

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE  
E AMBIENTALE

TESI DI LAUREA

**UPGRADE DA BIOGAS A BIOMETANO PRESSO  
L'IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DELLA  
C.E.A. (CAIVANO):**

**ANALISI TECNICA E SOLUZIONI PROGETTUALI**

*Relatore:*

*Ch.Mo prof. Amedeo Lancia*

*Correlatore:*

*Dott. Ing. Alessandro Erto*

*Candidato:*

*Davide Esposito*

*Matricola M67/206*

## Abstract

Negli ultimi anni, il consumo di gas naturale (GN, principalmente formato da metano) in sostituzione di altri combustibili fossili solidi o liquidi sta assumendo sempre maggiore rilevanza. Attualmente, i combustibili fossili coprono oltre l'80% del fabbisogno energetico mondiale ed il GN occupa il terzo posto al mondo dopo olio combustibile e carbone. Secondo il "World Energy Outlook 2014" (WEO, 2014), presentato a Londra il 12 novembre 2014 dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), si registrerà un aumento del 37% della domanda mondiale di energia al 2040 e il gas naturale avrà il tasso d'incremento maggiore tra i combustibili fossili, supportato anche dall'aumento del commercio nella sua forma liquefatta (GNL), la quale risulta più flessibile e garantisce un minor rischio contro le interruzioni di fornitura. Si prevede, infatti, che il gas naturale diventerà intorno al 2030 la principale fonte energetica nei paesi dell'OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico), aumentando la sua produzione mondiale, sebbene l'Europa rappresenti un'eccezione a questa crescita (WEO, 2014). Il principale ostacolo alla diffusione del GNL è legato all'incertezza sulla futura offerta di gas; tale pericolo, però, è fronteggiato da un gruppo sempre più numeroso di produttori internazionali, dall'aumento del numero d'impianti di liquefazione, destinato quasi a triplicarsi, e dall'aumento della quantità di GNL che può essere reindirizzata a mercati interconnessi in maniera più efficace, per esempio attraverso l'utilizzo di navi metaniere. Il GNL quindi va ad imporsi come il principale candidato per far fronte a questa crescente domanda di gas naturale. I vantaggi ad esso legati sono prevalentemente di natura economica ed ambientale. Secondo i dati del "Carbon Trust 2012", il GN/GNL produce meno emissioni a parità degli altri combustibili fossili; ad esempio, il gasolio produce il 46% di CO<sub>2</sub> in più, mentre l'olio combustibile il 35% in più, ed inoltre con il GN le emissioni di particolato e di zolfo vengono sostanzialmente azzerate (Carbon Trust Annual Report, 2012-2013).

Nell'ottica di un aumento della produzione mondiale di GN ed eventuale trasformazione in GNL, trova grande interesse lo sfruttamento di fonti rinnovabili, che permette di avvicinarsi sempre più agli obiettivi del "20-20-20" varati nel "pacchetto clima-energia" della Direttiva 2009/29/CE dall'Unione Europea (riduzione del 20% di emissioni di gas serra, produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% del fabbisogno nazionale, portare al 20% il risparmio energetico, tutto entro il 2020).

A tale proposito, in linea con le direttive europee, in Italia è stato introdotto l'obbligo per i fornitori di benzina e gasolio (Soggetti Obbligati) di immettere in consumo una quota minima di

biocarburanti, al fine di svilupparne la filiera, aumentarne l'utilizzo e limitare l'immissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera (DM 10/10/14 del MiSE).

Il GN prodotto a partire da fonti rinnovabili viene comunemente indicato col termine di *biometano*. Esso deriva principalmente dal biogas prodotto dalla digestione anaerobica di biomasse in ambiente controllato (digestore) o in discarica, o dal gas derivante dalla gassificazione delle biomasse. Se sottoposto a un opportuno processo di purificazione e di *upgrading*, esso può raggiungere la qualità del gas naturale ed essere usato come suo surrogato.

Il biometano offre alcuni benefici di rilievo rispetto alla sua forma di origine fossile; in primo luogo è un combustibile rinnovabile e quindi la CO<sub>2</sub> netta emessa in seguito alla combustione è nulla, in quanto pari alla CO<sub>2</sub> fissata dalla biomassa da cui il biometano deriva. In secondo luogo, provenendo dalla trasformazione di rifiuti organici, esso elimina una fonte potenziale di emissioni di metano dal momento che questi rifiuti si decompongono naturalmente se lasciati a se stessi. Quando questi effetti sono combinati si ha una riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente (ossia somma pesata di diversi composti tra cui CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> a diverso potere clima-alterante) superiore al 100%. Infatti, a seconda della materia prima utilizzata per produrre il biogas la riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> può variare dal 75 al 200%, e con una miscela di liquami e di rifiuti alimentari la riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> è pari al 140% (Castelli et al., 2011).

Se conforme agli standard di qualità imposti dalla normativa vigente, il biometano può essere destinato a due usi principali: trasporto a mezzo di carri bombolai o rete di distribuzione ed utilizzo come combustibile per autotrazione, oppure immissione diretta nella rete cittadina di distribuzione del GN. Nel prossimo futuro, l'aumento della produzione di GN da fonti rinnovabili e la sua immissione in rete potrebbe comportare un abbattimento dei costi di importazione dello stesso (non essendo l'Italia una nazione autosufficiente dal punto di vista energetico) e il rispetto dei criteri di sviluppo fissati dal pacchetto "20-20-20".

Il presente lavoro di tesi è uno studio del processo di produzione di biometano a partire dal biogas prodotto da un impianto di digestione anaerobica. Il lavoro è stato effettuato presso la C.E.A. (Consorzio Energie Alternative), sita nel comune di Caivano (NA), nel quale è attualmente operante un impianto di produzione di energia elettrica a partire dal biogas proveniente da digestione anaerobica di FORSU (Frazione Organica Rifiuti Solidi Urbani). Lo sviluppo di nuovi scenari nella produzione di biocombustibili e i recenti orientamenti della normativa italiana, che privilegiano gli incentivi alla produzione di biometano piuttosto che alla produzione di energia elettrica a partire da biogas, hanno indotto la C.E.A. a voler considerare la conversione parziale o totale dell'impianto esistente verso la produzione di biometano. Nello specifico, l'attuale regime di incentivi di cui gode la CEA vede una progressiva diminuzione (del 2% annuo) degli incentivi legati alla produzione di

energia elettrica, da cui la volontà di effettuare uno studio di fattibilità per un processo di riconversione nell'immediato futuro.

Il lavoro parte dall'analisi delle caratteristiche dell'impianto e delle specifiche di produzione attuali dell'impianto, sia in termini di biogas che in termini di energia elettrica. Adeguato spazio è dato ad uno studio attento delle vigenti normative in materia di incentivi, in maniera da definire le strategie di sviluppo della CEA a breve e lunga scadenza. Successivamente, sono analizzate le attuali tecnologie disponibili per l'upgrade del biogas a biometano, principalmente mirate all'eliminazione di CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>S, e al fine di aumentare la quota di CH<sub>4</sub> da circa il 60% del biogas ad un valore maggiore o uguale al 97% (prescritto per il biometano). Infine, sono definite compiutamente le operazioni di riconversione dell'impianto, attraverso il progetto delle nuove unità di trattamento del biogas, considerando tre diversi scenari di interesse per l'Azienda:

- Riconversione parziale per immissione in rete
- Riconversione parziale per utilizzo per autotrazione
- Riconversione parziale (15 m<sup>3</sup>/h di biogas) per utilizzo per autotrazione relativo al servizio di logistica

Verrà così considerata la produzione di biometano per immissione in rete (in forma gassosa) e per autotrazione (in forma liquida/compressa), modificando tutti i cicli di trattamento del biogas prodotto, derivando una quota del biogas prima degli attuali trattamenti, per non modificare la tipologia impiantistica di funzionamento dei cogeneratori.