Tecnologie di metanazione a confronto: il progetto BIOMETHAVERSE

Il biometano può contribuire in modo significativo al conseguimento degli obiettivi europei di riduzione delle emissioni climalteranti al 2030 e di neutralità climatica entro il 2050. Inoltre, la sua produzione incrementa la resilienza del sistema energetico, riducendo la dipendenza dalle importazioni e attenuando l'impatto dei costi energetici su famiglie e imprese.

DOI 10.12910/EAI2025-044

di Roberta Roberto, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili – Sezione Supporto Tecnico Strategico - ENEA, Giampiero Sacchi, Politecnico di Torino, Dipartimento Energia, Alessandro Agostini, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili – Sezione Metodologie, Approcci e Strumenti per l'analisi della Sostenibilità delle Tecnologie Energetiche - ENEA

Il biometano rappresenta una valida alternativa al gas fossile, grazie alla sua elevata flessibilità in termini di utilizzo, stoccaggio e distribuzione, che ne consente l'adattamento alla domanda energetica. Può essere immesso direttamente nelle reti di trasporto e distribuzione esistenti, in miscela con il gas naturale, oppure essere compresso o liquefatto per l'impiego nel settore dei trasporti. In virtù di queste caratteristiche, il biometano può contribuire in modo significativo al conseguimento degli obiettivi europei di riduzione delle emissioni climalteranti al 2030 e di neutralità climatica entro il 2050. Inoltre, la sua produzione incrementa la resilienza del sistema energetico, riducendo la dipendenza dalle importazioni e attenuando l'impatto dei costi energetici su famiglie e imprese [1].

In questo contesto si inserisce il **piano REPowerEU** [2], presentato dalla Commissione Europea il 18 maggio 2022, che evidenzia la necessità di accelerare lo sviluppo del biometano come misura strategica per ridurre l'importazione di gas naturale, favorire la transizione energetica e promuovere un'economia circolare. Il piano fissa un obiettivo ambizioso: raggiungere una produzione annua di 35 miliardi di metri cubi di biometano entro il 2030, rispetto agli attuali circa 22 miliardi di metri cubi di biogas e biometano complessivi [3].

A sostegno di questa strategia, **la Commissione ha pubblicato un documento di lavoro** [4] **che delinea una serie di interventi volti a valorizzare il potenziale europeo in materia di biogas e biometano. Tra le azioni prioritarie figurano: l'incremento degli investimenti, la riduzione dei costi produttivi, l'analisi delle criticità infrastrutturali, la promozione dell'innovazione e l'attivazione di strumenti finanziari dedicati**.

In questo ambito si colloca anche il lancio del **Partenariato Industriale per il Biometano (Biomethane Industrial Partnership - BIP**), avvenuto il 28 settembre 2022. Il partenariato riunisce decisori politici, industria, associazioni di settore, società civile e mondo accademico, con l'obiettivo di facilitare il coordinamento tra i diversi attori e sostenere l'attuazione del piano REPowerEU, favorendo l'espansione della produzione e dell'uso del biometano nel sistema energetico europeo.

Il biometano può essere prodotto attraverso una pluralità di tecnologie, con differenti livelli di maturità tecnologica e commerciale. Attualmente, la via più consolidata è l'upgrading del biogas ottenuto dalla digestione anaerobica di biomasse organiche, processo che genera anche un sottoprodotto, il digestato, utilizzabile come fertilizzante. Il biogas grezzo necessita di un trattamento di purificazione per la rimozione di contaminanti quali H_2S, acqua, ammoniaca, silossani e particolato, seguito da un processo di upgrading finalizzato alla separazione della CO_2 e di altri composti minori [5].

Le tecnologie di upgrading oggi disponibili comprendono tecniche di adsorbimento, assorbimento (chimico o fisico), e separazione a membrana o criogenica. Nella maggior parte dei casi, la CO_2 separata viene rilasciata in atmosfera. Tuttavia, un'ef-

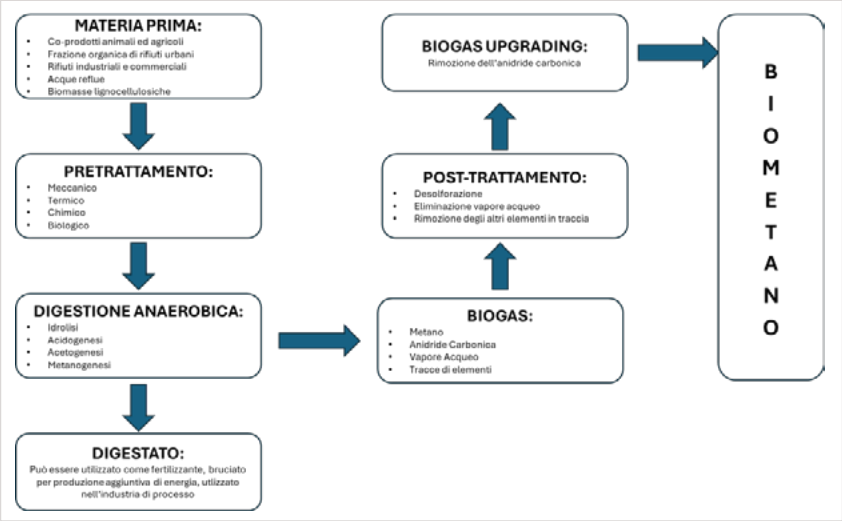

Figura 1: Processo di produzione del biometano tramite upgrading del biogas derivante dalla digestione anaerobica di biomasse organiche.

ficienza di separazione non ottimale può comportare il rilascio di metano insieme alla CO_2, vanificando il bilancio emissivo positivo del biometano rispetto al gas fossile. In tale ottica, le tecnologie di metanazione rappresentano un'opzione interessante: esse consentono di convertire la CO_2 del biogas in ulteriore biometano, utilizzando idrogeno prodotto da fonti rinnovabili [6].

In linea con questi sviluppi, **il progetto europeo BIOMETHAVERSE [7] (Demonstrating and Connecting Production Innovations in the BIOMETHAne uniVERSE) è stato finanziato nel quadro della call HORIZON-CL5-2021-D3-03-16 "Innovative biomethane production as an energy carrier and a fuel". Il progetto mira a diversificare le tecnologie per la produzione di biometano in Europa, aumentarne l'efficienza economica e promuovere l'adozione di soluzioni innovative. Esso contribuisce al raggiungimento delle priorità delineate nell'Azione 8 del SET Plan e dalla Task Force 5 del Partenariato Industriale per il Biometano**.

Avviato nell'ottobre 2022 e della durata di 4,5 anni, BIOMETHAVERSE coinvolge 22 partner provenienti da 9 Paesi europei, con competenze che coprono l'intera filiera delle energie rinnovabili e del biogas. Il progetto sviluppa e testa tecnologie avanzate basate su processi termochimici, biologici e bioelettrochimici, focalizzandosi sia sul miglioramento della digestione anaerobica, sia sulla metanazione della CO_2 contenuta nel biogas. Cinque dimostratori impiantistici, ubicati in Francia, Grecia, Italia, Svezia e Ucraina, implementano altrettanti percorsi innovativi per la produzione di biometano, fondati su differenti combinazioni di tecnologie chimiche, biologiche ed elettrochimiche:

- **Francia (ENGIE)**: Elettrometanogenesi in-situ ed ex-situ, basata sull'utilizzo diretto di elettricità per alimentare batteri metanigeni in un reattore bioelettrochimico, senza impiego di idrogeno;
- **Grecia (BLAG)**: Upgrading termo-catalitico del biogas, mediante reazione con idrogeno rinnovabile all'interno di un reattore catalitico;
- **Italia (CAP)**: Metanazione biologica ex-situ del biogas, integrata con pretrattamento della biomassa tramite ozonolisi e produzione di idrogeno rinnovabile;
- **Svezia (RISE)**: Metanazione biologica del syngas ottenuto dalla gassificazione termica, mediante batteri metanigeni operanti a temperatura mesofila o termofila;
- **Ucraina (MHP)**: Iniezione diretta di idrogeno nel digestore anaerobico per la metanazione in-situ della CO_2, sfruttando il ricircolo del biogas come sistema di agitazione.

I cinque concetti tecnologici adottano un approccio integrato alla sostenibilità e alla circolarità, minimizzando la produzione di sostanze di scarto, emissioni e perdite energetiche, con l'obiettivo di ridurre i costi complessivi e aumentare la produzione di biometano.

Gli obiettivi principali del progetto sono: dimostrare una maggiore efficienza economica e capacità innovativa nella produzione di biometano; aumentare la sostenibilità tramite la riduzione delle emissioni di gas serra; garantire la replicabilità e la scalabilità dei percorsi dimostrati; favorire l'introduzione sul mercato delle tecnologie sviluppate e formulare raccomandazioni di policy.

ENEA coordina il work package del progetto dedicato alla valutazione e ottimizzazione dei processi innovativi di produzione di biometano. Esso ha come obiettivo l'ottimizzazione tecno-economica dei processi mediante modellistica avanzata, il loro upscaling a scala commerciale, e la valutazione integrata della sostenibilità delle tecnologie applicate nei pilot, a livello ambientale, economico e sociale.

I dimostratori vengono modellati mediante simulazioni di processo al fine di ottenere bilanci di massa ed energia accurati, funzionali alla valutazione tecnico-economica, ambientale e

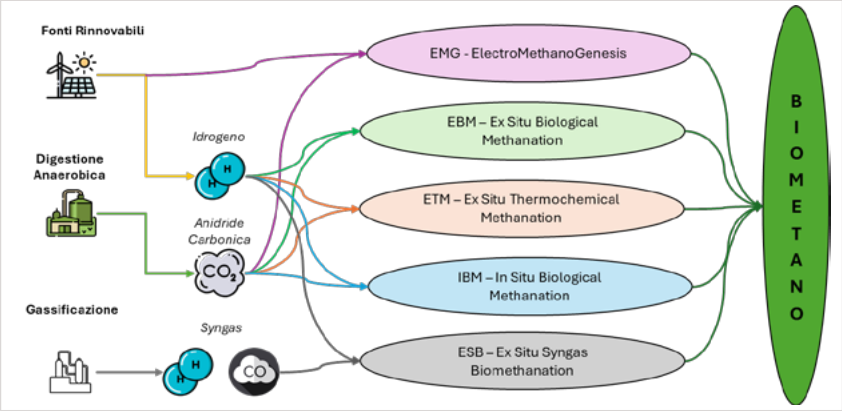

Figura 2: Percorsi innovativi per la produzione di biometano sviluppati nei cinque dimostratori del progetto BIOMETHAVERSE.

sociale. Le prestazioni sono analizzate in termini di efficienza, costi e impatti ambientali, con un confronto rispetto ai combustibili fossili e ai biocarburanti convenzionali. Particolare attenzione è rivolta alle emissioni dirette di gas serra, misurate in loco tramite strumentazione avanzata.

I risultati ottenuti permettono di individuare le configurazioni tecnologiche più sostenibili, fornendo indicazioni per l'eco-design e contribuendo all'ottimizzazione delle soluzioni sviluppate nell'ambito del progetto BIOMETHAVERSE. L'analisi è infine estesa a scenari su scala di mercato, con l'obiettivo di valutarne la replicabilità e fornire orientamenti strategici a operatori, decisori politici e stakeholder del settore.

per info: alessandro.agostini@enea.it

REFERENCES

1. [Online]. Available: https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/11/GfC-study-The-optimal-role-for-gas-in-a-net-zero-emissions-energy-system.pdf
2. "COM(2022) 230 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Piano REPowerEU." [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0230
3. "EBA, Statistical Report 2024." [Online]. Available: https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2024/
4. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033922121
5. R. Muñoz, L. Meier, I. Diaz, and D. Jeison, "A review on the state-of-the-art of physical/chemical and biological technologies for biogas upgrading," Rev Environ Sci Biotechnol, vol. 14, no. 4, pp. 727–759, Dec. 2015, doi: 10.1007/s11157-015-9379-1.
6. I. Angelidaki et al., "Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives," Biotechnology Advances, vol. 36, no. 2, pp. 452–466, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011.
7. [Online]. Available: https://www.biomethaverse.eu/

ACKNOWLEDGEMENT

Questo lavoro è stato supportato dal programma di ricerca e innovazione Horizon Europe dell'Unione Europea, nell'ambito dell'Accordo di Sovvenzione n. 101084200 (progetto BIOMETHAVERSE)