

|   |  |  |  |   |                  |
|---|--|--|--|---|------------------|
| <br>REGIONE BASILICATA   |  | <br><b>ENTE PARCO GALLIPOLI<br/>COGNATO PICCOLE DOLOMITI<br/>LUCANE</b> |  | Pagina:<br>Page:<br>1   | Di:<br>Of:<br>20 |
| <b>CONSULENZA TECNICO-SCIENTIFICA</b><br><br>AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,<br>L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE<br><b>UTTRI</b><br>Unità Tecnica Tecnologie Trisaia   |  | <b>Tipo documento:</b><br><i>Doc type:</i><br><b>Relazione Tecnica di Progetto</b>   |  | <b>Distribuzione:</b><br><i>Class:</i><br><b>Riservata</b>  |                  |
| <b>Progetto:</b><br>   |  |  | <b>Parole chiave:</b><br><i>Keywords:</i><br><b>Gassificazione<br/>Biomasse<br/>Downdraft<br/>Metanazione<br/>Upgrading syngas</b> |   |                  |
| <b>Attività:</b><br><i>Work package:</i><br><b>Utilizzazione delle biomasse residuali della manutenzione Bosco di Gallipoli Cognato con produzione di gas metano ed energia elettrica</b>   |  |  |  |   |                  |
| <b>Titolo:</b><br><i>Title</i><br><br><p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTINO<br/>SPERIMENTALE DI GASSIFICAZIONE DELLA BIOMASSA FINALIZZATO ALLA<br/>PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E BIOMETANO</b></p> |  |  |  |   |                  |
| 0   | Esecutivo                                | 20.06.2011   | <b>Dott. Marco DELORENZO</b>   | <b>Ing. Giacobbe BRACCIO</b><br>Ing. Antonio Molino<br>P.I. Valentino Mannarino<br>Ing. Emanuele Fanelli<br>Dott. Vincenzo Motola |                  |
| <b>Rev.</b><br><i>Rev.</i>  | <b>Descrizione</b><br><i>Description</i> | <b>Data</b><br><i>Date</i>   | <b>Progettista</b><br><i>Prepared by</i>   | <b>Consulenza tecnico-Scientifica</b><br><i>Consultats by</i>   |                  |

## **RELAZIONE TECNICA**

### **1. PREMESSA**

Il presente progetto si inserisce all'interno del PO FESR 2007-2013 "PROGETTI PILOTA ECO-SOSTENIBILI INNOVATIVI NEL CAMPO DELLA PRODUZIONE ENERGETICA E DELLA CONSERVAZIONE DELLE QUALITÀ AMBIENTALI /L.I. – IV.2.2.B"

La ricerca si propone di implementare tecnologie per la cogenerazione all'interno " Parco naturale di Gallipoli Cognato - Piccole Dolomiti Lucane mediante l'impiego di fonti rinnovabili quali residui lignocellulosi. La tecnologia di trasformazione considerata si basa su processi termochimici innovativi quale la gassificazione per la trasformazione dei residui in gas a medio/basso potere calorifico finalizzati alla produzione di biosyngas compresso per l'autotrazione ed energia elettrica per la mobilità sostenibile all'interno del Parco di Gallipoli Cognato.

L'aspetto significativo delle nuove attività sarà indirizzato allo studio di tecnologie per la produzione di energia elettrica a partire dalla gassificazione di biomassa, con produzione di syngas da processi utilizzando reattori down-draft, inoltre una quota parte del syngas prodotto sarà inviato al reattore di metanazione mediante tecnologia catalitica con reattore a stadi adiabatici previa compressione e, successivamente a tale stadio, il biogas, ricco in metano verrà così inviato allo stadio upgrading mediante membrane polimeriche di sweetening al fine di ottenere metano con una purezza tale da rientrare all'interno del codice qualità SNAM RETE GAS.

Il progetto si inquadra nell'obiettivo generale di garantire la diffusione e lo sviluppo della produzione di energia da fonti rinnovabili, assicurando l'erogazione di un servizio integrato e di qualità, attraverso la copertura di tutte le fasi della filiera energetica, quali la valutazione dell'ambiente locale e delle risorse disponibili, la progettazione, la messa in sicurezza, l'implementazione dell'impianto, l'assistenza tecnica e l'aggiornamento tecnologico per tutte le successive fasi dell'attività. Scopo generale del progetto è di affrontare il problema della produzione di energia da biomasse attraverso la gassificazione di materie prime contenenti carbonio, da cui si ottiene un gas di gasogeno che può essere stoccato in apposite bombole a pressione di 40-50bar per alimentare i veicoli a motore; inoltre una quota parte del gas di gasogeno sarà utilizzato per la produzione di energia elettrica necessaria per il funzionamento degli ausiliari d'impianto ed in particolare per ciò che concerne la compressione del syngas.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto sperimentale per la gassificazione della biomassa in grado di produrre un syngas il cui potere calorifico inferiore può variare nel range 8-16MJ/kg a seconda delle tecnologie utilizzate per produrre il gas nel gasogeno.

Di seguito si riportano le singole fasi di cui è costituito il processo:

- sezione di trattamento biomassa;
- sezione di gassificazione con ossigeno/vapore;
- pulizia del syngas prodotto;
- sezione di compressione
- sezione di arricchimento in metano del syngas;
- sezione di upgrading del biometano
- sezione di produzione massima di 30 Kwe in assetto cogenerativo.

E' previsto all'interno del progetto di produrre l'elettricità necessaria alla compressione dello stesso, pertanto sulla base di quanto esposto lo schema a blocchi d'impianto risulta essere il seguente:

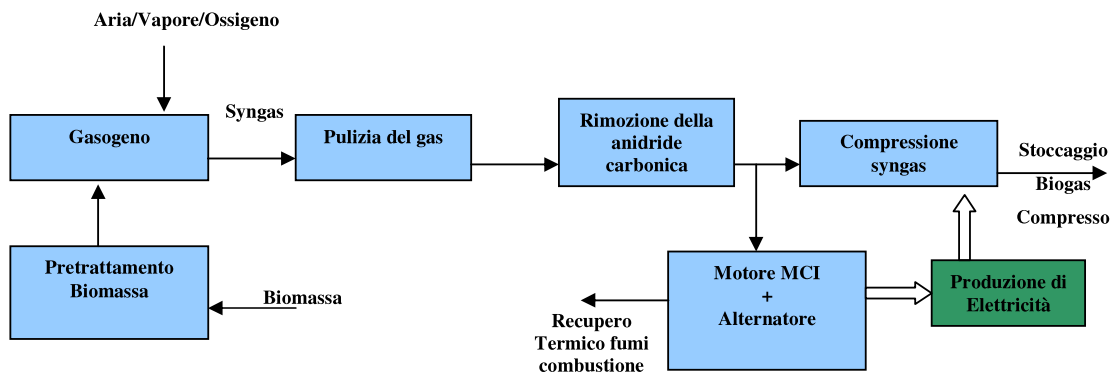


Figura 1: Schema a blocchi impianto ENEPARK

Il progetto ENEPARK proposto per il parco di Gallipoli Cognato prevede l'utilizzo di biomasse ottenute dalla manutenzione ordinaria del bosco finalizzata alla produzione di biocombustibili gassosi per la mobilità sostenibile e/o produzione di energia elettrica da poter immettere alla rete.

L'Unione Europea, con la direttiva 2009/28/CE) ribadisce che il consumo di carburante nel settore dei trasporti è in principio adeguata al rispetto dell'obiettivo del 10% al 2020, ma oltre al ricorso a importazione di materia prima è necessaria una linea d'azione deve quindi coordinare diversi tipi di intervento volti all'utilizzo di fonti rinnovabili direttamente disponibili a livello locale.

ENEPARK si colloca in tale ambito, attraverso la realizzazione di un progetto dimostrativo pilota, con la finalità non trascurabile, di sviluppare l'integrazione, l'interfaccia fra utenti e offerta industriale, aiutando le imprese a far conoscere e valorizzare le loro soluzioni, mettendo a sistema le conoscenze acquisite nel mondo della ricerca con le singole competenze provenienti dai diversi partner industriali.

I biocarburanti e i miglioramenti dei propulsori sono due degli elementi essenziali per fronteggiare l'impatto nocivo delle emissioni, ma la Commissione, per diminuire ancora la percentuale di

carbonio derivato dai carburanti fossili, ha previsto che dal 2011 si riduca progressivamente proprio la quantità di carbonio nei combustibili per autotrazione. I risparmi di CO<sub>2</sub> ottenuti con questa misura fino al 2012 saranno conteggiati ai fini del raggiungimento dell'obiettivo dei 120 g di CO<sub>2</sub>/km. L'utilizzo di biomasse locali per la produzione di biocomustibili finalizzati ad una mobilità sostenibile all'interno del Parco di Gallipoli Cognato punta al perseguimento dell'obiettivo con una emissione quasi nulla di CO<sub>2</sub>, infatti la biomassa utilizzata è frutto del lavoro di manutenzione che, in condizioni ordinarie, viene effettuato all'interno dell'area boschiva, pertanto ad emissioni nulle di CO<sub>2</sub>, inoltre il progetto prevede una produzione di energia elettrica almeno pari a quella necessaria per il consumo degli ausiliari d'impianto, quindi anch'essa ad emissioni nulle nel pieno rispetto sia della Direttiva 2009/33/CE, che impone di considerare l'impatto energetico ed ambientale dei veicoli nel corso dell'intero ciclo di vita, sia dell'action plan del ministero dello sviluppo economico in merito allo sviluppo di elementi per l'utilizzo delle biomasse in sistemi a filiera corta in maniera tale da creare una reale sostenibilità ambientale.

A livello normativo i veicoli alimentati a gas compresso devono verificare i requisiti dettati dagli standard dell'ISO TC22/SC25, "Veicoli a combustibile gassoso", inoltre allo stato attuale, le esperienze in corso dimostrano che si possono usare percentuali di idrogeno fino al 30-35% senza modifiche troppo pesanti degli attuali motori alternativi, anche se con "rimappatura" delle centraline elettroniche, sicchè in definitiva si definiscono "miscela" quelle con contenuto dal 2% al 30-35% di idrogeno.

Nell'immediato futuro, i componenti dell'impianto di alimentazione dei veicoli a motore saranno sviluppati, come standard, fino a comprendere l'idrogeno al 100%, in collaborazione con l'ISO TC197, tecnologie dell'idrogeno<sup>1</sup>.

Il progetto ENEPARK mira all'utilizzo di gas proveniente da gasogeno senza però tener conto degli sviluppi normativi e delle immediata applicabilità progettuale, infatti il gas prodotto in parte sarà utilizzato per la produzione di energia elettrica che potenzialmente potrebbe anche essere utilizzato per la ricarica delle batterie dei veicoli a motore.

Mediante il progetto ENEPARK sarà possibile creare un centro di sperimentazione tecnologica attivo le cui ricadute ottenibili dalla attività di ricerca serviranno a fornire un sostegno alle imprese che parteciperanno attivamente allo stesso con la possibilità di sviluppo di veri e propri *cluster* aziendali in modo da fornire un prodotto finito, affidabile con la possibilità di provvedere alle diverse esigenze richieste, dalla produzione di energia elettrica (per autoconsumo o da immettere in rete) ai biocombustibili, sviluppato nell'ottica della sostenibilità ambientale.

---

<sup>1</sup> *Direttiva 2007/46/EC – omologazione veicoli a idrogeno: sancisce che ai fini della normativa tecnica di approvazione i veicoli a miscela metano/idrogeno sono trattati alla pari dei veicoli ad idrogeno*

Oltre ai vantaggi ambientali legati alla realizzazione del progetto, altre possibili ricadute possono essere:

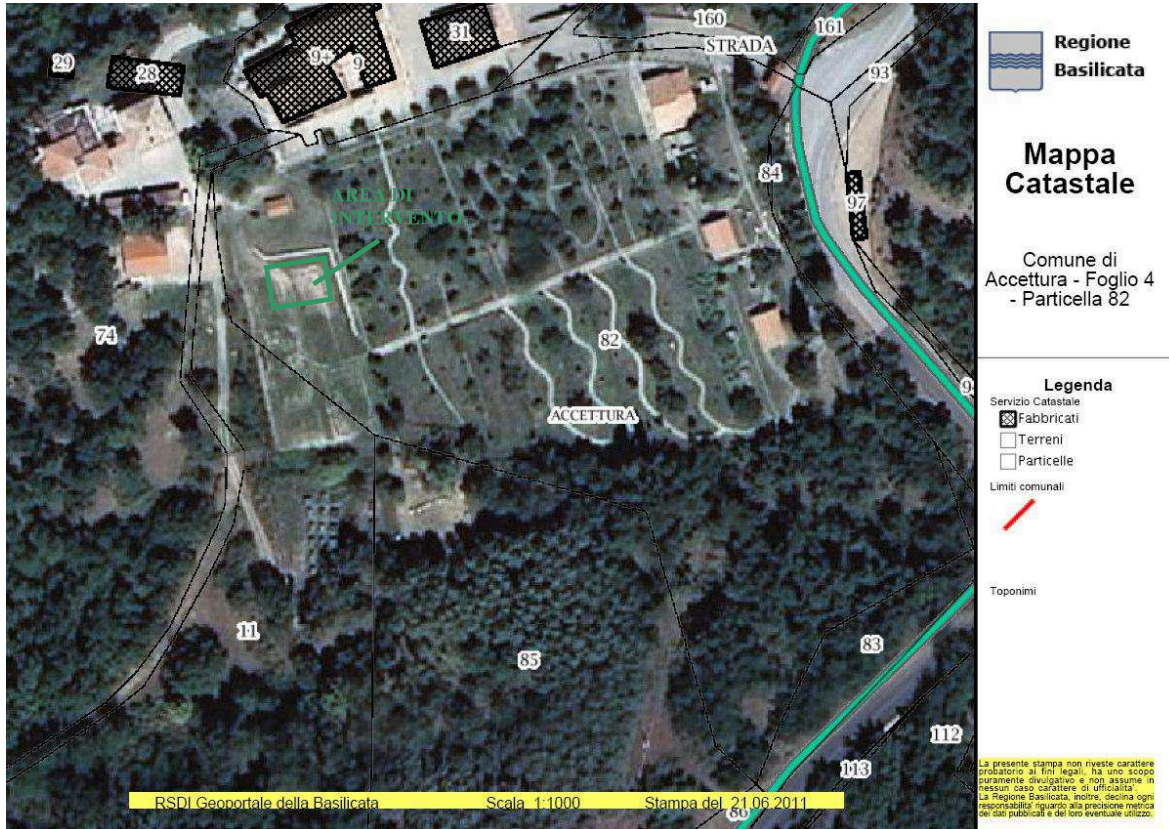
- Valorizzazione economica dei risultati scientifici;
- Promozione del territorio;
- Sviluppare nuove attività di ricerca;
- Creare nuovi posti di lavoro, *Green Jobs*;
- Attrarre investitori;
- Incrementare la collaborazione tra università e aziende;
- Creare nuove imprese;
- Incrementare il livello tecnologico di aziende ed istituzioni;
- Potenziare competitività delle imprese;
- Assistenza tecnologica ad aziende e istituzioni;
- Attività di scouting e transfer tecnologico di soluzioni innovative;
- Sviluppo di progetti integrati per il trasporto di merci e persone o per la produzione di energia elettrica in cogenerazione;
- Creazione di contesti locali adatti all'implementazione di soluzioni innovative.

*Tale progetto non osta la politica di istituzione e gestione delle aree naturali protette SIC com'è il Parco di Gallipoli Cognato, anzi si interseca a pieno con gli interessi dell'area stessa mediante un utilizzo più efficiente delle risorse umane già presenti sul territorio ed un maggiore monitoraggio e manutenzione delle aree boschive, attraverso lo sviluppo di innovativi sistemi di produzione energetica mediante l'utilizzo delle migliori tecnologie per la trasformazione delle fonti energetiche rinnovabili come le biomasse.*

Molto importante per le ricadute progettuali sarà la “governance” , il coinvolgimento di diversi attori, dagli agricoltori agli allevatori, dagli operatori turistici all'associazionismo culturale ed ambientale, dalle aziende del settore agro-forestale ai tecnici locali, in modo da creare un impulso rinnovato nel mondo imprenditoriale e professionale, affinché la conservazione della natura faccia da volano per le politiche di sviluppo ambientali e sociali mirate al governo ed alla gestione del territorio.

## 2. LAY-OUT DEGLI IMPIANTI

Tale impianto verrà installato e successivamente esercito presso il Parco di Gallipoli Cognato, sito nel Comune di Accettura, in corrispondenza del foglio di mappa n. 4 particella n. 82:



*Figura 2: Mappa Catastale della Particella oggetto di intervento*

Di seguito si riporta la posizione di ubicazione dell'impianto ENEPARK all'interno del Parco di Gallipoli Cognato:



*Figura 3: Zona di Intervento per l'ubicazione dell'impianto ENEPARK*

L'impianto sarà ubicato su di una superficie di circa 160m<sup>2</sup> (16x10m) costituita da una soletta da 20cm in cemento a filo terreno contenente una rete in acciaio elettrosaldato a maglia quadra con tondino  $\Phi$ 6mm. La struttura di copertura dell'impianto sperimentale avverrà mediante l'utilizzo travi in legno da 22cm a struttura lamellare in modo da non impattare sulla architettura dell'area circostante, così come la tettoia, che sarà realizzata, per la parte inferiore con l'utilizzo di tavolato in legno di castagno dello spessore di 3 cm, mentre la copertura avverrà mediante tegole tipo canadese con la superficie a vista coperta da granuli ceramizzati.

Il progetto in oggetto, prevede la realizzazione dei cavidotti per l'alimentazione elettrica e idrica a servizio degli ausiliari d'impianto, nonché del cavidotto per il canale di scolo delle acque meteoriche, così come da elaborati grafici allegati.

Il funzionamento dell'impianto di conversione energetica sarà garantito dalle biomasse derivanti dalla manutenzione ordinaria del bosco, nell'ottica di instaurare una filiera corta della materia prima entro un raggio inferiore ai 70km come definito dall'art.1 comma 382 della Legge n.296/2006, successivamente modificato dall'art.26 comma 4bis della Legge 222/2007.

### 3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E DEL PROCESSO

#### 3.1 IMPIANTO ENEPARK

Il progetto “ENERPARK” prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di biocombustibili gassosi per l'alimentazione dei veicoli con la contemporanea produzione di energia elettrica in assetto “cogenerativo” mediante l'impiego di un ciclo termodinamico a motore a partire da una sola fonte energetica primaria: ciò può essere effettuato semplicemente utilizzando l'energia termica che in un impianto motore tradizionale viene considerata uno “scarto”, ovvero quel calore  $Q_s$  che in un ciclo termodinamico motore occorre cedere all'esterno (tipicamente ad una sorgente a bassa temperatura) e che è legato al rendimento termodinamico dalla ovvia relazione:

$$|Q_s| = Q - |L| = |L| \cdot \frac{1 - \eta_t}{\eta_t}$$

Di seguito è riportato lo schema di principio dell'impianto “ENERPARK” con i flussi di materia per ciascuno stadio:

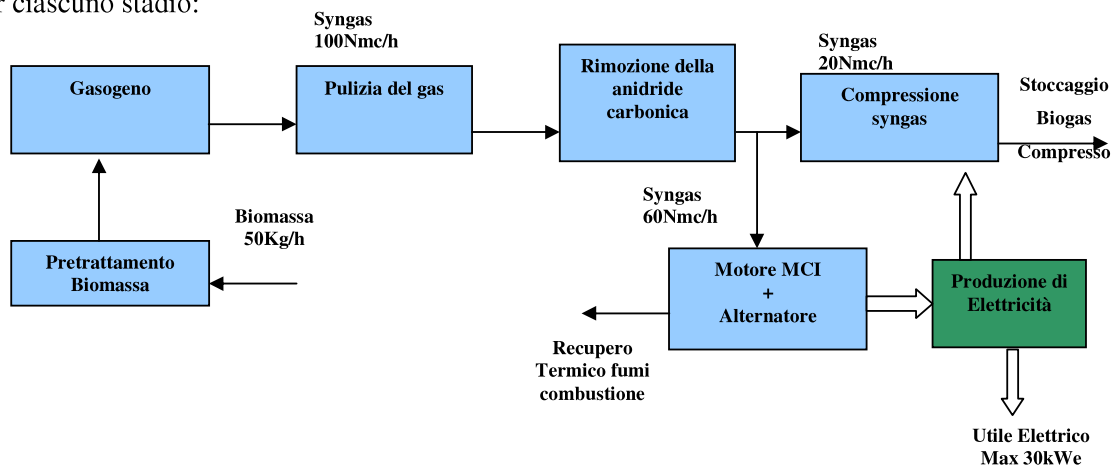


Figura 4: Configurazione d'impianto ENEPARK

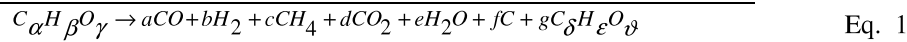
La corrente di syngas prodotta dalla gassificazione della biomassa subisce un preventivo stadio di cleaning al fine di abbattere le correnti acide e gli eventuali tars presenti all'interno del biogas; successivamente tale corrente subisce un preventivo abbattimento dell'anidride carbonica in essa contenuta al fine di upgradare il syngas prima di inviarlo al gruppo motore/alternatore per la produzione di energia elettrica. Accanto alla produzione di energia elettrica, l'impianto sarà provvisto di una innovativa sezione di upgrading di una quota parte del syngas (20%) costituita da uno stadio di CO-shift al fine di portare al rapporto CO/H<sub>2</sub> al valore ottimale necessario per il successivo stadio di metanazione, che avverrà mediante tecnologia impiantistica a stadi adiabatici. La miscela di biometano così costituita subirà uno stadio di upgrading mediante utilizzo di membrane polimeriche, previa compressione, al fine di ottenere il gas di purezza prevista dal legislatore.



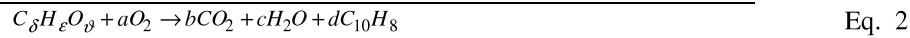
### 3.2 La Gassificazione delle Biomasse

Il problema energetico e il sempre maggior interesse verso combustibili solidi quali le biomasse ed il CDR ripropone in modo sempre più sentito la necessità di migliorare sistemi di gassificazione alimentati con combustibili alternativi con particolare attenzione al rendimento energetico dei gruppi elettrogeni da essi alimentati e al contenimento delle emissioni sia in regime di funzionamento stazionario che durante i transitori di regolazione. In tale scenario particolarmente vantaggiosa è la pratica della gassificazione delle biomasse. In sostanza la gassificazione consente, a mezzo di una serie di complesse reazioni termo-chimiche, di trasferire l'energia chimica racchiusa all'interno di un combustibile solido, qual è appunto la biomassa, in un vettore gassoso i cui componenti principali sono idrogeno, monossido di carbonio, metano e diossido di carbonio. Le reazioni di gassificazione avvengono in particolari reattori detti appunto gassificatori. Diverse sono le configurazioni oggi disponibili ognuna con una serie di pregi e difetti e campi di applicazione. Nella produzione energetica su piccola scala particolarmente interessante è la tecnologia down-draft. Il basso contenuto di tar all'interno del gas prodotto, la semplicità costruttiva, la flessibilità e la rapidità di risposta, rendono tutt'oggi questi reattori particolarmente attraenti per la gassificazione delle biomasse nel campo 100 - 1500 kWth. Queste peculiarità li rendono adatti all'accoppiamento con motori a combustione interna per la produzione di energia elettrica e calore. D'altro canto, gli svantaggi principali sono legati alla necessità di una uniforme pezzatura della biomassa da alimentare, alla relativa elevata temperatura dei gas in uscita dal reattore e la loro limitata scalabilità. In una classica configurazione down-draft la biomassa viene alimentata dalla parte alta del reattore mentre gli agenti gassificanti (aria, ossigeno e/o vapore) vengono introdotti nella parte bassa in corrispondenza della sezione di gola dove avvengono la maggior parte delle reazioni. Il gas prodotto attraversa, prima di uscire dal reattore, la zona di combustione ad elevata temperatura in modo da favorire il processo di cracking termico dei tars. All'interno del reattore è possibile individuare quattro diverse zone di reazione. In particolare, la biomassa viene dapprima essiccata (drying zone) e quindi pirolizzata secondo la reazione (1) – decomposizione termica della biomassa con formazione di gas come idrogeno, carbon monossido, metano, acqua e vapori pirolitici (pyrolysis zone). La residua frazione solida (char) insieme ad una frazione delle molecole combustibile prima prodotte ( $H_2$ , CO,  $CH_4$  e tar) viene quindi ossidata per mezzo di una quantità di aria (ossigeno) inferiore a quella necessaria alla completa combustione, al fine di liberare il calore necessario alle reazioni endotermiche di gassificazione, pirolisi e essiccazione, reazioni (3) - (7) – (oxidation zone). La gran parte del char prodotto viene a questo punto gassificato dai gas di pirolisi e di combustione. In tale zona processo è controllato dalle reazioni di riduzione chimica del char (8)-(12) – (reduction zone).

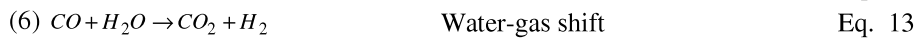
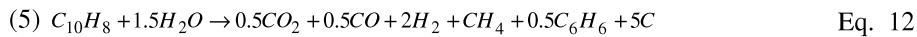
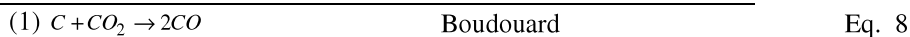
Decomposizione termica della biomassa (pirolisi):



Reazioni di ossidazione:



Reazioni di riduzione:



*Tabella 1: Reazioni potenziali della sezione di gassificazione*

Di interesse è la produzione di un gas ad elevato contenuto di idrogeno da utilizzare in applicazioni finali avanzate quali le celle a combustibile, turbine a gas e/o nella produzione di *chemicals*. La gassificazione con vapore è una delle tecnologie più promettenti viste le buone rese in termini di gas prodotto, (Eq. 9), e l'efficiente riduzione di *tar* e *char* in luogo delle favorite reazioni di *steam-reforming*, (Eq. 12). Tuttavia le reazioni di gassificazione di maggior rilievo, (Eq. 8 - Eq. 13), sono complessivamente endotermiche, di qui la necessità di fornire una quota di calore all'interno, portando a combustione parte della biomassa alimentata. Una delle modalità per generare calore all'interno del reattore è quella di gassificare usando una miscela aria-vapore. La gassificazione aria-vapore se da una parte consente di rendere il processo complessivamente autotermico e quindi in grado di autosostenersi termicamente, dall'altro presenta lo svantaggio dell'effetto di diluizione dei gas per la presenza di azoto, il che comporta una sostanziale riduzione delle cinetiche di reazione e un più basso potere calorifico del *syngas* prodotto (4-5 MJ/Nm<sup>3</sup>).

In tale scenario risultano evidenti i vantaggi insiti nella tecnologia di gassificazione con ossigeno-vapore. L'utilizzo di ossigeno consente infatti, di ottenere un *syngas* ad alto potere calorifico (10-13 MJ/Nm<sup>3</sup>). Ovviamente vantaggiosa è l'assenza di azoto per quanto sopra esposto. Lo svantaggio di tale tecnologia è legato all'elevato costo della sezione di produzione dell'ossigeno sia da un punto di vista degli investimenti che dell'esercizio.

*Alla luce di quanto sopra esposto appare evidente come vantaggi nell'esercizio nei reattori di tipo down-draft potrebbero derivare dall'iniezione tanto di vapore quanto di ossigeno. In tal senso è importante valutare le condizioni di economicità operativa e di mantenimento delle*

*condizioni di processo (in caso di intervento su reattori esistenti). Nel primo caso infatti, l'iniezione di vapore, comporterebbe un aggravio energetico per la necessità di produzione del vapore stesso e inoltre, in caso di upgrading, l'introduzione di una massa di vapore aggiuntiva (in genere in rapporto variabile tra 0,3-0,5 rispetto alla biomassa alimentata) potrebbe portare il processo in condizioni di non auto-sostentamento energetico. In questo caso, la riduzione di temperatura indotta nella sezione di gola, inibirebbe il craking termico dei tar e di conseguenza risulterebbero compromesse le caratteristiche qualitative del syngas prodotto. L'aggiunta di ossigeno invece, risulterebbe benefica da un punto di vista delle temperature e quindi sulla decomposizione delle molecole di tar più pesanti, anche se la quantità massima introducibile andrebbe valutata in relazione al rapporto di equivalenza di operatività del reattore. Vi è inoltre la necessità di mantenere la temperatura massima entro limiti ben definiti per non compromettere la resistenza meccanica dei materiali con cui il gassificatore è realizzato. Inoltre la percentuale di azoto all'interno del gas prodotto (nel caso di gassificazione con aria arricchita) risulterebbe minore e di conseguenza risulterebbero migliori le caratteristiche energetiche (LHV) del syngas prodotto. Il punto di convenienza va comunque ricercato in relazione ai benefici ottenibili (in termini di potenza massima prodotta) e di onerosità degli interventi necessari e di aggiunta dell'ossigeno.*

### 3.3 Utilizzo del Syngas in motori a combustione interna

La crescente attenzione verso l'utilizzo del *syngas* nei motori a combustione interna è giustificata dall'abbondanza delle risorse disponibili per produrlo, compresi gli scarti di origine agricola, della lavorazione del legno, e i residui organici di origine urbana, nonché il relativo basso costo insito nelle tecnologie di produzione.

Una delle tecnologie chiave per la produzione di *syngas* è la gassificazione che consente di trasferire l'energia chimica racchiusa all'interno di un vettore solido in un vettore gassoso, energia che a sua volta potrà essere trasformata in energia meccanica, e quindi elettrica, utilizzando un motore a combustione interna. Ovviamente la composizione tipica del *syngas* varia ampiamente in relazione al tipo di biomassa, alla tecnologia di gassificazione utilizzata, alle condizioni operative e all'agente gassificante.

L'utilizzo di combustibili a basso potere calorifico, comporta una perdita di potenza del motore, condizioni queste parzialmente compensate con la pratica della sovralimentazione. A contrastare la riduzione di potenza rispetto ad esempio al caso di alimentazione con gas naturale ( $LHV\ 30 \frac{MJ}{Nm^3}$  contro  $LHV\ 4 - 6 \frac{MJ}{Nm^3}$  del *syngas* da gassificazione con aria), è il contributo del rapporto *aria/combustibile* che nel caso di *syngas* è pari a circa 1.2 (valore stechiometrico) contro 17 nel caso di gas naturale. Ciò significa che il contenuto specifico di energia, ovvero di energia per unità di miscela *aria-combustibile*, introdotto all'interno del motore in caso di alimentazione con *syngas* è di poco inferiore al rispettivo caso di alimentazione con gas naturale.

L'utilizzo del gas di gassificazione nei motori a combustione interna richiede una serie di particolari interventi necessari a garantire le ottimali condizioni di miscela in ingresso oltre, che evitare una serie di inconvenienti legati alla particolarità delle componenti inquinanti all'interno del *syngas*.

Nel caso di alimentazione con *syngas*, il motore fornisce la sua massima potenza in condizioni di miscela leggermente magra rispetto al valore stechiometrico, cosa che invece non accade nei motori alimentati con i tradizionali combustibili. Ancora, leggere variazioni del rapporto di miscela, producono una netta perdita di potenza del motore e quindi instabilità di funzionamento dello stesso. Va inoltre sottolineato che la qualità del gas durante il funzionamento potrebbe variare. Di qui la necessità di un accurata regolazione e controllo delle condizioni della miscela in ingresso al motore.

Particelle di *tar* finemente disperse e con dimensioni inferiori a quelle di *char* e ceneri potrebbero esser presenti all'interno del gas, particelle queste difficilmente asportabili e fonte di gravi problemi. L'accumulo di *tar* in se non è causa di usura quanto piuttosto di grippaggi delle parti in movimento, otturazione dei passaggi, accumuli sulle sedi delle valvole, sulla valvola a

farfalla e sulle fasce elastiche del pistone. I depositi di *tar* assumono le caratteristiche di un fluido viscoso alle temperature di operatività e, di '*vernice dura*' (a seguito della polimerizzazione) alle temperature più basse, rendendo particolarmente difficili gli avvii a freddo e divenendo causa di possibili rotture degli organi di comando delle valvole. Ovviamente la miglior soluzione è la rimozione a mezzo filtrazione del gas in ingresso.

Gli accumuli di *tar* e polveri nelle sedi delle valvole di ingresso potrebbero creare perdite di potenza in virtù delle ridotte caratteristiche di tenuta in compressione del motore, e favorire l'usura degli organi di tenuta del pistone (fasce elastiche).

Fughe di gas caldo attraverso gli interstizi all'interno del cilindro verso la coppa dell'olio, potrebbero comportare l'insorgenza del fenomeno di inspessimento dell'olio di lubrificazione per la evaporazione delle frazioni più leggere. L'inspessimento dell'olio migliora sicuramente le capacità lubrificanti dello stesso, ma comporta anche un aumento delle perdite di natura organica. Inoltre l'accumulo di componenti quali *tar*, particolati e sostanze corrosive all'interno dell'olio porta ad un incremento del tasso di usura delle componenti del motore.

Particelle il cui diametro supera lo spessore del film di olio lubrificante potrebbero portare verso il danneggiamento delle superfici dei cuscinetti. Va comunque detto che le particelle di *tar* e le ceneri tendono ad essere schiacciate in particelle di dimensioni molto piccole, il che porta ad una minimizzazione del problema ora esposto. Problemi non trascurabili, ovvero di usura delle superfici del cilindro, del pistone, degli organi di tenuta e delle sedi delle valvole, potrebbero invece aver origine dalla formazione di particelle molto dure e particolarmente abrasive provenienti da fenomeni di *slagging* delle ceneri. Inoltre la presenza di piccole quantità di sodio (contenuto nelle ceneri) all'interno dell'olio lubrificante o nello stesso gas potrebbero esser causa della corrosione delle valvole (in particolar modo quella di scarico).

I fenomeni corrosivi nei motori a combustione interna tendono ad aumentare con le basse temperature di operatività. Il preriscaldamento del blocco motore, contribuisce ovviamente a minimizzare tali fenomeni e ad incrementare la '*vita operativa*' dell'unità motrice.

### 3.4 Configurazione ENEPARK per la produzione di energia elettrica: Gassificatore Down-draft – motore a combustione interna

Nella produzione di energia elettrica e termica su scala medio-piccola, l'utilizzo di reattori a letto fisso presenta una serie di vantaggi che vanno dalla semplicità costruttiva alla robustezza meccanica, fino alla possibilità di variare una serie di fondamentali parametri di processo (altezza del letto, lunghezza della zona di riduzione, *gasification air flow rate*).

Va inoltre sottolineata la necessità, per le applicazioni in accoppiamento a motori endotermici, del breve tempo di risposta del gassificatore in reazione alla variazione del carico e, del basso contenuto di *tar* nel gas di sintesi prodotto. Come è noto, le tecnologie di gassificazione a letto fluido e *updraft* mal si prestano a queste richieste, condizioni che invece vengono sufficientemente soddisfatte dalle configurazioni *down-draft*.

La tipica configurazione *gassificatore down-draft – motore a combustione interna* è riportata nella figura che segue:

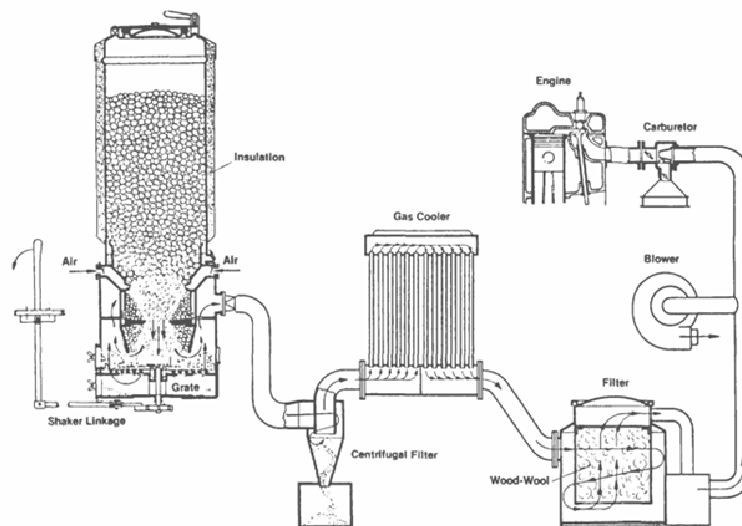


Figura 5: Configurazione gassificatore down-draft – motore a combustione interna

È possibile individuare la sezione di gassificazione delle biomasse nella tipica configurazione *down-draft*, la sezione di separazione delle componenti solide (*cicloni*), la sezione di raffreddamento e condensazione dei vapori condensabili (*tar*), la sezione di filtraggio a biomassa, e la sezione di produzione di energia meccanica ovvero elettrica (*motore a combustione interna*).

Particolare importanza assume la sezione di purificazione dei gas di gassificazione. Elementi indesiderati quali *tar* e particolato devono essere prontamente rimossi onde evitare il loro accumulo sulle componenti dell'unità motrice. Il problema della desolforazione dei gas assume in questo caso

importanza secondaria, visto il basso contenuto di zolfo delle biomasse rispetto ad esempio al carbone.

L'impiego delle configurazioni *down-draft* consente di ridurre il contenuto di distillati all'interno del gas prodotto in ragione della particolare morfologia del reattore. Resta comunque il problema dell'abbattimento delle componenti residue e delle ceneri, le cui particelle di dimensioni molto piccole insieme ai *tar* e al contenuto di acqua nel *syngas*, è causa di accumuli e quindi intasamenti all'interno delle componenti di impianto a valle del gassificatore. Di qui l'importanza di eseguire una depolverazione a caldo, al disopra del punto di rugiada del gas, facendola seguire da una separazione della condensa, prima dell'eventuale filtrazione a freddo. I sistemi maggiormente utilizzati sono i cicloni, gli scrubbers e i precipitatori elettrostatici. Ovviamente la scelta dell'una o dell'altra tecnica dipende da una serie di fattori, pur sottolineando le esigenze degli impianti destinati alla produzione energetica di piccola scala, ovvero di robustezza ed economicità.

La tecnologia proposta per l'impianto ENEPARK nasce dall'esperienza acquisita in oltre vent'anni nel campo della ricerca e della sperimentazione in ambito energetico mediante l'utilizzo di biomasse, con numerose pubblicazioni ad elevato valore scientifico oltre che di brevetti depositati, tra cui si cita, tra gli ultimi il numero RM2008U000022 che assume carattere di forte innovazione sia per la compattezza d'impianto che per la qualità del *syngas* ottenibile.

Il sistema di alimentazione della biomasse avrà un flusso nominale max di 100 kg/h di cippato di legno e sarà costituito da rimorchio della capacità di circa 30 mc che sarà allocato sul piazzale antistante l'impianto al momento della messa in esercizio dello stesso e che servirà anche per l'approvvigionamento della stesse nelle pertinenze del parco per le operazioni ordinarie di manutenzioni.

Un trasportatore a nastro invia il cippato ad una tramoggia di carico di circa 3 mc e da qui tramite un sistema di due valvole a ghigliottina, atte a garantire l'isolamento, è inviato al gassificatore per mezzo di due coclee. Un inverter permette il controllo della portata.

Al processo per il suo svolgimento occorre vapor d'acqua (agente ossidante per le reazioni di riforma), pertanto è prevista una unità di produzione del vapore d'acqua saturo: una caldaia che produce vapor d'acqua saturo alla pressione di 4 bar e portata nominale di 85 kg/h con esonero totale ISPESL ed esonero da verifica della ASL competente, è del tipo non richiedente Conduttore Patentato.

Il gas prodotto, in uscita dal gassificatore ad una temperatura di circa 400-450 °C, è alimentato ad una sezione di abbattimento del particolato a secco (batteria di cicloni). Parte del calore sensibile posseduto dal gas viene recuperato in uno scambiatore e ceduto all'aria di gassificazione. A valle della sezione di abbattimento della temperatura (comunque non inferiore ai 250°C per evitare la condensa dei tar), i tar e parte del particolato residuo vengono rimossi in uno scrubber alimentato con acqua e/o biodiesel. Le gocce di liquido eventualmente trasportate durante il processo di

scrubbing vengono quindi rimosse nella sezione a valle (demister), e il gas così 'ripulito' viene quindi deumidificato in una successiva sezione. Le caratteristiche qualitative del syngas prodotto sono quindi adeguate per un utilizzo in un motore a combustione interna per la produzione di energia elettrica e calore e, in una successiva sezione di upgrading per la produzione di biometano.

Il gas prodotto dalla gassificazione nelle operazioni di start-up e di messa a punto del processo viene in gran parte inviato in torcia dove viene combusto, pertanto essa è deputata a svolgere un servizio discontinuo. La torcia ha una fiamma pilota alimentata da GPL per assicurare l'avviamento dell'impianto, il GPL è stoccato in bombole da 25 kg, situate in prossimità della vasca di contenimento della biomassa. La torcia è montata su di una struttura ad un'altezza di circa 10 metri elevata ben oltre la parte superiore della tettoia di copertura per evitare l'irraggiamento della fiamma su altri componenti dell'impianto.

Il terminale della torcia è alto 2.0 metri, interamente in acciaio INOX, costituito da: tubo centrale da 1" flangiato con testa forata e convogliatore aria (SWIRLER) con schermo antivento e stabilizzatore di fiamma con refrattario, una torcia pilota auto aspirante a GPL completo di candela accensione/ionizzazione, termocoppia Cr/Al con guaina in INCONEL montata sullo schermo antivento per la rivelazione presenza fiamma principale e quadro di accensione e controllo di tipo antideflagrante.

Il Motore a Gas utilizzato per l'impianto ENEPARK sarà modificato per l'utilizzo a syngas, raffreddato ad acqua con radiatore, ad iniezione diretta, con n° 4 cilindri in linea, sovralimentato refrigerato. L'avviamento sarà di tipo elettrico con regolatore elettronico di giri ed attuatore di comando elettronico, comprensivo di protezioni motore per ATA e BPO con sonde VDO e sensori di blocco per Alta Temperatura Acqua, Bassa Pressione Olio, Basso livello olio, Basso livello acqua motore, Basso livello acqua dell'impianto aftercooler, Alta temperatura della miscela di alimento del motore, Bassa pressione gas di alimento, impianto di preriscaldamento motore.

A corredo del banco motore sarà presente un alternatore sincrono trifase, autoventilato, autoeccitato, autoregolato di tipo "Brushless" con accoppiamento monosupporto montato su skid con supporti antivibranti posizionati tra motore/alternatore e basamento, per lo smorzamento delle vibrazioni. A garantire il massimo comfort durante l'esercizio, l'impianto sarà così' dotato di marmitta residenziale insonorizzante per l'abbattimento del rumore proveniente dal sistema di scarico.

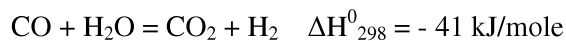
Il Gruppo nella sua interezza sarà in grado di produrre 30 KVA alimentato a Syngas. La gestione dell'impianto integrato per la produzione di energia elettrica da biomasse sarà gestito mediante un quadro elettrico di comando e controllo ad intervento manuale/automatico con la possibilità di gestire gli eventuali malfunzionamenti dell'impianto attraverso delle procedure d'emergenza automatizzate.



### 3.5 Configurazione ENEPARK per la produzione di Biometano: Metanazione ed upgrading

Quota parte del syngas prodotto, circa 20 Nmc/h saranno inviati alla sezione sperimentale per la produzione di biometano. Tale stadio prevede una preventiva riforma del syngas attraverso uno stadio catalitico di CO-shift a media temperatura, al fine di arricchire ulteriormente in idrogeno il gas stesso al fine di raggiungere il rapporto stechiometrico ottimale per lo stadio di successiva metanazione.

In particolare, facendo reagire il gas di sintesi, purificato, con vapore in un reattore catalitico per produrre  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ , mediante la reazione WGS (Water Gas Shift):



La reazione è debolmente esotermica e la resa è termodinamicamente limitata; in particolare le basse temperature favoriscono la conversione a  $\text{CO}_2$ .

Lo stadio di CO-shift avverrà mediante un catalizzatore a base di Co-Mo resistente ai solfuri, mentre, in una seconda sezione dell'impianto lo stadio a bassa temperatura ( $175\text{-}205^\circ\text{C}$ ) avverrà su un catalizzatore a base di rame.

A valle della sezione di Water gas Shift(WGS) segue una sezione di metanazione al fine di aumentare la percentuale di metano all'interno della miscela gassosa a partire dai costituenti monossido di carbonio e idrogeno.

Il reattore che sarà testato per l'applicazione sarà del tipo catalitico a stadi adiabatici, con una temperatura di esercizio delle masse catalitiche nel range  $200\text{-}300^\circ\text{C}$ , come mostrato nella figura che segue:

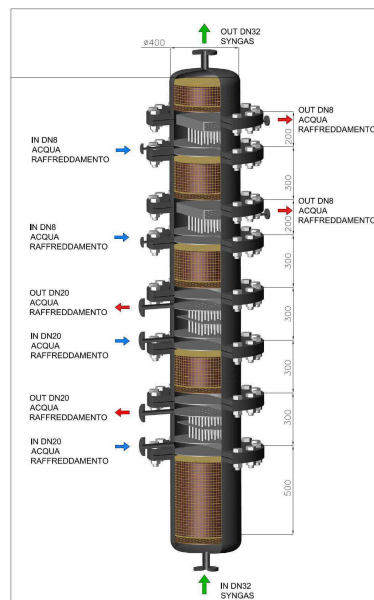


Figura 6: Impianto di metanazione a Stadi Adiabatici

La tecnologia proposta, di concezione ENEA, sarà realizzata interponendo agli stadi di reazione, altrettanti stadi di raffreddamento, al fine di raggiungere la massima percentuale di metano all'interno della miscela gassosa, compatibilmente con i vincoli termodinamici e cinetici legati alla reazione stessa.

Segue uno stadio di upgrading mediante un processo a membrane polimeriche, previa compressione del biogas, ottenibile attraverso l'utilizzo di membrane polimeriche a funzione di setaccio molecolare al fine di ottenere il gas di purezza tale da rientrare all'interno dei parametri previsti dal legislatore.

Di seguito si riportano le caratteristiche della membrana utilizzata e la configurazione del cartridge di contenimento:

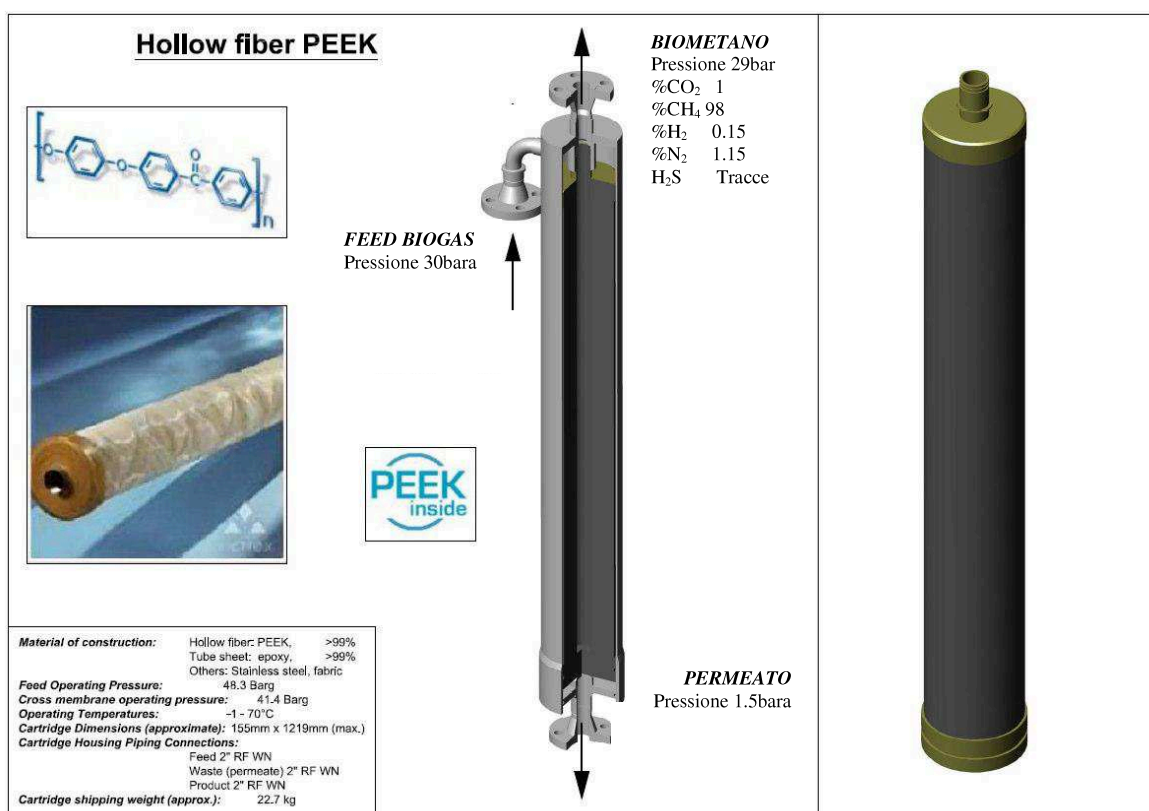


Figura 7: Membrane polimeriche utilizzate per l'upgrading del syngas

Il metano prodotto sarà opportunamente analizzato e squalificato e saranno verificate le performance su applicazioni per il settore automotive.

Per quanto non espressamente indicato si rimanda alla documentazione grafica allegata.

#### 4 QUADRO ECONOMICO

Di seguito si riporta il quadro economico per la realizzazione del progetto ENEPARK comprensivo delle spese di personale per la gestione biennale dell'impianto e di manutenzione ordinaria e straordinaria:

| QUADRO ECONOMICO |   |                     |
|------------------|---|---------------------|
|                  | <b>Lavori</b>   |                     |
| <b>A</b>         | <i>per fornitura e montaggio impianto (gassificatore, MCI, compressore)</i> | € 258.333,15        |
| <b>B</b>         | <i>per lavori edili e infrastrutture</i>                                    | € 49.112,22         |
| <b>C</b>         | <i>oneri sicurezza (da scorporare da voce A)</i>                            | € 6.458,15          |
| <b>D</b>         | <i>oneri sicurezza (da scorporare da voce B)</i>                            | € 1.968,09          |
|                  | <b>sommano lavori</b>   | <b>€ 307.445,37</b> |
|                  | <b>TOTALE LAVORI</b>  | <b>€ 307.445,37</b> |
|                  | <b>Somme a disposizione dell'Amm.ne</b>                                     |                     |
| <b>E</b>         | <i>spese di consulenza tecnico - scientifica</i>                            | € 33.333,33         |
| <b>F</b>         | <i>spese per personale di gestione biennale dell'impianto</i>               | € 70.000,00         |
| <b>G</b>         | <i>spese di manuten. ordinaria e straord. Biennale comp. IVA</i>            | € 13.716,66         |
| <b>H</b>         | <i>studio bacino di approvvigionamento - DITEC UNIBAS</i>                   | € 58.333,33         |
| <b>I</b>         | <i>per imprevisti compreso IVA 20%</i>                                      | € 1.200,00          |
| <b>L</b>         | <i>per iva (20%) su A,B,E,H</i>   | € 79.822,41         |
| <b>M</b>         | <i>ex art. 92 D.Lgs 163/2006</i>  | € 6.148,91          |
|                  | <b>sommano somme a disposizione</b>   | <b>€ 262.554,63</b> |
|                  | <b>TOTALE INTERVENTO</b>  | <b>€ 570.000,00</b> |

Tabella 1: Quadro Economico per la realizzazione del progetto ENEPARK

Nella tabella sono riportati i costi del progetto sia per ciò che concerne la fornitura ed il montaggio dell'impianto, incluse le opere civili necessarie per la predisposizione del sito, che ammontano a € 307.445,37, IVA esclusa, sia per ciò che riguarda le spese di gestione biennale dell'impianto, mediante personale qualificato che sarà formato in ENEA per ciò che riguarda il processo. Tale personale sarà costituito preferibilmente da due ingegneri chimici di processo o da un ingegnere chimico e da un chimico/chimico industriale; il costo di detto personale ammonta a € 70.000. Sono inoltre previste spese di consulenza tecnico-scientifica sia per l'ENEA per ciò che concerne la realizzazione dell'impianto nella sua interezza, sia per il DITEC dell'UNIBAS che curerà lo studio del bacino di approvvigionamento della biomassa e di tutta la filiera per importi rispettivi di € 33.333,33 e € 58.333,33 oltre IVA.

## **5 DOCUMENTAZIONE ALLEGATA**

Sono da considerarsi parte integrante del presente documento i seguenti elaborati grafici:

- TAV.01 “Corografia della zona interessata”
- TAV.02 “Planimetria generale della zona interessata”
- TAV.03 “Planimetria area di intervento”
- TAV.04 “Planimetria fotografica dell'area di intervento”
- TAV.05 “Planimetria rete antincendio e raccolta acque meteoriche”
- TAV. 06 “Planimetria rete elettrica e dispersione“
- TAV. 07 “Particolari rete elettrica”
- TAV. 08 “Pianta e prospetti impianto”
- TAV. 09 “Viste 3D impianto”
- TAV. 10 “P&I”