oxygen stream	
<b>Total Stream Properties</b>												
Rate	0.134	0.134	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.000	0.147	0.000	0.008	
KG-MOL/HR	4.960	4.960	5.217	5.217	5.217	5.217	5.217	n/a	5.217	n/a	0.257	
KG/HR	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	n/a	0.006	n/a	0.000	
M3/HR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n/a	0.000	n/a	n/a	
Total Adj. Liq. Vol. Rate	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n/a	0.000	n/a	n/a	
Total Adj. Vol. Rate	2.974	2.974	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	n/a	3.272	n/a	0.180	
Temperature	20.000	700.000	1300.000	850.000	238.565	220.000	150.000	-273.150	50.000	-273.150	20.000	
Pressure	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	-1.013	4.000	-1.013	4.000	
BAR(GA)	37.080	37.080	35.450	35.450	35.450	35.450	35.450	n/a	35.450	18.015	31.999	
Molecular Weight	0.002	0.005	0.011	0.007	0.004	0.004	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	
Enthalpy	428.106	1202.944	2052.474	1434.116	687.442	676.435	604.473	n/a	504.446	n/a	42.957	
Total Liquid Fraction	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Reduced Temp.	0.8311	2.7589	4.5453	3.2451	1.4814	1.4249	1.2228	n/a	0.8937	0.0000	1.8864	
Pres.	0.0591	0.0591	0.0591	0.0594	0.0594	0.0594	0.0235	n/a	0.0118	0.0000	0.0694	
Watson K (UOPK)	0.1330	0.1330	0.1281	0.1281	0.1281	0.1281	0.1281	n/a	0.1281	0.3449	0.0222	
Standard Liquid Density	8.908	8.908	8.202	8.202	8.202	8.202	8.202	n/a	8.202	n/a	4.773	
KG/M3	808.070	808.070	855.255	855.255	855.255	855.255	855.255	n/a	855.255	996.014	1141.912	
Specific Gravity	0.8089	0.8089	0.8561	0.8561	0.8561	0.8561	0.8561	n/a	0.8561	1.0000	1.1430	
API Gravity	43.870	43.870	33.785	33.785	33.785	33.785	33.785	n/a	33.785	10.000	-7.707	
Total Adj. Liq. Density	853.004	853.004	909.186	909.186	909.186	909.186	909.186	n/a	909.186	n/a	n/a	
Latent Heat	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Vapor Phase Properties</b>												
Rate	0.134	0.134	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	n/a	0.147	n/a	0.008	
KG-MOL/HR	4.960	4.960	5.217	5.217	5.217	5.217	5.217	n/a	5.217	n/a	0.257	
KG/HR	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	n/a	0.027	n/a	0.039	
M3/HR	3.000	3.000	3.299	3.299	3.299	3.299	3.299	n/a	3.299	n/a	0.180	
M3/HR	2.974	2.974	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	n/a	3.272	n/a	0.180	
Adi. Vol. Rate	1.280	1.280	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	n/a	1.224	n/a	1.105	
Specific Gravity (Air=1.0)	37.080	37.080	35.450	35.450	35.450	35.450	35.450	n/a	35.450	n/a	31.999	
Molecular Weight	428.106	1202.944	2052.474	1434.116	687.442	676.435	604.473	n/a	504.446	n/a	42.957	
Enthalpy	0.978	1.296	1.411	1.319	1.078	1.069	1.032	n/a	0.984	n/a	0.929	
CP	7.910	2.265	1.358	1.902	4.189	4.358	2.036	n/a	1.343	n/a	6.614	
Actual Density	1.688	1.688	1.595	1.595	1.595	1.595	1.595	n/a	1.595	n/a	1.430	
Adj. Vapor Density	0.01288	0.01288	0.07909	0.05772	0.02722	0.02808	0.02207	n/a	0.01839	n/a	0.02240	
Thermal Conductivity	0.01317	0.04360	0.06343	0.04947	0.02287	0.02199	0.01888	n/a	0.01452	n/a	0.02034	
Viscosity	<b>Liquid Phase Properties</b>											
Rate	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KG-MOL/HR	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KG/HR	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
M3/HR	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
M3/HR	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Actual	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Std. Liquid Rate	107.287	140.659	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Adi. Liq. Vol. Rate	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Specific Gravity (H2O @ 60 F)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Molecular Weight	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Enthalpy	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KJKG-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KJKG-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Actual Density	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KG/M3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Adj. Liq. Density	845.633	845.633	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KG/M3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Surface Tension	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
DYNE/CM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Thermal Conductivity	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
KCAL/HR-M-C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
CP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Viscosity	n/a	n/a	n/a	n/a								

#### 4.4 Dat sheet apparecchiature

Di seguito sono riportati i data sheet relativi al dimensionamento di:

- E-101 (GAS-GAS HX) -scambiatore rigenerativo gas gas
- E-105 caldaia con recupero del calore HP steam ( waste heat boiler)
- S-102 separatore zolfo

**Tabella 12. Datasheet E101/E105- revamping IOSTO ad AG2S**

Simple Hx	Name Description	E101		E105
		GAS-GAS HX		Wasted Heat Boiler
<b>Hx Data</b>				
Duty	M*KJ/HR	0.0038		0.0032
Hot out - cold in delta T	C	219.5645		550.0000
Hot in - cold out delta T	C	150.0000		900.0000
Minimum of HOCI or HICO	C	150.0000		550.0000
Hot side product temperature	C	239.5645		850.0000
Cold side product temperature	C	700.0000		400.0000
Hot side liquid fraction		0.0000		0.0000
Cold side liquid fraction		0.0000		1.0000
Value of exchanger U*A	KCAL/HR-C	50279.6986		1.1010
Effective exchanger area	M2	116.9506		0.0012
FT factor (LMTD correction)		0.0001		0.9848
Overall exchanger LMTD	C	182.5789		710.6938
Overall exchanger LMTD from zones	C	N/A		N/A
Hotside pressure drop	BAR	0.0000		0.0000
Coldside pressure drop	BAR	0.0000		0.0000
Convergence tolerance		0.0001		0.0001
Utility inlet or satn. temp.	C	N/A		300.0000
Utility saturation pressure	BAR(GA)	N/A		N/A
Utility outlet temp.	C	N/A		400.0000
Utility flow rate	KG-MOL/HR	N/A		0.4277

**Tabella 13 Datasheet S-102- revamping IOSTO ad AG2S**

	Unit Name Description Phase Flash Type	S102 Sulphur separation Vapor Isothermal
<b>Total Stream</b>		
Temperature	C	150.000
Pressure	BAR(GA)	1.000
Mole Fraction Liquid		0.0000
Total Molar Rate	KG-MOL/HR	0.147
Total Mass Rate	KG/HR	5.217
<b>Liquid</b>		
Liquid Mass Rate	KG/HR	
Liquid Actual Volume Rate	M3/HR	
Liquid Density	KG/M3	0.000
<b>Vapor</b>		
Vapour Mass Rate	KG/HR	5.217
Vapour Actual Volume Rate	M3/HR	2.562
Vapor Viscosity	CP	0.019
Vapor Density	KG/M3	2.036

## 5 Conclusioni

I gas di coda provenienti dalla rigenerazione dei solventi utilizzati per la desolforazione sono principalmente costituiti da H<sub>2</sub>S, oltre che da CO<sub>2</sub>, CO, COS e altri composti organosolforati. Tali correnti possono essere efficacemente convertite a gas di sintesi in base ad una nuova tecnologia sviluppata presso il Politecnico di Milano.

Gli studi preliminari di modellazione e sperimentazione hanno mostrato l'efficacia di tale reazione a temperature relativamente elevate. Inoltre, il carattere innovativo del processo è nell'utilizzo di CO<sub>2</sub> come agente ossidante e non di aria o ossigeno come comunemente avviene. Ciò permette di convertire porzioni significative di CO<sub>2</sub> in gas sintesi.

L'impianto IOSTO si presta molto bene al revamping per la tecnologia AG2S dal momento che un buon numero di unità, anche primarie, può essere riutilizzato "as is". In questo contesto, l'attività ha permesso di effettuare un pre-dimensionamento delle unità mancanti in modo da completare le attività di revamping nel rispetto delle condizioni operative e dei carichi delle unità esistenti.

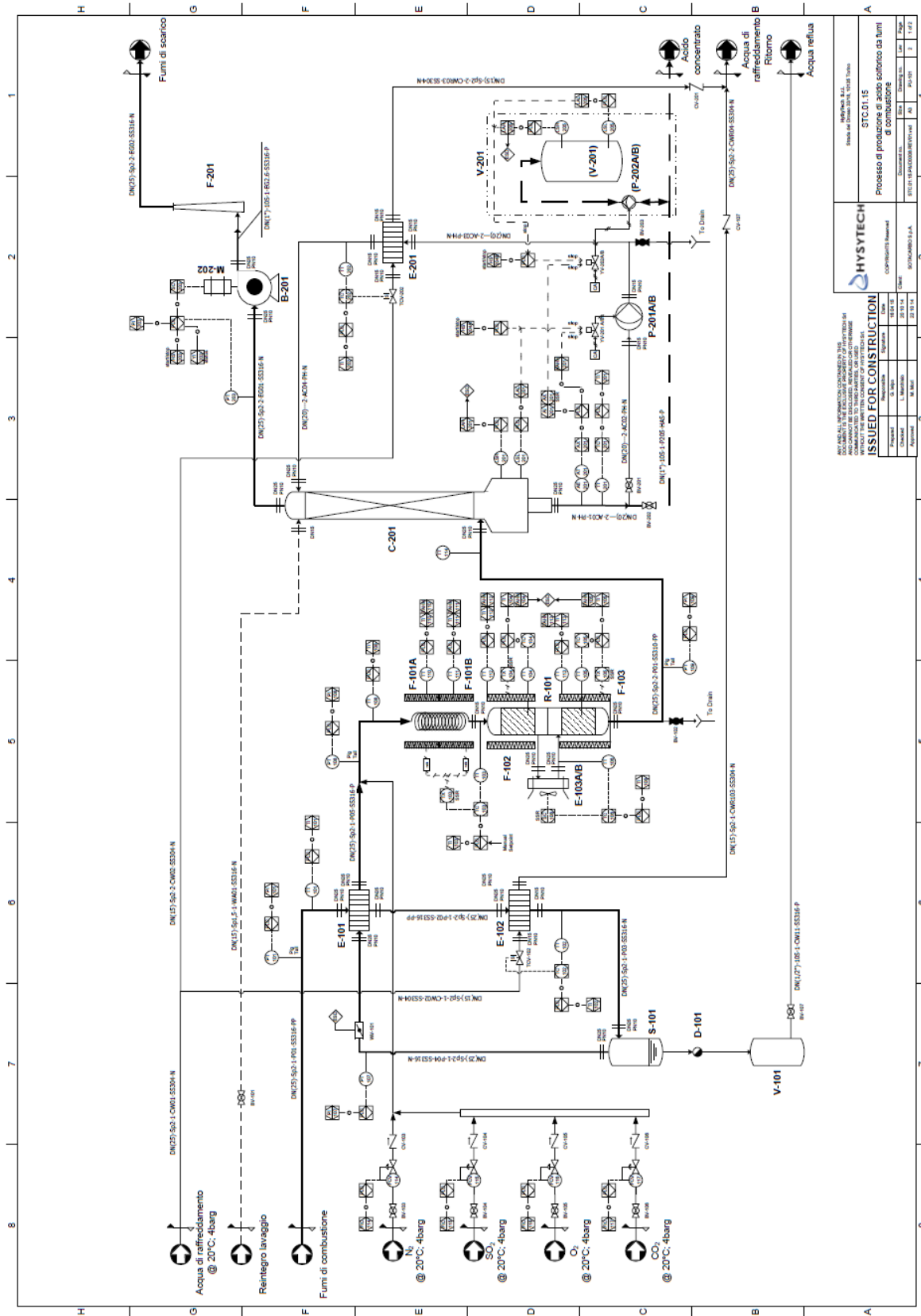
In particolare, si conclude che da una prima analisi d'ingegneria di base, il revamping richiede l'acquisto ex novo dello scambiatore di calore gas-gas e del waste heat boiler, nonché un'adeguata strumentazione.

È comunque necessaria un'analisi di dettaglio del processo IOSTO per acquisire direttamente i dettagli morfologici e operativi per effettuare lo scale-down di dettaglio a partire dal deliverable della presente attività. Appare sempre più evidente, inoltre, la necessità di studiare le reazioni di ricombinazione dell'H<sub>2</sub>S nel primo tratto del Waste Heat Boiler; tale fenomeno può impattare anche del 20% la produzione di syngas/idrogeno della tecnologia AG2S. Lo studio necessita, pertanto, di un'ottimizzazione robusta CapEx/OpEx che consideri con la dovuta attenzione anche agli aspetti di ricerca operativa di cui sopra.

## 6 Bibliografia

- Bassani, A., Pirola, C., Maggio, E., Pettinau, A., Frau, C., Bozzano, G., Pierucci, S., Ranzi, E., Manenti, F. (2016). Acid Gas to Syngas (AG2S™) technology applied to solid fuel gasification: cutting H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> emissions by improving syngas production. Applied Energy. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.040> .

## 7 Allegato 1 P&I dell'impianto IOSTO



HYSYTECH  
 HYSYTECH S.p.A.  
 Via...  
 00100 Roma, Italia

ISSUED FOR CONSTRUCTION  
 WITHOUT THE NECESSITY OF ANY CHANGES  
 TO THE ORIGINAL DESIGN OR SPECIFICATIONS  
 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

Rev.	Description	Date	By	Check
01	Issue for Construction	20/10/14	M. M. M.	L. M. M.
02	Issue for Construction	20/10/14	M. M. M.	L. M. M.


STC.01.15  
 Processo di produzione di acido solforico da fumi  
 di combustione


Rev.	Description	Date	By	Check
01	Issue for Construction	20/10/14	M. M. M.	L. M. M.
02	Issue for Construction	20/10/14	M. M. M.	L. M. M.



## 8 Allegato 2 Data sheet delle apparecchiature- IOSTO





ITEM		DATA SHEET				RISCALDATORE ELETTRICO REATTORE			
F-102 F-103		SERVICE: <b>Mantenimento temperatura di reazione</b>				QUANTITY: <b>2</b>			
									
FLUID ALLOCATION		HOT SIDE				COLD SIDE			
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT	
1	FLUID					Fumi secchi		Fumi ossidati	
2	FLUID CONDITION					Vapore		Vapore	
3	LIQUID CRITICAL PRESSURE					-		-	
4	LIQUID VAPOR PRESSURE					-		-	
5	LIQ. DENSITY ACTUAL / BASE (@20°C)					-	-	-	-
6	VAPOR DENSITY (kg/m3)					1,01		1,02	
7	VISCOSITY cP					0,03		0,03	
8	BACK PRESSURE barg					-		-	
9	MOL. WEIGHT / COMPRESS.					43,1	0,99	43,8	0,99
10	FLOW RATE	MIN				-		-	
11	m3/h	NORM				1,9		1,9	
12		MAX				-		-	
13	PRESS./TEMP.	MIN				0,1		0,1	
14	barg / °C	NORM				0,15 350		0,15 350	
15		MAX				0,2		0,2 400	
16	SPECIFIC HEAT kJ / kg K							1,08	
17	THERMAL CONDUCT W / m K			11 (W/cm2)				0,04	
18	LATENT HEAT kJ/kg							-	
19	PRESSURE DROP barg							-	
20	FOULING RESIST. m2°C / W					-		-	
21	HEAT EXCHANGED kW	1,5		1,5		1,5		1,5	
22	TRANSF RATE SERVICE					-		-	
23	INSTALLED POWER			2,1 kW					
24	ELECTRICAL POWER SUPPLY			240 V, 50 Hz					
25									
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS									
		HOT SIDE				COLD SIDE			
26	DESIGN PRESSURE barg			0				0,49	
27	TEST PRESSURE barg			-				0,74	
28	DESIGN TEMPER. °C			1500°C				500	
29	CORR. ALLOW. DES mm			-				0,05	
30	CONNECTION	-		-		-		-	
31	NOZZLE								
32	N° PASSES								
MATERIAL									
33									
34	SHELL MATERIAL			Ceramic Fiber				-	
35	PLATE MATERIAL			-				-	
36	GASKET MATERIAL			-				-	
37	CODE REQUIREMENT			-				-	
38	PARTITION PLATE			-				-	
39	WEIGHT KG			9				-	

ITEM		DATA SHEET				 <b>SOTACARBO</b> <small>SOCIETÀ TECNOLOGIE AVANZATE CARBON &amp; S.p.A.</small>	
F-101		RISCALDATORE ELETTRICO DI START-UP					
SERVICE: Riscaldamento dei fumi secchi			QUANTITY: 1				
FLUID ALLOCATION		HOT SIDE		COLD SIDE			
		INPUT	OUTPUT	INPUT		OUTPUT	
1	FLUID			Fumi secchi		Fumi secchi	
2	FLUID CONDITION			Vapore		Vapore	
3	LIQUID CRITICAL PRESSURE			-		-	
4	LIQUID VAPOR PRESSURE			-		-	
5	LIQ. DENSITY ACTUAL / BASE (@20°C)			-	-	-	-
6	VAPOR DENSITY (kg/m3)			2,1		1,0	
7	VISCOSITY cP			0,02		0,03	
8	BACK PRESSURE barg			-		-	
9	MOL. WEIGHT / COMPRESS.			43	0,99	43	0,99
10	FLOW RATE	MIN		-		-	
11	m3/h	NORM		1,9		1,9	
12		MAX		-		-	
13	PRESS./TEMP.	MIN		0,15	20	0,15	250
14	barg / °C	NORM		0,2	30	0,2	300
15		MAX		0,25	40	0,25	350
16	SPECIFIC HEAT kJ / kg K			0,97			
17	THERMAL CONDUCT W / m K		11 (W/cm2)	0,03			
18	LATENT HEAT kJ/kg			-			
19	PRESSURE DROP barg			-			
20	FOULING RESIST. m2°C / W			-		-	
21	HEAT EXCHANGED kW	1,5	1,5	1,5		1,5	
22	TRANSF RATE SERVICE			-		-	
23	INSTALLED POWER	2,1 kW					
24	ELECTRICAL POWER SUPPLY	240 V, 50 Hz					
25							
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS							
		HOT SIDE		COLD SIDE			
26	DESIGN PRESSURE barg	0		0,49			
27	TEST PRESSURE barg	-		0,74			
28	DESIGN TEMPER. °C	1500°C		500			
29	CORR. ALLOW. DES mm	-		0,05			
30	CONNECTION	-	-	-		-	
31	NOZZLE						
32	N° PASSES						
MATERIAL							
33		Ceramic Fiber		AISI-316			
34	SHELL MATERIAL	-		-			
35	PLATE MATERIAL	-		-			
36	GASKET MATERIAL	-		Mica			
37	CODE REQUIREMENT						
38	PARTITION PLATE	-		-			
39	WEIGHT KG	9		-			


ITEM	C-201 T-201		DATA SHEET				COLONNA DI ASSORBIMENTO e SERBATOIO DI ACCUMULO		SOTACARBO SOCIETÀ TECNOLOGIE AVANZATE CARBONE S.P.A.		
SERVICE	Concentrazione dell'acido solforico mediante assorbimento di SO3				QUANTITY	1					
Internal diameter body Column	(mm)	54	Internal diameter body Vessel	(mm)	500	Heads thickness	(mm)				
Lenght between tangent lines	(mm)	2000	Lenght between tangent lines	(mm)	500	Coil thickness					
Total lenght	(mm)	2000	Total lenght	(mm)	500	Body wall thickness (min)	(mm)	3			
Operation parameters			Column Fluid Side		Column Gas Side		Vessel				
Fluid			Fluido di assorbimento		Fumi caldi (3)		Fluido di assorbimento				
Fluid Category & Group			Liquid		Vapor		Liquid				
Volume nominal/geometric/useful	(m <sup>3</sup> )	0,0048					0,096	0,082			
Pressure Min./ Max. In operation	(barg)	0,2	0,25	0,2	0,1	0,2	0,25				
Temperature Min. Max. In operation	(°C)	40	70	40	450	40	70				
Fluid physical properties at temperature in/out:	(°C)	40 (1)	40 (2)	350	40	40 (1)	40 (2)				
- Density	(kg/m <sup>3</sup> )	993	1810	1,03	2,03	993	1810				
- Average specific heat	(kJ/kg.°C)	4,18	1,45	1,08	1,11	4,18	1,45				
- Average thermal conductivity	(W/m.°C)	0,6	0,3	0,04	0,02	0,6	0,3				
- Average dynamic viscosity	(mPa.s = cP)	0,8	17	0,03	0,015	0,8	17				
- Heat of vaporization	(kcal/kg)	-	-	-	-	-	-				
Flow rate	(kg/h)	100		3,65							
Allowable pressure drop	(bar)	0,1		0,1							
Allowable wall temperature	(°C)	60		60		60					
Clean heat transfer coefficient	(W/m <sup>2</sup> °C)										
Thermal load	(KW)										
Total heat exchange surface	(m <sup>2</sup> )										
CONSTRUCTION											
Code :	(?)	Stamp required	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Interior lining / cladding	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Material	Hastelloy / Vetro		
Heads	<input checked="" type="checkbox"/> polycentric 10:1	<input type="checkbox"/> elliptic 2:1	design for wind :	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Internal surface finish:	Ra		Mirror finih	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no
spherical	<input type="checkbox"/> conical	<input type="checkbox"/> angle	design for earthquake	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Exterior surface finish	Ra		Painting (CS parts)	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no
Operating conditions				Material of construction							
	Column	Vessel		Equipment component	Material identification	Certificate	Remarks				
Design Temperature (°C)	200	200		External support	Carbon Steel						
Design Pressure (barg)	0,49	0,49		Shell	Hastelloy / Vetro						
Vacuum resistance (bara)				Heads	Hastelloy / Vetro						
Hydr. test pressure (barg)				Jacket							
Thermal treatment	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	External halfcoil							
Xray weldings	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	Internal coil/bundle							
Corrosion allow. (mm)	1	1		Baffles							
Accessories supplied with vessel				Nozzle pipes							
Vessel support (type)	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			Lap joint							
Installation on load cells (n° and load)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Flanges	Hastelloy / Vetro						
Antivortex baffles (n° & angular placement)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Other connections	Hastelloy / Vetro						
Vortexbreaker on liquid outlet(s) (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Internals	Hastelloy / Vetro						
Drain and vent cocks on jacket/coil(s) (n° & size)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Supports							
Fall prevention protection for manhole (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Manhole protection							
Davit arm (n° & lifting capacity)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Internal bolts							
Thermal insulation	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			Esterior bolts							
Insulation cover	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			Interior gaskets	TEFLON						
Skirt for welded insulation	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Exterior gaskets	TEFLON						
Insul. fixation plates	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			Insulation cover							
Skirt for floor passage sealing	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Skirt for welded insulation							
Sight glass(es) (n° & size)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Insul. fixation plates							
Lighting fixture for sight glass(es) (n° & power)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Skirt for floor pass. seal.							
Earthing lugs (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Earthing lugs							
Electr. Conn. Plates.	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Electr. Conn. Plates.							
Stainless steel Nameplate	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no										
WEIGHTS (Reactor complete with accessories)											
Empty	40	(kg)	In service	190	(kg)	Test	(kg)				
Remarks											
(1) Condizioni di ingresso del fluido considerate: composizione 100% H2O											
(2) Condizioni di ingresso del fluido considerate: composizione 98% H2SO4, 2% H2O											
(3) Composizione molare: SO3 3,2%, H2O 3,5%, O2 3,2%, CO2 90,1%.											




ITEM		E-102		DATA SHEET							
				CONDENSATORE FUMI CALDI							
SERVICE: Separazione della condensa dai fumi				QUANTITY: 1							
FLUID ALLOCATION		HOT SIDE				COLD SIDE					
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT			
1	FLUID	Fumi di scarico		Fumi di scarico		Acqua		Acqua			
2	FLUID CONDITION	Vapore		Vapore + Condensa		Liquido		Liquido			
3	LIQUID CRITICAL PRESSURE	-		-		-		-			
4	LIQUID VAPOR PRESSURE	-		-		-		-			
5	LIQ. DENSITY ACTUAL / BASE (@20°C)	-	-	990	995	995	995	982	995		
6	VAPOR DENSITY (kg/m3)	0,68		0,95		-		-			
7	VISCOSITY cP	0,03		0,02		1,00		0,73			
8	BACK PRESSURE barg	-		-		-		-			
9	MOL. WEIGHT / COMPRESS.	33,9	0,99	43,1	0,99	18	-	18	-		
10	FLOW RATE	MIN		-		-		-			
11	m3/h	NORM		3		0,05		0,05			
12		MAX		-		-		-			
13	PRESS./TEMP.	MIN		0,15	140	0,15	25	1	-		
14	barg / °C	NORM		0,2	190	0,2	30	2	20		
15		MAX		0,25	250	0,25	40	4	-		
16	SPECIFIC HEAT kJ / kg K	1,04				4,18					
17	THERMAL CONDUCT W / m K	0,026				0,61					
18	LATENT HEAT kJ/kg	-				-					
19	PRESSURE DROP barg	-				-					
20	FOULING RESIST. m2°C / W	-		-		-		-			
21	HEAT EXCHANGED kW	1,5		1,5		1,5		1,5			
22	TRANSF RATE SERVICE	-		-		-		-			
23											
24											
25											
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS											
		HOT SIDE				COLD SIDE					
26	DESIGN PRESSURE barg	0,49				4					
27	TEST PRESSURE barg	0,74				6,00					
28	DESIGN TEMPER. °C	300				40					
29	CORR. ALLOW. DES mm	0,05				0,05					
30	CONNECTION	1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT			
31	NOZZLE										
32	N° PASSES										
MATERIAL											
33											
34	SHELL MATERIAL	AISI-316				AISI-316					
35	PLATE MATERIAL	AISI-316				AISI-316					
36	GASKET MATERIAL	Mica				Mica					
37	CODE REQUIREMENT										
38	PARTITION PLATE	AISI-316				AISI-316					
39	WEIGHT KG	-				-					

ITEM		DATA SHEET							
E-101		RAFFREDDAMENTO FUMI							
SERVICE: Recupero calore da fumi caldi				QUANTITY: 1					
FLUID ALLOCATION		HOT SIDE				COLD SIDE			
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT	
		Fumi di scarico		Fumi di scarico		Fumi secchi		Fumi secchi	
		Vapore		Vapore		Vapore		Vapore	
1	FLUID								
2	FLUID CONDITION	Vapore		Vapore		Vapore		Vapore	
3	LIQUID CRITICAL PRESSURE	-		-		-		-	
4	LIQUID VAPOR PRESSURE	-		-		-		-	
5	LIQ. DENSITY ACTUAL / BASE (@20°C)	-	-	-	-	-	-	-	-
6	VAPOR DENSITY (kg/m3)	0,68		0,95		2,1		1,0	
7	VISCOSITY cP	0,03		0,02		0,02		0,03	
8	BACK PRESSURE barg	-		-		-		-	
9	MOL. WEIGHT / COMPRESS.	33,9	0,99	33,9	0,99	43	0,99	43	0,99
10	FLOW RATE	MIN		-		-		-	
11	m3/h	NORM		3		1,9		1,9	
12		MAX		-		-		-	
13	PRESS./TEMP.	MIN		0,15	350	0,15	140	0,15	250
14	barg / °C	NORM		0,2	400	0,2	190	0,2	300
15		MAX		0,25	450	0,25	250	0,25	350
16	SPECIFIC HEAT kJ / kg K	1,26				0,97			
17	THERMAL CONDUCT W / m K	0,04				0,03			
18	LATENT HEAT kJ/kg	-				-			
19	PRESSURE DROP barg	-				-			
20	FOULING RESIST. m2°C / W	-		-		-		-	
21	HEAT EXCHANGED kW	1		1		1		1	
22	TRANSF RATE SERVICE	-		-		-		-	
23									
24									
25									
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS									
		HOT SIDE				COLD SIDE			
26	DESIGN PRESSURE barg	0,49				0,49			
27	TEST PRESSURE barg	0,74				0,74			
28	DESIGN TEMPER. °C	500				500			
29	CORR. ALLOW. DES mm	0,05				0,05			
30	CONNECTION	1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT	
31	NOZZLE								
32	N° PASSES								
MATERIAL									
33									
34	SHELL MATERIAL	AISI-316				AISI-316			
35	PLATE MATERIAL	AISI-316				AISI-316			
36	GASKET MATERIAL	Mica				Mica			
37	CODE REQUIREMENT								
38	PARTITION PLATE	AISI-316				AISI-316			
39	WEIGHT KG	-				-			




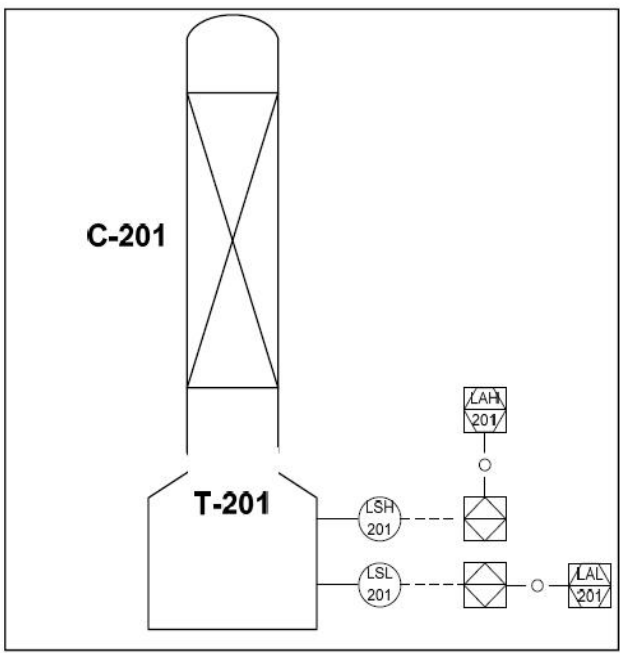
ITEM		E-201		DATA SHEET							
				RAFFREDDAMENTO LIQUIDO DI ASSORBIMENTO							
SERVICE: RAFFREDDAMENTO LIQUIDO DI ASSORBIMENTO				QUANTITY: 1							
FLUID ALLOCATION		HOT SIDE				COLD SIDE					
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT			
1	FLUID	Liquido di assorbimento		Liquido di assorbimento		Acqua		Acqua			
2	FLUID CONDITION	Liquido		Liquido		Liquido		Liquido			
3	LIQUID CRITICAL PRESSURE	-		-		-		-			
4	LIQUID VAPOR PRESSURE	-		-		-		-			
5	LIQ. DENSITY ACTUAL / BASE (@20°C)	1800	1820	1810	1820	995	995	982	995		
6	VAPOR DENSITY	-		-		-		-			
7	VISCOSITY cP	12,8		17,7		1,0		0,7			
8	BACK PRESSURE barg	-		-		-		-			
9	MOL. WEIGHT / COMPRESS.	94	-	94	-	18	-	18	-		
10	FLOW RATE	MIN									
11	m3/h	NORM		0,1		0,05		0,05			
12		MAX				0,1		0,1			
13	PRESS./TEMP.	MIN		0,05 30		0,05 25		1 1			
14	barg / °C	NORM		0,15 40		0,15 30		2 20 2 35			
15		MAX		0,2 60		0,2 50		4 4			
16	SPECIFIC HEAT kJ / kg K			1,45				4,186			
17	THERMAL CONDUCT W / m K			0,3				0,6			
18	LATENT HEAT kJ/kg			-				-			
19	PRESSURE DROP barg			-				-			
20	FOULING RESIST. m2°C / W										
21	HEAT EXCHANGED kW	2,5		2,5		2,5		2,5			
22	TRANSF RATE SERVICE										
23											
24											
25											
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS											
		HOT SIDE				COLD SIDE					
26	DESIGN PRESSURE barg	0,49				4					
27	TEST PRESSURE barg	0,74				6					
28	DESIGN TEMPER. °C	60°C				40°C					
29	CORR. ALLOW. DES mm	0,5				0,05					
30	CONNECTION	1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT			
31	NOZZLE	-		-		-		-			
32	N° PASSES	-		-		-		-			
MATERIAL											
33											
34	SHELL MATERIAL	Hastelloy				Hastelloy					
35	PLATE MATERIAL	Hastelloy				Hastelloy					
36	GASKET MATERIAL	Teflon				Teflon					
37	CODE REQUIREMENT	-				-					
38	PARTITION PLATE	Hastelloy				Hastelloy					
39	WEIGHT KG	-				-					


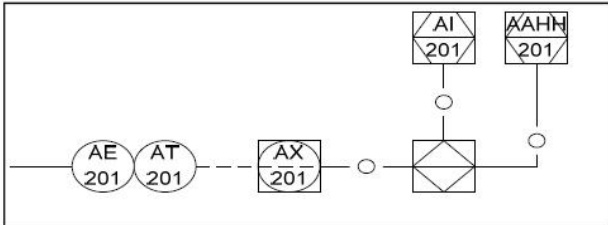
ITEM		R-101		DATA SHEET REATTORE							
SERVICE				Reattore di ossidazione catalitico		QUANTITY		1			
Internal diameter body	(mm)	83	Coil diameter	(mm)	21,3	Heads thickness	(mm)	22			
Length between tangent lines	(mm)	480	Coil pitch		2	Coil thickness	(mm)	1,7			
Total length	(mm)	960	Body wall thickness (min)	(mm)	3	Coil length	(m)	1,8			
Operation parameters			Reattore		Ext. jacket	<input type="checkbox"/> Halfcoil	<input type="checkbox"/>	Ext. Coil	<input checked="" type="checkbox"/> bundle	<input type="checkbox"/> Other	<input type="checkbox"/>
Fluid			Fumi caldi (2)					Fumi freddi (1)			
Fluid Category & Group			Vapor					Vapor			
Volume nominal/geometric/useful	(m <sup>3</sup> )	0,0052	0,0052	0,0047				0,0003			
Pressure Mini./Maxi. In operation	(barg)	0	0,2				0	0,2			
Temperature Min. Max. In operation	(°C)	350	450				30	450			
Fluid physical properties at temperature in/out:	(°C)	350	350				30	350			
-Density	(kg/m <sup>3</sup> )	1,01	0,93				2,09	1,01			
- Average specific heat	(kJ/kg.°C)	1,08	1,11				0,86	1,08			
- Average thermal conductivity	(W/m.°C)	0,03	0,03				0,02	0,03			
- Average dynamic viscosity	(mPa.s = cP)	0,028	0,0305				0,015	0,028			
- Heat of vaporization	(kcal/kg)	-	-				-	-			
Flow rate	(kg/h / kmol/h)	3,65	0,0832				3,65	0,0846			
Allowable pressure drop	(bar)							0,001			
Allowable wall temperature	(°C)							350			
Clean heat transfer coefficient	(W/m <sup>2</sup> .°C)							30,4			
Thermal load	(kW)							0,6			
Total heat exchange surface	(m <sup>2</sup> )							0,097			
<b>CONSTRUCTION</b>											
Code :	Stamp required		<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Interior lining / cladding		<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Material		HASTELLOY
Heads	polycentric 10:1 <input type="checkbox"/>	elliptic 2:1 <input type="checkbox"/>	design for wind :		<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Internal surface finish:		Ra	Mirror finis <input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	
spherical <input type="checkbox"/>	conical <input type="checkbox"/>	angle <input type="checkbox"/>	design for earthquake		<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	Exterior surface finish		Ra	Painting (CS parts) <input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	
Operating conditions				Material of construction							
	Vessel	Half-Coil	Ext. Coil	Equipment component	Material identification	Certificate	Remarks				
Design Temperature (°C)	600	-	450	External support	Carbon Steel		Blind Flanges				
Design Pressure (barg)	0,49	-	0,49	Shell	AISI 310						
Vacuum resistance (bara)	0	-	0	Heads	AISI 310						
Hydr. test pressure (barg)				Jacket	-						
Thermal treatment	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	External coil	AISI 316						
Xray weldings	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no	Internal coil/bundle	-						
Corrosion allowance (mm)	0,5		0,5	Baffles	-						
Accessories supplied with vessel				Nozzle pipes	-						
Vessel support (type)	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			Lap joint	-						
Installation on load cells (n° and load)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Flanges	AISI 310						
Antivortex baffles (n° & angular placement)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Other connections	AISI 310						
Vortexbreaker on liquid outlet(s) (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Internals	HASTELLOY						
Drain and vent cocks on jacket/coil(s) (n° & size)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Supports	-						
Fall prevention protection for manhole (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Manhole protection	-						
Davit arm (n° & lifting capacity)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Internal bolts	-						
Thermal insulation installed in shop	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Exterior bolts	Galvanized Steel						
Insulation cover installed in shop	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Interior gaskets	MICA						
Skirt for welded insulation	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Exterior gaskets	-						
Insul. fixation plates	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Insulation cover	-						
Skirt for floor passage sealing	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Skirt for welded insulation	-						
Sight glass(es) (n° & size)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Insul. fixation plates	-						
Lighting fixture for sight glass(es) (n° & power)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Skirt for floor pass. seal.	-						
Earthing lugs (n°)	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Earthing lugs	-						
Electr. Conn. Plates.	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no			Electr. Conn. Plates.	-						
Stainless steel Nameplate	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no										
<b>WEIGHTS (Reactor complete with accessories)</b>											
Empty	30	(kg)	In service	(kg)	Test	(kg)					
<b>Remarks</b>											
(1) Composizione molare: SO <sub>2</sub> 3,2%, H <sub>2</sub> O 3,5%, O <sub>2</sub> 4,7%, CO <sub>2</sub> 88,6%. (2) Composizione molare: SO <sub>3</sub> 3,2%, H <sub>2</sub> O 3,5%, O <sub>2</sub> 3,2%, CO <sub>2</sub> 90,1%. (3) To be confirmed by Manufacturer (4) Info/data by Manufacturer											


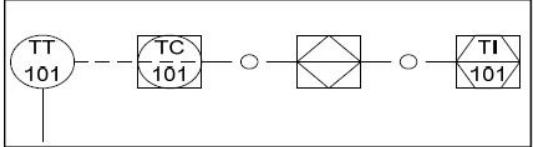


## 9 Allegato 3 Schemi di controllo -IOSTO

<b>CONTROL SCHEME</b>		<b>SOTACARBO</b> <small>SOCIETÀ TECNOLOGIE AVANZATE CARBONE S.P.A.</small>
ID Loop: 202	Plant: Produzione di acido solforico da fumi di combustione	
Service: Colonna di assorbimento		
Description: Controllo di temperatura liquido di assorbimento	Section: 2	
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>		
TT-202: misuratore di temperatura a termocoppia TI-202: indicazione di temperatura visualizzata da software TC-202: controllore di temperatura TCV-202: valvola di controllo della temperatura		
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>		
TEMPERATURA DI USCITA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO DALLO SCAMBIATORE E-201		
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>		
TEMPERATURA DI USCITA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO DALLO SCAMBIATORE E-201		
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>		
PORTATA DI ACQUA FREDDA IN INGRESSO ALLO SCAMBIATORE E-201		
<b>5. DISTURBANCES</b>		
N/A		
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>		
TERMOCOPPIA (TT-202)		
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>		
25 - 90°C		
<b>7. CONTROL TYPE</b>		
TYPE: RETROAZIONE		
ACTION: DIRETTA		
PARAMETERS: k [%]: N/A      ti [s]: N/A      td [s]: N/A		
<b>8. SET POINT</b>		
IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE - RANGE: 25 - 90°C		
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>		
TCV-102		
Fail Closed: <input checked="" type="checkbox"/> Fail Open: <input type="checkbox"/>		
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>		
MANTIENE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO IN INGRESSO ALLA COLONNA C-201		


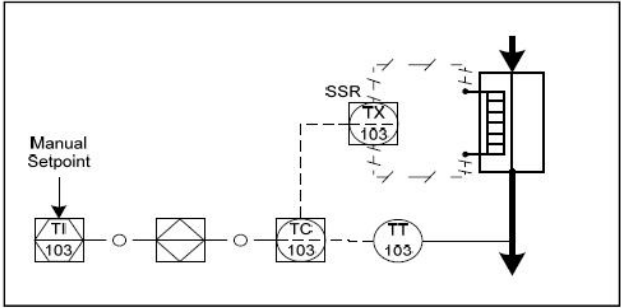
<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	202	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Colonna di assorbimento					
Description:	Controllo di livello liquido di assorbimento	Section:	2			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
LSH-201: switch di alto livello LSL-201: switch di basso livello LAH-201: visualizzazione software dell'allarme di alto livello LAL-201: visualizzazione software dell'allarme di basso livello						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
ALTEZZA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
LSH-201 E LSL-201						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
20% - 85% DELL'ALTEZZA DEL SERBATOIO T-201						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:	ON-OFF					
ACTION:	DIRETTA					
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
N/A						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
N/A						
Fail Closed: <input type="checkbox"/> <span style="margin-left: 100px;">Fail Open: <input type="checkbox"/></span>						
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
IL SUPERAMENTO DELLA SOGLIA DI ALLARME DI ALTO LIVELLO (LAH) PROVOCA LO SPEGNIMENTO DI EMERGENZA DELL'IMPIANTO  IL SUPERAMENTO DELLA SOGLIA DI ALLARME DI BASSO LIVELLO (LAL) PROVOCA LO SPEGNIMENTO DELLA POMPA DI RICIRCOLO (P-201) DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO						


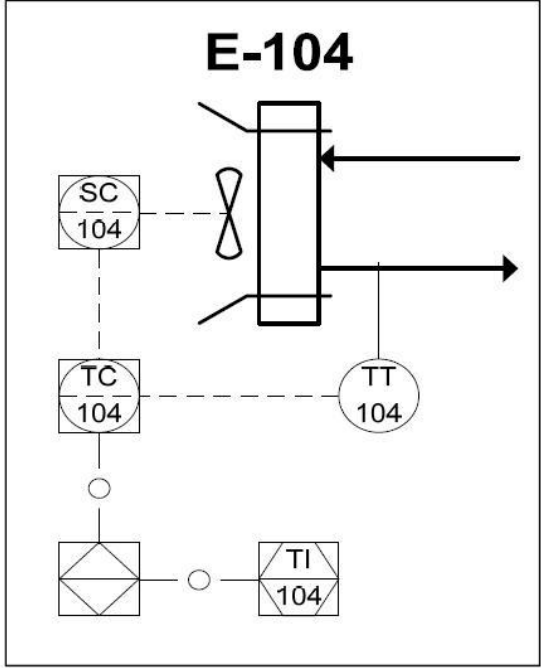
<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	202	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Colonna di assorbimento					
Description:	Monitoraggio di composizione liquido di assorbimento	Section:	2			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
AE-201: elemento di misura della composizione AT-201: trasmettitore del segnale di composizione AI-201: indicazione di composizione visualizzata da software AAHH-201: visualizzazione software dell'allarme di altissima composizione						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
COMPOSIZIONE DI USCITA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO DALLA COLONNA C-201						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
PIACCAMETRO (AE-201)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
0 - 8						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:		N/A				
ACTION:		N/A				
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
VALORE ALLARME DI ALTISSIMA COMPOSIZIONE (AAHH) IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
N/A						
Fail Closed: <input type="checkbox"/>		Fail Open: <input type="checkbox"/>				
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
MONITORAGGIO DELLA COMPOSIZIONE DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO IN USCITA DALLA COLONNA, IL VALORE DEL PH DEL LIQUIDO SCENDE CON IL PASSARE DEL TEMPO  IL SUPERAMENTO DELLA SOGLIA DI ALLARME DI ALTISSIMA COMPOSIZIONE (AAHH) PROVOCA LO SPEGNIMENTO DELLA POMPA DI RICIRCOLO DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO (P-201)						


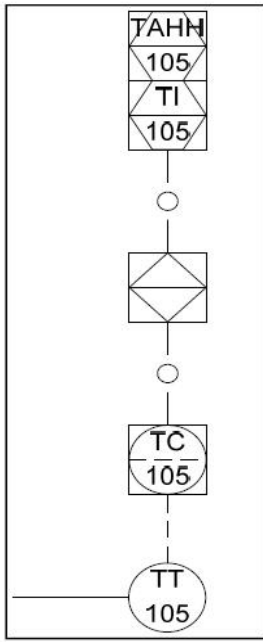
<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	101	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Alimentazione fumi di combustione					
Description:	Monitoraggio temperatura fumi di combustione	Section:	1			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
TT-101: misuratore di temperatura a termocoppia TI-101: indicazione di temperatura visualizzata da software						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DEI FUMI						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
TERMOCOPPIA (TT-101)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
350 - 450°C						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:		N/A				
ACTION:		N/A				
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
N/A						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
-						
Fail Closed: <input type="checkbox"/>		Fail Open: <input type="checkbox"/>				
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA IN INGRESSO DEI FUMI DI COMBUSTIONE						





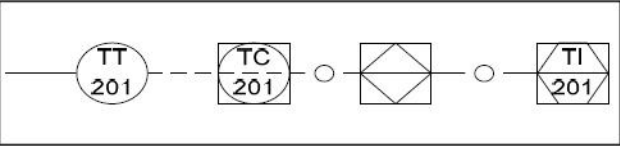
<b>CONTROL SCHEME</b>		<b>SOTACARBO</b> <small>SOCIETA' TECNOLOGIE AVANZATE CARBONE S.P.A.</small>				
ID Loop:	102	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Alimentazione fumi di combustione					
Description:	Controllo di temperatura fumi di combustione	Section	1			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
TT-102: misuratore di temperatura a termocoppia TI-102: indicazione di temperatura visualizzata da software TC-102: controllore di temperatura TCV-102: valvola di controllo della temperatura						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DI USCITA DEI FUMI DI COMBUSTIONE DALLO SCAMBIATORE E-102						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DI USCITA DEI FUMI DI COMBUSTIONE DALLO SCAMBIATORE E-102						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
PORTATA DI ACQUA FREDDA IN INGRESSO ALLO SCAMBIATORE E-102						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
TERMOCOPPIA (TT-102)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
25 - 450°C						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:	RETROAZIONE					
ACTION:	DIRETTA					
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE - RANGE: 25 - 90°C						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
TCV-102						
Fail Closed:	<input checked="" type="checkbox"/>	Fail Open:	<input type="checkbox"/>			
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
MANTIENE LA TEMPERATURA DEI FUMI DI COMBUSTIONE TALE DA CONSENTIRE LA CONDENSAZIONE DEL VEPORE ACQUEO IN ECCESSO						


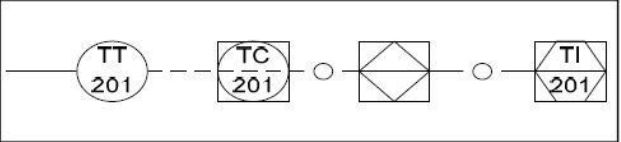
<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	103	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Alimentazione reattore R-101					
Description:	Controllo di temperatura fumi di combustione	Section	1			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DI INGRESSO DEI FUMI DI COMBUSTIONE NEL REATTORE R-101						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DI INGRESSO DEI FUMI DI COMBUSTIONE NEL REATTORE R-101						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
CORRENTE ELETTRICA ALIMENTATA ALLO SCAMBIATORE ELETTRICO E-103						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
TERMOCOPPIA (TT-103)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
25 - 450°C						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:	RETROAZIONE					
ACTION:	INVERSA					
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE - RANGE: 300 - 500°C						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
TX-103 (SSR)						
Fail Closed:	<input type="checkbox"/>	Fail Open:	<input type="checkbox"/>			
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
ALZARE LA TEMPERATURA DEI FUMI DI COMBUSTIONE FREDDI ALLA TEMPERATURA DI REAZIONE						
DURANTE LO START-UP PORTARE IL REATTORE R-101 ALLA TEMPERATURA DI REAZIONE						

<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	104	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Inter-raffreddamento reattore di ossidazione					
Description:	Controllo di temperatura del gas ossidato	Section	1			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>		<div style="text-align: center;">  </div>				
TT-104: misuratore di temperatura a termocoppia TI-104: indicazione di temperatura visualizzata da software TC-104: controllore di temperatura SC-104: controllore di velocità del motore dell'aeroraffreddatore E-104						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DEL REATTORE R-101						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DI REAZIONE DEL REATTORE R-101						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
NUMERO DI GIRI DEL MOTORE						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
TERMOCOPPIA (TT-104)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
350 - 500°C						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:		RETROAZIONE				
ACTION:		DIRETTA				
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE - RANGE: 300 - 500°C						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
SC-104						
Fail Closed: <input type="checkbox"/>		Fail Open: <input type="checkbox"/>				
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
MANTENIMENTO DELLA TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DEL REATTORE R-101 PER MANTENERE ALTO IL LIVELLO DI CONVERSIONE DELLA REAZIONE DI OSSIDAZIONE						

<b>CONTROL SCHEME</b>		
ID Loop:	105	Plant: Produzione di acido solforico da fumi di combustione
Service:	Reattore di ossidazione	
Description:	Monitoraggio della temperatura nella sezione catalitica	Section: 1
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>		
TT-105: misuratore di temperatura a termocoppia TI-105: indicazione di temperatura visualizzata da software TAHH-105: visualizzazione software dell'allarme di altissima temperatura		
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>		
TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DEL REATTORE R-101		
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>5. DISTURBANCES</b>		
N/A		
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>		
TERMOCOPPIA (TT-105)		
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>		
350 - 500°C		
<b>7. CONTROL TYPE</b>		
TYPE:	N/A	
ACTION:	N/A	
PARAMETERS:	k [%]: N/A	ti [s]: N/A      td [s]: N/A
<b>8. SET POINT</b>		
VALORE ALLARME DI ALTISSIMA TEMPERATURA (TAHH) IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE		
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>		
N/A		
Fail Closed:	<input type="checkbox"/>	Fail Open: <input type="checkbox"/>
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>		
MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DELLA PRIMA SEZIONE CATALITICA DEL REATTORE R-101  IL SUPERAMENTO DELLA SOGLIA DI ALLARME DI ALTISSIMA TEMPERATURA (TAHH) PROVOCA LO SPEGNIMENTO DI EMERGENZA DELL'IMPIANTO		

<b>CONTROL SCHEME</b>						
ID Loop:	106	Plant:	Produzione di acido solforico da fumi di combustione			
Service:	Reattore di ossidazione					
Description:	Monitoraggio della temperatura nella sezione catalitica	Section:	1			
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>						
TT-106: misuratore di temperatura a termocoppia TI-106: indicazione di temperatura visualizzata da software TAHH-106: visualizzazione software dell'allarme di altissima temperatura						
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>						
TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DEL REATTORE R-101						
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>						
N/A						
<b>5. DISTURBANCES</b>						
N/A						
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>						
TERMOCOPPIA (TT-106)						
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>						
350 - 500°C						
<b>7. CONTROL TYPE</b>						
TYPE:	N/A					
ACTION:	N/A					
PARAMETERS:	k [%]:	N/A	ti [s]:	N/A	td [s]:	N/A
<b>8. SET POINT</b>						
VALORE ALLARME DI ALTISSIMA TEMPERATURA (TAHH) IMPOSTABILE MANUALMENTE DA SOFTWARE						
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>						
N/A						
Fail Closed:	<input type="checkbox"/>			Fail Open:	<input type="checkbox"/>	
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>						
MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA DEI GAS ALL'INTERNO DELLA SECONDA SEZIONE CATALITICA DEL REATTORE R-101  IL SUPERAMENTO DELLA SOGLIA DI ALLARME DI ALTISSIMA TEMPERATURA (TAHH) PROVOCA LO SPEGNIMENTO DI EMERGENZA DELL'IMPIANTO						

<b>CONTROL SCHEME</b>		
ID Loop:	201	Plant: Produzione di acido solforico da fumi di combustione
Service:	Colonna di assorbimento	
Description:	Monitoraggio temperatura liquido di assorbimento	Section: 2
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>		
TT-201: misuratore di temperatura a termocoppia TI-201: indicazione di temperatura visualizzata da software		
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>		
TEMPERATURA LIQUIDO DI ASSORBIMENTO		
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>5. DISTURBANCES</b>		
N/A		
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>		
TERMOCOPPIA (TT-201)		
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>		
25 - 90°C		
<b>7. CONTROL TYPE</b>		
TYPE:	N/A	
ACTION:	N/A	
PARAMETERS:	k [%]: N/A	ti [s]: N/A      td [s]: N/A
<b>8. SET POINT</b>		
N/A		
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>		
-		
Fail Closed: <input type="checkbox"/> Fail Open: <input type="checkbox"/>		
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>		
MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO IN USCITA DALLA COLONNA C-201		

<b>CONTROL SCHEME</b>		
ID Loop:	201	Plant: Produzione di acido solforico da fumi di combustione
Service:	Colonna di assorbimento	
Description:	Monitoraggio temperatura liquido di assorbimento	Section: 2
<b>1. LOOP ELEMENTS</b>		
TT-201: misuratore di temperatura a termocoppia TI-201: indicazione di temperatura visualizzata da software		
<b>2. MEASURED VARIABLE</b>		
TEMPERATURA LIQUIDO DI ASSORBIMENTO		
<b>3. CONTROLLED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>4. MANIPOLATED VARIABLE</b>		
N/A		
<b>5. DISTURBANCES</b>		
N/A		
<b>5. MEASURING INSTRUMENT:</b>		
TERMOCOPPIA (TT-201)		
<b>6. MEASURED VARIABLE RANGE:</b>		
25 - 90°C		
<b>7. CONTROL TYPE</b>		
TYPE:		N/A
ACTION:		N/A
PARAMETERS:	k [%]: N/A	ti [s]: N/A      td [s]: N/A
<b>8. SET POINT</b>		
N/A		
<b>9. FINAL CONTROL ELEMENT:</b>		
-		
Fail Closed: <input type="checkbox"/>		Fail Open: <input type="checkbox"/>
<b>10. CONTROL LOOP JUSTIFICATION:</b>		
MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA DEL LIQUIDO DI ASSORBIMENTO IN USCITA DALLA COLONNA C-201		

## 10 Allegato 4 Lay-out con viste -IOSTO

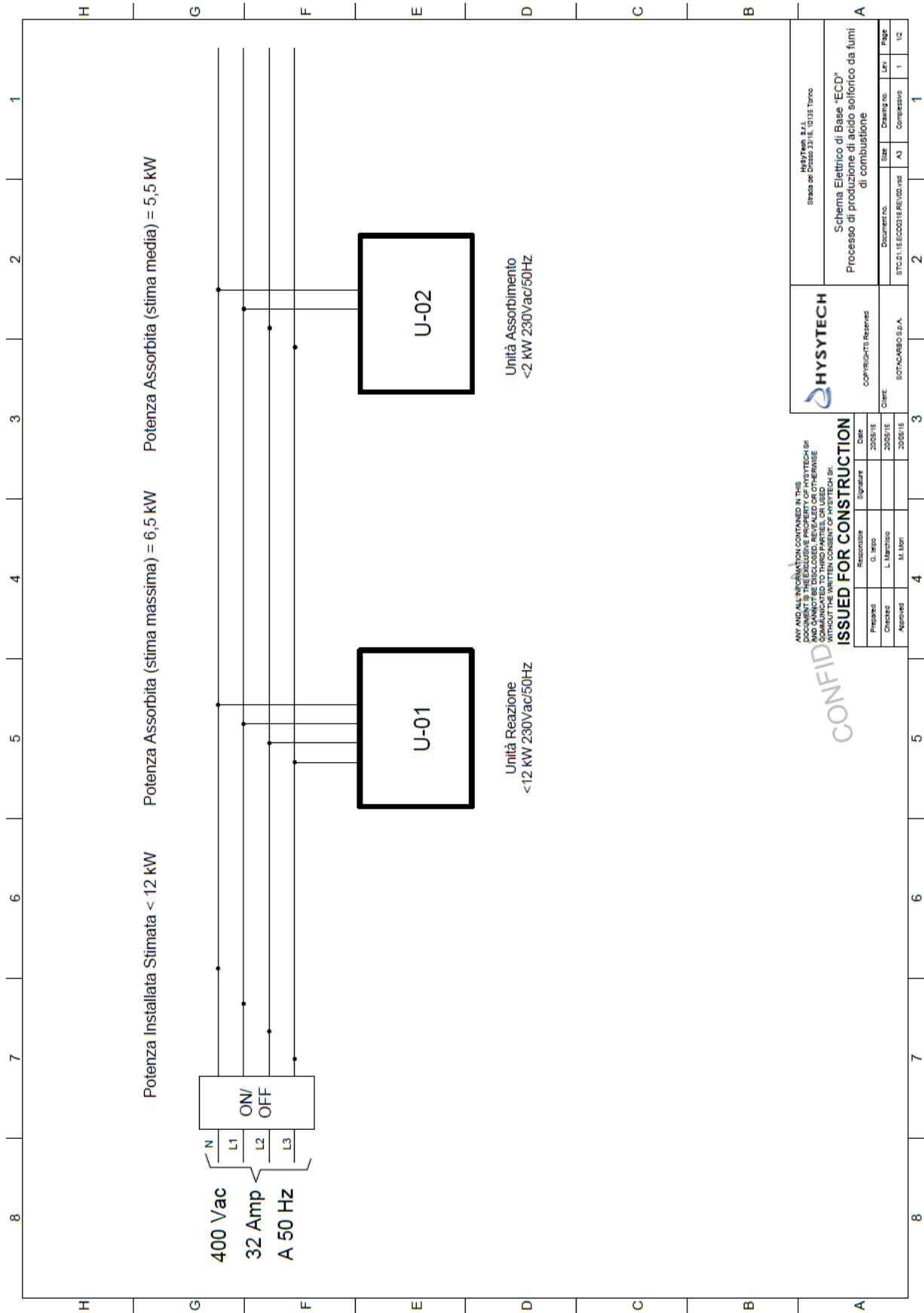






## 11 Allegato 5 Schemi elettrici di base -IOSTO





CONFID

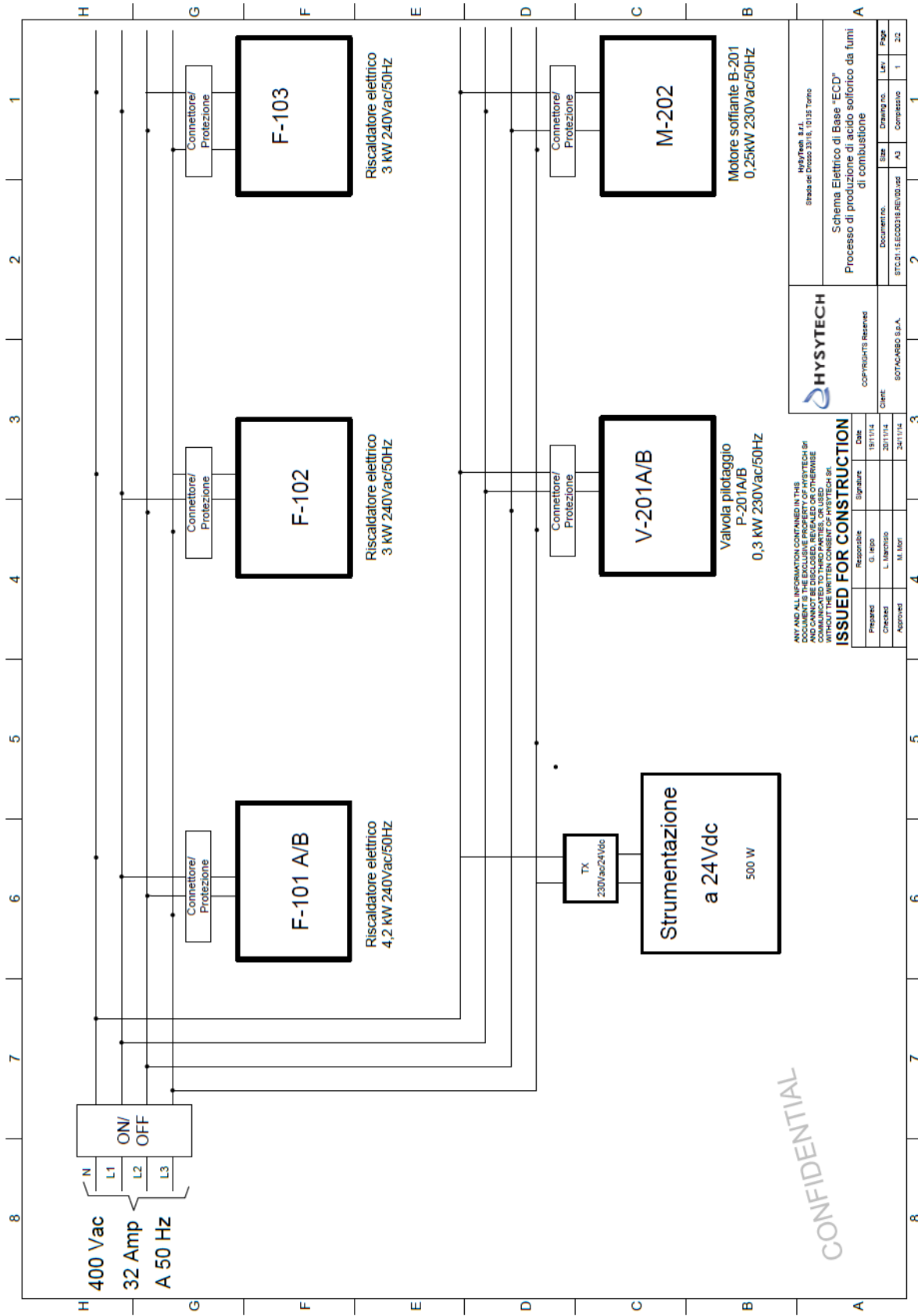
ANY AND ALL INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF HYSYTECH S.R.L. AND CANNOT BE DISCLOSED, REVEALED OR OTHERWISE TRANSMITTED IN ANY MANNER OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF HYSYTECH S.R.L.

**HYSYTECH**  
COPYRIGHTS RESERVED

HYSYTECH S.R.L.  
Strada del Grasso 29/B, 10135 Torino

ISSUED FOR CONSTRUCTION	
Responsible	Signature
Prepared	G. Iorio
Checked	L. Margarita
Approved	M. Mori
Date	2008/15
Date	2008/15
Date	2008/15

Client:	SOTACARBO S.p.A.
Document no.:	STC.01.15.EC0018.REV.00.IND
Size:	A3
Compartment:	1
Page:	1/2



ANY AND ALL INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS UNCLASSIFIED EXCEPT WHERE SHOWN OTHERWISE AND CANNOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR OTHERWISE TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF HYSYTECH S.p.A.

**ISSUED FOR CONSTRUCTION**

Prepared	G. Ippolito	Signature		Date	19/11/14
Checked	L. Marchisio	Signature		Date	20/11/14
Approved	M. Mori	Signature		Date	24/11/14

**HYSYTECH**  
 SOTACARBO S.p.A.  
 Copyrights Reserved

Stato del Documento: 10158 Terzo

Schema Elettrico di Base "ECD"  
 Processo di produzione di acido solforico da fumi di combustione

Document no.	Size	Drawing no.	Rev.	Page
STC.D.115.EC00318.REV.001.pdf	A3	Completivo	1	22

CONFIDENTIAL