

Proposta in risposta al bando del MATTM

“Finanziamento di progetti di ricerca finalizzati ad interventi di efficienza energetica e all’utilizzo delle fonti di energia rinnovabile in aree urbane”

“TECnologie innovative per l’up-grading del bioGAS”

TECGAS

Proponente: Centro Servizi Ambiente Impianti S.p.A.

Partner:

Scarlino Energia S.r.l.

I.C.A.D. – Università di Firenze

Sommario

1. Obiettivi e finalità della ricerca.....	3
2. Rilievo ed originalità della ricerca nell'ambito degli obiettivi e degli impegni nazionali ed internazionali di riduzione delle emissioni climalteranti ed inquinanti, penetrazione dell'efficienza energetica negli usi finali e/o di aumento della quota di nergia primaria prodotta da fonti rinnovabili	4
3. Impatto potenziale della ricerca a medio e lungo termine anche in termini di potenziale di mercato	5
4. Definizione del gruppo di lavoro, delle mansioni, delle potenzialità e delle competenze di ciascun soggetto per il raggiungimento degli obiettivi del progetto e motivazione della scelta del responsabile tecnico del progetto	6
5. Modalità di gestione del progetto	8
6. Articolazione dettagliata delle fasi della ricerca ivi comprese le fasi di valutazione e di divulgazione dei risultati	9
A1) Analisi preliminare	9
A2) Dimensionamento, progettazione e realizzazione dell'impianto pilota	10
A3) Prove di funzionamento sull'impianto pilota	10
A4) Valutazione - Analisi di fattibilità tecnica ed economica su scala industriale	11
A5) Divulgazione dei risultati	12
7. Durata del progetto e crono programma dettagliato	13
8. Descrizione dettagliata della modalità di implementazione industriale e/o commerciale dei risultati della ricerca	14
9. Sedi operative dei soggetti coinvolti	15

1. Obiettivi e finalità della ricerca

L'obiettivo della ricerca è la messa a punto di un processo innovativo per l'up-grading del biogas.

Il biogas – derivante dalla degradazione biologica anaerobica di materiale biodegradabile (in discarica o in appositi reattori di digestione anaerobica industriali) è composto per circa il 50-60% in volume da metano e per il 50-40% in volume da anidride carbonica (sono presenti anche altri composti in percentuali molto più basse). Con il termine up-grading del biogas si intende un trattamento del biogas finalizzato principalmente alla riduzione del contenuto di anidride carbonica al fine di ottenere un gas del tutto analogo al gas naturale in cui il contenuto di metano viene portato fino a valori superiori al 96% in volume. In tali condizioni, il biogas up-gradato è del tutto simile al gas naturale e può essere ad esso sostituito per tutti gli scopi per cui si utilizza il gas naturale. In particolare, il biogas up-gradato può essere iniettato nella stessa rete del gas naturale raggiungendo tutti gli utenti in rete. La pratica dell'up-grading del biogas è già esistente e diffusa in molti paesi del nord Europa, che hanno anche messo a punto alcuni standard di qualità a cui il biogas up-gradato deve sottostare perché possa essere effettivamente iniettato in rete.

In tutti i casi esistenti, però, i processi di up-grading del biogas prevedono l'utilizzo di un sistema di rimozione della anidride carbonica basato su una fase di cattura ed una successiva fase di rilascio dell'anidride carbonica separata di nuovo in atmosfera (Pressure Swing Adsorption; High Pressure Water Scrubbing). Tale procedura si basa sul fatto che in realtà la anidride carbonica che si trova nel biogas è di origine "rinnovabile", perché originata da biomassa, e in quanto tale non contribuisce al bilancio globale di emissioni di gas serra.

Rispetto a questa modalità di operare, la presente proposta progettuale si pone i seguenti due obiettivi:

- 1) mettere a punto un processo di up-grading che catturi in forma solida e definitiva la anidride carbonica rimossa dal biogas, contribuendo con un termine sottrattivo al bilancio globale di emissioni di gas serra;
- 2) mettere a punto un processo di up-grading che utilizzi materiali di scarto da processi industriali – disponibili a costo zero (o molto basso) – consentendo l'abbassamento del costo di processo. I residui solidi di interesse sono principalmente le scorie ed i residui di trattamento fumi da combustione dei rifiuti (bottom ash e APC – Air Pollution Control residues). L'obiettivo che si pone il progetto, in termini di efficienza di rimozione della anidride carbonica, è tale da garantire il rispetto degli standard di qualità del biogas up-gradato più restrittivi dei Paesi Europei che li hanno già emanati.

2. Rilievo ed originalità della ricerca nell'ambito degli obiettivi e degli impegni nazionali ed internazionali di riduzione delle emissioni climalteranti ed inquinanti, penetrazione dell'efficienza energetica negli usi finali e/o di aumento della quota di energia primaria prodotta da fonti rinnovabili

Il biogas up-gradato è del tutto simile al gas naturale e può essere ad esso sostituito per tutti gli scopi per cui si utilizza il gas naturale. Al momento non esistono standard di qualità internazionali per l'iniezione nella rete del gas naturale, ma alcuni paesi – quali Svezia, Svizzera, Germania e Francia – hanno i proprio standard di qualità per l'iniezione in rete. Di solito gli standard prevedono un valore del Wobbe Index compreso entro range definiti (43,9-47,3 MJ/Nm³ per la Svezia; 46,1-56,5 MJ/Nm³ per la Germania; 48,2-56,2 MJ/Nm³ per la Francia) o la percentuale volumetrica di metano superiore a valori limite (>96% per la Svizzera), insieme a restrizioni più o meno ampie sulla presenza di altri composti inquinanti ed indesiderati.

Il presente progetto contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti secondo due approcci:

- 1) Sviluppo di un processo che consenta la sostituzione parziale del gas naturale di origine fossile con il biogas up-gradato di origine rinnovabile, con conseguente riduzione di emissioni di gas serra
- 2) Sviluppo di un processo che consenta di catturare in forma solida, stabile e pronta per lo stoccaggio definitivo l'anidride carbonica rimossa dal biogas, contribuendo con un termine sottrattivo al bilancio complessivo globale di gas climalteranti

Inoltre il presente progetto contribuisce all'aumento della quota di energia primaria prodotta da fonti rinnovabili, avendo come finalità l'utilizzo in rete del biogas up-gradato. Infatti, ad oggi, l'utilizzo principale che si fa del biogas (da discarica o digestione anaerobica) è la combustione, presso o stesso sito di produzione, in motori a combustione interna per la produzione di energia elettrica con rendimenti di conversione dell'ordine del 30-40%. Raramente - a causa della lontananza di potenziali utenti termici – si realizza cogenerazione con gli stessi motori, disperdendo una quota significativa dell'energia contenuta nel biogas.

La possibilità di iniettare in rete il biogas up-gradato estende la potenzialità di utilizzo di questa fonte energetica rinnovabile ad usi finali molto più variegati e nel complesso caratterizzati da rendimenti di conversione per - produzione di energia elettrica e/o termica – mediamente più elevati (produzione energia termica per usi civili ed industriali; produzione di energia elettrica in impianti termoelettrici più efficienti).

3. Impatto potenziale della ricerca a medio e lungo termine anche in termini di potenziale di mercato

La produzione di biogas in Europa al 2008 è pari a circa 7542 Mtoe (EU27)-7280 Mtoe (EU 15), di cui l'Italia rappresenta una minima parte 0,410 Mtoe, anche se dal 2000 ad oggi la produzione è aumentata del 187% (produzione 2000 0,143 Mtoe). Rispetto a tale produzione del 2008, la maggior parte – circa il 79% - deriva dalle discariche, un contributo residuale pari a circa l'1% deriva da trattamento di fanghi di depurazione, ed il resto da altri processi (dati EurObserv'ER).

Nel futuro, però, si prevede che il contributo di produzione da discariche diminuisca gradualmente, dal momento che la Direttiva Discariche EC/1999/31 (recepita in Italia con il D. Lgs. 36/2003) impone una significativa riduzione della quota di rifiuti biodegradabili smaltiti in discarica. Parallelamente, con l'incremento della raccolta differenziata della frazione biodegradabile dei rifiuti (rifiuti di cucina, principalmente) si attende un incremento della capacità installata di trattamento in digestione anaerobica di tali scarti e, conseguentemente, un incremento di produzione di biogas da questa origine.

Un'altra fonte di produzione del biogas, che sta guadagnando sempre più interesse, è la digestione anaerobica di deiezioni animali ed appropriati scarti/colture vegetali.

Il processo di up-grading che si va a proporre è potenzialmente applicabile al biogas prodotto dai diversi processi individuati.

Risulta però di particolare interesse applicativo il caso di presenza contemporanea presso uno stesso sito industriale di una discarica e/o di un digestore anaerobico insieme ad un impianto di combustione dei rifiuti, o il caso in cui le distanze fra gli impianti siano contenute. In tale situazione, infatti, la discarica e/o il digestore anaerobico rappresentano il/i produttore/i di biogas da trattare. L'impianto di combustione dei rifiuti rappresenta il produttore dei residui solidi che devono trovare un adeguato smaltimento: le bottom ash, sono classificate come rifiuti speciali non pericolosi, mentre i APC residues sono classificati come rifiuti speciali pericolosi. Tali residui – contenenti calcio in forme diversificate e più o meno disponibili - possono essere utilizzati nel processo di up-grading che si propone nel presente progetto, realizzando – attraverso il contatto con la anidride carbonica – una carbonatazione dei residui utilizzati. In tale processo, oltre alla rimozione della anidride carbonica, si ottiene parallelamente un altro beneficio, in termini di miglioramento della qualità dei residui stessi, in particolare con una riduzione del potenziale di cessione di metalli pesanti, con la conseguente possibilità di modifica della classificazione dei residui stessi (ad esempio da non pericolosi ad inerti) e/o di riutilizzo in applicazioni specifiche dell'ingegneria civile. In ogni caso, la disponibilità della discarica nello stesso sito – o entro brevi distanze - permetterà di trovare un adeguato smaltimento definitivo per i residui in cui è stata catturata l'anidride carbonica.

L'impatto della ricerca è quindi relativo a due settori della tutela ambientale: energie rinnovabili e riduzione delle emissioni climalteranti; riduzione della pericolosità dei rifiuti da smaltire in discarica.

Il mercato potenziale di applicazione è principalmente relativo agli impianti di produzione del biogas (discariche, digestori anaerobici di rifiuti, fanghi, liquami ed appropriati scarti vegetali), come prima quantificato, ma interesserà direttamente anche i produttori dei residui di interesse nel progetto ed, indirettamente, anche gli impianti tradizionali di trattamento di tali residui (inertizzazione).

4. Definizione del gruppo di lavoro, delle mansioni, delle potenzialità e delle competenze di ciascun soggetto per il raggiungimento degli obiettivi del progetto e motivazione della scelta del responsabile tecnico del progetto

Il gruppo di lavoro è costituito da tre soggetti, di cui due aziende ed un consorzio di ricerca dell'università. Il capofila proponente il progetto è Centro servizi Ambiente Impianti S.p.A., meglio descritti nei rispettivi allegati.

In particolare, l'Università di Firenze e CSAI sono già stati partner in passato ed al presente nell'ambito di due progetti europei LIFE: LIFE05 ENV/IT/000874 - GHERL – Greenhouse Effect Reduction from Landfills (www.gherl.it) ed il LIFE08 ENV/IT/000429 – UPGAS-LOWCO₂ – Up-grading of biogas for lowering CO₂ emission (www.upgas.eu). Nell'ambito dei due progetti CSAI ha ospitato ed ospita gli impianti pilota realizzati per effettuare le prove di processo. I due progetti LIFE rappresentano la base di riferimento rispetto alla quale è emersa la presente proposta progettuale, che perseguendo obiettivi simili propone lo sviluppo di un processo a duplice stadio che prende origine proprio dalle attività dei precedenti progetti.

Nel progetto GHERL era stato proposto e studiato un processo di up-grading del biogas attraverso la rimozione della anidride carbonica basata sull'assorbimento chimico con soluzioni acquose di idrossido di potassio (KOH). Il processo è risultato fattibile da un punto di vista tecnico (alta efficienza di rimozione della anidride carbonica >95%, elevata purezza del metano >96% in vol.), ma non sostenibile dal punto di vista economico a causa degli elevati costi operativi, derivanti dal costo del reagente.

Da questo risultato preliminare è emersa l'esigenza di proporre un processo in grado di abbattere tali costi. Tale obiettivo può essere perseguito utilizzando processi di assorbimento rigenerati (in cui il solvente viene rigenerato e riutilizzato, riducendo significativamente i consumi di reagente fresco) ed anche prevedendo di utilizzare materiali di scarto/rifiuti, ottenibili a costo zero (o comunque molto basso). In tale ottica sono stati proposti due processi nell'ambito del progetto UPGAS-LOWCO₂.

Il primo processo basato sull'assorbimento chimico della CO₂ con soluzioni acquose di composti alcalini (idrossido di potassio, idrossido di sodio, carbonato di sodio). Il principale composto di reazione (in cui la CO₂ viene catturata) che si ritrova nella soluzione in uscita dall'assorbitore è lo ione bicarbonato. In via teorica sarebbe possibile rigenerare tale soluzione aggiungendo idrossido di calcio o di magnesio (Ca/Mg(OH)₂), facendo precipitare CaCO₃ (forma in cui viene catturata da CO₂). Tale processo, però, non avrebbe alcun vantaggio utilizzando Ca/Mg(OH)₂ di origine industriale, dato che nel processo produttivo di tali composti si emette la stessa quantità di CO₂ che essi sarebbero in grado di catturare nello step di rigenerazione. Proprio per questo motivo, nel progetto UPGAS-LOWCO₂, si propone di utilizzare residui solidi che contengono calcio per la rigenerazione della soluzione (bottom ash, contengono calcio in forma principalmente di CaSiO₃; APC residues contengono calcio principalmente in forma di CaO / Ca(OH)₂). Nella rigenerazione la CO₂ presente nella soluzione in uscita dall'assorbitore va a produrre carbonati reagendo con i residui solidi aggiunti (carbonatazione dei residui), presentandosi infine in forma solida catturata sui residui stessi.

Il secondo processo proposto nel progetto UPGAS-LOWCO₂, in alternativa al precedente, si basa ancora sulla cattura della CO₂ attraverso la carbonatazione delle bottom ash, attraverso un processo di adsorbimento che prevede il contatto diretto fra biogas e bottom ash.

Nel progetto UPGAS-LOWCO₂ i due processi descritti vengono studiati separatamente ed in parallelo ed alla fine confrontati. E' già apparso evidente che il problema principale è la disponibilità dei residui per la rigenerazione. In particolare, per il processo di adsorbimento sulle bottom ash, la capacità di cattura della CO₂ per unità di massa di scorie è piuttosto bassa, sarebbe necessario quindi un reattore di grosse dimensioni e la disponibilità di larghi quantitativi di bottom ash.

Sulla base di queste considerazioni, l'idea di sviluppo alla base della presente proposta risiede proporre un processo combinato che vede in serie prima uno stadio di adsorbimento (in dimensioni contenute) per una rimozione

preliminare delle CO₂ (utilizzando potenzialmente bottom ash o APC residues) e poi un successivo stadio di assorbimento con rigenerazione (utilizzando bottom ash o APC residues) per raggiungere elevate efficienze di rimozione di CO₂ ed elevato contenuto di metano.

Rispetto alla collaborazione fra CSAI e Università di Firenze, ormai proficuamente in atto da tempo, si inserisce nel gruppo di lavoro la società Scarlino Energia. Questa presenza va ad arricchire il consorzio attraverso un duplice contributo: i) Scarlino Energia rappresenta un potenziale produttore di residui solidi da utilizzare nei processi proposti; ii) Scarlino Energia dispone del Laboratorio Ambientale Scarlino, in cui effettuare le analisi necessarie allo sviluppo del progetto.

Il responsabile tecnico del progetto sarà il Prof. Ennio Carnevale (ICAD), che ha un vasto curriculum di attività di ricerca ed ha precedentemente coordinato i progetti LIFE citati.

5. Modalità di gestione del progetto

Il responsabile tecnico che effettuerà il coordinamento del progetto dal punto di vista delle attività tecniche e scientifiche è il Prof. Ennio Carnevale (ICAD), che ha un vasto curriculum di attività di ricerca ed ha precedentemente coordinato i progetti LIFE citati al paragrafo precedente. Il responsabile tecnico guiderà i soggetti coinvolti nel progetto fornendo gli elementi di indirizzo ed orientamento, generali e specifici, della ricerca; si interfacerà con i responsabili tecnici di CSAI e Scarlino Energia, in principio definendo congiuntamente le modalità generali di svolgimento delle attività di ricerca, le sub-attività, gli obiettivi e sub-obiettivi da raggiungere, le tempistiche e le scadenze. Il responsabile tecnico, congiuntamente con i responsabili tecnici di CSAI e Scarlino Energia, provvederà ad individuare le figure tecnico-professionali che si occuperanno dello svolgimento delle singole attività del progetto, prevedendo che tale personale sia responsabile di produrre adeguati report interni di sintesi sulle attività svolte e sui risultati ottenuti. Il responsabile tecnico promuoverà verifiche dirette con il personale addetto alle singole attività per il controllo dello svolgimento corretto del progetto. Periodicamente il responsabile tecnico procederà a promuovere incontri con i responsabili tecnici di CSAI e Scarlino Energia per sottoporre a verifica congiunta il rispetto dei tempi previsti e delle scadenze per lo svolgimento di attività e sub-attività ed il raggiungimento di obiettivi parziali e generali. Sarà comunque cura del responsabile tecnico la verifica dei contenuti dei sub-prodotti temporali dello studio, del rispetto della tempistica proposta, dell'impegno temporale dedicato a ciascuna attività prevista, così come la riorganizzazione delle attività e dei tempi nel caso di imprevisti e problemi.

6. Articolazione dettagliata delle fasi della ricerca ivi comprese le fasi di valutazione e di divulgazione dei risultati

Le attività di ricerca saranno articolate secondo le seguenti fasi:

- A1) Analisi preliminare
- A2) Dimensionamento, progettazione e realizzazione dell'impianto pilota
- A3) Prove di funzionamento sull'impianto pilota
- A4) Valutazione - Analisi di fattibilità tecnica ed economica su scala industriale
- A5) Divulgazione dei risultati

A1) Analisi preliminare

A1.1 - caratterizzazione

In questa fase preliminare le attività di ricerca saranno volte a caratterizzare i residui solidi proposti (bottom ash e APC residues) al fine di determinarne le caratteristiche fisico-chimiche e mineralogiche. In particolare verrà analizzata la composizione elementare, le perdite per ossidazione a 1000 °C, i test di cessione (test EN 12457), il contenuto di calcite e la mineralogia delle frazioni a differente granulometria. La caratterizzazione verrà effettuata dal laboratorio di Scarlino Energia.

A1.2 – test di carbonatazione in laboratorio

Si realizzerà un apparato su scala di laboratorio per simulare il reattore di contatto gas-solido al fine di caratterizzare la capacità dei residui solidi selezionati di catturare – attraverso la carbonatazione – l'anidride carbonica contenuta nel biogas. Il dispositivo sarà predisposto per poter contenere un quantitativo di residui solidi dell'ordine di massimo 10 kg e sarà equipaggiato con un sistema di introduzione di una miscela di metano e anidride carbonica entrante dal basso. La miscela di metano e anidride carbonica verrà preparata in un sistema di miscelazione in grado di simulare condizioni diverse di qualità del biogas (maggiore o minore contenuto di metano). La composizione del biogas verrà monitorata in ingresso ed uscita attraverso un apposito analizzatore. Dal bilancio di massa fra ingresso ed uscita sarà possibile valutare la capacità specifica di rimozione dei residui (valutata in termini di massa di anidride carbonica trattenuta per unità di massa di residuo solido). Questi test preliminari di laboratorio hanno una triplice finalità: 1) classificare le diverse tipologie di residui solidi rispetto alla capacità di ottenere maggiore capacità specifica di rimozione della anidride carbonica e selezionare i materiali più adatti; 2) definire il grado di rimozione dell'anidride carbonica da raggiungere nel primo stadio di rimozione; 3) conseguentemente definire il dimensionamento preliminare del reattore pilota dello stadio di adsorbimento.

A1.3 – test pilota di assorbimento

Sulla base della capacità di rimozione della CO₂ attraverso il processo di carbonatazione dei residui, si definirà il grado di rimozione dell'anidride carbonica dal biogas. In via generale si ipotizza di utilizzare il primo stadio per raggiungere un contenuto residuo di anidride carbonica compreso fra il 10-20% in volume. Tale valore potrà essere diverso anche in corrispondenza dell'utilizzo di residui diversi e condizioni di prova diversificate. Rispetto agli effettivi risultati ottenuti in termini di rimozione del primo stadio, si procederà ad effettuare una serie di test sul secondo stadio di rimozione (assorbimento) con miscele simulate di biogas con concentrazione di anidride carbonica comprese fra 10-20% in volume. Tale serie di prove è volta a definire le condizioni migliori di lavoro per la rimozione dell'anidride carbonica presente ad una concentrazione più bassa di quella solitamente presente nel biogas, al fine di individuare il reagente (fra i diversi composti alcalini ipotizzati: NaOH, KOH, NaHCO₃), sua concentrazione ottimale, il rapporto fra portata di biogas e soluzione.

A2) Dimensionamento, progettazione e realizzazione dell'impianto pilota

A2.1 – Dimensionamento e progettazione

Utilizzando i risultati della fase di test di laboratorio per la carbonatazione e di test pilota per l'assorbimento, verrà effettuato un dimensionamento complessivo dell'insieme dell'impianto di rimozione composto dai due stadi, utilizzando per quanto più possibile le strutture pilota (reattore contatto gas/solido, assorbitore, strumenti, ausiliari) già disponibili presso CSAI. Tale strutture richiederanno alcune modifiche. In particolare si ipotizza che volendo ottenere una minore rimozione dell'anidride carbonica attraverso lo stadio di carbonatazione diretta ed utilizzando residui maggiormente reattivi (APC rispetto alle sole bottom ash usate nel progetto UPGAS-LOWCO₂), sarà necessario ridurre il volume del reattore gas/solido (consentendo così l'utilizzo di un minore quantitativo di residui rispetto alle precedenti attività di ricerca). In particolare, poi, volendo mettere a punto un processo che sia in grado di lavorare in continuo, il reattore gas/solido verrà realizzato in duplicato (reattori A e B in figura 1), con un sistema che permetta di alimentare alternativamente uno o l'altro reattore, nel momento in cui i residui abbiamo raggiunto una determinata capacità di trattenimento della anidride carbonica.

Sarà poi necessario realizzare un apposito collegamento fra i due reattori, mettendo in sequenza i due stadi di trattamento. In tal senso è da prevedersi un sistema di accumulo del biogas, al fine di poter raccordare due sistemi che potenzialmente potrebbero lavorare a portate non omogenee. Infine, si renderà necessaria una revisione ed omogeneizzazione del sistema di misura e di monitoraggio dell'insieme dei due stadi di trattamento, inserendo strumenti di misura di portata, temperatura, pressione, umidità, composizione omogenei e direttamente acquisibili su PC, per tutti i flussi di ingresso/uscita e collegamento da/per gli stadi di trattamento sequenziale. All'uscita dal secondo stadio di trattamento il gas dovrà essere raffreddato.

Il sistema di rimozione nel suo complesso verrà realizzato in modo da poter operare separatamente i due stadi, per consentire l'effettuazione di prove separate su due processi proposti in modo da mettere a punto ciascun processo singolarmente. Il sistema sarà però anche utilizzabile in maniera complessiva, alimentando il biogas al primo stadio ed, in uscita da questo, direttamente al secondo stadio di raffinazione.

Per permettere il funzionamento separato dei due stadi, sarà quindi necessario prevedere per il secondo stadio la presenza di un sistema di simulazione del biogas (come alimentazione da bombole e miscelatore che consenta la realizzazione delle miscele desiderate di anidride carbonica e metano); un sistema di preparazione ed alimentazione della soluzione fresca; la possibilità di escludere il ricircolo.

Sarà oggetto delle attività del progetto la progettazione di dettaglio del sistema nel suo complesso, sfruttando, come detto, il più possibile le strutture esistenti presso il laboratorio dell'Università presso CSAI. Con il progetto esecutivo dell'impianto pilota si procederà alla fase di realizzazione e costruzione.

La dimensione del sistema sarà adeguata a trattare una portata di gas di circa 20 Nm³/h.

A2.2 – Realizzazione

In questa fase si procederà a costruire l'impianto pilota. Per tale operazione si procederà all'ordine e all'acquisto dei materiali, dei pezzi, degli strumenti necessari. Si prevederà poi il ricorso ad una ditta di carpenteria metallica per la costruzione vera e propria del sistema. Le verifiche di funzionamento ed il collaudo funzionale verranno eseguiti da CSAI e ICAD.

A3) Prove di funzionamento sull'impianto pilota

Una volta disponibile l'impianto pilota si procederà alla realizzazione di prove di funzionamento secondo il seguente schema. La pianificazione della durata, condizioni e numero di ripetizioni delle prove verranno definite nel dettaglio nell'ambito delle attività del progetto.

A3.1 – Prove di adsorbimento

In questa fase si riprodurranno sul pilota i test effettuati in scala di laboratorio. I test saranno volti a dimostrare la fattibilità di un processo di rimozione che generi in uscita un biogas con un contenuto di anidride carbonica compreso fra il 10-20%. In particolare verrà testato il sistema di funzionamento in continuo, in cui il biogas verrà alternativamente alimentato al reattore A ed al reattore B. Sarà quindi necessario determinare il tempo di funzionamento massimo del singolo reattore, caricato con residui freschi, atto a garantire una composizione di uscita del biogas costante nel tempo. In linea di principio il reattore di contatto gas/solido sarà in grado di fornire una efficienza di rimozione della anidride carbonica maggiore nella fase iniziale e decrescente man mano che il materiale satura la propria capacità di carbonatazione. Conseguentemente la qualità del gas in uscita potrà degradarsi nel tempo, fino ad un valore minimo accettabile da definirsi. A quel punto si procederà ad alimentare il biogas all'altro reattore, riempito con residui freschi. Rispetto a questa variabilità di funzionamento, si verificherà la possibilità di lavorare con portate di biogas variabili oppure con composizioni in uscita variabili durante il tempo operativo di ciascun reattore di contatto gas/solido. Nel funzionamento in serie dei due stadi, queste variazioni potranno essere omogeneizzate dalla presenza del serbatoio di accumulo del biogas.

La qualità e le condizioni del biogas in ingresso/uscita verranno monitorate in continuo attraverso il sistema di misura e monitoraggio predisposto. Al riempimento/svuotamento dei reattori di contatto gas/solido si procederà sempre al prelievo di un campione rappresentativo del materiale per l'invio all'analisi del laboratorio di Scarlino.

A3.2 – Prove di assorbimento

In questa fase si effettueranno le prove su reattore di assorbimento, alimentato con il biogas pre-trattato dal reattore gas/solido. Il gas verrà prelevato dal serbatoio di accumulo, ma, in questa fase, non è previsto un funzionamento continuo in sequenza con il processo gas/solido. L'attenzione verrà puntata sulla messa a punto del processo di ricircolo della soluzione rigenerata.

La qualità e le condizioni del biogas in ingresso/uscita verranno monitorate in continuo attraverso il sistema di misura e monitoraggio predisposto. Il residuo solido in ingresso/uscita dal reattore di rigenerazione verrà campionato per l'invio all'analisi del laboratorio di Scarlino.

A3.3 – Prove del processo a due stadi

Infine, in questa fase si effettueranno le prove di funzionamento del sistema a doppio stadio nel suo insieme in maniera continua al fine di verificare la fattibilità complessiva del processo.

La qualità e le condizioni del biogas in ingresso/uscita (anche nel passaggio intermedio fra i due stadi di trattamento) verranno monitorate in continuo attraverso il sistema di misura e monitoraggio predisposto. Al riempimento/svuotamento dei reattori di contatto gas/solido si procederà sempre al prelievo di un campione rappresentativo del materiale per l'invio all'analisi del laboratorio di Scarlino. Il residuo solido in ingresso/uscita dal reattore di rigenerazione verrà campionato per l'invio all'analisi del laboratorio di Scarlino.

A4) Valutazione - Analisi di fattibilità tecnica ed economica su scala industriale

A4.1 – Fattibilità tecnica

Sulla base delle risultanze ottenute dalle fasi precedenti, si provvederà ad ipotizzare la realizzazione del sistema proposto su scala industriale, con riferimento a portate di biogas da trattare dell'ordine di quelle generate presso la discarica di CSAI o previste per il digestore che verrà realizzato nella stessa area industriale. Oltre a questo riferimento di dimensioni, verranno considerate anche dimensioni più piccole e più grandi. Rispetto alle dimensioni individuate si procederà ad effettuare una ipotesi di dimensionamento e progettazione preliminare del sistema proposto, individuando le tipologie di dispositivi necessari al fine di valutare la fattibilità tecnica su scala industriale.

A4.2 – Fattibilità economica

Sulla base del dimensionamento e progettazione preliminare per le diverse dimensioni prese in considerazione, si procederà ad effettuare una analisi economica dell'investimento e dei costi operativi di funzionamento. Nell'ipotesi di introdurre il biogas up-gradato nella rete del gas naturale, si effettuerà un bilancio economico per la stima del prezzo minimo di vendita del gas up-gradato, per sostenere i costi di produzione e la redditività dell'investimento. Verranno effettuati confronti con metodi tradizionali di up-grading anche nel tentativo di quantificare il costo delle emissioni di anidride carbonica evitate.

A5) Divulgazione dei risultati

A5.1 – Sintesi del progetto

Il lavoro svolto nell'ambito delle attività del progetto verrà sintetizzato – con i principali risultati ottenuti – in un report conclusivo alla fine del progetto. In tal senso si propone di realizzare anche un opuscolo informativo in cui saranno riportate le principali conclusioni del progetto.

A5.2 – Sito web

E' prevista la realizzazione di un sito web per la diffusione di informazioni relative allo svolgimento delle attività del progetto e per la disseminazione e divulgazione dei principali risultati. Tale sito potrà essere ospitato all'interno del sito del proponente oppure in siti web derivanti da progetti precedenti (per mantenere continuità dell'informazione).

A5.3 – Divulgazione tecnica

La divulgazione a livello tecnico avverrà attraverso la partecipazione ad eventi tecnici a livello locale ed internazionale, da parte di personale di CSAI e Scarlino Energia. Tali momenti di diffusione e divulgazione dei risultati sono previsti principalmente quando saranno disponibili i risultati delle prove di funzionamento (A3), ed i risultati finali delle analisi di fattibilità tecnica ed economica (A4)

A5.4 – Divulgazione scientifica

La divulgazione a livello scientifico avverrà attraverso la partecipazione convegni scientifici a livello internazionale, da parte di personale di ICAD e attraverso la pubblicazione di articoli su riviste scientifiche. Nel caso della pubblicazione dei risultati su articoli scientifici, i tempi sono dettati dai processi di review e tempi di pubblicazione. Le pubblicazioni non sono quindi necessariamente previste nei tempi di conclusione del progetto. Sono comunque previsti momenti di diffusione e divulgazione dei risultati in itinere, rispetto alla disponibilità dei risultati della fase di analisi preliminare e prime prove di funzionamento (A1 e A3), e diffusione e divulgazione dei risultati nella fase finale del progetto (e anche oltre la fine formale del progetto) rispetto ai risultati finali delle prove di funzionamento e delle analisi di fattibilità tecnica ed economica (A3 e A4).

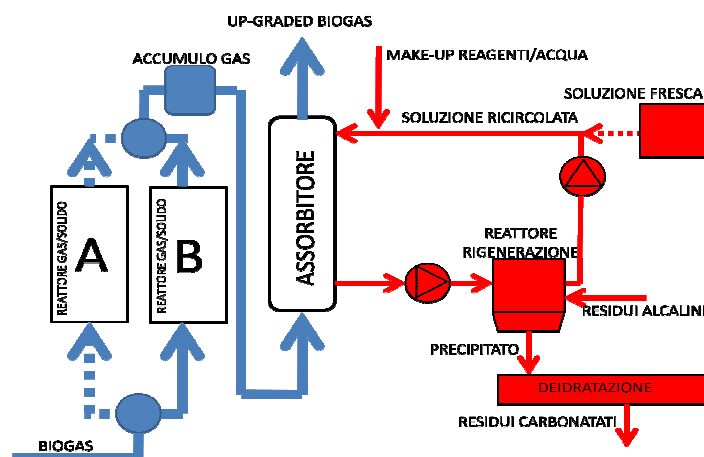


Figura 1 - Schema dell'impianto di up-grading del biogas a due stadi (assorbimento+adsorbimento)

7. Durata del progetto e crono programma dettagliato

La durata del progetto proposto è di 2 anni (24 mesi).

L'articolazione delle fasi e della azioni previste è la seguente:

A1) Analisi preliminare (6 mesi)

A1.1 - caratterizzazione

A1.2 – test di laboratori di carbonatazione

A1.3 – test pilota di assorbimento

A2) Dimensionamento, progettazione e realizzazione dell'impianto pilota (7 mesi)

A2.1 – Dimensionamento e progettazione

A2.2 – Realizzazione

A3) Prove di funzionamento sull'impianto pilota (13 mesi)

A3.1 – Prove di adsorbimento

A3.2 – Prove di assorbimento

A3.3 – Prove del processo a due stadi

A4) Valutazione - Analisi di fattibilità tecnica ed economica su scala industriale (6 mesi)

A4.1 – Fattibilità tecnica

A4.2 – Fattibilità economica

A5) Divulgazione dei risultati (24 mesi)

A5.1 – Sintesi del progetto

A5.2 – Sito web

A5.3 – Divulgazione tecnica

A5.4 – Divulgazione scientifica

	MESI																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A1.1																								
A1.2																								
A1.3																								
A2.1																								
A2.2																								
A3.1																								
A3.2																								
A3.3																								
A4.1																								
A4.2																								
A5.1																								
A5.2																								
A5.3																								
A5.4																								

8. Descrizione dettagliata della modalità di implementazione industriale e/o commerciale dei risultati della ricerca

Ad oggi la principale utilizzazione del biogas (da discarica o digestione anaerobica) è la produzione di energia elettrica attraverso l'utilizzo di motori a combustione interna (MCI) alternativi. Tali macchine consentono un buon rendimento di conversione in energia elettrica, una relativa semplicità di funzionamento, compattezza ed una buona affidabilità. Inoltre la modalità di produzione di energia elettrica risulta fortemente incentivata nel nostro Paese (come in altri Paesi Europei) dal meccanismo dei Certificati Verdi, che, insieme ai costi relativamente contenuti dei suddetti motori, rendono l'opzione di produzione di energia elettrica la soluzione più semplice, immediata e maggiormente remunerativa.

Al confronto, il processo di up-grading del biogas finalizzato alla vendita per l'introduzione in rete risulta ancora penalizzato da costi più elevati (anche nelle configurazioni dei sistemi che utilizzano processi tradizionali) e dalla mancanza di riconoscimento di incentivi economici come fonte di energia rinnovabile.

Rispetto a questo quadro, dal punto di vista commerciale/industriale la finalità del progetto è di duplice tipologia, con orizzonti temporali diversificati:

- 1) Mettere a punto un processo di up-grading che abbia costi molto contenuti (inferiori ai costi dei processi tradizionali) per colmare la distanza di convenienza rispetto all'utilizzo del biogas in MCI, rispetto alla situazione presente
- 2) Sviluppare una tipologia di processo che – se pure nell'immediato futuro non rappresenti un'alternativa economicamente attrattiva - sia disponibile, messa a punto, ottimizzata in un futuro - non immediato – in cui le incentivazioni per l'energia elettrica rinnovabile cessino di esistere (o alternativamente in cui si incentivi la produzione di energia primaria).

L'obiettivo del consorzio proponente è quindi quello di sviluppare una tecnologia che – in dipendenza dalle risultanze del progetto e con tempistiche dipendenti da fattori esterni - possa essere proficuamente applicata su scala industriale presso gli impianti di propria competenza e/o proposta in impianti terzi, fornendo il know-how necessario.

La diretta implementazione industriale e/o commerciale, quindi, risulta non immediata, principalmente a causa di condizioni esterne attualmente sfavorevoli (ma che potranno probabilmente mutare nel futuro) a questo approccio e comunque strettamente dipendente dai risultati conclusivi delle attività di ricerca proposte.

9. Sedi operative dei soggetti coinvolti

- **Centro Servizi Ambiente Impianti S.p.A.**

Sede operativa per le attività del progetto:

Impianto CASA ROTA
Terranuova Bracciolini (AR) - S.P. 7 di Piantravigne
Tel. +39 055 9737161 – Fax +39 055 941008

- **Scarlino Energia S.r.l.**

Sede operativa per le attività del progetto:

Impianto
Loc. Casone di Scarlino (GR)
Casella Postale 143 - 58022 Follonica (GR)
Tel. centralino +39 0566 20241 - Fax +39 0566 57535

- **ICAD**

Sede operativa per le attività del progetto:

Dipartimento di Energetica – Università degli Studi di Firenze
Via Santa Marta, 3 – 50139 Firenze
Tel. +39 055 4796238 – Fax +39 055 4796342