

# LIGNOSYS - STUDIO DI SISTEMA DI CONVERSIONE TERMOCHIMICA SU PICCOLA SCALA DI MATERIE PRIME LIGNOCELLULOSICHE IN BIOMETANO



di **Jörgen Held** e **Johanna Olofsson**

Renewable Energy Technology International AB; Lund University

Il progetto Lignosys, coordinato da Renewable Energy Technology International A.B., è stato finanziato dall'Agenzia svedese per l'energia ed è stato realizzato nel periodo gennaio 2016-dicembre 2018.

Negli ultimi due decenni, si sono registrati rapidi progressi nello sviluppo di tecnologie di gassificazione adatte alla produzione di biometano su piccola scala (<10 MWth). Comune a questo sviluppo, è il progresso delle tecnologie di gassificazione che non dipendono da un'unità di separazione dell'aria, ma piuttosto dalla gassificazione allotermica (indiretta).

Nel progetto sono state studiate, attraverso studi di sistema, le prestazioni di tre piccole (<10 MWth) vie di conversione termochimica di materie prime lignocellulosiche in biometano. Le tre opzioni termochimiche sono:

- Gassificazione indiretta attraverso l'Heatpipe Reformer (HPR)
- Idrogenazione pirocatalitica (PCH)
- Gassificazione indiretta attraverso il processo WoodRoll®.

Per le biomasse legnose vengono studiate le prestazioni dei tre percorsi di conversione termochimica, mentre per le biomasse non

legnose ricche di lignocellulosa (paglia) i percorsi di conversione termochimica dovevano essere confrontati con la digestione anaerobica in combinazione con il pretrattamento della materia prima e l'upgrading del biogas grezzo al biometano.

Tuttavia, è risultato che i percorsi di conversione termochimica non sono attualmente sviluppati per gestire la

paglia come unico combustibile e quindi il confronto è fatto in modo più qualitativo basato sulla co-gassificazione di paglia e corteccia.

Questo studio dimostra che esistono diverse tecnologie sviluppate per la produzione di bioSNG basate sulla gassificazione e la metanazione della biomassa su piccola scala. Le tre vie di conversione termochimica hanno tutte un'elevata efficienza di conversione, superiore al 60%, basata sul LHV da biomassa a bioSNG utilizzando come materia prima il cippato di legno con un contenuto d'acqua del 40%. In termini di impatto ambientale non c'è una differenza significativa.

Tutti i percorsi di conversione termochimica su piccola scala esaminati hanno caratteristiche simili in termini di fabbisogno di energia primaria e di bilanci dei gas serra analoghe a un impianto su larga scala (200 MW bioSNG) come riportato nell'ambito del progetto Met-Driv. Il risultato più sorprendente è che il PCH e il sistema WoodRoll® upscaling (16 MW bioSNG) sono anche

competitivi con l'impianto su larga scala in termini di costi di produzione di bioSNG, 74,6 e 61,7 EUR/MWh rispetto ai 64,9 EUR/MWh. È importante capire che le tecnologie studiate sono sviluppate su piccola scala. In questo modo non risentono della pesante penalizza-

zione legata al ridimensionamento delle tecnologie sviluppate per gli impianti su larga scala.

La conversione termochimica di biomasse non legnose come la paglia ha il potenziale per convertire completamente tutta la materia organica e quindi produrre più biometano rispetto al percorso di conversione

**CONVERSIONE IN BIOMETANO:  
CON I PROCESSI TERMOCHIMICI  
EFFICIENZA DI CONVERSIONE  
SUPERIORE AL 60%**

biochimica basato sulla digestione anaerobica. La differenza nell'efficienza di conversione è quantificata attraverso i calcoli RED del bilancio dei gas serra dove il percorso termochimico dà luogo a 2,4 g di CO<sub>2</sub>-eq per MJ metano per la raccolta e il trasporto della biomassa, mentre il percorso di conversione biochimica dà luogo a 3,4 g di CO<sub>2</sub>-eq per MJ metano. Tuttavia, la conversione termochimica della paglia è impegnativa a causa dell'elevato contenuto di alcali e cloro, che si traduce in una bassa temperatura di fusione delle ceneri e nella formazione di composti altamente corrosivi. Ciò è stato confermato dal test di gassificazione su scala di laboratorio con paglia di grano pellettizzata condotto nell'ambito del progetto. Il materiale del letto ha subito un'agglomerazione a 950 °C di temperatura del forno, corrispondente ad una temperatura del letto di 825 °C. Non vi sono stati segni di agglomerazione quando i pellet di legno sono stati gassificati alla stessa temperatura.

Questo studio ha dimostrato che i percorsi di conversione termochimica qui studiati non hanno ancora raggiunto lo stato in cui sono in grado di gestire la paglia come singolo combustibile. Questo problema potrebbe essere aggirato da un ulteriore sviluppo, aggiunta di additivi o co-gassificazione con altre materie prime, ma al momento queste fanno parte delle future attività di sviluppo. Nel frattempo, la digestione anaerobica offre la possibilità di convertire circa la metà del contenuto energetico della paglia in metano, mentre il resto finisce nel digestato dove il carbonio non convertito contribuisce a caratteristiche attraenti (aumento del rapporto C/N, proprietà contenenti acqua, ecc.). Tuttavia, il valore del carbonio non convertito dipende dal tipo di terreno dove il digestato sarà utilizzato come fertilizzante.

Esistono diverse sinergie tra la produzione di biometano biochimico e termochimico, come l'integrazione del calore, la gassificazione del digestato e la condivisione dei costi del sistema di upgrading e delle apparecchiature a valle.

Il percorso di conversione termochimica produce calore in eccesso mentre il percorso di conversione biochimica necessita di calore per il processo anaerobico, la quantità dipende dal tipo di digestione, ad esempio la digestione mesofila o termofila. Altri esempi di processi che necessitano di calore sono l'igienizzazione, l'essiccazione del digestato e, in caso di upgrading basato su scrubbing chimico, la rigenerazione del liquido scrubber.

Il digestato può contenere quantità relativamente elevate di materia organica non convertita e, se il digestato non può essere utilizzato come fertilizzante, questa energia può essere recuperata mediante conversione termochimica del digestato.

La combinazione di impianti termochimici e biochimici offre l'opportunità di condividere i costi per l'upgrading e le apparecchiature a valle. In particolare gli impianti con un piccolo flusso di gas grezzo (< 1.000 Nm<sup>3</sup>/h) beneficiano di una condivisione dei costi in quanto il costo specifico dell'investimento per l'upgra-

ding è fortemente ridotto quando si passa da flussi di gas inferiori a 1.000 Nm<sup>3</sup>/h a circa 2.000 Nm<sup>3</sup>/h. L'upgrading costituisce una parte significativa (circa il 10-20%) del costo complessivo dell'investimento sia per i percorsi di conversione biochimica che termochimica (HPR e WoodRoll®).

## LIGNOSYS - SMALL SCALE THERMOCHEMICAL CONVERSION OF LIGNOCELLULOSIC FEEDSTOCK TO BIOMETHANE

*The Lignosys project, coordinated by Renewable Energy Technology International A,B., has been financed by the Swedish Energy Agency and has been carried out during the period January 2016 to December 2018.*

*During the last two decades, there has been a rapid progress in the development of gasification technologies suitable for biomethane production in the small scale (<10 MWth). Common to this development is the progress of gasification technologies that are not dependent on an air separation unit but rather on allothermal (indirect) gasification.*

*In the project the performance of three small scale (<10 MWth) thermochemical conversion routes for lignocellulosic feedstock to biomethane have been investigated by means of system studies. The three thermochemical options are:*

- Indirect gasification through the Heatpipe Reformer (HPR)
- PyroCatalytic Hydrogenation (PCH)
- Indirect gasification through the WoodRoll® process

*For woody biomass the performance of the three thermochemical conversion routes are investigated, and for non-woody lignocellulose rich biomass (straw) the thermochemical conversion routes were to be compared to anaerobic digestion in combination with pretreatment of the feedstock and upgrading of the raw biogas to biomethane. However, it turned out that the thermochemical conversion routes are currently not developed to handle straw as a single fuel and therefore the comparison is made in a more qualitative manner based on co-gasification of straw and bark.*

*This study shows that there are several technologies developed for bioSNG production based on small scale gasification and methanation of biomass. The three thermochemical conversion routes all have high conversion efficiencies, above 60%, based on LHV from biomass to bioSNG using wood chips with a water content of 40% as feedstock. In terms of environmental footprint there is no significant difference between them. All the investigated small scale thermochemical conversion routes have similar characteristics in ter-*

ms of primary energy need and GHG balances as a large scale (200 MW bioSNG) facility reported within the MetDriv project. The most striking result is that the PCH and the upscaled WoodRoll® system (16 MW bioSNG) are also competitive with the large scale facility in terms of bioSNG production cost, 74.6 and 61.7 EUR/MWh compared to 64.9 EUR/MWh. It's important to understand that the investigated technologies are developed for the small scale. In this way they don't suffer from the hard penalization related to down-scaling of technology developed for large scale installations.

Thermochemical conversion of non-woody biomass such as straw has the potential to completely convert all the organic matter and hence produce more biomethane compared to the biochemical conversion route based on anaerobic digestion. The difference in conversion efficiency is quantified through the RED calculations of the GHG balance where the thermochemical route give rise to 2.4 g CO<sub>2</sub>-eq per MJ methane for biomass collection and transportation while the bio-chemical conversion route gives rise to 3.4 g CO<sub>2</sub>-eq per MJ methane. However, thermochemical conversion of straw is challenging due to the high content of alkali and chlorine resulting in a low ash melting temperature and the formation of highly corrosive compounds. This was confirmed in the lab scale gasification test with pelleted wheat straw conducted within the project. The bed material experienced agglomeration at 950 °C furnace temperature, corresponding to a bed temperature of 825 °C. There were no signs of agglomeration when wood pellets were gasified at the same temperature. This study has shown that the thermochemical conversion routes investigated here haven't reached the state yet where they are able to handle straw as a single fuel. This might be circumvented by further development, addition of additives or co-gasification with other feed-

stocks but at the moment these are part of future development activities. Meanwhile anaerobic digestion offers a possibility to convert roughly half of the energy content in the straw to methane with the rest ending up in the digestate where the non-converted carbon contributes to attractive characteristics (increased C/N ratio, water containing properties etc.). However, the value of the non-converted carbon depends on the type of land where the digestate will be used as a fertiliser.

There are several synergies between bio- and thermochemical biomethane production such as heat integration, gasification of the digestate and cost sharing of the upgrading system and downstream equipment. The thermochemical conversion route produce excess process heat while the bio-chemical conversion route needs heat for the anaerobic process, the amount depends on the type of digestion, e.g. mesophilic or thermophilic digestion. Other examples of processes in need of heat are hygienization, drying of the digestate and in case of upgrading based on chemical scrubbing, regeneration of the scrubber liquid.

The digestate may contain relatively large amounts of unconverted organic matter and, if the digestate can't be used as a fertiliser, this

energy might be recovered by thermochemical conversion of the digestate.

The combination of thermochemical and biochemical facilities provides an opportunity to share the cost for the upgrading and the downstream equipment. Especially facilities with a small raw gas flow (< 1,000 Nm<sup>3</sup>/h) benefits from cost sharing since the specific investment cost for upgrading is strongly reduced when going from gas flows below 1,000 Nm<sup>3</sup>/h to approx. 2,000 Nm<sup>3</sup>/h. The upgrading constitutes a significant part (approx. 10-20%) of the overall investment cost for both the bio- and thermochemical conversion routes (HPR and WoodRoll®).

**BIOMETHANE CONVERSION:  
WITH TERMOCHEMICAL  
PROCESSES MORE THAN 60% OF  
EFFICIENCY**

