



Ricerca di Sistema elettrico

# Rapporto tecnico economico sulle attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno (LA 3.16, 3.17 e 3.37)

Autori: Marcella Fadda, Enrico Maggio

## RAPPORTO TECNICO ECONOMICO SULLE ATTIVITÀ SOTACARBO SU P2G/L - I ANNO (LA 3.16, LA 3.17 e LA 3.37)

Marcella Fadda, Enrico Maggio (Sotacarbo SpA)

Dicembre 2019

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

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 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno

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 CO<sub>2</sub>"

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: Marcella Fadda

## Indice

|   |    |
|---|----|
| SOMMARIO .....  | 4  |
| 1 INTRODUZIONE.....   | 5  |
| 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI .....   | 7  |
| 2.1 WP3 - LA 3.16 POWER-TO-GAS/LIQUID: APPROFONDIMENTI PRELIMINARI SU TECNOLOGIE E PROCESSI PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE DI UN IMPIANTO PILOTA .....               | 7  |
| <i>Conclusioni</i> .....  | 8  |
| 2.1.2 <i>Definizione delle specifiche tecniche dell'impianto sperimentale P2G/L</i> .....   | 8  |
| <i>Conclusioni</i> .....  | 10 |
| 2.2 WP3 - LA 3.17 POWER-TO-GAS/LIQUID: ANALISI, VERIFICHE AUTORIZZATIVE E PRIME MODIFICHE DELLE INFRASTRUTTURE ESISTENTI PER IL LORO RIUTILIZZO NELL'IMPIANTO PILOTA..... | 12 |
| 2.1.1 <i>Verifiche preliminari e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto P2G/L</i> 12   |    |
| <i>Conclusioni</i> .....  | 15 |
| 2.2.2 <i>Verifica preliminare della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L</i> 16   |    |
| <i>Conclusioni</i> .....  | 18 |
| 2.3 WP3 - LA 3.37 COMUNICAZIONE, DIFFUSIONE DEI RISULTATI E COORDINAMENTO: ATTIVITÀ SOTACARBO SU P2G/L - I ANNO 19  |    |
| CONCLUSIONI.....  | 20 |
| PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE E PARTECIPAZIONE A CONVEGNI .....  | 21 |
| 3 PRINCIPALI SOGGETTI ESTERNI COINVOLTI .....   | 22 |
| 4 ELENCO DEI RAPPORTI TECNICI E DEI PRODOTTI REALIZZATI .....   | 22 |
| CRONOPROGRAMMA ATTIVITÀ .....   | 23 |
| 5 RENDICONTAZIONE ECONOMICA.....  | 24 |
| COSTO COMPLESSIVO DEL PROGETTO A PREVENTIVO .....   | 24 |
| COSTI SOSTENUTI NEL PRIMO ANNO DI RICERCA.....  | 25 |
| AGGIORNAMENTO DELLE PREVISIONI DI PROGRAMMA E DI COSTO DEL PROGETTO .....   | 26 |
| 6 CONCLUSIONI .....   | 27 |
| 7 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....   | 28 |

## Sommario

La necessità di una riduzione delle emissioni di anidride carbonica, insieme alla recente diffusione degli impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili non programmabili, come quelli eolici e fotovoltaici, è il risultato di una nuova attenzione alle tematiche ambientali da parte del settore energetico. Tuttavia, l'aleatorietà di queste fonti primarie comporta delle serie difficoltà di integrazione col sistema e col mercato elettrico, complicando la gestione operativa della rete e limitando l'ulteriore sviluppo futuro delle energie rinnovabili. Inoltre, la possibilità di considerare la CO<sub>2</sub> non più come un rifiuto ma come una risorsa sta riscuotendo un interesse sempre maggiore a livello nazionale e internazionale sia per gli ovvi vantaggi sull'ambiente, sia anche per la competitività economica che un tale approccio può avere in particolari condizioni. Di particolare interesse, ad esempio, è l'impiego delle tecnologie di riutilizzo della CO<sub>2</sub> nel settore dell'accumulo energetico tramite il cosiddetto Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L), ovvero il sistema di accumulo che prevede la conversione di energia elettrica in energia chimica di un combustibile. L'anidride carbonica sarebbe impiegata, grazie agli eccessi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (principalmente eolico e fotovoltaico, che non sono controllabili), per la produzione di combustibili gassosi e liquidi quali metano, metanolo e dimetiletere (DME), da immettere sul mercato o da reimpiegare per la generazione elettrica quando la domanda di energia supera l'offerta. È qui che l'intero progetto trova le sue radici, il cui obiettivo è quello di realizzare una infrastruttura di ricerca P2G/L, che sarà messa a disposizione della comunità scientifica e delle realtà industriali per lo sviluppo tecnologico finalizzato alla diffusione commerciale di tali tecnologie come parziale contrasto ai mutamenti climatici.

Il presente documento riporta una breve descrizione del progetto che si sta sviluppando nell'ambito del piano triennale di realizzazione 2019-2021, ed in particolare sono descritte le attività svolte e i risultati raggiunti nel periodo dal 1 gennaio 2019 al 31 dicembre 2019. Nello stesso documento si riporta anche un quadro generale dei costi preventivati e un dettaglio delle spese registrate a consuntivo per il primo anno di ricerca.

## 1 Introduzione

Il presente documento si riferisce all'accordo di collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo "POWER-to-Gas/Liquid Utilizzo della CO<sub>2</sub>" inserito nelle attività del Piano triennale di realizzazione 2019-2021 Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti" – WP3 "Power to Gas". Complessivamente, il principale risultato atteso dalle attività di ricerca è lo sviluppo di un impianto prototipale Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L) atto allo studio dei processi di sintesi di metano, metanolo e DME mediante l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>, derivante da processi di cattura, con idrogeno prodotto dal surplus di produzione elettrica da fonte rinnovabile. Tale sviluppo consentirà un'ottimizzazione del processo finalizzato 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. I risultati sperimentali consentiranno, inoltre, di effettuare uno studio specifico sulla possibile applicazione intensiva della tecnologia nel sistema elettrico della Sardegna.

L'infrastruttura di ricerca sarà progettata per obiettivi in quanto le apparecchiature verranno specificamente pensate per colmare le lacune (individuata mediante la "gap analysis" descritta nel seguito) che ostacolano la diffusione commerciale delle tecnologie CCU e secondo i criteri di seguito illustrati:

- Flessibilità: l'infrastruttura verrà progettata per essere quanto più possibile flessibile, in modo tale da consentire, con costi operativi relativamente limitati, un ampio campo di test sperimentali, specificamente per l'applicazione delle tecnologie P2G/L finalizzate alla sintesi di combustibili sia gassosi che liquidi.
- Versatilità: le apparecchiature verranno pensate per poter essere successivamente impiegate come banco prova per apparecchiature commerciali (quali, reattori, scambiatori di calore, ecc.)
- Taglia: la taglia dell'impianto sperimentale sarà tale da consentire un utilizzo dei risultati sperimentali per il futuro dimensionamento di apparecchiature di taglia commerciale.

Nello specifico, l'attività di ricerca sarà articolata secondo quattro fasi principali:

- Fase 1: Progettazione di massima del processo chimico, con lo scopo di individuare tutte le principali grandezze fisiche di interesse e realizzando il "Process Flow Diagram" (PFD). Inoltre si procederà con una stima preliminare dei costi per la realizzazione dell'impianto.
- Fase 2: Progettazione di dettaglio dell'impianto. In questa fase verranno individuate tutte le caratteristiche dei componenti da installare nell'impianto, e si valuteranno le prestazioni dei singoli componenti all'interno della globalità del processo, individuando tutta la strumentazione necessaria per il monitoraggio e il controllo del processo. Verrà quindi realizzato il "Process and Instrumentation Diagram" (P&ID). Inoltre verrà predisposto un diagramma di Gantt per la realizzazione dell'impianto.
- Fase 3: Ottenimento delle autorizzazioni necessarie all'esercizio dell'impianto (concessione edilizia, autorizzazione dei Vigili del Fuoco, eventuale autorizzazione della ASL, ecc.). Realizzazione e commissioning dell'impianto sperimentale e collaudo.
- Fase 4: Effettuazione di test sperimentali preliminari finalizzati alla messa a punto delle apparecchiature, all'ottimizzazione delle procedure operative e all'ottenimento dei dati sperimentali necessari alla presentazione all'esterno dell'infrastruttura di ricerca.

Il progetto di ricerca triennale è stato sviluppato in 9 linee di attività:

- WP3 - LA 3.16 Power-to-Gas/Liquid: approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota
- WP3 - LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota
- WP3 - LA 3.18. Power-to-Gas/Liquid: progettazione dell'impianto pilota

- WP3 - LA 3.19. Power-to-Gas/Liquid: ottenimento delle autorizzazioni e adeguamento del sito e dei sistemi ausiliari per l'impianto pilota
- WP3 - LA 3.20. Power-to-Gas/Liquid: realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione
- WP3 - LA 3.21 Power-to-Gas/Liquid: analisi tecnico-economica nel contesto della Sardegna
- WP3 - LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno
- WP3 - LA 3.38 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - II Anno
- WP3 - LA 3.39 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - III Anno.

Nel presente documento è riportata una descrizione sintetica delle attività svolte e dei risultati ottenuti nella prima annualità del progetto dal 1 gennaio 2019 al 31 dicembre 2019, afferenti a:

- WP3 - LA 3.16 Power-to-Gas/Liquid: approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota.
- WP3 - LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota.
- WP3 - LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno.

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 WP3 - LA 3.16 Power-to-Gas/Liquid: approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota

#### 2.1.1 Approfondimenti preliminari su tecnologie e processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>

La prima fase della ricerca ha riguardato lo studio degli impianti commerciali e dei progetti pilota che utilizzano la CO<sub>2</sub> come materia prima per la produzione di metano, metanolo e dimetiletere. Dall'analisi svolta si evince che negli ultimi anni sono stati avviati numerosi progetti sulla metanazione a partire dalla CO<sub>2</sub>. Tra questi progetti, *Audi e-gas* ha realizzato il più grande impianto Power to Gas al mondo che si basa sulla metanazione catalitica della CO<sub>2</sub> e dell'idrogeno puro, prodotto da elettrolizzatori alcalini alimentati da energia eolica. Di particolare interesse è il progetto *Store&go* che punta alla realizzazione di tre impianti dimostrativi in Germania, Svizzera e Italia. Nel sito pugliese, il 27 settembre 2018 è stato inaugurato il primo impianto italiano di metanazione della CO<sub>2</sub>. L'idrogeno è prodotto da un elettrolizzatore alcalino alimentato da energia solare fotovoltaica, mentre la CO<sub>2</sub> è catturata dall'atmosfera mediante assorbimento da dispositivi "Direct Air Capture" dell'azienda *Climerworks*. L'auspicio della *Climerworks* è quello di poter filtrare direttamente dall'aria 150 tonnellate di CO<sub>2</sub> l'anno. Partner scientifico italiano del progetto è il Politecnico di Torino, mentre ad occuparsi del processo di metanazione e della produzione di idrogeno da fonti rinnovabili, è la società francese *ATMOSTAT*.

Tra gli impianti di idrogenazione a metanolo, l'impianto *George Olah Renewable Methanol Plant* in Islanda (taglia commerciale) sfrutta la tecnologia *Carbon Recycling International (CRI)*. La CO<sub>2</sub> viene recuperata da un centrale geotermica che a sua volta sfrutta la corrente per la produzione di H<sub>2</sub>. Gli altri progetti che utilizzano la stessa tecnologia, leader del settore, sono *CirclEnergy*, *FreSME* e *MefCO<sub>2</sub>*. Infine esistono due impianti che generano DME tramite sintesi indiretta a partire da metanolo, a sua volta prodotto dall'idrogenazione della CO<sub>2</sub>: *Oberon Fuels* (California), di taglia dimostrativa, e *KOGAS DME* (Corea del Sud). L'analisi ha riguardato anche aspetti più tecnici, come le configurazioni degli impianti e i sistemi di produzione di idrogeno. Particolare attenzione è stata data alla tipologia dei reattori e al loro confronto, alle condizioni operative del processo e alle criticità annesse. Sono stati inoltre individuati i possibili catalizzatori impiegati nei diversi processi per la conversione mediante idrogenazione.

Esistono numerosi studi incentrati sul miglioramento delle proprietà catalitiche con il fine di ottenere catalizzatori più performanti per la reazione di idrogenazione a metano, metanolo e DME. La ricerca di catalizzatori commerciali per i processi di idrogenazione della CO<sub>2</sub> a metano e metanolo ha evidenziato la presenza sul mercato di catalizzatori utilizzati in processi industriali a partire soprattutto da *syngas*. Nonostante l'applicazione specifica, questi catalizzatori possono essere attivi anche nella reazione di idrogenazione della CO<sub>2</sub>.

Mentre per metano e metanolo sono stati ottenuti catalizzatori con prestazioni tali da consentire la loro applicazione a livello industriale, per quanto riguarda la conversione catalitica diretta della CO<sub>2</sub> in DME, l'applicazione su larga scala è ancora lontana. Al momento non esistono catalizzatori commerciali bifunzionali in grado di catalizzare la conversione diretta della CO<sub>2</sub> a DME. L'unico catalizzatore considerato come commerciale è la  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, che però catalizza solo la reazione di disidratazione del metanolo e presenta una forte tendenza alla disattivazione causata dall'acqua presente nel sistema. Per ovviare alla scarsa resistenza all'acqua della  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> si possono considerare altri catalizzatori acidi come le zeoliti (per esempio la H-ZSM5), ancora non utilizzati commercialmente per questo processo, ma oggetto di numerosi studi scientifici pubblicati nella letteratura più recente.

Visto l'elevato grado di esotermicità della reazione di metanazione è necessario rimuovere il calore sviluppato, e pertanto utilizzare dei reattori che siano progettati per dissiparlo, preservando così la vita del catalizzatore. Tra le diverse configurazioni reattoristiche riscontrate tra i progetti, le più frequenti e consolidate sono quelle a letto fisso isotermico, a letto fisso adiabatico e a letto fluidizzato. Nonostante

l'esotermicità ridotta, anche per l'idrogenazione a metanolo, è importante tenere sotto controllo la temperatura ricorrendo a un'opportuna configurazione dei reattori.

### Conclusioni

Dallo studio è emerso che mentre l'idrogenazione della CO<sub>2</sub> a metano è una tecnologia più sviluppata, come dimostrano i numerosi progetti descritti in questo lavoro, quella che porta alla produzione di metanolo e DME necessita ancora di ulteriori approfondimenti.

Mentre per metano e metanolo sono stati ottenuti catalizzatori con prestazioni tali da consentire la loro applicazione a livello industriale, per quanto riguarda la conversione catalitica diretta della CO<sub>2</sub> a DME, l'applicazione su larga scala è ancora lontana. Al momento non esistono catalizzatori commerciali bifunzionali in grado di catalizzare la conversione diretta della CO<sub>2</sub> a DME. In questo contesto si inserisce l'impianto pilota P2G/L che, alla fine della fase sperimentale, permetterà anche di acquisire una serie di informazioni sulla conversione diretta di CO<sub>2</sub> in DME e la sua possibile applicazione commerciale.

Per un approfondimento maggiore dell'argomento si rimanda al seguente report tecnico:

- "Approfondimenti preliminari su tecnologie e processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>"

#### 2.1.2 Definizione delle specifiche tecniche dell'impianto sperimentale P2G/L

L'attività svolta nella prima annualità ha riguardato la definizione delle specifiche tecniche per la realizzazione di un prototipo sperimentale Power-to-Gas/to-Liquid sui processi di sintesi di metano, metanolo e DME mediante l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>. Dalle valutazioni tecniche ed economiche e dall'indagine conoscitiva, svolta con aziende del settore, sono state ottenute importanti indicazioni sulla tipologia impiantistica e sono state definite le principali specifiche fino ad una progettazione concettuale dell'intera infrastruttura. È stato definito il processo nella sua globalità, che ha portato all'individuazione di una configurazione flessibile (dotata di due differenti reattori) e delle condizioni nominali di esercizio, che hanno permesso di elaborare i primi bilanci di massa sia per il processo di metanazione che per quello di produzione del metanolo.

#### Specifiche tecniche impianto P2G/L

L'impianto P2G/L è stato dimensionato per una capacità oraria compresa nel range 2 – 5 kg/h, il valore di portata verrà stabilito con esattezza in fase di progettazione. L'impianto dovrà garantire un ampio intervallo di operabilità in funzione dei reagenti e dello specifico catalizzatore utilizzato, garantendo la sicurezza intrinseca delle operazioni, l'elevato numero di punti di misura e di campionamento di gas e solidi.

Sulla base sia di considerazioni tecniche che al fine di creare un valore aggiunto all'intera infrastruttura, soprattutto in termini di flessibilità dell'impianto e della sperimentazione annessa, si è optato per l'installazione di due diversi reattori, uno destinato alla sintesi di metanolo e dimetiletere, e l'altro per la produzione di metano, entrambi alimentati dal medesimo sistema di alimentazione gas. Per aumentare la resa, soprattutto nel caso della sintesi del metanolo e del DME, sarà predisposto il ricircolo dei gas non reagiti. In base a valutazioni sia tecniche che prettamente economiche sono state assunte linee guida per la progettazione di processo dell'impianto sperimentale P2G/L, così riassumibili:

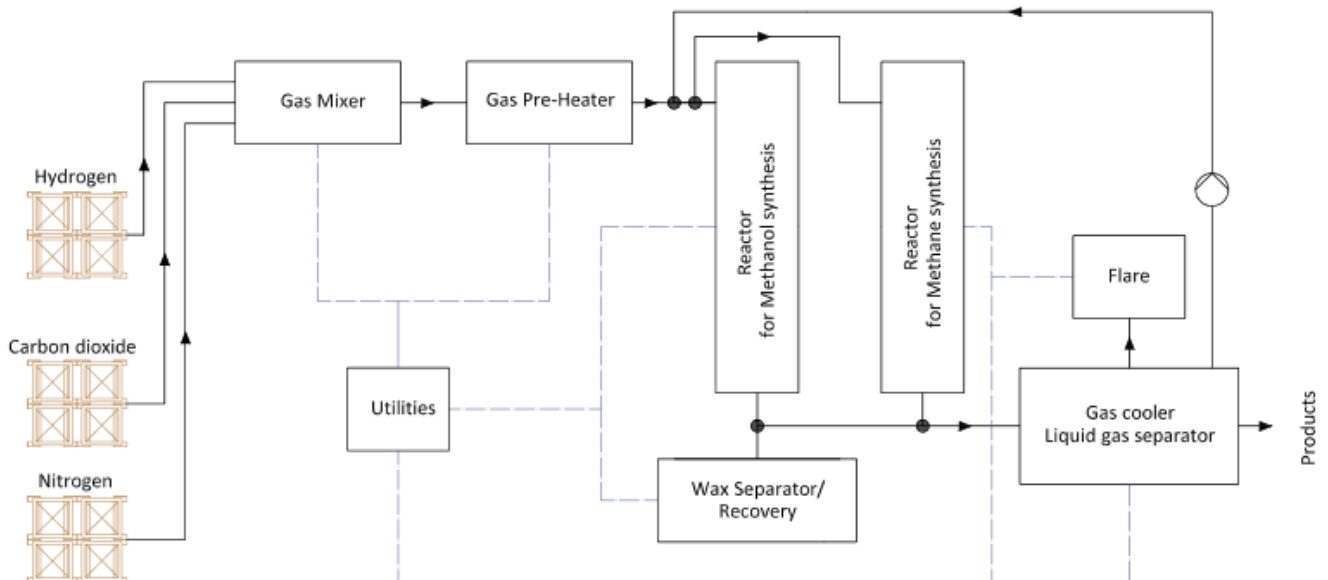
- L'impianto deve garantire un ampio intervallo di operabilità in funzione dei reagenti e dello specifico catalizzatore utilizzato, garantendo la sicurezza intrinseca delle operazioni, l'elevato numero di punti di misura e di campionamento di gas e solidi.
- In accordo al punto precedente, si è optato per l'installazione di due reattori di idrogenazione differenti. Tale soluzione garantirà un'adeguata flessibilità operativa, consentendo lo studio di processi differenti.
- La procedura di progettazione parte con la definizione e condivisione di uno schema di impianto, sotto forma di diagramma di flusso qualitativo, che indica la tipologia e la successione delle unità, per poi

passare alla fase successiva tramite la quantificazione dello stesso. Il diagramma di flusso quantificato sarà poi il dato di *input* per il P&ID dell'impianto.

- Le dimensioni del reattore saranno stabilite nella fase di dimensionamento geometrico

Nella Figura 1 è riportato lo schema a blocchi semplificato dell'impianto P2G/L dove sono state individuate le principali sezioni d'impianto:

- Sezione di alimentazione e miscelazione dei gas reagenti.
- Sezione di pre-riscaldamento.
- Sezione di reazione.
- Sezione di ricircolo.
- Sezione di raccolta dei prodotti condensabili e incondensabili.
- Sezione di depressurizzazione e misurazione del flusso gassoso uscente.
- Sistema di analisi *on-line* dell'effluente gassoso.
- Sistema di controllo.



**Figura 1. Schema a blocchi dell'impianto P2G/L**

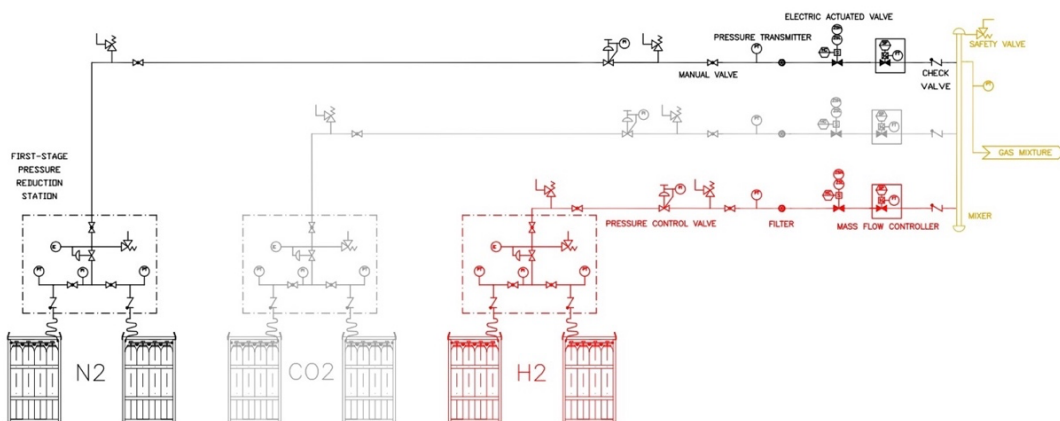
La prima zona è costituita da almeno tre linee indipendenti attraverso le quali sono alimentati, prima al miscelatore e successivamente all'impianto, i reagenti in fase gassosa. La zona di reazione, comprendente i reattori, le linee di alimentazione dei gas e la linea di scarico dei prodotti di reazione, costituisce la seconda zona dell'impianto. Tutte queste linee dovranno necessariamente essere riscaldate al fine di impedire la condensazione di prodotti condensabili all'uscita del reattore o la solidificazione di possibili cere formate nella zona di reazione. Per limitare le dispersioni termiche e per avere un maggiore controllo delle condizioni operative i reattori saranno inseriti in un forno elettrico. Per ciò che riguarda la zona di raccolta dei prodotti di reazione condensabili e incondensabili, questa sarà dotata di un sistema di separazione ad alta pressione dei prodotti liquidi e gassosi. I prodotti gassosi non reagiti e i gas inerti eventualmente presenti verranno convogliati nella zona di depressurizzazione e misurazione del flusso uscente, dove saranno presenti controllori e regolatori di pressione, diversi filtri a protezione del misuratore di portata uscente e del sistema di analisi localizzato a valle, e un totalizzatore di flusso volumetrico.

### Sistema di alimentazione gas

Oltre alle specifiche tecniche dell'impianto P2G/L sono state definite anche quelle della sezione di alimentazione gas, costituita da tutte le linee dei singoli gas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>), dalle linee del preriscaldatore e del sistema di miscelazione. In Tabella 1 si riportano i gas uscenti dal sistema di alimentazione in termini di tipologia, pressione e temperatura, mentre nella Figura 2 è riportato lo schema dell'impianto.

**Tabella 1. Proprietà dei gas uscenti dal sistema di alimentazione**

| Gas             | Pressione [bar] | Temperatura [°C] | Concentrazione [% v/v] |
|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| CO <sub>2</sub> | 40-60           | Ambiente         | 0÷50                   |
| H <sub>2</sub>  | 40-200          | Ambiente         | 0÷80                   |
| N <sub>2</sub>  | 40-200          | Ambiente         | 0÷100                  |



**Figura 2. Schema del sistema di alimentazione dell'impianto P2G/L**

Ogni singola linea gas sarà equipaggiata con controllori di flusso massico (MFC, opportunamente calibrati per il gas di interesse), manometri, valvole a serraggio manuale, valvole di controllo e valvole di sicurezza. Tutti i controllori massici saranno integrati nel sistema di allarme dell'intero impianto, in modo che, in caso di superamento di determinate soglie di allarme, si interrompa in modo automatico il flusso del gas reagente.

### Sistema di sicurezza

L'intera infrastruttura sarà dotata di un sistema di sicurezza multilivello con spegnimento automatico in caso di anomalia dei livelli di liquido, di pressione o di temperatura, che potranno essere configurati secondo le specifiche esigenze. Saranno inoltre presenti dei sensori per CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> che in caso di superamento della soglia di allarme interverranno interrompendo l'erogazione del gas.

Date le elevate pressioni di esercizio, dispositivi meccanici quali valvole di sicurezza saranno installate in determinate posizioni al fine di proteggere gli operatori e l'impianto in caso di sovrappressioni. Al fine di prevedere sovrariscaldamenti o accumuli di gas esplosivi nel reattore, una linea dedicata di azoto sarà predisposta al fine di inertizzare l'impianto.

### Conclusioni

Dalle valutazioni effettuate sono state ottenute importanti indicazioni sulla tipologia impiantistica e sono state definite le principali specifiche tecniche fino ad una progettazione concettuale dell'intera infrastruttura.

È stato riportato il processo nella sua globalità definendo il Process Flow Diagram (PFD), individuando le principali grandezze fisiche di interesse e le condizioni nominali di esercizio. Grazie a queste ultime sono stati condotti i bilanci di massa sia per il reattore di metanazione che per quello di produzione del metanolo. Il passo successivo sarà quello della progettazione di dettaglio in cui si dovrà predisporre il diagramma di processo e degli strumenti (P&ID), la lista dell'apparecchiatura completa, il cosiddetto Process Data Sheet e occorrerà definire il layout di impianto e i limiti di batteria.

Per un approfondimento maggiore dell'argomento si rimanda al seguente report tecnico:

- "Definizione delle specifiche tecniche dell'impianto sperimentale P2G/L"

## 2.2 WP3 - LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota

Nell'ambito del progetto verrà eseguita la progettazione, realizzazione, collaudo e messa in esercizio di un impianto prototipale di trasformazione della CO<sub>2</sub> in combustibili liquidi e gassosi, la cui installazione è stata prevista all'interno di una struttura pilota di gassificazione già esistente dove, al momento, non sono programmate attività. Tale scelta, consentirà di ottimizzare i costi e i tempi di realizzazione dell'infrastruttura grazie al possibile riutilizzo di diversi sistemi ausiliari già presenti nella piattaforma, quali: impianto elettrico, sistema di regolazione e controllo, struttura di sostegno, che verranno modificati secondo le nuove esigenze. Diminuirà fortemente la tempistica ed il numero delle autorizzazioni necessarie, poiché si tratterà di ricertificare le strutture già presenti, oppure di richiedere l'aggiornamento di alcune autorizzazioni a seconda delle nuove esigenze.

Nella presente linea di attività sono state condotte le seguenti verifiche preliminari volte allo studio della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L; all'individuazione dell'area dove andrà posizionato l'impianto prototipale e l'avvio delle prime modifiche delle infrastrutture esistenti.

### 2.1.1 Verifiche preliminari e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'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. Questo ha comportato lo smontaggio delle seguenti sezioni, che saranno messe in conservazione per un possibile riutilizzo futuro, della suddetta infrastruttura:

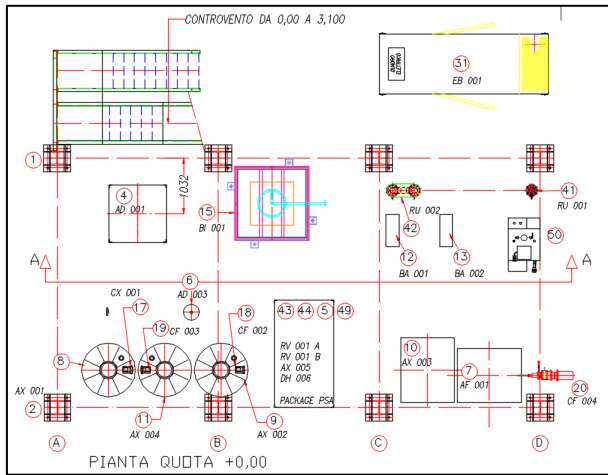
- reattore di gassificazione a letto fisso della potenzialità di 0,24 MWt;
- sistema di caricamento del combustibile nel reattore di gassificazione su menzionato;
- sistema di preriscaldamento del syngas ai reattori CO-shift;
- unità di PSA (Pressure Swing Adsorption) per la separazione dell'idrogeno dal syngas attraverso dei setacci molecolari;
- sistema di adduzione dei solventi alla desolforazione del syngas;
- linee di adduzione agenti gassificanti (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) al gassificatore.

Per l'impostazione ottimale dell'attività sono state svolte delle valutazioni riguardanti:

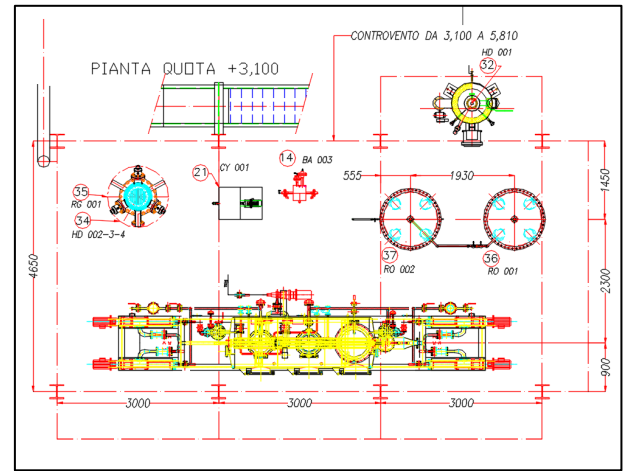
- l'individuazione dell'area per l'installazione dell'impianto P2G/L che sarà composto da due linee principali: produzione di metano e produzione di combustibili liquidi e gassosi quali metanolo e dimetiletere. Da una prima analisi, fondata sull'indagine conoscitiva avviata con alcune ditte specializzate nel settore, dovrebbero essere necessari circa 20 m<sup>2</sup>;
- la verifica e l'individuazione dei componenti/sezioni dell'infrastruttura esistente non necessari al funzionamento del nuovo impianto;
- l'impianto elettrico e il trasferimento segnali: sono stati valutati i segnali disponibili per l'impianto P2G/L e sono stati approntati alcuni smontaggi elettrici;
- il sistema di regolazione e controllo: è stata valutata la possibilità di utilizzare una parte del quadro di regolazione e controllo esistente, per la gestione del nuovo impianto;
- l'adeguamento della documentazione dell'impianto esistente: modifica del P&ID dell'impianto esistente.

Le prime fasi della preparazione del sito per l'installazione dell'impianto P2G/L hanno riguardato la modifica e la 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).

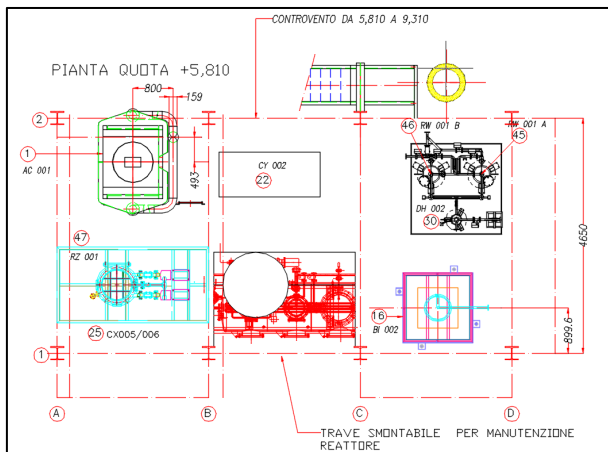
Le Figure 3 – 6 mostrano il layout originale dell'impianto (rispettivamente ai tre livelli del castelletto di supporto e in vista laterale), con evidenziata in verde l'area interessata dall'intervento di modifica per l'installazione dell'impianto P2G/L, per una superficie totale di circa 50 m<sup>2</sup>.



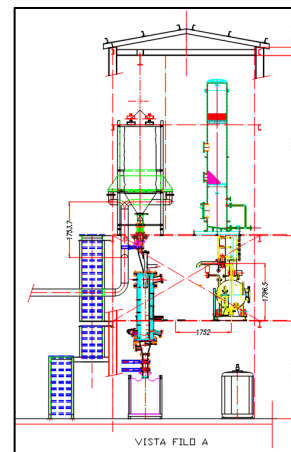
**Figura 3. - Pianta dell'area dell'impianto a quota 0.0.**



**Figura 4. - Pianta dell'area dell'impianto a quota 3100.**



**Figura 5. - Pianta dell'area dell'impianto a quota 5810.**



**Figura 6. - Vista laterale dell'impianto.**

Tutte le operazioni di smontaggio dei componenti, di ripristino e messa in sicurezza di alcune aree dell'infrastruttura esistente sono state eseguite dal personale Sotacarbo e per alcune attività particolari si è ricorso al nolo di mezzi di sollevamento. Parallelamente sono state condotte le attività di smontaggio elettrico delle apparecchiature, nel rispetto della normativa in materia di sicurezza. La messa in conservazione dei componenti smontati ha comportato l'isolamento dei relativi conduttori di alimentazione, di contatto e di segnale. I conduttori ancora disponibili potranno essere utilizzati per le applicazioni future nel rispetto della normativa vigente e in funzione della destinazione d'uso relativamente al componente da collegare. Nelle immagini seguenti (Figura 7, Figura 8) sono riportate alcune delle fasi degli smontaggi eseguiti:



Figura 7- Fasi di rimozione del reattore di gassificazione



**Figura 8. Rimozione di tramoggia, tubi aspirazione, rotocella e testa del reattore**

Sono inoltre state eseguite delle valutazioni relative al sistema di regolazione e controllo (SRC) presente nell'impianto esistente, costituito da una infrastruttura hardware e software, che per poter essere utilizzato sull'impianto P2G/L, dovrà essere opportunamente modificato e sviluppato in funzione del processo e delle nuove strumentazioni e apparecchiature che si andranno ad installare.

Alla luce di tutte le modifiche apportate è stata adeguata la documentazione dell'impianto, in particolare è stato rielaborato il P&ID dell'impianto pilota.

### Conclusioni

L'attività svolta ha riguardato la preparazione del sito per l'installazione del nuovo impianto P2G/L, attraverso 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. Lo scopo è quello di utilizzare le diverse utilities e ausiliari, già presenti, nella nuova infrastruttura sperimentale. Sulla base delle prime analisi, è stato valutato fattibile il futuro riutilizzo delle seguenti strutture attualmente presenti:

- unità produzione aria compressa strumenti e processo;
- impianto elettrico e, parzialmente, rete di conduttori di segnale;
- struttura di sostegno;
- quadro di regolazione e controllo;
- sala controllo.

L'individuazione dell'area, l'identificazione delle sezioni da modificare e l'indicazione delle componenti da escludere dalla futura fornitura rappresentano il punto di partenza per le fasi di avvio della procedura di acquisizione dell'impianto e della sua progettazione.

Per un approfondimento maggiore dell'argomento si rimanda ai seguenti report tecnici:

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

## 2.2.2 Verifica preliminare della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L

Lo studio svolto ha riguardato le valutazioni iniziali sulla normativa vigente per l'installazione e la messa in servizio dell'impianto e in particolare sono state analizzate le tematiche relative a: Normativa antincendio: adeguamento del certificato di prevenzione incendi (CPI), adeguamento classificazione delle aree potenzialmente esplosive (ATEX) e adeguamento della classificazione delle apparecchiature in pressione (PED).

L'analisi è stata svolta a partire dall'attuale condizione dell'impianto pilota Sotacarbo, descrivendo gli adeguamenti normativi previsti per l'installazione di un impianto sperimentale che lavora alle pressioni e alle temperature necessarie al processo P2G/L.

Le principali normative di riferimento per lo studio svolto, sono state:

- Il DPR 151/11: "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decretollegge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- ATEX 2014/34/UE e ATEX 99/92/CE per le atmosfere potenzialmente esplosive;
- PED 2014/68/UE (Pressure Equipment Directive) per gli impianti in pressione.

In particolare sono state prese in esame le autorizzazioni già esistenti e riguardanti il CPI, l'attuale classificazione ATEX delle aree con pericolo di esplosione e la normativa PED, individuando le criticità e i potenziali interventi di adeguamento che verranno definiti a seguito della progettazione di dettaglio prevista per l'anno 2020. Di seguito si riporta una descrizione degli esiti delle analisi svolte sulla normativa e sulle caratteristiche tecniche individuate in via preliminare dell'impianto P2G/L che si realizzerà.

### **Adeguamento Certificato Prevenzione Incendi**

Il CPI, certificato prevenzione incendi, per la piattaforma sperimentale Sotacarbo rappresenta un adempimento normativo indispensabile per poter progettare, realizzare e mettere in funzione gli impianti in essa contenuti. Al fine della presentazione della domanda di rilascio o adeguamento del CPI è indispensabile classificare correttamente il rischio derivante dall'attività.

Dall'analisi della normativa (DPR 151/2011) e dalle caratteristiche tecniche individuate per l'impianto P2G/L, la cui descrizione è riportata nel report "Definizione delle specifiche tecniche dell'impianto sperimentale P2G/L", potrebbe essere necessario richiedere un adeguamento per lo svolgimento delle seguenti attività:

- 7.1.C "Centrali di produzione di idrocarburi liquidi e gassosi e di stoccaggio sotterraneo di gas naturale, piattaforme fisse e strutture fisse assimilabili, di perforazione e/o produzione di idrocarburi di cui al decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1979, n. 886 ed al decreto legislativo 25 novembre 1996, n. 624"
- 3.3.C "depositi di gas infiammabili compressi in recipienti mobili con capacità geometrica maggiore di 10 m<sup>3</sup>".

Le attività citate andranno confermate o modificate una volta verificato il progetto di dettaglio.

Secondo il DPR 151/11, l'iter da seguire per la richiesta di modifica del CPI, può essere riassunto secondo lo schema seguente:

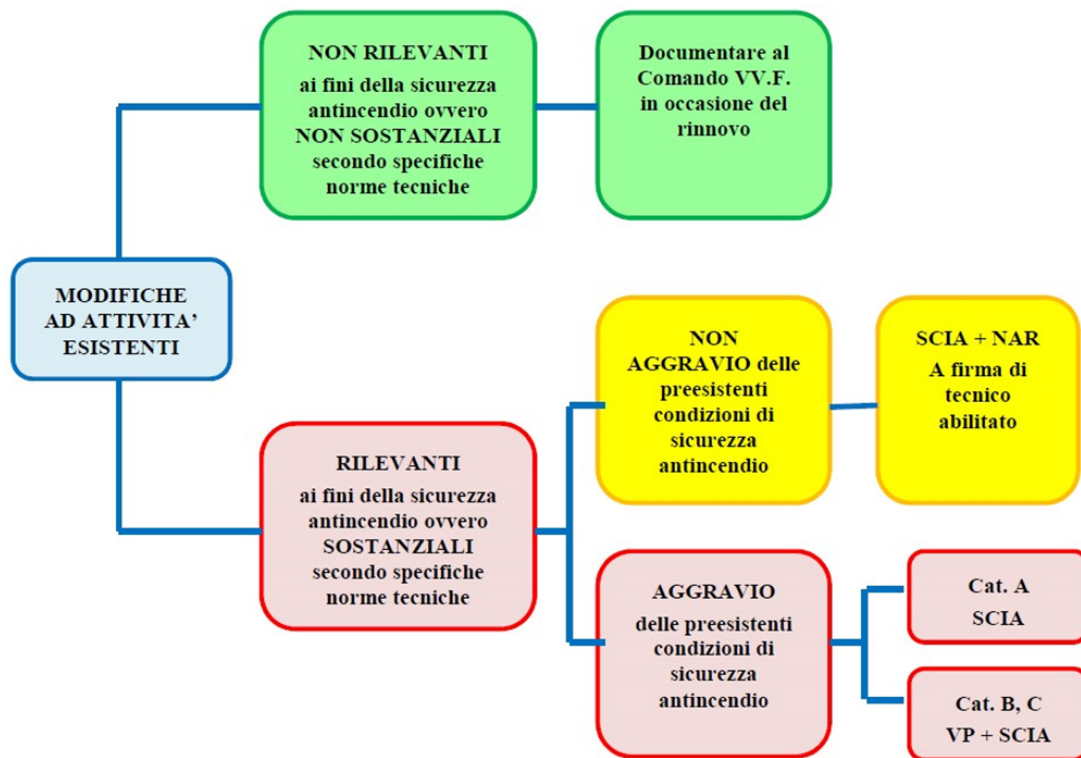


Figura 9. Schema procedurale per la modifica del CPI

L'attività relativa all'installazione e la messa in funzione dell'impianto P2G/L potrebbe rientrare nelle modifiche rilevanti ai fini della sicurezza antincendio (Categoria C), ovvero sostanziali secondo specifiche norme tecniche. Sarà necessario verificare sulla base del progetto definitivo e del parere di un professionista abilitato se l'attività presenta un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio. All'interno della procedura descritta sarà necessario presentare anche una SCIA (Segnalazione Certificata di Inizio Attività) di non aggravio, secondo l'articolo 4 comma 7 del D.M. 7 Agosto 2012; che riguarderà le principali sezioni di impianto smontate: il gassificatore a letto fisso della potenzialità di 0,24 MWt e l'unità di PSA (Pressure Swing Adsorption) per la produzione di H<sub>2</sub> dal syngas. Tali modifiche non comportano un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza, ma vanno comunque segnalate ai vigili del fuoco.

Una volta individuate le attività da inserire nella modifica del CPI, si dovrà procedere con la verifica e la progettazione delle modifiche all'impianto antincendio esistente a servizio dell'impianto P2G/L, nel rispetto del decreto D.M. 3 agosto 2015 e delle successive modifiche del decreto D.M. 12 aprile 2019.

### Adeguamento della classificazione delle zone ATEX

L'utilizzo nell'impianto P2G/L di combustibili liquidi e gassosi rende obbligatorio la redazione del documento sulla protezione contro le esplosioni, che è parte integrante del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), secondo la normativa vigente in materia. Pertanto sarà necessario eseguire la classificazione delle zone pericolose seguendo le raccomandazioni suggerite dalle **EN 1127-1**, **EN 60079-10-1** (gas-Ex) e **EN 60079-10-2** (polveri-Ex), le quali prevedono la suddivisione delle aree pericolose in tre zone, in funzione della frequenza e del tempo di presenza della sostanza esplosiva.

Nella prima annualità del progetto sono state dismesse diverse sezioni/apparecchiature dell'impianto di ricerca esistente, compresa la principale fonte di emissione ossia il gassificatore a letto fisso up-draft e la zona di caricamento del combustibile che costituiva una delle zone interessate dalla classificazione.

Pertanto la nuova classificazione dovrà tenere in considerazione sia l'eliminazione di una delle principali fonti di emissione e che l'inserimento nell'area di nuove sorgenti costituite da:

- Reattore di produzione del metanolo.
- Reattore di produzione del metano.

- Gas mixer.
- Pre-riscaldatore.
- Gas cooler.
- Sistema di stoccaggio e adduzione dei gas (Idrogeno, CO<sub>2</sub> e Azoto).
- Torcia.

### Adeguamento della dichiarazione relativa agli impianti in pressione

Il principio generale che governa la direttiva PED 2014/68/UE (Pressure Equipment Directive) consta nel fatto che le attrezzature devono essere progettate, costruite, controllate, equipaggiate ed installate in sicurezza in modo da prevenire eventuali usi impropri delle stesse. Rientrano nel campo di applicabilità della direttiva, le tubazioni, le valvole idrauliche, i recipienti soggetti ad una pressione relativa maggiore di 0,5 bar, escluse le macchine, qualunque sia il materiale utilizzato o il fluido in esso contenuto e il volume disponibile.

Le modifiche effettuate nell'impianto esistente e l'installazione dell'impianto P2G/L, la cui zona di processo opererà a circa 30-60 bar, renderà necessaria una nuova classificazione PED, che riguarderà le zone evidenziate in Figura 10. Diagramma di processo semplificato per PED Figura 10 e di seguito riportate:

- Zona di stoccaggio dei combustibili (operante ad altissima pressione, circa 200 bar).
- Zona di processo (operante a circa 30 – 60 bar).
- Zona di combustione (operante a bassa pressione).

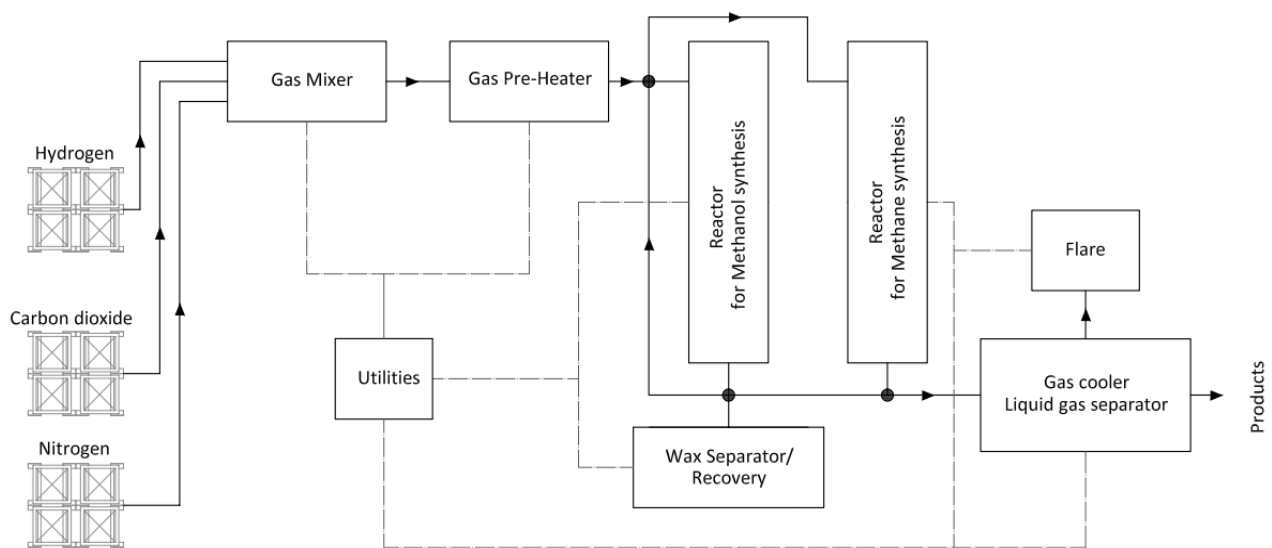


Figura 10. Diagramma di processo semplificato per PED dell'impianto P2G/L

### Conclusioni

Nello studio sono stati analizzati i principali riferimenti normativi per l'adeguamento del Certificato Prevenzione Incendi (CPI), della classificazione delle aree potenzialmente esplosive (ATEX) e della classificazione delle apparecchiature in pressione (PED). L'analisi è stata svolta a partire dall'attuale condizione dell'impianto pilota Sotacarbo, descrivendo gli adeguamenti normativi previsti per l'installazione di un impianto sperimentale che lavora alle pressioni e alle temperature necessarie al processo P2G/L. In questa fase sono state individuate le criticità e i potenziali interventi di adeguamento che verranno definiti a seguito della progettazione di dettaglio prevista per l'anno 2020.

Per un approfondimento maggiore dell'argomento si rimanda al seguente report tecnico:

- "Verifica della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L"

### 2.3 WP3 - LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno

Le attività di comunicazione e diffusione dei risultati contribuiscono al successo di un progetto dal momento che i risultati raggiunti non devono essere solo noti ma anche utilizzabili da una comunità che vada oltre quella scientifica. Nell'ambito della comunicazione e della diffusione dei risultati del Progetto Power to Gas/Liquid (P2G/L), la strategia adottata ha compreso oltre alle attività divulgative dedicate in modo esclusivo alla ricerca in ambito "P2G/L", anche quelle ideate per promuovere questo progetto in collegamento con gli altri portati avanti dalla Società in modo coordinato.

I risultati innovativi devono poter essere riprodotti in altri contesti e il modo migliore per farlo è vederli inseriti e diffusi su larga scala attraverso la partecipazione ad eventi nazionali ed internazionali, come workshop, conferenze e convegni di interesse. In questo modo è possibile diversificare il pubblico di riferimento oltreché indirizzarlo su attività e tematiche distinte attraverso la pubblicazione di articoli originali e proposte formative che coinvolgono sia studenti universitari che delle scuole elementari, medie e superiori. Nell'anno 2019 le attività di comunicazione e diffusione a supporto del progetto P2G/L hanno compreso l'implementazione del network di contatti con testate nazionali e internazionali, la pubblicazione di articoli e interventi della Società sui temi di maggior interesse sul sito aziendale, l'aggiornamento delle informazioni relative alle attività svolte in ambito Ricerca di sistema elettrico sul sito aziendale, la prosecuzione del progetto ZoE (Zero Emissioni) per la divulgazione scientifica a favore di scuole, associazioni culturali e cittadinanza, l'apertura del Centro Ricerche ai visitatori in occasione di seminari ed eventi quali la Festa del patrimonio e la Notte dei ricercatori, la pubblicazione di articoli in lingua inglese sul magazine digitale "Only Natural Energy (ONE)", testata con taglio volutamente divulgativo sui temi dell'energia e dell'ambiente.

#### **Pubblicazione articoli**

Sulle tecnologie P2G/L ma più in generale sul contributo che può essere dato da queste e altre tecnologie nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, sono stati pubblicati i seguenti articoli, sono stati pubblicati sulla rivista digitale Only Natural Energy (ONE) i seguenti articoli:

- Articolo di Jez Abbott pubblicato nel numero gennaio-marzo 2019, dal titolo **"From fiery ice to sustainable aviation: the biofuel race becomes creative"**.
- Articolo di Toby Lockwood pubblicato nel numero gennaio-marzo 2019, dal titolo **"...From little acorns grow"**.
- Articolo di The Conversation pubblicato nel mese di febbraio 2019, dal titolo **"How to make the liquefied natural gas industry more sustainable"**.
- Articolo di ScienceDaily pubblicato nel mese di gennaio 2019, dal titolo **"How to suck carbon dioxide from the sky for fuels and more"**.
- Articolo di The Conversation pubblicato nel mese di aprile 2019, dal titolo **"The terror of climate change is transforming young people's identity"**
- Articolo di SciDev.net pubblicato nel mese di marzo 2019, dal titolo **"Climate change 'could slash Brazil's maize yields'"**.
- Articolo di Jez Abbott pubblicato nel numero aprile-giugno 2019, dal titolo **"The Green New Deal as a catalyst for smoothing out social inequality"**.
- Articolo di Toby Lockwood pubblicato nel numero aprile-giugno 2019, dal titolo **"Generations arm wrestling for climate"**.
- Articolo di The Conversation pubblicato nel numero aprile-giugno 2019, dal titolo **"How a Japanese system can help African cities adapt to climate change"**.
- Articolo di Clean Energy Wire pubblicato nel mese di luglio 2019, dal titolo **"Merkel puts contentious CCS technology back on German agenda"**.
- Articolo di Toby Lockwood pubblicato nel numero Ottobre-dicembre 2019, dal titolo **"CCS and coal: the carbon no one wants to capture"**.

Sul sito aziendale è stato pubblicato l'articolo "**Energia elettrica e trasporti nella lotta ai mutamenti climatici: il ruolo chiave degli "e-fuels"**" sul ruolo delle tecnologie per riutilizzare la CO<sub>2</sub> per la produzione di combustibili gassosi e liquidi, da immettere nel mercato o per la produzione di energia elettrica.

### **Progetto ZoE**

Il Progetto ZoE è un'iniziativa rivolta agli studenti delle scuole elementari, medie e superiori nell'ambito del programma di attività "Sotacarbo per le scuole" che mira a diffondere consapevolezza sul cambiamento climatico e l'importanza del ruolo di alcune tecnologie, in particolare quelle CCUS (cattura, confinamento geologico e utilizzo della CO<sub>2</sub>) nella mitigazione del problema. L'attività è articolata in più percorsi di "animazione ambientale" distinti in base all'età dei partecipanti con l'obiettivo di catturare l'interesse degli studenti sui temi della ricerca svolta in Sotacarbo, al fine di realizzare una divulgazione capillare sul territorio. Le metodologie utilizzate si ispirano alle recenti tecniche educative informali denominate "making" e "tinkering" utilizzate per stimolare la comprensione delle STEM (science – technology - engineering - mathematics) in modo attivo e partecipato.

### **Altri eventi divulgativi**

Nel 2019 Sotacarbo ha partecipato alla **Festa del Patrimonio (18-19 maggio)**, seconda edizione dell'evento organizzato dal Comune di Carbonia, e per il quinto anno consecutivo alla manifestazione "**La Notte dei Ricercatori**" (**27 settembre**) con l'obiettivo di avvicinare i ricercatori al pubblico, mostrando l'impatto della ricerca sulla vita quotidiana con strumenti di comunicazione informale e coinvolgente.

Sotacarbo ha ospitato presso l'auditorium del Centro ricerche, il seminario "**Il clima della Terra in quattro tappe**", un ciclo di conferenze per esaminare scenari e criticità del cambiamento climatico da angolazioni diverse.

### **Siti web e social network**

Siti web aziendali e social network sono strumenti essenziali per il perseguimento di obiettivi generali di diffusione e disseminazione scientifica dei progetti aziendali.

Nel periodo 23-31 dicembre 2019 sono state attivate campagne di marketing sui social network (Facebook, LinkedIn e Twitter), i cui risultati sono stati positivi, in considerazione dei commenti sui contenuti sponsorizzati. In particolare la promozione ha riguardato un contenuto specifico del sito sotacarbo.it, inerente ai temi e agli obiettivi del progetto triennale, ossia l'articolo "Energia elettrica e trasporti nella lotta ai mutamenti climatici: il ruolo chiave degli "e-fuels" sulla realizzazione di un impianto pilota P2G/L. La campagna ha avuto esiti positivi sia in termini di visualizzazioni e di interazione col post che in termini di accrescimento dei follower delle pagine social.

### **Conclusioni**

La strategia di comunicazione e diffusione adottata ha consentito di consolidare e in alcuni casi accrescere la visibilità delle attività svolte. L'attività di comunicazione ambisce a dare un contributo all'individuazione di partner interessati ad avviare legami utili in fase di progettazione (collaborazioni, scambio dati e informazioni), ma anche a creare interesse da parte dell'utente del sistema elettrico nazionale in relazione al progetto.

Per un approfondimento maggiore dell'argomento si veda il report "*Comunicazione e diffusione dei risultati sulle attività Sotacarbo su P2G/L – 1 anno*"

### Pubblicazioni scientifiche e partecipazione a convegni

Nel corso del periodo dal 01.01.2019 al 31.12.2019 sono state presentate le seguenti memorie correlate con l'attività scientifica svolta nell'ambito del progetto:

- Sarah Lai, Mauro Mureddu, Luciano Atzori, Elisabetta Rombi, Francesca Ferrara, Alberto Pettinau. **Novel catalysts for DME production via direct hydrogenation of CO<sub>2</sub>**. Proceedings of the 14th International Conference on Chemical and Process Engineering, Bologna, Italy, May 26-29, 2019.
- Mauro Mureddu, Sarah Lai, Elisabetta Rombi, Luciano Atzori, Francesca Ferrara, Alberto Pettinau. **Experimental development of advanced catalysts for methanol and DME production from CO<sub>2</sub> for energy storage applications**. Proceedings of the 17th International Conference on Carbon Dioxide Utilization – ICCDU XVII, Aachen, Germany, June 23-27, 2019. Best Poster Award Winner
- Mauro Mureddu, Francesca Ferrara, Alberto Pettinau. **Highly efficient CuO/ZnO/ZrO<sub>2</sub>@SBA-15 nanocatalysts for methanol synthesis from the catalytic hydrogenation of CO<sub>2</sub>**. Applied Catalysis B: Environmental 2019;258:117941.
- Alberto Pettinau. **The Italian centre of excellence on low carbon technologies**. Invited round table speech. Proceedings of the 1st Italian Conference on Carbon Capture and Utilization, Bari, Italy, December 5-6, 2019.

Nell'ambito del progetto la società ha partecipato ai seguenti convegni:

- **17th International Conference on Carbon Dioxide Utilization – ICCDU XVII (Aachen, 23-27.06.2019)**  
Fronteggiare il riscaldamento globale usando l'anidride carbonica come risorsa. Di questo si è discusso nel corso della conferenza internazionale sul riutilizzo della CO<sub>2</sub> (ICCDU XVII), tenutasi ad Aachen (Aquisgrana), in Germania, dal 23 al 27 giugno, dove è stato ricevuto il Premio internazionale per la ricerca Sotacarbo sul riutilizzo della CO<sub>2</sub> "best poster award", premio per il miglior poster tra i tanti presentati al congresso.
- **Primo Open Forum del CO<sub>2</sub> Club Italia (Roma, 16-17 aprile 2019)** - La partecipazione all'evento ha fornito l'occasione di presentare i risultati del lavoro svolto sul riutilizzo della CO<sub>2</sub>, con particolare riferimento ai catalizzatori.
- **Executive Committee della IEA GHG (Helsinki, 7-10 giugno 2019)**, dove sono stati discussi lavori inerenti le tematiche sulle energie rinnovabili, tecnologie CCUS, cambiamenti climatici.
- **Congresso internazionale Clean Coal Technology Conference (Houston, Texas, 3-7 giugno 2019)**, organizzato dalla IEA-CCC. Durante la conferenza sono state affrontate tematiche quali il riutilizzo della CO<sub>2</sub> finalizzata allo storage dell'energia.
- **Annual International Pittsburgh Coal Conference (Pittsburgh, 3-6 settembre 2019)**, organizzato dall'Università di Pittsburgh. Durante la conferenza si è dato risalto alle tecnologie di separazione e utilizzo della CO<sub>2</sub>, in particolare alla conversione della stessa anidride carbonica in combustibili per applicazioni P2G/L.
- **Fiera Ecomondo (Rimini, 5-8 novembre 2019)** – Fiera leader della green e circular economy nell'area euro-mediterranea, costituisce un evento internazionale che unisce in un'unica piattaforma tutti i settori dell'economia circolare, dal recupero di materia ed energia allo sviluppo sostenibile. La partecipazione all'evento ha fornito l'occasione per valutare nuove collaborazioni con possibili partner nazionali e internazionali sulle tematiche inerenti il progetto.
- **Sardinian Job Day (Cagliari, 24-25 gennaio 2019)**. Nel corso dell'evento, organizzato dall'Agenzia Sarda per Politiche Attive del Lavoro (Aspal), Sotacarbo ha presentato le attività divulgative orientate al mondo della scuola, con una proposta formativa a 360 gradi, che va a coinvolgere gli studenti delle scuole primarie, secondarie e gli universitari. L'edizione 2019 è stata incentrata sull'innovazione digitale e sull'incidenza dei processi di trasformazione tecnologica nell'organizzazione del lavoro e nelle professioni. L'evento è stato anche un momento di incontro con altre realtà imprenditoriali che operano nel settore dell'efficienza energetica.
- **Sinnova 2019: il cittadino protagonista dell'innovazione (Cagliari, 3-4 ottobre 2019)**. "Sa Manifattura" di Cagliari (l'ex Manifattura Tabacchi), luogo simbolo della creatività e dell'innovazione, ha ospitato, dal 3 al 4 ottobre 2019, SINNOVA, il Salone dell'Innovazione al servizio dell'impresa in Sardegna.

L'evento, organizzato da Sardegna Ricerche in collaborazione con l'Assessorato regionale della Programmazione, ha visto la partecipazione di circa 2500 visitatori.

### 3 Principali soggetti esterni coinvolti

I principali soggetti esterni coinvolti nelle attività del primo anno sono:

**WP3 - LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno**

**Attivazione dell'ordine di consulenza per il servizio di Science Show (ordine n. 75/19).**

È stata avviata la collaborazione con l'associazione culturale "Le strade di Macondo" per l'attività di divulgazione scientifica "Circus change - il circo cambia" tenutasi durante la notte dei ricercatori.

### 4 Elenco dei rapporti tecnici e dei prodotti realizzati

Si riporta di seguito l'elenco dei rapporti tecnici sviluppati da Sotacarbo:

**WP3 - LA 3.16 Power-to-Gas/Liquid: Power-to-Gas/Liquid: approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota**

- Approfondimenti preliminari su tecnologie e processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>"
  - Autori: G. Cau, F. Dessì, S. Lai, A. Masili, M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, A. Orsini, F. Ferrara
  - **RdS/PTR2019/127**
- Definizione delle specifiche tecniche dell'impianto sperimentale P2G/L"
  - Autori: M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, F. Ferrara, S. Meloni, D. Marotto, P. Miraglia, G. Calì
  - **RdS/PTR2019/128**

**WP3 - LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota**

- "Verifiche preliminari e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto P2G/L"
  - Autori: S. Meloni, P. Miraglia, F. Tedde, G. Calì
  - **RdS/PTR2019/129**
- "Verifica della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L"
  - Autori: G. Calì, D. Marotto, S. Meloni
  - **RdS/PTR2019/130**

**WP3 - LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno**

- "Comunicazione e diffusione dei risultati sulle attività Sotacarbo su P2G/L – I anno"
  - Autori: A. Masili
  - **RdS/PTR2019/137**
- Rapporto tecnico economico sulle attività SOTACARBO su P2G/L – I Anno
  - Autori: M. Fadda, E. Maggio
  - **RdS/PTR2019/138**

## Cronoprogramma attività

| Descrizione attività   | 2019 |  |  | 2020 |  |  | 2021 |  |  |
|--|------|--|--|------|--|--|------|--|--|
|  |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.16 Power-to-Gas/Liquid: Power-to-Gas/Liquid: approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.17 Power-to-Gas/Liquid: analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota       |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.18. Power-to-Gas/Liquid: progettazione dell'impianto pilota   |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.19. Power-to-Gas/Liquid: ottenimento delle autorizzazioni e adeguamento del sito e dei sistemi ausiliari per l'impianto pilota                              |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.20. Power-to-Gas/Liquid: realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione   |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.21 Power-to-Gas/Liquid: analisi tecnico-economica nel contesto della Sardegna   |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.37 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno  |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.38 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - II Anno   |      |  |  |      |  |  |      |  |  |
| LA 3.39 Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - III Anno.   |      |  |  |      |  |  |      |  |  |

## 5 Rendicontazione economica

### COSTO COMPLESSIVO DEL PROGETTO A PREVENTIVO

Di seguito è riportato il costo complessivo del progetto, a preventivo, suddiviso per linee di attività e nelle principali voci di costo.

| Sigla         | Denominazione Linee attività  | Anno di Riferimento | Ore di personale SOTACARBO | SPESE AMMISSIBILI* (k€) |                |                              |                        |                                |                                     | TOTALE          |
|---------------|---|---------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
|               |   |                     |                            | Personale (A)           | Spese generali | Strumenti e attrezzature (B) | Costi di esercizio (C) | Acquisizione di competenze (D) | Collaborazioni di cobeneficiari (U) |                 |
| WP3           | <i>Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti" – WP3 "Power to Gas"</i> |                     |                            |                         |                |                              |                        |                                |                                     |                 |
| LA 3.16       | <i>Approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota</i>                 | 2019                | 3189                       | <b>91,58</b>            | <b>54,94</b>   | <b>0</b>                     | <b>0</b>               | <b>0</b>                       |                                     | <b>146,52</b>   |
| LA 3.17       | <i>Analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota</i>  | 2019                | 9179                       | <b>269,79</b>           | <b>161,87</b>  | <b>0</b>                     | <b>0</b>               | <b>4</b>                       |                                     | <b>435,66</b>   |
| LA 3.18       | <i>Progettazione dell'impianto pilota</i>   | 2020                | 5614                       | <b>161,97</b>           | <b>97,18</b>   | <b>0</b>                     | <b>0</b>               | <b>200</b>                     |                                     | <b>459,15</b>   |
| LA 3.19       | <i>Ottenimento delle autorizzazioni e adeguamento del sito e dei sistemi ausiliari per l'impianto pilota</i>                          | 2020                | 6706                       | <b>201,23</b>           | <b>120,73</b>  | <b>0</b>                     | <b>60</b>              | <b>60</b>                      |                                     | <b>441,96</b>   |
| LA 3.20       | <i>Realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione</i>   | 2021                | 13274                      | <b>390,72</b>           | <b>234,43</b>  | <b>0</b>                     | <b>1581</b>            | <b>0</b>                       |                                     | <b>2.206,15</b> |
| LA 3.21       | <i>Analisi tecnico-economica nel contesto della Sardegna</i>  | 2021                | 1928                       | <b>63,49</b>            | <b>38,09</b>   | <b>0</b>                     | <b>0</b>               | <b>0</b>                       |                                     | <b>101,58</b>   |
| LA 3.37       | <i>Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno</i>                                  | 2019                | 5079                       | <b>195,48</b>           | <b>117,29</b>  | <b>0</b>                     | <b>28,2</b>            | <b>0,7</b>                     |                                     | <b>341,67</b>   |
| LA 3.38       | <i>Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su su P2G/L - II Anno</i>                              | 2020                | 6098                       | <b>240,65</b>           | <b>144,39</b>  | <b>0</b>                     | <b>41</b>              | <b>1</b>                       |                                     | <b>427,04</b>   |
| LA 3.39       | <i>Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su su P2G/L - III Anno</i>                             | 2021                | 5712                       | <b>223,08</b>           | <b>133,85</b>  | <b>0</b>                     | <b>56,5</b>            | <b>1</b>                       |                                     | <b>414,43</b>   |
| <b>TOTALE</b> |   |                     | <b>56779</b>               | <b>1837,99</b>          | <b>1102,77</b> | <b>0</b>                     | <b>1766,7</b>          | <b>266,7</b>                   |                                     | <b>4.974,16</b> |

### COSTI SOSTENUTI NEL PRIMO ANNO DI RICERCA

Per quanto concerne il costo del primo anno del progetto, le spese registrate a consuntivo vengono riepilogate nella tabella che segue, ripartite per linee di attività (tra parentesi, si confrontano i valori di preventivo).

| Sigla         | Denominazione Linee attività  | Anno di Riferimento | Ore di personale SOTACARBO | SPESE AMMISSIBILI* (k€)   |                          |                              |                        |                                |                                    | TOTALE                    |
|---------------|---|---------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
|               |   |                     |                            | Personale (A)             | Spese generali           | Strumenti e attrezzature (B) | Costi di esercizio (C) | Acquisizione di competenze (D) | Collaborazioni di cobeneficari (U) |                           |
| WP3           | <i>Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti" – WP3 "Power to Gas"</i> |                     |                            |                           |                          |                              |                        |                                |                                    |                           |
| LA 3.16       | <i>approfondimenti preliminari su tecnologie e processi per la definizione delle specifiche di un impianto pilota</i>                 | 2019                | 3276<br>(3189)             | 94,81<br>(91,58)          | 56,89<br>(54,94)         | 0<br>(0)                     | 0<br>(0)               | 0<br>(0)                       |                                    | 151,70<br>(146,52)        |
| LA 3.17       | <i>analisi, verifiche autorizzative e prime modifiche delle infrastrutture esistenti per il loro riutilizzo nell'impianto pilota</i>  | 2019                | 9172<br>(9179)             | 269,25<br>(269,79)        | 161,55<br>(161,87)       | 0<br>(0)                     | 0<br>(0)               | 0,4<br>(4)                     |                                    | 431,2<br>(435,66)         |
| LA 3.37       | <i>Comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento: attività SOTACARBO su P2G/L - I Anno</i>                                  | 2019                | 5155<br>(5079)             | 196,24<br>(195,48)        | 117,74<br>(117,29)       | 0<br>(0)                     | 26,60<br>(28,2)        | 0,7<br>(0,7)                   |                                    | 341,28<br>(341,67)        |
| <b>TOTALE</b> |   |                     | <b>17603</b><br>(17447)    | <b>560,30</b><br>(556,85) | <b>336,18</b><br>(334,1) | <b>0</b><br>(0)              | <b>26,60</b><br>(28,2) | <b>1,1</b><br>(4,7)            |                                    | <b>924,18</b><br>(923,85) |

\* in base al documento "Criteri di valutazione dei Piani triennali di realizzazione"

(A) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente

(B) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili, ad esclusivo uso del progetto e/o in quota di ammortamento

(C) include materiali e forniture, spese per informazione, pubblicità e diffusione

(D) include le attività con contenuto di ricerca commissionate a terzi, i.e. consulenze, acquisizioni di competenze tecniche, brevetti

(E) include le spese di trasporto, vitto e alloggio del personale in missione

(U) include le collaborazioni con istituzioni universitarie

| <i>Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti" – WP3 "Power to Gas"</i> | <b>Preventivo ANNO 2019</b> | <b>Consuntivo Anno 2019</b> | <b>variazioni</b>   |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Personale (A)</b>  | € 556.864,20                | € 560.305,44                | + € 3.441,24        |
| Spese generali  | € 334.118,52                | € 336.183,26                | + € 2.064,74        |
| <b>Costi per strumenti, attrezzature e software specifico (B)</b>   | <b>€ 0</b>                  | <b>€ 0</b>                  | <b>€ 0</b>          |
| <b>Costi di esercizio (C)</b>   | <b>€ 28.200</b>             | <b>€ 26.601,59</b>          | <b>- 1.598,41€</b>  |
| Iscrizioni Convegni/Conferenze  | € 700                       | € 700                       | € 0                 |
| Campagne pubblicitarie attività inerenti il progetto  | € 2.500                     | € 1.600                     | - € 900             |
| Partecipazione a convegni/Conferenze  | € 25.000                    | € 24.301,59                 | -€ 698,41           |
| <b>Costi per servizi di consulenza, acquisizione di competenze tecniche e brevetti (D)</b>  | <b>€ 4.700</b>              | <b>€ 1.100</b>              | <b>-€ 3.600</b>     |
| Noleggio mezzi di sollevamento a caldo per realizzazione lavori   | € 4.000                     | € 400                       | - € 3.600           |
| Collaborazioni per attività di comunicazione  | € 700                       | € 700                       | € 0                 |
| <b>SUB Totale investimenti (B+C+D)</b>  | <b>€ 32.900</b>             | <b>€ 27.701,59</b>          | <b>- € 5.198,41</b> |
| <b>TOTALE</b>   | <b>€ 923.882,72</b>         | <b>€ 924.190,30</b>         | <b>+ € 307,57</b>   |

| <i>Tema 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti" – WP3 "Power to Gas"</i> | <b>Totale Costo a Preventivo</b> | <b>Consuntivo Anno 2019</b> | <b>Preventivo a finire</b> |
|---|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <b>Personale (A)</b>  | € 1.838.038,00                   | € 560.305,44                | € 1.277.732,56             |
| Spese generali  | € 1.102.822,80                   | € 336.183,26                | € 766.639,54               |
| <b>Costi per strumenti, attrezzature e software specifico (B)</b>   | <b>€ 0</b>                       | <b>€ 0</b>                  | <b>€ 0</b>                 |
| <b>Costi di esercizio (C)</b>   | <b>€ 1.766.700</b>               | <b>€ 26.601,59</b>          | <b>€ 1.740.098,41</b>      |
| <b>Costi per servizi di consulenza, acquisizione di competenze tecniche e brevetti (D)</b>  | <b>€ 266.700</b>                 | <b>€ 1.100</b>              | <b>€ 265.600</b>           |
| <b>SUB Totale investimenti (B+C+D)</b>  | <b>€ 2.033.400</b>               | <b>€ 27.701,59</b>          | <b>€ 2.005.698,41</b>      |
| <b>TOTALE</b>   | <b>€ 4.974.260,80</b>            | <b>€ 924.190,30</b>         | <b>€ 4.050.070,51</b>      |

#### AGGIORNAMENTO DELLE PREVISIONI DI PROGRAMMA E DI COSTO DEL PROGETTO

Complessivamente non si sono riscontrati scostamenti significativi né per quanto riguarda l'impegno del personale, né per quanto riguarda gli investimenti.

## 6 Conclusioni

L'attività di ricerca svolta nella prima annualità del progetto ha consentito di approfondire le conoscenze sugli impianti commerciali e dei progetti pilota che utilizzano la CO<sub>2</sub> come materia prima per la produzione di metano, metanolo e dimetiletere. L'analisi ha riguardato anche aspetti più tecnici, come le configurazioni degli impianti e i sistemi di produzione di idrogeno. Particolare attenzione è stata data alla tipologia dei reattori e al loro confronto, alle condizioni operative del processo e alle criticità annesse. Sono stati inoltre individuati i possibili catalizzatori impiegati nei diversi processi per la conversione mediante idrogenazione.

I progetti di metanazione di CO<sub>2</sub> si svolgono principalmente in Europa, in particolare in Germania. Negli ultimi anni sono stati avviati numerosi progetti di metanazione a partire dalla CO<sub>2</sub> anche se in letteratura si trovano ancora poche informazioni. In circa un terzo dei progetti, il gas naturale sintetico prodotto viene immesso o è previsto che sia immesso nella rete di distribuzione locale. Per quanto riguarda la produzione di idrogeno, è quasi sempre presente un elettrolizzatore. L'anidride carbonica da convertire proviene da diverse fonti, quali impianti a biomassa, impianti di generazione elettrica, processi industriali e aria ambiente.

Le tecnologie di idrogenazione per la produzione di metanolo dalla CO<sub>2</sub> sono meno diffuse; esiste solo un impianto (George Olah, Islanda) che commercialmente lo produce e distribuisce come combustibile. Gli altri impianti censiti sono ancora piccole realtà.

Sebbene la tecnologia di sintesi del DME a partire da syngas sia ampiamente diffusa, soprattutto in Asia, quella a partire da CO<sub>2</sub> presenta ancora alcuni limiti, dovuti principalmente alla formulazione del catalizzatore

Parallelamente sono state definite le specifiche tecniche dell'impianto sperimentale Power to Gas/Liquids (P2G/L), che dovrà essere in grado di produrre combustibili liquidi e gassosi.

Dalle valutazioni effettuate in tal senso sono state ottenute importanti indicazioni sulla tipologia impiantistica e sono state definite le principali specifiche tecniche fino ad una progettazione concettuale dell'intera infrastruttura. È stato riportato il processo nella sua globalità definendo il Process Flow Diagram (PFD), individuando le principali grandezze fisiche di interesse e le condizioni nominali di esercizio. Grazie a queste ultime sono stati condotti i bilanci di massa sia per il reattore di metanazione che per quello di produzione del metanolo.

È stata inoltre individuata un'area della piattaforma pilota Sotacarbo dove installare l'impianto P2G/L, utilizzando un'infrastruttura di ricerca esistente. Tale scelta consentirà di ottimizzare i costi e i tempi utilizzando diversi sistemi ausiliari già presenti nella piattaforma, quali: impianto elettrico, sistema di regolazione e controllo, struttura di sostegno. Si è dato avvio alle attività di preparazione dell'area, procedendo con lo smontaggio di alcuni componenti/sezioni della suddetta infrastruttura.

È stata infine condotta una verifica preliminare della normativa vigente per l'installazione e messa in esercizio dell'impianto P2G/L; in particolare sono stati analizzati i principali riferimenti normativi per l'adeguamento del Certificato Prevenzione Incendi (CPI), della classificazione delle aree potenzialmente esplosive (ATEX) e della classificazione delle apparecchiature in pressione (PED). L'analisi è stata svolta a partire dall'attuale condizione dell'impianto pilota Sotacarbo, descrivendo gli adeguamenti normativi previsti per l'installazione di un impianto sperimentale che lavora alle pressioni e alle temperature necessarie al processo P2G/L. In questa fase sono state individuate le criticità e i potenziali interventi di adeguamento che verranno definiti a seguito della progettazione di dettaglio prevista nella seconda annualità.

## 7 Abbreviazioni ed acronimi

ATEX – ATmospheres EXplosive  
CCU: Carbon Capture & Utilization  
CPI – Certificato Prevenzione Incendi  
DME: Dimetiletere  
DVR – Documento di Valutazione dei Rischi  
PED - Pressure Equipment Directive  
P&ID: Process and Instrumentation Diagrams  
P2G/L: Power to Gas/Liquids  
PFD: Process Flow Diagram  
PSA - Pressure Swing Adsorption  
SCIA - Segnalazione Certificata di Inizio Attività