



Ricerca di Sistema elettrico

Verifiche preliminari e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto P2G/L

S. Meloni, P. Miraglia, F. Tedde, G. Calì

VERIFICHE PRELIMINARI E PRIME MODIFICHE DELLE INFRASTRUTTURE ESISTENTI PER IL LORO RIUTILIZZO NELL'IMPIANTO P2G/L

S. Meloni, P. Miraglia, F. Tedde, G. Calì (Sotacarbo SpA)

Dicembre 2019

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - I annualità

Obiettivo 1: *Tecnologie*

Progetto: Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi power to gas, e relative interfacce con le reti"

Work package 3: Power to gas

Linea di attività: LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone ENEA

Responsabile del Work package: Eugenio Giacomazzi ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "POWER-to-Gas/Liquid Utilizzo della CO₂"

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: Marcella Fadda

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA E DELLE VERIFICHE EFFETTUATE.....	6
2.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA.....	6
2.2 VERIFICHE EFFETTUATE PER L'INSTALLAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO P2G/L.....	8
3 VALUTAZIONI SUL SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO.....	8
4 MODIFICHE E SMONTAGGI MECCANICI	10
4.1 SMONTAGGIO DELLA COIBENTAZIONE E DELLE STRUMENTAZIONI DEL REATTORE	11
4.2 RIMOZIONE DELL'ANELLO DI ALIMENTAZIONE DELL'ARIA ALLE LAMPADE	15
4.3 RIMOZIONE DEL SISTEMA DI ADDUZIONE DELL'OSSIGENO E DELL'ANIDRIDE CARBONICA ALL'IMPIANTO	18
4.4 RIMOZIONE DELLA POMPA DOSATRICE CF003 E DELLA RELATIVA MENSOLA DI SOSTEGNO.....	19
4.5 RIPOSIZIONAMENTO DEL TUBO DI ADDUZIONE DELL'ARIA DAL RISCALDATORE	20
4.6 DISINSTALLAZIONE DEL SISTEMA PSA.....	21
4.7 PREPARAZIONE ALLA RIMOZIONE DELLA TRAMOGGIA DI CARICAMENTO	23
4.8 RIMOZIONE DELLO SCAMBIATORE DI CALORE BA003	24
4.9 RIMOZIONE DELLE TUBAZIONE DI ADDUZIONE DEL VAPORE AL RISCALDATORE BI003	25
4.10 RIMOZIONE DEL RISCALDATORE BI001 E DELLE TUBAZIONI A MONTE.....	26
4.11 DISINSTALLAZIONE DEL GASOMETRO	27
4.12 RIMOZIONE DEL REATTORE DI GASSIFICAZIONE	28
5 MODIFICHE E SMONTAGGI ELETTRICI	34
5.1 GASSIFICATORE	35
5.2 SISTEMA DI SCARICO.....	35
5.3 ANELLO DI ALIMENTAZIONE DELL'ARIA ALLE LAMPADE	35
5.4 LINEE DI ADDUZIONE DI O2 E CO2	35
5.5 POMPE DOSATRICI	35
5.6 PSA.....	35
5.7 SISTEMA DI CARICAMENTO.....	35
5.8 LINEA DI ADDUZIONE DEL VAPORE AL RISCALDATORE BI003	35
5.9 SCAMBIATORE BA003.....	36
5.10 RISCALDATORE BI001	36
6 ADEGUAMENTO DOCUMENTALE	37
7 CONCLUSIONI	39
8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	40

Sommario

Il progetto, nella sua globalità, prevede lo sviluppo di tecnologie per il riutilizzo ambientalmente sostenibile della CO₂ generata o catturata e finalizzata alla produzione di combustibili liquidi e gassosi. Complessivamente, il principale risultato atteso dall'attività è lo sviluppo di un prototipo sperimentale Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L) sui processi di sintesi di metano, metanolo e DME mediante l'idrogenazione catalitica della CO₂, derivante da processi di cattura, con idrogeno prodotto dal surplus di generazione elettrica da fonte rinnovabile. Tale sviluppo consentirà un'ottimizzazione del processo finalizzata a una riduzione dei costi di investimento e operativi e all'acquisizione di dati sperimentali per lo studio delle integrazioni con altre tecnologie di generazione elettrica da fonti fossili e rinnovabili. I progressi attesi sono strettamente legati alla flessibilità delle nuove apparecchiature sperimentali, pensate per colmare il maggior numero possibile di lacune dello sviluppo tecnologico.

Il presente documento riporta le attività svolte dell'ambito linea di attività LA 3.17 - Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota del piano triennale di realizzazione 2019-2021 e relative al periodo 1 gennaio al 31 dicembre 2019.

L'installazione del nuovo prototipo Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L) è stata prevista all'interno di una struttura sperimentale pilota di gassificazione già esistente, dove al momento, non sono programmate attività. La scelta di realizzare l'impianto P2G/L in una struttura già esistente consentirà di ottimizzare i costi e i tempi utilizzando diversi sistemi ausiliari già presenti nella piattaforma, quali: impianto elettrico, componenti hardware del sistema di regolazione e controllo, struttura di sostegno.

Nel presente rapporto tecnico vengono riportate le verifiche preliminari e le prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro utilizzo nella nuova struttura sperimentale.

1 Introduzione

Il progetto PTR 2019-2021 prevede la progettazione, realizzazione, collaudo e sperimentazione di un impianto prototipale in cui si dovrà testare il processo di trasformazione della CO₂ in combustibili gassosi come il metano (CH₄) e in combustibili liquidi come il metanolo (CH₃OH) e il dimetiletere - DME (CH₃OCH₃); il nuovo impianto verrà di seguito menzionato con il nome di "impianto P2G/L".

L'installazione del nuovo impianto è stata prevista all'interno di un'area della piattaforma pilota Sotacarbo, utilizzando una infrastruttura di ricerca esistente e, al momento, non utilizzata. Questo ha comportato lo smontaggio delle seguenti sezioni della suddetta infrastruttura:

- reattore di gassificazione a letto fisso della potenzialità nominale di 0,24 MWt;
- sistema di caricamento del combustibile nel reattore di gassificazione su menzionato;
- sistema di preriscaldamento del syngas ai reattori CO-shift;
- unità di PSA (Pressure Swing Adsorption) per la separazione dell'idrogeno dal syngas attraverso dei setacci molecolari;
- sistema di adduzione dei solventi alla desolforazione del syngas;
- linee di adduzione degli agenti gassificanti (CO₂ e O₂) al gassificatore.

La scelta di realizzare l'impianto P2G/L in luogo di alcune sezioni non impegnate in progetti di ricerca e dove non vi siano programmate attività di ricerca nell'immediato futuro, consentirà di ottimizzare i costi e i tempi di realizzazione dell'infrastruttura grazie al possibile utilizzo di diversi sistemi ausiliari già presenti nella piattaforma, quali impianto elettrico, componenti hardware del sistema di regolazione e controllo e struttura di sostegno, che verranno adattati secondo le nuove esigenze.

Le valutazioni approfondite e le attività specifiche di preparazione dell'area svolte nel corso dell'anno 2019 sono riportate nei paragrafi seguenti.

2 Descrizione dell'impianto pilota e delle verifiche effettuate

L'area dove andrà posizionato il nuovo impianto P2G/L è quella dove è presente un impianto di gassificazione su scala pilota; si riporta di seguito una breve descrizione dell'impianto precedente e delle verifiche effettuate al fine di determinare il posizionamento della nuova infrastruttura di ricerca.

2.1 Descrizione dell'impianto Pilota

L'unità pilota di gassificazione di Sotacarbo si basa su un reattore caratterizzato da un diametro interno di 0,3 m, dotato di un sistema di ricarica manuale del combustibile; esso rappresenta un sistema flessibile sia per la produzione di energia che per la produzione di idrogeno.

Il reattore di gassificazione funziona ad una pressione compresa tra i 0,11 e i 0,14 MPa ed è caratterizzato da diverse zone operative – tipiche della tecnologia di gassificazione in letto fisso updraft - nelle quali hanno luogo i processi di essiccazione del combustibile, devolatilizzazione, pirolisi, gassificazione e combustione. In tali processi, il combustibile, scorrendo verso il basso, viene riscaldato dal gas grezzo caldo, generato dai processi di gassificazione e combustione, che si sposta verso l'alto [1]. Gli agenti di gassificazione (aria, se necessario arricchita con ossigeno e vapore) vengono introdotti nella parte bassa del reattore, al di sotto della griglia di supporto del combustibile, al fine di subire un preriscaldamento ad opera delle ceneri che vengono poi rimosse attraverso la griglia stessa.

Nel caso specifico, un preriscaldamento elettrico fino a 250°C può essere effettuato al fine di evitare la condensazione del vapore prima del suo ingresso nel gassificatore. Il profilo di temperatura nel reattore viene misurato attraverso una sonda situata vicino all'asse verticale del reattore e dotata di una serie di undici termocoppie di tipo K (con un intervallo di misure tra 0 e 1200 °C) e attraverso una serie di altre trentaquattro termocoppie distribuite sulla parete del reattore e sulla griglia [2].

A valle del gassificatore, il syngas grezzo viene inviato a uno skid integrato che include uno scrubber ad umido, un primo stadio di desolfurazione a freddo ed un precipitatore elettrostatico [3]. Lo scrubber opera una prima separazione di polveri e tar dal flusso di syngas, al contempo riducendone la temperatura dai 150-300 °C iniziali (a seconda delle particolari condizioni operative) a circa 50 °C. A valle del primo stadio di desolfurazione a freddo, il precipitatore elettrostatico permette la rimozione delle particelle residue di particolato e di tar dal flusso di syngas, prima del suo invio alla linea di generazione elettrica. A seconda degli obiettivi della sperimentazione, una parte di syngas (20% della portata totale) può essere inviata alla linea di produzione di idrogeno [2].

Linea di generazione di energia elettrica

La linea di generazione di energia elettrica include un sistema di desolfurazione a freddo del syngas e un motore a combustione interna. Quest'ultimo è alimentato con il syngas depurato attraverso lo skid di trattamento primario, eventualmente arricchito in H₂ proveniente dalla linea di separazione dell'idrogeno, ed è caratterizzato da una potenza nominale di circa 24 kW. In particolare, il desolfatore a freddo è costituito da una colonna a riempimento in cui il solfuro di idrogeno viene assorbito chimicamente attraverso una soluzione acquosa di idrossido di sodio e ipoclorito. Durante i test sperimentali specifici sono stati utilizzati anche diversi solventi come la metildietanolamina (MDEA) per l'assorbimento di H₂S o con monoetanolamina (MEA) per cattura dell'anidride carbonica.

Un gasometro a due camere (con un volume interno complessivo di 11,3 m³) hanno lo scopo di superare i problemi di variabilità della pressione e di bassa portata di syngas all'ingresso del motore (in particolare nei test con combustibili poco reattivi) e per garantire una produzione costante di energia elettrica.

Linea di produzione dell'idrogeno

La linea di produzione dell'idrogeno comprende un sistema di desolfurazione a caldo, un sistema integrato di CO-shift (WGS, *Water Gas Shift*) e assorbimento della CO₂ e una sezione di separazione dell'idrogeno (PSA, *Pressure Swing Adsorption*). Sono inoltre installati, sulla stessa linea, un compressore per la compensazione delle perdite di carico e un riscaldatore elettrico per innalzare la temperatura del syngas ai valori previsti per la sezione di desolfurazione a caldo. Quest'ultima opera tra i 300 °C e 500 °C e comprende tre componenti principali: un filtro catalitico per la conversione del solfuro carbonile (COS) e due reattori per l'adsorbimento

del solfuro di idrogeno (H_2S). Nel filtro catalitico una piccola quantità di COS contenuta nel syngas viene convertita in H_2S per reazione di idrogenazione, promossa dal catalizzatore $Ni-MoO_3/Al_2O_3$. I due assorbitori di solfuro di idrogeno operano in letto fisso con sorbenti a base di ossido di zinco.

Il sistema di desolforazione a caldo permette di ridurre la concentrazione del H_2S a valori tipicamente inferiori a 10 ppm (e spesso inferiori a 1 ppm), prima dell'invio del syngas ad una sezione di Water Gas Shift a doppio stadio con una fase intermedia e una fase finale di assorbimento della CO_2 . In particolare, il processo WGS avviene in due reattori, di cui il primo opera ad alta temperatura (tra i $300\text{ }^\circ\text{C}$ e i $450\text{ }^\circ\text{C}$) ed il secondo a bassa temperatura (circa $250\text{ }^\circ\text{C}$). L'assorbimento dell'anidride carbonica avviene invece all'interno di due reattori a bolle, riempiti con una soluzione di cattura (tipicamente MEA 5M), in cui syngas viene iniettato attraverso 40 diffusori basati su membrane ceramiche a circa $30\text{ }^\circ\text{C}$ e pressione atmosferica.

È stata inoltre installata – su cui, invece, si stanno portando avanti alcune attività sperimentali – un'unità di assorbimento della CO_2 e rigenerazione dei solventi per lo studio del processo di assorbimento e desorbimento termico della CO_2 con solventi liquidi. La colonna, che può operare sia in modalità batch che in continuo, è dotata di un ribollitore elettrico che può operare fino a $150\text{ }^\circ\text{C}$, un condensatore e un *demister* per la separazione dell'acqua e dei vapori di solvente dalla CO_2 desorbita e una serie di scambiatori per il preriscaldamento del solvente ricco di CO_2 e per il raffreddamento del solvente povero di CO_2 .

La sezione di purificazione dell'idrogeno PSA si basa sull'utilizzo di setacci molecolari e sull'elevata pressione del flusso gassoso. L'idrogeno così prodotto viene utilizzato per l'arricchimento del syngas in alimentazione al motore a combustione interna. Per maggiore chiarezza si riporta di seguito uno schema dell'impianto configurato come pilota di gassificazione.

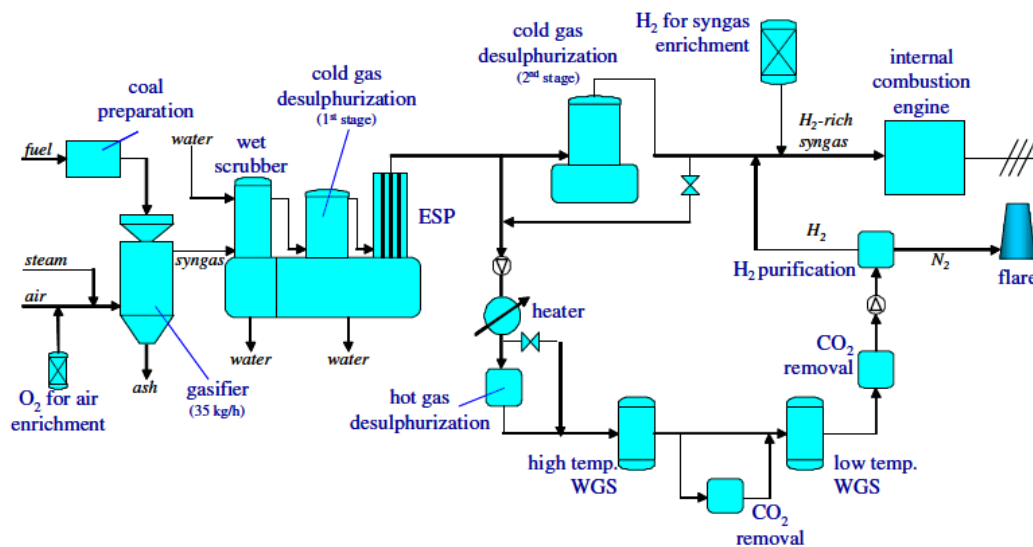


Figura 2.1 – Schema impianto pilota. [4].

2.2 Verifiche effettuate per l'installazione del nuovo impianto P2G/L

Il nuovo impianto P2G/L sarà installato nell'area dell'impianto pilota precedentemente descritto; tale scelta comporta, come detto, diversi vantaggi derivanti dal riutilizzo di diverse strutture e ausiliari già presenti nell'area.

Da una prima analisi, fondata sull'indagine conoscitiva avviata con alcune ditte specializzate nel settore, l'area occupata dal nuovo impianto dovrebbe essere di circa 20 m² con uno sviluppo in altezza di circa 3-4 m. Per questa motivazione, al fine dell'installazione della infrastruttura sperimentale, è stata presa in considerazione l'area dell'impianto pilota con particolare riferimento agli spazi già occupati dal gassificatore e dal relativo sistema di caricamento del combustibile.

Il gassificatore pilota è stato messo in funzione nell'anno 2008 e da allora ha effettuato circa 2000 ore di sperimentazione. Non essendo coinvolto in nuovi programmi di ricerca, si è dunque deciso di riconfigurare l'impianto smontando e mettendo in sicurezza l'apparecchiatura per un possibile riutilizzo futuro.

L'area presa in esame presenta una struttura di supporto integrata e funzionale per l'installazione meccanica del nuovo impianto, anche per la presenza di diversi cavidotti per la posa dei cavi di segnale e di alimentazione elettrica. A tale scopo sarà inoltre possibile sfruttare il quadro *marshalling* di smistamento dei segnali, che svolge la funzione di interfacciamento tra l'impianto ed il sistema di regolazione e controllo. Al fine di aumentare l'area (da circa 20 m² fino a circa 50 m²) e i cavidotti disponibili per l'installazione del nuovo impianto, è stato valutato necessario rimuovere anche alcune delle altre sezioni dell'impianto pilota: sistema di preriscaldamento del syngas in ingresso ai reattori CO-shift, unità di PSA (Pressure Swing Adsorption) per la separazione dell'idrogeno dal syngas, sistema di adduzione dei solventi alla desolforazione del syngas, linee di adduzione degli agenti gassificanti (CO₂ e O₂) al gassificatore. Anche per tali sezioni, ormai in disuso, non era previsto l'utilizzo in alcun programma di ricerca.

Le sezioni smontate includono diverse strumentazioni, i cui cavi di collegamento sono stati resi disponibili per le nuove installazioni. Da una prima valutazione si stima che tali cavi siano in numero più che sufficiente per le esigenze di installazione relative al nuovo impianto. Analogamente, a seguito dello smontaggio delle sezioni suddette, sul quadro di regolazione e controllo risultano liberi diversi canali che permettono la registrazione di un numero sufficientemente elevato di segnali provenienti dal nuovo impianto.

3 Valutazioni sul sistema di regolazione e controllo

Il sistema di regolazione e controllo (SRC) presente nell'impianto esistente è costituito da una componente hardware, comprendente i quadri di controllo, i client adibiti alla gestione delle operazioni e tutte le varie utilities ad essi correlate, oltre che da un software installato sui client e sulle CPU di gestione delle basi dei quadri necessaria alla conduzione dell'impianto.

La parte hardware dei quadri è costituita da un quadro generale nel quale sono presenti otto basi, in ognuna delle basi sono presenti sedici moduli e una CPU di gestione di tipo Eutotherm T2550. I moduli installati sono differenziati in base alla natura e al tipo di segnale da gestire. Si riporta di seguito l'elenco:

- 42 moduli analogici di ingresso a tre canali di tipo AI3, che gestiscono i segnali 4-20 mA provenienti dalle strumentazioni di misura quali misuratori di portata, di pressione, di temperatura, ecc.;
- 15 moduli analogici di uscita a due canali di tipo AO2, che gestiscono i segnali che comandano apparecchiature in campo quali valvole regolatrici, valvole on off ed altre apparecchiature simili;
- 35 moduli digitali di ingresso a otto canali DI8, che gestiscono i segnali digitali puliti provenienti dal campo e relativi a stati di finecorsa e allarmi;
- 36 moduli digitali di uscita a 4 canali di tipo RLY4 che inviano comandi di start/stop ai motori quali pompe e compressori.

Tutte le otto basi sono interamente cablate e non presentano moduli o canali liberi. Nel medesimo quadro è presente l'alimentazione elettrica, costituita da sei trasformatori e da diversi interruttori differenziali, uno per ogni base.

Nel quadro si trova anche uno switch HP che rimanda i segnali raccolti dalle CPU verso il client di controllo situato in un apposito locale presente esternamente alla struttura in cui sono collocati i quadri.

Inoltre, è presente un altro quadro, rappresentante un'estensione del precedente, all'interno del quale è installata una base con due CPU ridondati di modello T2550 e adibite principalmente alla gestione delle colonne di assorbimento e rigenerazione della CO₂. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è mostrato il quadro sopra descritto.



Figura 3.1 – Quadro sistema di controllo.

Per poter utilizzare al meglio il sistema di gestione dei segnali descritto per il nuovo Impianto P2G/L, si dovrebbe aggiornare la parte hardware del quadro principale con le nuove CPU di tipo T2750, le quali forniscono una migliore integrazione con le ultime versioni del software di gestione Eurotherm, attualmente installato, con l'aggiunta di moduli di ultima generazione AI8 e i DO8 che consentono di diminuire il numero di moduli presenti sulle basi e aumentare il numero di segnali gestiti.

Sarà necessario sviluppare un nuovo progetto in funzione del tipo di processo e delle nuove strumentazioni e apparecchiature che si andranno ad installare, scegliendo in modo adeguato le basi sulle quali saranno collegate in modo da poter continuare ad utilizzare le sezioni sperimentali quali le colonne di rigenerazione solventi e assorbimento CO₂.

In conclusione, i quadri di controllo attualmente in uso per poter essere impiegati al meglio nel nuovo progetto di impianto andrebbero aggiornati con le ultime versioni dei moduli e delle CPU, mantenendo inalterata la parte di potenza e di switch. Rimarrebbe in sostanza la mera struttura di supporto del quadro con la parte elettrica e i cablaggi strumentali. Non è necessario nessun aggiornamento della licenza software, aggiornata nel 2018. Andrebbe però modificato il software sulla base delle specifiche del nuovo impianto.

4 Modifiche e smontaggi meccanici

Il presente capitolo riporta un resoconto delle prime fasi della preparazione del sito per l'installazione dell'impianto P2G/L, che hanno riguardato le attività di modifica e di rimozione di alcune sezioni e componenti dell'infrastruttura esistente, coinvolgendo in particolare le aree del piano terra (quota 0), del primo piano (quota 3100) e del secondo piano (quota 5810) del castelletto di supporto, al fine di ottimizzare l'area individuata per la realizzazione del nuovo impianto.

Le figure 4.1-4.4 mostrano il layout originale dell'impianto (rispettivamente ai tre livelli del castelletto di supporto e in vista laterale), con evidenziata in verde l'area interessata dall'intervento di modifica per l'installazione dell'impianto P2G/L, per una superficie totale di circa 50 m².

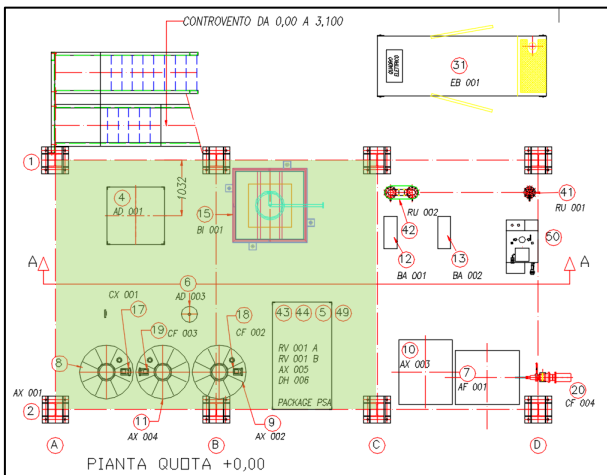


Figura 4.1 – Pianta dell'area dell'impianto a quota 0.

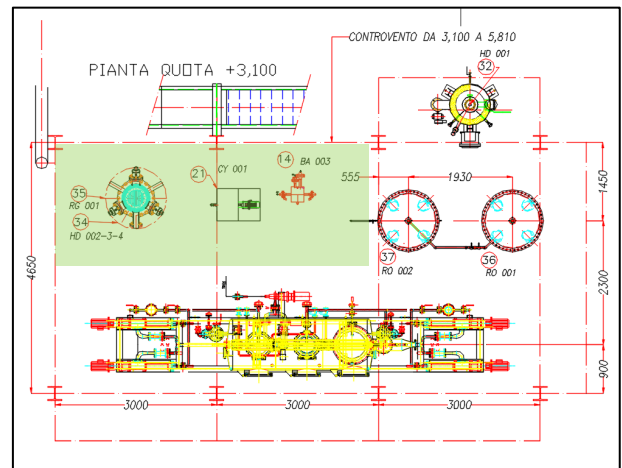


Figura 4.2 - Pianta dell'area dell'impianto a quota 3100.

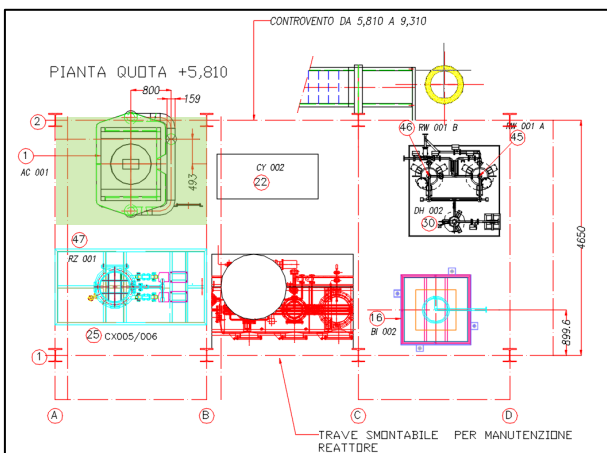


Figura 4.3 –Pianta dell'area dell'impianto a quota 5810.

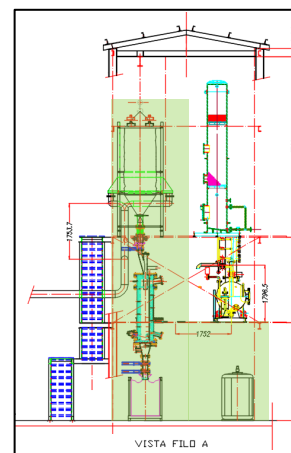


Figura 4.4 - Vista laterale dell'impianto.

Nei successivi paragrafi sono riassunte e illustrate, tramite documentazione fotografica, le singole fasi di smontaggio.

4.1 Smontaggio della coibentazione e delle strumentazioni del reattore

Il presente paragrafo descrive la disinstallazione di tutti i componenti del reattore, effettuata al fine di agevolare la successiva estrazione del gassificatore, realizzata nella fase finale delle operazioni di smontaggio e descritta di seguito nel paragrafo 4.12.

La sezione di gassificazione, schematizzata nel diagramma di marcia (P&ID, *Piping & Instrumentation Diagram*) di Figura 4.5, è costituita da un reattore up-draft a letto fisso caratterizzato da un'altezza globale di circa 6,1 m, da un diametro di 845 mm e da un peso complessivo di circa 4000 kg. Il corpo gassificatore è realizzato internamente con materiale refrattario, coibentato all'esterno e collegato superiormente al sistema di caricamento del combustibile.

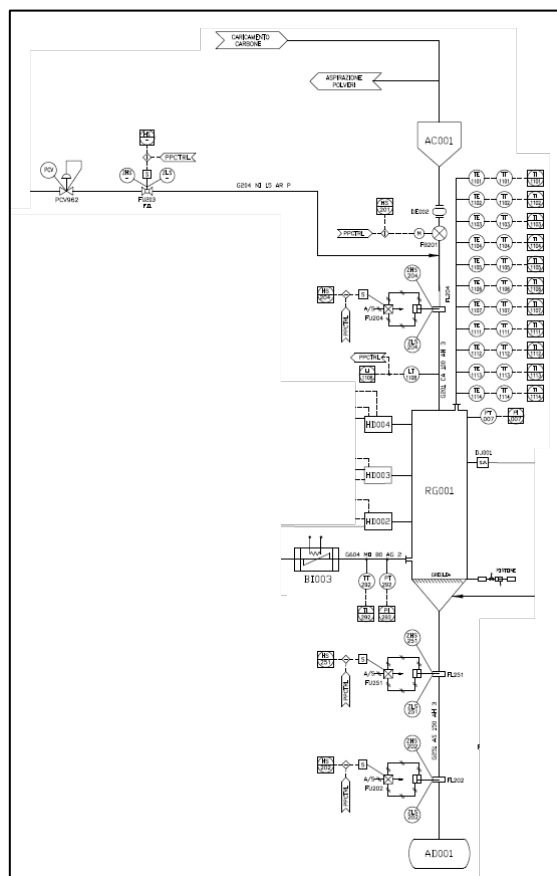


Figura 4.5 - P&ID della sezione di gassificazione.

Il sistema di caricamento prevede che il materiale contenuto nella tramoggia scenda per gravità nel corpo gassificatore dopo avere attraversato nell'ordine: un giunto di dilatazione (posizione 2, della Figura 4.6), una rotocella (pos. 3), un tronchetto flangiato (pos. 4) con un ingresso per eventuale iniezione di azoto, una valvola a ghigliottina (pos. 22). Originariamente alla parte superiore del gassificatore era avvitata con ghiera di fissaggio una termocoppia multipla (pos. 24) che, inserita assialmente all'interno del gassificatore stesso, permetteva di rilevare le temperature che si sviluppavano ai diversi livelli. Dopo una modifica, questa funzione di rilevamento è stata poi affidata ad un sistema di termocoppie installate sulla parete del reattore (visibili in Figura 4.7), mentre l'attacco filettato da 1", liberato dalla rimozione della termocoppia multipla, è stato impiegato per il montaggio di un'asta rompiponte verticale.

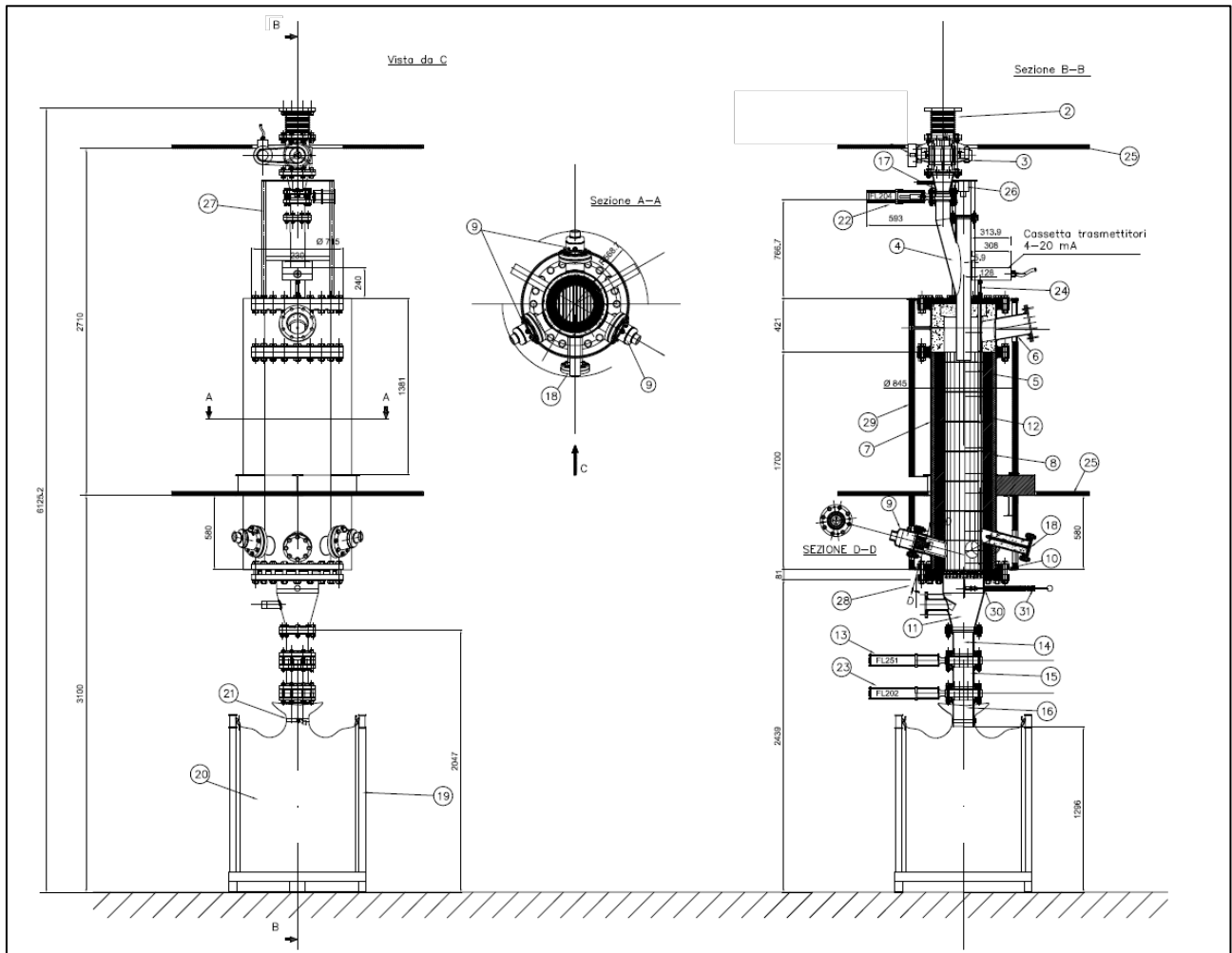


Figura 4.6 - Disegno d'assieme del gassificatore pilota.

Sulla parte superiore del gassificatore (Figura 4.7) è montato un puntatore laser (pos. 26) per il rilevamento del livello del letto all'interno del gassificatore. Nella parte bassa del reattore (Figura 4.8), sulla parete laterale, è presente un bocchello adibito allo svuotamento del gassificatore, dotato di dispositivo rompiponte installato sul suo tappo di chiusura (pos. 18). Una griglia (pos. 10), dotata di sistema di movimentazione con attuatore pneumatico, posizionata in corrispondenza della parte bassa del reattore, permette il passaggio delle ceneri prodotte nel volume conico (pos. 11) posto al di sotto della griglia stessa. Il sistema di accensione del gassificatore è costituito da tre irradiator ceramici ad infrarossi (pos. 9), alimentati elettricamente (per una potenza di 250 W per ogni lampada), posti immediatamente al di sopra della griglia.



Figura 4.7 - Reattore di gassificazione.



Figura 4.8 - Parte inferiore del reattore.

Le ceneri derivanti dal processo vengono convogliate, attraverso il cono del gassificatore (Figura 4.9), nel sistema di scarico ceneri, il quale ne consente la raccolta all'interno di un *big bag* (pos. 20) da circa 1 m³ di capienza, impedendone la dispersione nell'ambiente. I *big bag*, o FIBC (*Flexible Intermediate Bulk Container*), sono sacchi flessibili in juta, polietilene o polipropilene, di dimensioni standard, utilizzati per il trasporto e lo stoccaggio di materiali solidi sfusi. Una successiva miglioria ha consentito di sostituire il *big bag* con un serbatoio di raccolta ceneri in acciaio (Figura 4.10). Le valvole a ghigliottina (pos. 23 e 13 rispettivamente), caratterizzate da un sistema di interblocco, garantiscono la separazione tra l'ambiente di reazione ed il serbatoio di raccolta.



Figura 4.9 - Cono di scarico ceneri.



Figura 4.10 - Serbatoio di raccolta ceneri.

Nello specifico durante questa fase si è provveduto alla:

- rimozione del cono di scarico ceneri del reattore (Figura 4.9), delle lampade d'accensione (Figura 4.11), delle valvole a ghigliottina di scarico ceneri, comprensive di attuatori pneumatici, e del serbatoio di raccolta ceneri (Figura 4.10);
- apertura e rimozione delle canalette elettriche, delle termocoppie installate sulle pareti del reattore (Figura 4.12) e dei relativi cavi di segnale;
- rimozione del parapetto di protezione, posizionato al primo piano della struttura, e della coibentazione del reattore (Figura 4.13);
- rimozione della cassetta dei trasmettitori 4-20 mA della termocoppia multipla (Figura 4.14);
- rimozione delle aste rompiponte superiore e inferiore (Figura 4.15);
- rimozione della tubazione di uscita syngas (Figura 4.16).



Figura 4.11 - Lampade di accensione con irradiatore.



Figura 4.12 - Reattore di gassificazione a seguito della rimozione della strumentazione e della coibentazione.



Figura 4.13 – Coibentazione rimossa dal reattore.

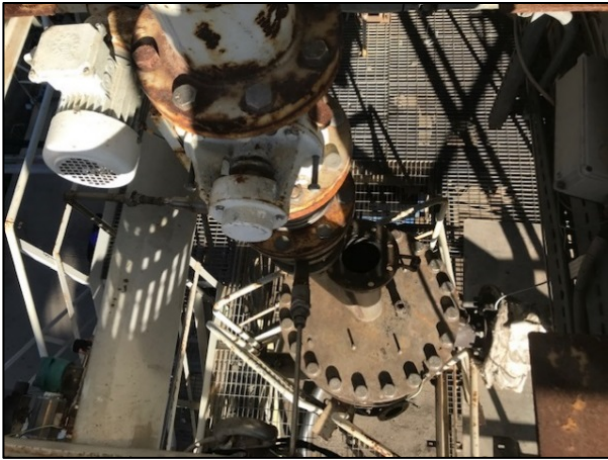


Figura 4.14 - Reattore visto dall'alto, dopo lo scollegamento dalla sezione di caricamento e la rimozione di strumentazione e coibentazione.



Figura 4.15 - Dispositivo rompiponte inferiore.



Figura 4.16 - Tubazione di uscita syngas rimossa.

4.2 Rimozione dell'anello di alimentazione dell'aria alle lampade

Gli irradiatorii ceramici utilizzati nelle operazioni di accensione del gassificatore sono sostenuti da particolari lampade che permettono l'invio di aria come agente ossidante. L'adduzione dell'aria alle lampade è permessa da un sistema di tubazioni ad anello, sostenute da appositi supporti sotto la pavimentazione relativa alla quota 3100 mm, così come riportato in Figura 4.17 e nel diagramma di P&ID di Figura 4.18.

Al fine di agevolare la rimozione del reattore e di liberare l'area individuata al piano terra del castelletto per la realizzazione del nuovo impianto P2G/L, si è resa necessaria la rimozione dell'anello di alimentazione dell'aria alle lampade. Nelle Figure 4.19-4.23, è visibile il piano terra a seguito degli smontaggi descritti. Il piping è costituito da una valvola di intercettazione pneumatica FE302 (Figura 4.24), tre valvole regolatrici FV305 (Figura 4.25), FV306 (Figura 4.26), FV307 (Figura 4.27) e tre rotametri FT305, FT306, FT307 (Figura 4.28). Al termine della rimozione di dispositivi e tubazioni di collegamento, si è realizzata la disinstallazione dell'attuatore pneumatico di movimentazione griglia, localizzato in prossimità dell'anello.



Figura 4.17 – Anello di alimentazione aria lampade.

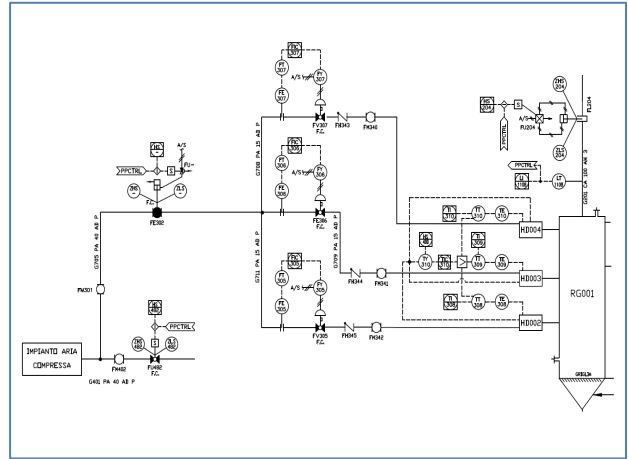


Figura 4.18 - P&ID dell'anello di alimentazione.



Figura 4.19 – Piano terra, prima della rimozione dell'ultima valvola di intercettazione pneumatica.

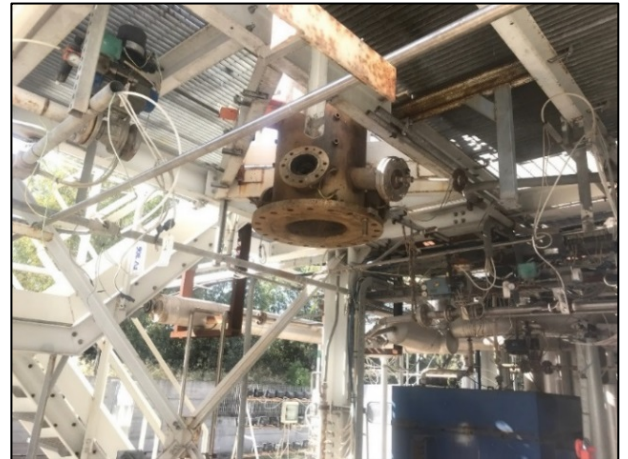


Figura 4.20 – Piano terra, a seguito della rimozione dell'anello.



Figura 4.21 – Piano terra dopo la rimozione dell'ultima valvola.



Figura 4.22 – Piano terra dopo la rimozione dell'anello di alimentazione aria lampade.

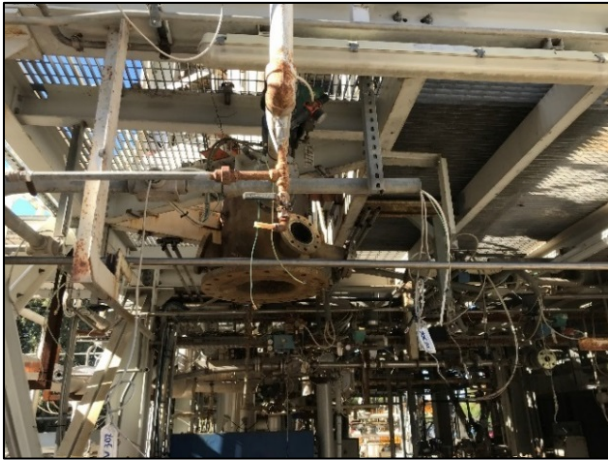


Figura 4.23 –Piano terra dopo la rimozione dell’anello.



Figura 4.24 - Valvola di intercettazione pneumatica FE302 dopo la rimozione.



Figura 4.25 - Valvola regolatrice FV305.



Figura 4.26 – Valvola regolatrice FV306.



Figura 4.27 – Valvola regolatrice FV307.



Figura 4.28 – Rotametri FT305, FT306, FT307.

4.3 Rimozione del sistema di adduzione dell'ossigeno e dell'anidride carbonica all'impianto

Gli smontaggi relativi al piano terra hanno riguardato anche la disinstallazione delle linee di adduzione di O₂ e CO₂ (Figura 4.29) all'impianto pilota, utilizzate in passato per test sperimentali in differenti condizioni operative. In particolare sono state scollegate elettricamente e successivamente rimosse la valvola di intercettazione pneumatica FE503 (Figura 4.31), la valvola regolatrice FV502 (Figura 4.32) e il regolatore massico FT502 (Figura 4.30) sulla linea di adduzione dell'O₂. In Figura 4.33 è visibile l'area interessata dalla rimozione delle linee di adduzione di O₂ e CO₂ a seguito della disinstallazione.



Figura 4.29 – Il sistema di adduzione O₂ e CO₂ prima della rimozione.



Figura 4.30 – Il regolatore massico FT502 dopo la rimozione.



Figura 4.31 – Valvola di intercettazione pneumatica FE503.



Figura 4.32 – Valvola regolatrice FV502.



Figura 4.33 – Area a seguito della rimozione delle linee O₂ e CO₂.

4.4 Rimozione della pompa dosatrice CF003 e della relativa mensola di sostegno

Tra le attività correlate allo sgombero del piano terra del sito, si riporta la rimozione della pompa dosatrice CF003 (Figura 4.36). Le pompe CF001 e CF002 erano già state rimosse insieme ai serbatoi di raccolta su cui erano installate, contemporaneamente al serbatoio della soda che alimentava la pompa CF003. Si è quindi provveduto a rimuovere la mensola di sostegno della pompa dosatrice (Figura 4.34) e a ricondizionare, con eliminazione delle bave di lavorazione (attraverso smerigliatrice angolare) e successiva riverniciatura, la trave su cui essa era installata (Figura 4.35).



Figura 4.34 – Mensola di appoggio della pompa dosatrice CF003.



Figura 4.35 – Trave a seguito della rimozione della mensola.



Figura 4.36 – Pompa dosatrice CF003 dopo lo smontaggio

4.5 Riposizionamento del tubo di adduzione dell'aria dal riscaldatore

L'alimentazione degli agenti gassificanti al reattore avviene grazie ad una tubazione coibentata (Figura 4.37) che, posizionata sotto la pavimentazione di quota 3100, convoglia la miscela gassosa proveniente dal riscaldatore BI003 sotto la griglia del gassificatore, attraverso il bocchello posizionato nel cono di scarico delle ceneri.

Dal 2018, questa tubazione è collegata, attraverso una conduttura flessibile in acciaio, ad un essiccatore a torre, attualmente in uso per la deidratazione della biomassa in alimentazione agli altri impianti della piattaforma pilota. Al fine di ottimizzare gli spazi del piano terra del castelletto, si è proceduto al riposizionamento dell'essiccatore e del tubo coibentato di adduzione degli agenti gassificanti dal riscaldatore al reattore. Tale piping è stato prima rimosso, modificato in officina al fine di eliminare la tubazione di spurgo laterale (Figura 4.38 e Figura 4.39) e riposizionato verticalmente (Figura 4.40, Figura 4.41), in modo da poter essere utilizzato per l'alimentazione dell'essiccatore a torre (Figura 4.42). Contestualmente sono stati rimossi e rimontati il trasmettitore di pressione PT292 e la termocoppia TT292.



Figura 4.37 – Tubo di alimentazione agenti gassificanti (in alto, all'uscita del riscaldatore).



Figura 4.38 – Tubazione di alimentazione agenti gassificanti in officina per le modifiche.



Figura 4.39 – Taglio della tubazione di spurgo dal tubo di alimentazione agenti gassificanti.



Figura 4.40 – Tubo di alimentazione agenti gassificanti riposizionato verticalmente.



Figura 4.41 – Tubo di alimentazione agenti gassificanti ricollegata.



Figura 4.42 – Essiccatore a torre, ricollegato al riscaldatore dopo il riposizionamento.

4.6 Disinstallazione del sistema PSA

Sempre nell'ottica di ottimizzazione gli spazi del piano terra della struttura dell'impianto pilota, si è proceduto allo scollegamento elettrico e alla disinstallazione della sezione Pressure Swing Adsorbition (PSA, Figura 4.43) utilizzata per la separazione dell'idrogeno dal syngas prodotto dal gassificatore pilota. Il PSA, il cui schema di P&ID è riportato in Figura 4.48, è stato infine rimosso (Figura 4.47) e depositato in un'area coperta esterna al castelletto assieme alle valvole di intercettazione pneumatiche di corredo FU133 (Figura 4.45) e FU132 (Figura 4.46), per la loro conservazione.



Figura 4.43 – PSA prima della rimozione



Figura 4.44 – Piano terra del castelletto a seguito della rimozione del PSA.



Figura 4.45- valvola di intercettazione FU133.



Figura 4.46 – Valvola di intercettazione FU132.



Figura 4.47 - PSA a seguito della disinstallazione.

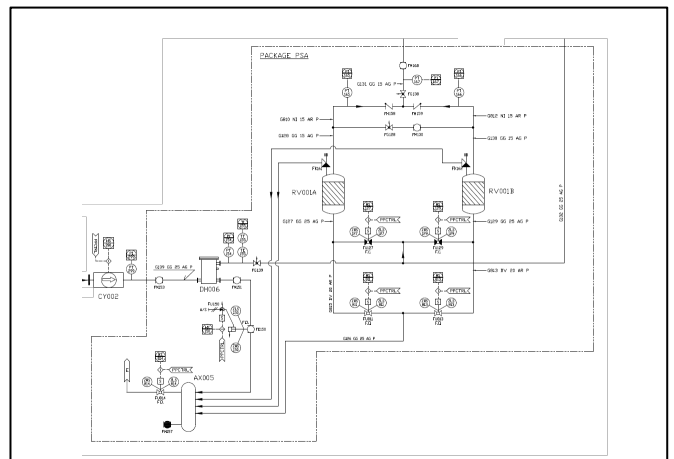


Figura 4.48 - P&ID del package PSA.

4.7 Preparazione alla rimozione della tramoggia di caricamento

Al fine di disinstallare il gassificatore e procedere alla sua estrazione al di sopra della quota 5810, è stato necessario rimuovere la tramoggia di caricamento superiore AC001 (Figura 4.49). In preparazione della rimozione della tramoggia di caricamento, realizzata nella fase finale delle operazioni di smontaggio e descritta di seguito all'interno del paragrafo 4.12, sono stati disinstallati i dispositivi presenti sulla linea di collegamento con il reattore. Si è proceduto dunque con la disinstallazione della valvola a ghigliottina FL204 e del suo gruppo di comando (Figura 4.50), della valvola di intercettazione FE203 (Figura 4.51) e della regolatrice PCV982 (Figura 4.52) sulla linea azoto, del giunto di dilatazione a soffiutto DE002 (Figura 4.53), della rotocella FB201 (Figura 4.54). Si è provveduto infine a sflangiare le tubazioni di aspirazione delle polveri del sistema depolveratore (Figura 4.55).



Figura 4.49 - Tramoggia a seguito della rimozione della valvola a ghigliottina.



Figura 4.50 - Gruppo di comando FU204 della valvola a ghigliottina della tramoggia.



Figura 4.51 - Valvola di intercettazione FE203 della linea azoto al caricamento.



Figura 4.52 - PCV982 sulla linea Azoto al caricamento.



Figura 4.53 – Giunto di dilatazione DE002.



Figura 4.54- Rotocella disinstallata.



Figura 4.55 – Rimozione bulloni dai tubi di aspirazione polveri.

4.8 Rimozione dello scambiatore di calore BA003

Al fine di liberare spazio per l'installazione dei sistemi ausiliari dell'impianto P2G/L alla quota 3100 del castelletto, si è rivelata necessaria la disinstallazione dello scambiatore di calore BA003 (Figura 4.56 e Figura 4.58) utilizzato in origine per il controllo della temperatura del syngas al suo ingresso nell'unità di assorbimento della CO₂. Sono state rimosse la tubazione da 1" di collegamento tra scambiatore e assorbitore (Figura 4.60), il piping da 1" di invio dell'acqua allo scambiatore dal 1° piano (Figura 4.57 e Figura 4.61), la valvola regolatrice TV124 (Figura 4.59) ed il rotametro FT885 sulla linea dell'acqua dello scambiatore di calore BA003.



Figura 4.56 - Scambiatore di calore BA003.



Figura 4.57 - Area dopo lo smontaggio del BA003.



Figura 4.58- Scambiatore BA003.



Figura 4.59 - Valvola regolatrice TV124.



Figura 4.60 - Tubi di collegamento BA003 e reattore.



Figura 4.61 - Piping di adduzione acqua dopo l'eliminazione dello stacco allo scambiatore

4.9 Rimozione delle tubazione di adduzione del vapore al riscaldatore BI003

A quota 0 dell'area dell'impianto pilota, è stata rimossa la tubazione di adduzione del vapore al riscaldatore degli agenti gassificanti BI003, comprensiva della valvola di intercettazione FE782, della valvola regolatrice FV792 e della valvola di non ritorno FH772 che, ai fini della realizzazione del nuovo impianto, rappresentava un possibile ingombro all'altezza del riscaldatore BI001.

4.10 Rimozione del riscaldatore BI001 e delle tubazioni a monte

Parallelamente ai lavori di rimozione dello scambiatore BA003, sono state eseguite le operazioni di disinstallazione e spostamento del riscaldatore BI001 (in Figura 4.62) al piano terra. Il riscaldatore, caratterizzato da un peso di 860 kg, è stato, a seguito dello scollegamento elettrico e meccanico, riposizionato al fine di creare spazio utile (Figura 4.65) per il nuovo impianto e depositato in un'area coperta non utilizzata della quota 0 (Figura 4.66). L'attività ha richiesto lo smontaggio delle tubazioni coibentate di adduzione gas al riscaldatore (Figura 4.63) incluse le valvole FE783, FV793, FH773, la rimozione delle termocoppie TT100 e TT8002 sul riscaldatore e della termocoppia TT117 (Figura 4.64) e della valvola regolatrice FV119 relative allo scambiatore BA002.



Figura 4.62 - Riscaldatore BI001



Figura 4.63 - Sistema di tubazioni a monte del BI001



Figura 4.64 – Termocoppia TT117



Figura 4.65 - Piano terra dopo la rimozione del riscaldatore.



Figura 4.66 - Riscaldatore al termine di disinstallazione e riposizionamento.

4.11 Disinstallazione del gasometro

Ai fini di una ottimale gestione degli spazi, si è provveduto a disinstallare il gasometro e la relativa soffiante (Figura 4.67), utilizzati in passato a servizio del motore a combustione interna dell'impianto pilota al fine di garantire alla linea di generazione elettrica un flusso costante di syngas, ma attualmente inutilizzati. I componenti rimossi sono stati dunque depositati (Figura 4.68) al di fuori dell'impianto pilota e l'area è stata riportata alle condizioni originarie attraverso la rimozione del tappeto di gomma su cui il gasometro poggiava e dei dispositivi di fissaggio.



Figura 4.67 – Soffiante del gasometro dopo la rimozione.

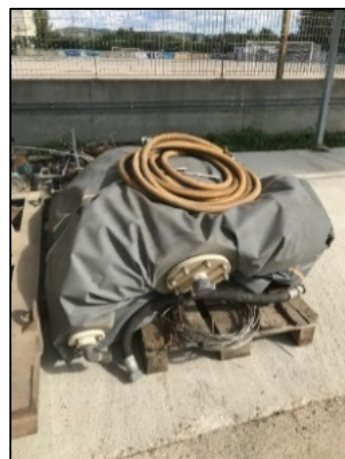


Figura 4.68 – Stoccaggio del gasometro.

4.12 Rimozione del reattore di gassificazione

L'ultima fase degli interventi effettuati nel 2019 riguarda la rimozione del reattore di gassificazione e della tramoggia di caricamento superiore. Questi smontaggi hanno richiesto l'utilizzo di un mezzo di sollevamento, camion gru, (in sostituzione del paranco elettrico del castelletto, fuori servizio), al fine di estrarre, in momenti separati, la tramoggia, il reattore e tutti i componenti disinstallati dal secondo piano (quota 5810) del castelletto dell'impianto pilota (in Figura 4.69). Di seguito si riporta la pianificazione dello smontaggio definita dai tecnici Sotacarbo nelle settimane precedenti l'intervento.

ATTIVITÀ		
Operazioni preliminari (settimana precedente)	1	Smontaggio flangia di testa gassificatore;
	2	Taglio a cannello delle tubazioni di aspirazione del depolveratore;
	3	Smontaggio e taglio dei bulloni dei piedi della tramoggia e fissaggio provvisorio;
Smontaggio	4	Imbragaggio bilanciere porta sacconi in testa alla tramoggia e trasferimento a terra con gru;
	5	Imbragaggio tramoggia;
	6	Rimozione bulloni di fissaggio tramoggia (piedi e tubi aspirazione);
	7	Rimozione tramoggia da 2° piano (completa di profili di aspirazione), trasferimento a terra e movimentazione;
	8	Rimozione dal 2° piano di altri componenti già smontati, trasferimento a terra e movimentazione;
	9	Imbragaggio testa del gassificatore tramite golfari a bullone;
	10	Smontaggio bulloni restanti flangia testa gassificatore;
	11	Rimozione testa gassificatore (sollevamento al 2° piano), trasferimento a terra e movimentazione;
	12	Imbragaggio reattore (con golfari a bullone);
	13	Smontaggio protezioni reattore 1° piano;
	14	Estrazione del reattore (con sollevamento al 2° piano), rimozione e trasferimento a terra;
	15	Movimentazione dei componenti disinstallati tramite carrello elevatore;
	16	Rimontaggio protezioni 1° piano;
	17	Verifica di messa in sicurezza dei piani.

In corso di disinstallazione, è stato valutato che l'estrazione del reattore dal secondo piano, avrebbe reso superflua la rimozione di una parte del grigliato e una trave dal pavimento del primo piano, che sono dunque stati lasciati in posizione. Allo stesso modo è stato valutato non necessario lo smontaggio del parapetto del secondo piano mentre il sezionamento del reattore è stato ritenuto opportuno al fine di una più agevole estrazione. In via preliminare, nella settimana precedente all'estrazione, sono stati smontati gran parte dei bulloni della flangia di testa del gassificatore (Figura 4.70) in modo da ridurre il tempo necessario al sezionamento del reattore durante la giornata di smontaggio. Per lo stesso motivo è stata effettuata in anticipo l'estrazione, anche con ausilio di un cannello da taglio, dei bulloni di fissaggio della tramoggia, bloccati per effetto di fenomeni corrosivi, che sono stati contestualmente sostituiti con nuovi bulloni per un più rapido smontaggio (Figura 4.71). Analogamente, nello stesso periodo si è provveduto al taglio a cannello delle tubazioni relative all'aspirazione delle polveri, posizionate sotto la pavimentazione di quota 5810, al fine di agevolare la rimozione di tramoggia e reattore (Figura 4.72, Figura 4.73, Figura 4.74).

Al termine delle operazioni preliminari, che hanno incluso anche la realizzazione di appositi golfari (Figura 4.75) per agevolare l'aggancio della testa del reattore alla gru, sono state portate avanti le attività di rimozione dei componenti dal castelletto dell'impianto.



Figura 4.69 – Castelletto dell'impianto prima della rimozione di reattore e tramoggia.



Figura 4.70 - Smontaggio parziale dei bulloni della testa del reattore.



Figura 4.71 - Sostituzione bulloni bloccati da supporti tramoggia.



Figura 4.72 - Taglio tubazioni di aspirazione primo piano.



Figura 4.73 - Taglio tubazioni di aspirazione secondo piano.



Figura 4.74 - Tubazioni dell'aspirazione polveri rimosse.



Figura 4.75 - Realizzazione golfari.

Con l'ausilio del camion gru, sono state rimosse dal secondo piano del castelletto, nell'ordine: tramoggia di caricamento, terminale delle tubazioni di aspirazione e rotocella. Dopo la rimozione dei restanti bulloni di fissaggio della testa del reattore, il gassificatore è stato sezionato e la sua parte superiore agganciata attraverso i golfari e portata a terra (Figura 4.76). Tutti i componenti sono stati prelevati e depositati temporaneamente (Figura 4.77 e Figura 4.78) in un'area dedicata all'interno della piattaforma pilota in vista dello smaltimento.

Analogamente, attraverso il camion gru è stato rimosso il reattore di gassificazione. L'estrazione è avvenuta dal secondo piano del castelletto (Figura 4.79) ed è stata seguita dallo spostamento a terra del gassificatore e dalla sua movimentazione fino al deposito individuato nella piattaforma pilota (Figura 4.80).

Le operazioni di smontaggio sono terminate con la realizzazione di un nuovo grigliato per la quota 5810 e con la verifica e la messa in sicurezza dei piani del castelletto dell'impianto (Figura 4.81, Figura 4.82 e Figura 4.83).



Figura 4.76 – Rimozione di tramoggia, tubi aspirazione, rotocella e testa del reattore.



Figura 4.77 - Tramoggia di caricamento dopo la rimozione.



Figura 4.78 - Testa del gassificatore dopo la rimozione.



Figura 4.79 - Fasi di rimozione del reattore di gassificazione.



Figura 4.80 - Reattore di gassificazione dopo la rimozione e la sua movimentazione.



Figura 4.81 - Primo piano del castelletto a seguito della rimozione del reattore.



Figura 4.82. Grigliato del secondo piano dopo la rimozione del reattore.



Figura 4.83 - Piano terra dopo la rimozione del reattore.

5 Modifiche e smontaggi elettrici

L'impianto elettrico a servizio della piattaforma pilota è stato interessato dalle attività di modifica e smontaggio per permettere la corretta rimozione di molti componenti. La messa in conservazione dei componenti smontati o rimossi ha avuto come risultato il fatto che i relativi conduttori di alimentazione, di contatto e di segnale sono stati isolati sia in partenza che in arrivo, in modo da garantire il massimo della sicurezza. Tali conduttori potranno essere utilizzati per le applicazioni future nel rispetto della normativa vigente e in funzione della destinazione d'uso relativamente al componente da collegare. In Tabella 5.1 è riportata una lista dei cavi resi disponibili a seguito dello smontaggio dei componenti, specificandone le caratteristiche per il possibile riutilizzo.

Tabella 5.1 - Lista cavi resi disponibili dopo lo smontaggio dei componenti.

SEZIONE	TAG	A DISPOSIZIONE	DESCRIZIONE
CARICAMENTO	FE203	alim.24v + contatti	ON/OFF Azoto
	FB201	380v	Rotocella
	FL204	alim. 24v + contatti	Valvola ghigliottina
	LT1108	cavo segnale sensore	Livello reattore
REATTORE	TT1101-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14	cavo multiplo sensore	Termocoppia multipla
	PT007	cavo segnale sensore	Pressione freeboard
SCARICO	FL251	alim. 24v + contatti	Valvola ghigliottina
	FL202	alim. 24v + contatti	Valvola ghigliottina
ARIA LAMPADE	FIC 305-306-307	Logica di controllo portata	logica di controllo portata
	FT 305-306-307	3 cavi segnale sensore	Rotametri
	FV 305-306-307	3 cavi segnale comando	Valvole regolatrici
	FE302	alim. 24v + contatti	ON/OFF Aria lampade
O ₂	FIC502	logica di controllo portata	logica di controllo portata
	FT502	cavo segnale sensore	Bronkhorst
	FV502	cavo segnale comando	Valvola regolatrice
	FE503	alim. 24v + contatti	ON/OFF O ₂
POMPE DOSATRICI	CF001-CF002-CF003	3x380v da q.scrubber	Pompe
PSA	PSA	alim. 220v quadro gen.	Quadro PSA
	FU132	alim. 24v + contatti	ON/OFF
	FU133	alim. 24v + contatti	ON/OFF
ACQUA AL BA003	TV124	cavo segnale comando	Regolatrice H2O
	FT885	cavo segnale sensore	Rotametro
VAPORE AL BI003	FE782	alim. 24v + contatti	ON/OFF
	FV792	cavo segnale comando	Regolatrice
	TT792	cavo segnale sensore	Termocoppia
	PT792	cavo segnale sensore	Trasmettitore pressione
	FIT792	Logica di controllo T	Rotametro
	FIC792	logica di controllo portata	logica di controllo portata
RISCALDATORE BI001	BI001	Alim. 380v da q.riscaldatori	Resistenze riscaldatore
	TT100	cavo compensato sensore da q.riscaldatori	Termocoppia
	TT8002	cavo compensato sensore da q. riscaldatori	Termocoppia
	TIC100	Logica di controllo T	Logica di controllo T
BA002	TT117	cavo segnale sensore	Termocoppia
	FV119	cavo segnale comando	Regolatrice syngas

5.1 *Gassificatore*

Le attività svolte sul gassificatore sono cominciate con lo scollegamento elettrico della termocoppia multipla e della cassetta contenente i trasmettitori di temperatura. Inoltre, sono stati disalimentati dal quadro marshalling, dedicato alle interconnessioni tra le strumentazioni sull'impianto ed il sistema di controllo PLC (*Programmable Logic Controller*), i conduttori relativi ai trasmettitori, isolando completamente il sistema di misura di temperatura.

Sono state successivamente scollegate le lampade di accensione ed è stato eseguito il sezionamento dell'alimentazione proveniente dal quadro di potenza posto in officina.

5.2 *Sistema di scarico*

Nella sezione di scarico sono state scollegate elettricamente le due valvole a ghigliottina provvedendo a disalimentare le due bobine di eccitazione ed i relativi conduttori di segnalazione dei finecorsa di apertura e di chiusura, sia in impianto che nelle morsettiere di collegamento presenti nel marshalling.

Inoltre, è stato disalimentato il quadro di controllo del pistone per la movimentazione della griglia dal quadro ausiliari posto in officina.

5.3 *Anello di alimentazione dell'aria alle lampade*

Nell'anello di alimentazione dell'aria alle lampade è presente una valvola pneumatica, da cui si è provveduto a scollegare sia la bobina di eccitazione che i collegamenti per i fine corsa sia in campo che su marshalling.

Inoltre, ciascuna lampada è dotata di misuratori di portata e di valvole regolatrici che sono state isolate elettricamente sia in campo che da marshalling.

5.4 *Linee di adduzione di O₂ e CO₂*

Nelle linee di adduzione di O₂ e CO₂ sono presenti una valvola pneumatica, una valvola regolatrice e un misuratore di portata, che sono stati scollegati sia da campo che da marshalling.

5.5 *Pompe dosatrici*

Nelle vicinanze del gassificatore, a piano terra, sono state messe in sicurezza le tre pompe dosatrici a servizio del primo e del secondo stadio di desolfurazione. Tali pompe vengono alimentate dal quadro *scrubber*, posizionato in officina e dedicato all'alimentazione delle apparecchiature relative alla prima sezione di trattamento del syngas, da cui sono stati scollegati i relativi conduttori.

5.6 *PSA*

L'intero package del PSA è stato completamente rimosso dal sito dell'impianto pilota e per questo motivo si è provveduto a scollegare l'alimentazione elettrica che fa capo al quadro SB01. Inoltre, sono state scollegate le valvole pneumatiche a servizio del package (bobine di eccitazione e collegamenti dei finecorsa).

5.7 *Sistema di caricamento*

Nella sezione di caricamento del combustibile si è proceduto alla messa fuori servizio del paranco elettrico, utilizzato per il sollevamento del carbone al piano della tramoggia, e del, motovibratore, che ha la funzione di agevolare la discesa del materiale verso il reattore. A tale scopo si è provveduto allo scollegamento elettrico delle alimentazioni nel quadro ausiliari posto in officina.

Sono state scollegate, sia in campo che nel quadro marshalling, la valvola pneumatica relativa all'invio di azoto nel sistema di caricamento del combustibile e la ghigliottina di caricamento.

Inoltre, è stata isolata elettricamente la rotocella di caricamento, scollegando elettricamente i conduttori del quadro di potenza SB01 posto in officina.

5.8 *Linea di adduzione del vapore al riscaldatore BI003*

Nella linea di adduzione del vapore al riscaldatore BI003 sono state rimosse le seguenti apparecchiature (Termocoppia TT792, misuratore di pressione PT792 e valvola regolatrice FV792) provvedendo ad isolare i cavi di collegamento sia in partenza che in arrivo su marshalling.

5.9 Scambiatore BA003

Lo scambiatore di calore BA003 risultava posizionato al piano superiore in direzione del riscaldatore BI001 e, come quest'ultimo, si è deciso di rimuoverlo per fare posto per il nuovo impianto. Sono stati scollegati la valvola regolatrice ed il misuratore di portata al servizio dello scambiatore.

5.10 Riscaldatore BI001

Anche il riscaldatore BI001 è stato spostato dalla sua posizione originale in modo da liberare spazio per la futura installazione del nuovo impianto. Il riscaldatore è stato messo in sicurezza attraverso lo scollegamento dei cavi di alimentazione direttamente dal quadro generale riscaldatori posto in officina. Inoltre, sono stati scollegati, da campo e da marshalling, anche i componenti a servizio del riscaldatore come la valvola pneumatica, il misuratore di portata e le termocoppie; inoltre dalla linea proveniente dallo scambiatore BA002 sono state scollegate la termocoppia e la valvola regolatrice.

6 Adeguamento documentale

A seguito delle modifiche eseguite nell'impianto esistente si è provveduto ad adeguare parte della documentazione e in particolare il P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*) dell'impianto prima della rimozione di alcune sezioni/componenti. In rosso sono evidenziate le sezioni oggetto di modifica. In Figura 5.2 è riportato il P&ID dell'impianto modificato.

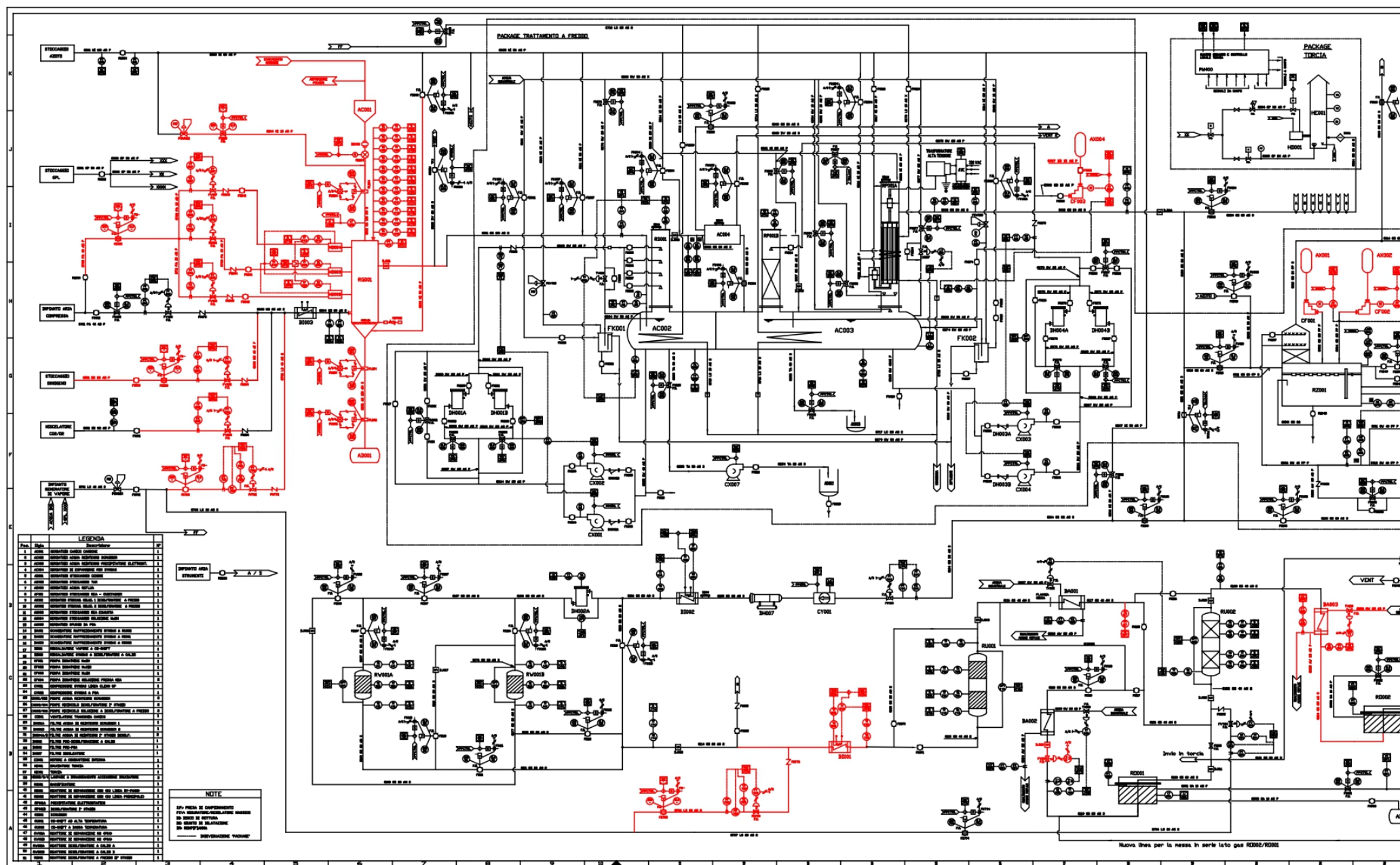


Figura 5.1 – P&ID dell'impianto pilota con indicazione in rosso delle sezioni rimosse).

7 Conclusioni

Nel presente report sono descritte le attività di preparazione del sito per l'installazione del nuovo impianto P2G/L. Tali attività hanno riguardato lo smontaggio e la messa in sicurezza di diverse sezioni dell'impianto pilota sia dal punto di vista meccanico che dal punto di vista elettrico al fine di utilizzare la struttura di supporto e diverse utilities e ausiliari, già presenti, nella nuova infrastruttura sperimentale.

Di seguito si elencano le sezioni dell'impianto pilota che sono state smontate:

- Reattore di gassificazione a letto fisso della potenzialità di 0,24 MWt.
- Sistema di caricamento del combustibile nel reattore di gassificazione su menzionato.
- Sistema di preriscaldamento del syngas ai reattori CO-shift.
- Unità di PSA per la produzione di H₂ dal syngas attraverso dei setacci molecolari.
- Sistema di adduzione dei chemicals alla desolforazione del syngas.
- Linee di adduzione agenti gassificanti al gassificatore: CO₂ e O₂.

Tale lavoro ha consentito di rendere disponibile sulla struttura di supporto un'area pari a 50 m². Secondo stime preliminari quest'area rappresenta la superficie massima necessaria all'installazione del nuovo impianto.

È stata eseguita inoltre una valutazione sulle sezioni che verranno convertite per l'utilizzo nella nuova infrastruttura sperimentale:

- Unità produzione aria compressa strumenti e processo.
- Impianto elettrico con diversi segnali citati nel paragrafo 3 del presente report.
- Struttura di sostegno dove era posizionato il gassificatore pilota.
- Quadro di regolazione e controllo dove arrivano i segnali e sono posizionati i PLC per la gestione degli strumenti.
- Sala controllo.

L'individuazione dell'area, delle apparecchiature ausiliarie, delle linee di potenza e di trasmissione segnali, nonché dei canali del sistema di controllo messi a disposizione per la futura installazione, rappresentano un passaggio imprescindibile per la pianificazione delle attività di realizzazione del nuovo impianto e per la riduzione dei costi ad essa correlati. Attraverso l'identificazione delle sezioni da riconvertire e l'indicazione delle componenti da escludere dalla futura fornitura, il lavoro svolto rappresenta, inoltre, il punto di partenza per le fasi di avvio della procedura di acquisizione dell'impianto e della sua progettazione.

8 Riferimenti bibliografici

- [1] O. Hahn, P. Wesley, B. Swisshelm e S. Mapl, «A mass and energy balance of a Wellman-Galusha gasifier,» *Fuel Process. Technol.* 2, pp. 322-334, 1979.
- [2] A. Pettinau, G. Calì, E. Loria, P. Miraglia e F. Ferrara, «The Sotacarbo gasification pilot platform: Plant overview, recent experimental results and potential future integrations,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 74, pp. 2-9, 2015.
- [3] A. Pettinau, F. Ferrara e C. Amorino, «An overview of current and future experimental activities in a flexible gasification pilot plant,» *Gasification: Chemistry, Processes and Applications*, pp. 55-100, 2011.
- [4] A. Pettinau, A. Orsini, G. Calì e F. Ferrara, «The Sotacarbo coal gasification experimental plant for a CO₂-free hydrogen production,» *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 35, pp. 9836-9844, 2010.