



Ricerca di Sistema elettrico

## Realizzazione dell'impianto sperimentale P2G/L

D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, M. Mureddu, S. Lai, F. Dessì, A.  
Porcu, S. Sollai, D. Multineddu, A. Orsini F. Ferrara, G. Calì

## REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L

D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, M. Mureddu, S. Lai, F. Dessì, A. Porcu, S. Sollai, D. Multineddu, A. Orsini F. Ferrara, G. Calì

Dicembre 2021

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo: Sistema Elettrico

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

Work package: 3 Power-to-gas

Linea di attività: LA 3.20 – Power to Gas/Liquid: realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione

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 Co-beneficiario SOTACARBO: Marcella Fadda

Hanno partecipato alle attività R. Cara, F. Tedde, A. Argiolas, C. Manca, S. Muntoni, I. Puddu, A. Vacca

## Indice

SOMMARIO .....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE .....	6
3 REALIZZAZIONE IMPIANTO SPERIMENTALE .....	9
3.1 SEZIONE DI MISCELAZIONE .....	10
3.2 SEZIONE DI REAZIONE .....	12
3.3 SEZIONE DI RICIRCOLO.....	17
3.4 SEZIONE DI SEPARAZIONE E RACCOLTA DEI PRODOTTI.....	20
3.5 SISTEMA DI CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI PRODOTTI .....	24
3.6 STRUMENTAZIONE .....	27
3.7 SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO.....	29
3.8 CRITERI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO .....	31
3.8.1 <i>Descrizione generale della supervisione d'impianto</i> .....	37
3.9 STRUTTURA METALLICA E BASAMENTO DI ANCORAGGIO .....	42
3.10 INSTALLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	44
3.11 COIBENTAZIONE .....	45
4 REALIZZAZIONE DEI SISTEMI AUSILIARI DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE .....	49
4.1 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE GAS ALL'IMPIANTO .....	49
4.1.1 <i>Sistema di alimentazione H<sub>2</sub></i> .....	51
4.1.2 <i>Sistema di alimentazione CO<sub>2</sub></i> .....	54
4.1.3 <i>Sistema di alimentazione N<sub>2</sub></i> .....	55
4.2 ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO.....	57
4.3 SISTEMA AZOTO DI BASSA PRESSIONE .....	59
4.4 SISTEMA DI EVACUAZIONE GAS (VENT/TORCIA) .....	60
4.5 STRUMENTI DI RIVELAZIONE E MISURAZIONE DEI GAS.....	61
5 CONCLUSIONI .....	63
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....	64
7 CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	65

## Sommario

L'attività di ricerca oggetto del presente documento prevede lo sviluppo di tecnologie per il riutilizzo sostenibile della CO<sub>2</sub> per la produzione di combustibili liquidi e gassosi. Complessivamente, il principale risultato atteso dall'attività è lo sviluppo di un prototipo sperimentale per lo sviluppo, su scala pilota, processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>, 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 nella linea di attività LA 3.20 - "Power-to-Gas/Liquid "Realizzazione dell'impianto sperimentale P2G/L" del piano triennale di realizzazione 2019-2021. Nello specifico vengono descritte le attività di realizzazione e installazione dell'impianto P2G/L (denominato *Power-to-Fuels*), compresi i sistemi ausiliari di nuova costruzione e l'adeguamento di quelli esistenti.



Ricerca di Sistema elettrico

## Allegato 1: Relazione di calcolo strutturale Vinci Technologies (Ing. Orrù)



Ricerca di Sistema elettrico

## Messa a punto delle apparecchiature e sperimentazione

D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, M. Mureddu, S. Lai, F. Dessì, A.  
Porcu, S. Sollai, D. Multineddu, A. Orsini F. Ferrara, G. Cali

## MESSA A PUNTO DELLE APPARECCHIATURE E SPERIMENTAZIONE

D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, M. Mureddu, S. Lai, F. Dessì, S. Sollai, D. Multineddu, A. Masili, R. Cara, Orsini F. Ferrara, G. Calì

Dicembre 2021

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo: Sistema Elettrico

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

Work package: 3 Power-to-gas

Linea di attività: LA 3.20 – Power to Gas/Liquid: realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione

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 Co-beneficiario SOTACARBO: Marcella Fadda

Hanno partecipato alle attività R. Cara, F. Tedde, A. Argiolas, C. Manca, S. Muntoni, I. Puddu, A. Vacca

## Indice

SOMMARIO .....	5
1 INTRODUZIONE.....	6
2 PROVE DI APPOGGIO IMPIANTO BENCH-SCALE XTL .....	7
2.1 PROVE DI APPOGGIO IMPIANTO BENCH SCALE XTL .....	8
2.1.1 <i>Impianto bench-scale Xtl e procedure sperimentali</i> .....	8
2.1.2 <i>Preparazione del reattore, attivazione del catalizzatore e conduzione dei test catalitici</i> .....	10
2.1.3 <i>Monitoraggio dei principali parametri operativi di impianto</i> .....	10
2.1.4 <i>Analisi cromatografiche dei prodotti di reazione</i> .....	12
2.1.5 <i>Calcolo della conversione, selettività e produttività oraria</i> .....	13
2.1.6 <i>Risultati sperimentali</i> .....	14
2.1.7 <i>Prove di idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> in differenti condizioni operative</i> .....	14
2.1.8 <i>Prove di idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> in differenti condizioni di ricircolo</i> .....	17
2.1.9 <i>Prove di idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> in differenti condizioni di ricircolo a 30 bar</i> .....	19
2.1.10 <i>Prove di idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> in differenti condizioni di ricircolo a 50 bar</i> .....	20
2.2 PROVE DI APPOGGIO SEZIONE DI CATTURA DELLA CO <sub>2</sub> .....	23
2.2.1 <i>Impianto di assorbimento della CO<sub>2</sub> e di rigenerazione solventi</i> .....	23
2.2.2 <i>Fase di assorbimento</i> .....	24
2.2.3 <i>Fase di rigenerazione</i> .....	25
2.2.4 <i>Sistema di raffreddamento</i> .....	27
2.2.5 <i>Misurazione pH, densità del solvente</i> .....	28
2.2.6 <i>Misurazione consumo di energia elettrica</i> .....	28
2.2.7 <i>Sistema di cattura e campionamento condense</i> .....	29
2.2.8 <i>Sistema di controllo</i> .....	29
2.2.9 <i>Condizioni operative e analisi gas/liquido delle prove sperimentali</i> .....	29
2.2.10 <i>Risultati sperimentali delle prove con MEA 5M: parametri di processo ed efficienza di assorbimento</i> ....	31
2.2.11 <i>Risultati sperimentali delle prove con MEA 5M: contenuto d'acqua nel flusso di gas desorbito</i> .....	33
3 PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI ACCUMULO E COMPRESSIONE DELLA CO <sub>2</sub> .....	35
4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE .....	40
5 COMMISSIONING IMPIANTO SPERIMENTALE E SISTEMI AUSILIARI.....	43
5.1 PRE- COMMISSIONING DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE .....	44
5.1.1 <i>Prova di pressione nella sezione di alimentazione</i> .....	46
5.1.2 <i>Prova di pressione negli scambiatori di calore</i> .....	46
5.1.3 <i>Prove di pressione nel reattore multitubolare e nel reattore a singolo tubo</i> .....	47
5.1.4 <i>Prova di pressione nella sezione di ricircolo</i> .....	48
5.1.5 <i>Controllo dei livelli nella trappola cere</i> .....	49
5.1.6 <i>Calibrazione dei livelli nei separatori a bassa ed alta-pressione (LP e HP)</i> .....	49
5.1.7 <i>Campionamento dei prodotti</i> .....	50
5.2 COMMISSIONING DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE .....	54
5.2.1 <i>Commissioning sezioni principali dell'impianto</i> .....	54
5.2.2 <i>Sistema campionamento e analisi dei prodotti</i> .....	65
5.2.3 <i>Struttura metallica</i> .....	67
5.3 COMMISSIONING SISTEMI AUSILIARI DELL'IMPIANTO .....	69
5.3.1 <i>Sistema di alimentazione gas all'impianto</i> .....	69
5.3.2 <i>Strumenti di rivelazione e misurazione gas</i> .....	72
6 PROCEDURE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....	73
6.1 STATI IMPIANTO .....	73
6.2 FASI DI FUNZIONAMENTO .....	73
6.2.3 <i>Fase di accensione</i> .....	73

6.2.2	<i>Fase operativa/stato operation</i> .....	76
6.2.3	<i>Fase di spegnimento/stato OFF</i> .....	76
6.3	SPEGNIMENTO RAPIDO .....	77
7	CONCLUSIONI .....	78
8	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....	79
9	CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	80

## Sommario

La presente attività di ricerca si inquadra nello sviluppo di tecnologie per il riutilizzo sostenibile della CO<sub>2</sub>, generata o catturata, per la produzione di combustibili liquidi e gassosi. Complessivamente, il principale risultato atteso dall'attività è lo sviluppo di una infrastruttura dedicata ai 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 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 apparecchiature sperimentali, pensate per colmare il maggior numero possibile di lacune dello sviluppo tecnologico.

Il presente documento riporta le attività svolte nella linea di attività LA 3.20 - "Power-to-Gas/Liquid "realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione" del piano triennale di realizzazione 2019-2021.

Nello specifico, vengono descritte le prove di appoggio eseguite in parallelo alla fase di realizzazione dell'impianto prototipale e necessarie per l'ottimizzazione dell'esercizio sperimentale:

- Le prove di appoggio sull'impianto bench-scale XTL hanno permesso di verificare le condizioni ottimali di funzionamento di alcuni catalizzatori e analizzare alcuni aspetti particolari del processo, per ottimizzare le sperimentazioni nell'impianto P2G/L limitandole alle condizioni operative più significative per contenere sia i tempi che i costi.
- Le prove di appoggio sull'impianto di cattura della CO<sub>2</sub> hanno consentito di completare l'analisi globale del processo e di valutare la possibilità di integrare il nuovo impianto prototipale con la sezione (esistente) di separazione della CO<sub>2</sub>.

Nel documento sono inoltre descritte le attività preliminari finalizzate alla messa a punto delle singole apparecchiature, alla verifica funzionale e al collaudo dei vari componenti costituenti l'impianto P2G/L denominato "Power-to-Fuels" e dei relativi sistemi ausiliari. Il documento contiene anche la descrizione delle procedure di funzionamento, costituite dalla fase di avviamento, operativa e spegnimento dell'impianto, che verranno adottate durante le campagne sperimentali.