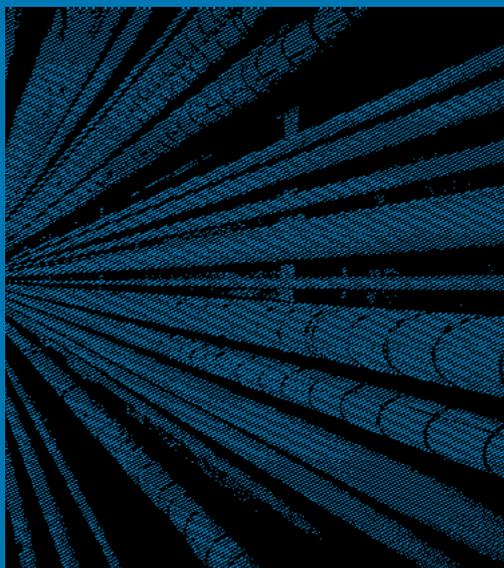
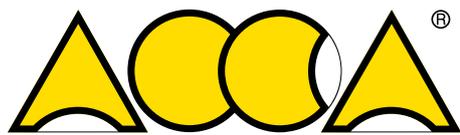


L'Ingegnere Italiano

377

Oil & Gas





ACCA SOFTWARE

l'esperto N°1

IFC-Open BIM

La scelta BIM di chi vuole libertà di collaborazione
e vera disponibilità dei dati



IFC-Open BIM vuol dire libertà di

comunicare, condividere, collaborare.

Solo lo standard IFC-Open BIM consente il dialogo tra tutti gli operatori che lavorano sul modello digitale della costruzione durante tutto il suo ciclo di vita, dalla progettazione all'esecuzione, dalla manutenzione alla dismissione dell'opera.

Con IFC-Open BIM, inoltre, **puoi accedere per sempre liberamente ai tuoi dati**, indipendentemente dal software e dalla versione del software che li ha prodotti.

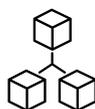
Noi ci crediamo. Per questo vogliamo essere sempre di più i migliori specialisti dell'IFC-Open BIM in Italia e nel mondo.



Il primo **freeware** per la **visualizzazione** e la modifica di modelli in formato IFC-Open BIM



Il maggior numero di **software certificati IFC da buildingSMART international** al mondo



La prima ed unica **piattaforma di BIM Management certificata IFC da buildingSMART international** al mondo



Il primo **editor** in grado di lavorare in modo avanzato su modelli in formato IFC-Open BIM

L'Ingegnere Italiano è la rivista

dedicata alla ricerca, alla tecnologia

e ai progetti di ingegneria.

Un magazine che si propone di raccontare l'eccellenza
dell'ingegneria italiana

nel contesto internazionale,

coniugando il rigore scientifico

con i nuovi linguaggi e l'innovazione.

Direttore responsabile

Armando Zambrano

Direttore editoriale

Gianni Massa

Curatore del numero

Guido Saracco

Coordinamento editoriale e giornalistico

Antonio Felici

Consulente editoriale

PPAN | ppan.it

Progetto grafico

Stefano Asili | asi.li

Stampa

artigrafiche Boccia | artigraficheboccia.it

Pubblicità

Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | agicom.it

Editore

Consiglio Nazionale degli Ingegneri:

Stefano Calzolari, Giovanni Cardinale, Gaetano Fede,

Michele Lapenna, Ania Lopez, Massimo Mariani,

Gianni Massa, Antonio Felice Monaco, Roberto Orvieto,

Angelo Domenico Perrini, Luca Scappini, Raffaele Solustri,

Angelo Valsecchi, Remo Giulio Vaudano, Armando Zambrano

www.tuttoingegnere.it

Hanno collaborato a questo numero:

Massimiliano Antonini, Catia Bastioli, Luca Bertelli, Guido Bezzi,

Giacobbe Braccio, David Chiamonti, Franco del Manso,

Gaetano Iaquaniello, Sergio Lombardini, Carlo Nicolais, Piero Salatino,

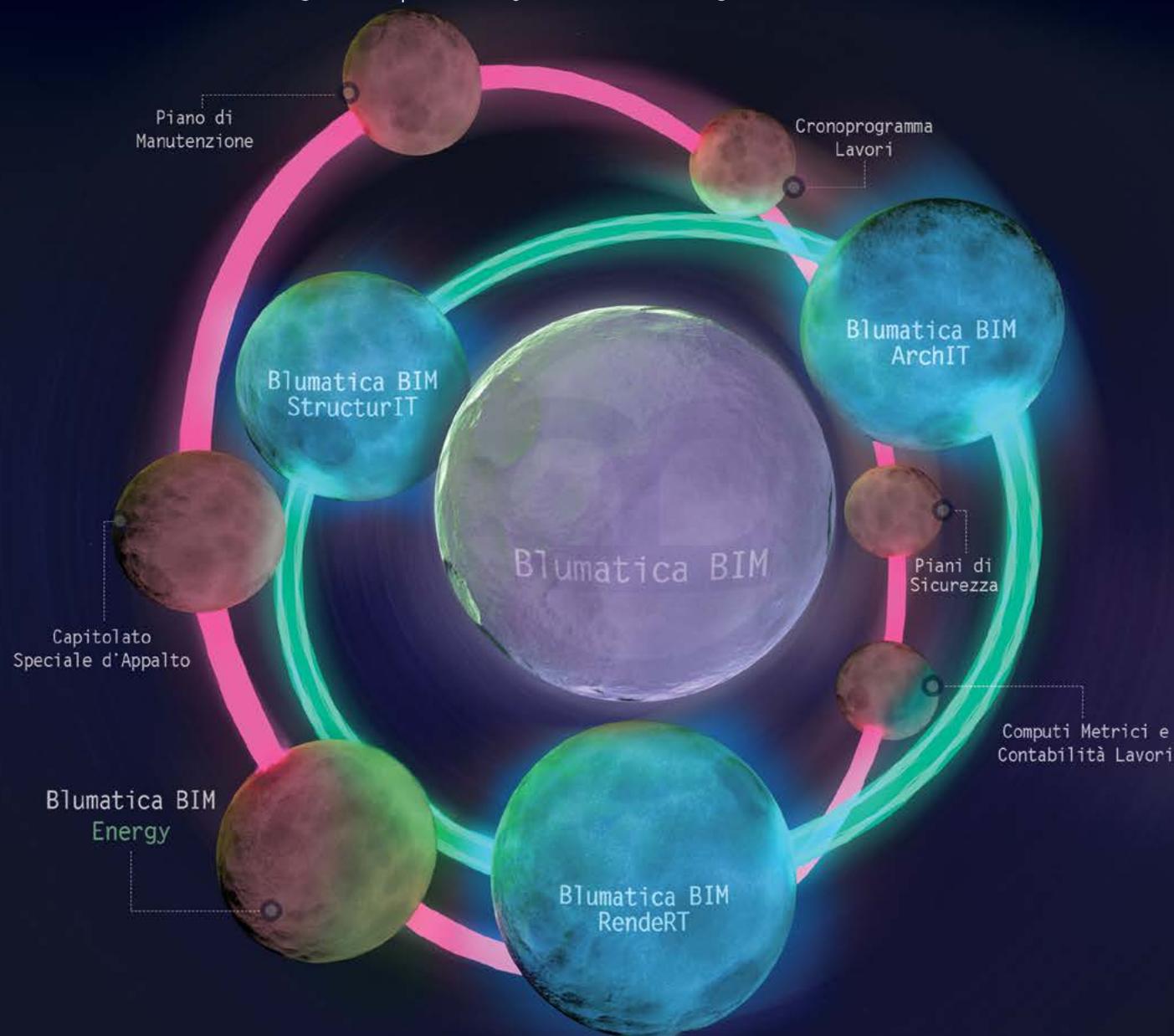
Andres Saldivia, Massimo Santarelli, Guido Saracco, Fabrizio Sibilla,

Dimosthenis Trimis, Francesca Verga.

L'Ingegnere Italiano

Blumatica BIM

La suite di progettazione BIM realmente integrata...
Dal BIM authoring al quantity take-off gestisci in automatico...



Blumatica BIM ArchIT
Progettazione 3D

Blumatica BIM RenderT
Rendering Real Time,
Fotoinserimento e Realtà Immersiva

Blumatica BIM Energy
Calcolo energetico (APE, AQE,
relazione tecnica, ecc.) in
automatico dal modello
architettonico

Blumatica BIM StructurIT
Calcolo, design e verifica degli
elementi strutturali in c.a.

WWW.BLUMATICA.IT/BIM



Ingegneri pronti a realizzare la rivoluzione energetica

Gli ingegneri italiani da sempre hanno ben presente qual sia il ruolo che sono chiamati a svolgere nelle trasformazioni e nella crescita delle economie e delle società moderne. Ne è consapevole, in particolare, il Consiglio Nazionale Ingegneri che alla fine del 2017 ha organizzato a Roma il World Engineering Forum intitolato “Salvaguardare il patrimonio comune dell’umanità. La grande sfida per gli ingegneri”. Noi partiamo sempre dalla constatazione del fatto che dietro ogni processo di sviluppo economico e tecnologico c’è sempre la mano di un ingegnere. Proprio per questo, ormai da tempo, ci interroghiamo su quale tipo di progresso abbiamo deciso di garantire alle generazioni future, considerando che l’ingegneria genera tecnologie che hanno un impatto costante su qualsiasi contesto sociale. Agire nella direzione di una crescita sostenibile, equa ed inclusiva non rappresenta uno slogan. Al contrario, nell’ingegnere contemporaneo nasce la consapevolezza di dover agire in modo da preservare le risorse del pianeta – che purtroppo non sono illimitate - consegnando alle future generazioni un ambiente integro, vivibile e sicuro. In questo contesto si inserisce il tema della transizione energetica, al quale abbiamo deciso di dedicare questo numero monografico dell’Ingegnere Italiano.

Tale transizione rappresenta il passaggio dalle fonti di produzione energetica basate principalmente sull’uso di fonti non rinnovabili come petrolio, gas e carbone, a un più efficiente e meno inquinante mix di energie rinnovabili. Non stiamo parlando di un processo inedito nella storia dell’umanità. Transizioni simili si verificarono col passaggio dall’utilizzo del legno al carbone, al successivo utilizzo massiccio delle risorse petrolifere, fino all’introduzione dell’energia nucleare. L’epoca contemporanea ha visto l’affermazione delle cosiddette energie rinnovabili, le quali, tuttavia, a differenza del passato, non sono riuscite a soppiantare le fonti tradizionali di approvvigionamento energetico, limitandosi ad affiancarle. Basti pensare che tra il 1990 e il 2015 la percentuale dell’uso delle energie rinnovabili, su base mondiale, è rimasta invariata, risultando incrementata di appena un punto, dal 13% al 14%. Il nostro Paese, a questo proposito, per iniziativa del MISE ha elaborato il Piano Nazionale integrato per l’Energia e il Clima, finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di efficienza, riduzione delle emissioni di CO₂ e sviluppo delle fonti rinnovabili sulla base delle indicazioni europee. Esso prevede, in particolare, la copertura del 30% dei consumi attraverso l’uso delle energie rinnovabili. Inoltre, fissa al 2015 lo spegnimento totale delle centrali a carbone col conseguente aumento della quota percentuale di rinnovabili elettriche, grazie allo sviluppo tecnologico e al potenziamento degli impianti attualmente in uso, in particolare quelli fotovoltaici ed eolici.

Gli ingegneri italiani, perfettamente consapevoli degli obblighi di cui sono chiamati a farsi carico in qualità di professionisti, hanno un’idea precisa su quale debba essere la direzione da intraprendere nell’immediato futuro e quanto sia inevitabile il completamento della transizione energetica. Le scelte spettano alla politica. Gli ingegneri mettono a disposizione della collettività le proprie competenze. Oggi possediamo conoscenze e strumenti tecnologici che rendono possibile una nuova rivoluzione. Noi ingegneri siamo pronti a realizzarla.

Armando Zambrano

Presidente Consiglio Nazionale Ingegneri



Transizioni

Nell'attraversamento di luoghi di tempi e di spazi, nelle mutazioni dei linguaggi e dei movimenti degli umani, si concretizza il *passaggio*, *l'andare oltre*, azione cardinale e primigenia dell'esistenza, ma anche espressione autentica del rapporto fra uomo (individuo/collettività) e ambiente.

Transizione (dal latino *trans-ire*, andare oltre) significa passare, attraversare, trasformare.

In chimica e fisica indica il passaggio da uno stato ad un altro e, spesso, da un livello energetico ad uno differente. In genetica costituisce una mutazione.

Per la termodinamica, e non solo, le transizioni sono il passaggio da una situazione di equilibrio ad un'altra.

Passaggi che possono essere reversibili, trasformazioni che consentono, cioè, di essere ripercorse in senso inverso riportandoci alle condizioni di partenza, oppure irreversibili, caratterizzate dall'impossibilità del ritorno allo stato iniziale.

Transizioni. Passaggi attraverso il tempo e lo spazio.

... *passaggi e passaggi, passaggi di tempo, ore infinite come costellazioni e onde* ... come nella poesia in musica di Fabrizio De Andrè e Ivano Fossati nel pezzo che negli anni '90 ha dato il titolo all'omonimo album *Anime Salve*.

Quello che stiamo vivendo – e non per molto ancora – è l'unico tempo (passaggio) in cui coesistono e si sovrappongono le generazioni dei nativi analogici, o se volete dei nativi “non digitali” (quelli, per intenderci, che hanno studiato quando non esisteva Internet, Google, gli smartphone, Spotify; quelli che sono cresciuti con il biliardino e così via), e dei nativi “digitali”.

La tecnologia ha ridotto, in ogni campo dell'agire umano, la distanza tra pensiero e azione. Penso, per esempio, alla chirurgia, la cui etimologia, dal greco antico χειρουργία, unisce la “mano” (χειρ) all'“opera” (εργον) (letteralmente “operazione con la mano”). Oggi il collegamento tra il pensiero del chirurgo e la sua mano è elevato all'ennesima potenza da innovazione, tecnologia, robotica, automazione.

Ricordate “Ritorno al futuro” ideato e diretto dal genio sperimentatore Robert Zemeckis? Era il 1985. Un tempo in assoluto abbastanza vicino, ma che ci appare un'altra era geologica.

Immaginate di salire insieme a un chirurgo degli anni '90 sulla macchina del mitico Doc per un piccolo, ma reale, salto temporale fino a oggi, il 2019 (cioè, percorrendo uno spazio-tempo di cui conosciamo praticamente tutto). L'esperienza e la conoscenza di quel chirurgo non sarebbero più sufficienti per agire in una sala operatoria dei nostri giorni. E questo accade, forse con gradazioni e velocità differenti, in ogni campo dell'agire umano.

Lo sfruttamento delle risorse, la riduzione o meno dell'inquinamento, gli effetti dell'azione dell'uomo sul clima, dipendono, ancor prima che dalle scelte politiche, da una transizione culturale consapevole che parta dal rimettere insieme sapere scientifico e cultura umanistica. La cosiddetta transizione energetica implica, ancor più di altri passaggi, la consapevolezza della necessità del ri-cercare l'unità, la sintesi, tra saperi e competenze nel rapporto tra uomo e ambiente.

Il linguaggio dell'ingegneria e la sua capacità di muoversi al confine tra teoria e prassi, tra pensiero meditante e pensiero calcolante, tra discipline differenti, diviene oggi elemento necessario (ma non sufficiente) per immaginare il mondo.

Per questi e infiniti altri motivi, che per ovvie ragioni di spazio non posso accennare, si avverte, oggi, l'urgente necessità di un'idea credibile di progresso da dare ai nostri figli. Perché, si sa, in mancanza di uno sguardo lungo anche l'azione diventa corta.

E per costruire questa idea credibile di progresso è anche necessario unire quelle competenze che, nelle migliori università del mondo, si sono separate impedendoci di capire cosa davvero sta accadendo.

Le energie rinnovabili devono essere anche e soprattutto quelle intellettuali, scientifiche, professionali, politiche, industriali, imprenditoriali del nostro Paese, in modo da percorrere consapevolmente le transizioni del nostro tempo.

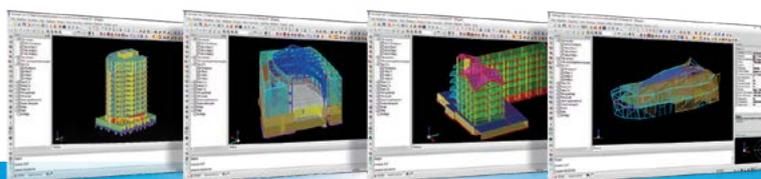
Gianni Massa

Vice Presidente Consiglio Nazionale Ingegneri



Sismicad 12. Fluido, adattabile, piu' versatile di quanto pensi.

Confrontati con le sue caratteristiche, guarda i filmati esplicativi, leggi il manuale, provalo e testalo nei casi che ritieni più interessanti. Potrai verificare come Sismicad, con il suo solutore FEM integrato, il facile input 3D (anche in Autocad), le funzionalità BIM, le verifiche per edifici esistenti, i rinforzi, la geotecnica, le murature, l'acciaio, le pareti in legno con giunzioni e molto altro, sia da tempo un software di riferimento seguito da molti professionisti per la sua adattabilità a tutte le esigenze di calcolo strutturale. **Provalo, è più versatile di quanto pensi!**



377

	5	Armando Zambrano
	6	Gianni Massa
	10	Guido Saracco
	13	
	14	Luca Bertelli
18		Massimiliano Antonini/Andres Saldivia
	22	Carlo Nicolais
	24	Catia Bastioli
	28	Guido Bezzi
	33	
	34	Francesca Verga
	40	Fabrizio Sibilla
	44	Franco Del Manso
	48	David Chiaramonti
	54	Dimosthenis Trimis
	58	Gaetano Iaquaniello
62		Sergio Lombardini/Giacobbe Braccio
66		Massimo Santarelli/Piero Salatino
	73	
	79	Redazione PPAN
	80	/ /
	85	/ /
	90	/ /
	96	/ /

/ sommario

Ingegneri pronti a realizzare la rivoluzione energetica

Da inserire

L'ingegnere creativo nella rivoluzione digitale

Visions

La storia dell'ultimo decennio nell'esplorazione per idrocarburi e il contributo di ENI

Il gas naturale liquefatto, un vettore di importanza crescente in Italia e nel mondo

Nextchem and Maire Tecnimont group's green acceleration challenge

Biocombustibili dai rifiuti, ma con una attenzione al suolo

Il biogas fatto bene e la sua importanza in una economia circolare e sostenibile

DENTRO LA SCIENZA

Innovazioni tecnologiche per il settore oil&gas nell'ottica della transizione energetica

Nuove tecnologie per il biometano

Fuels for future maritime transportation

The challenge of renewable and recycled carbon fuels: an opportunity for climate, but also for industry, agriculture and jet applications

Power-to-gas: the key enabler for a CO₂-neutral energy system

How the transition in chemistry and energy production are going to produce opportunities for innovation & business

Processi di Hydrotreating per la raffinazione di bio-oli

Idrogeno da fonti rinnovabili: un vettore chiave per un mondo sostenibile

Il contest

FOCUSING

La sostenibilità del costruito: da piattaforma petrolifera a hotel faro

La Sicilia saluta il petrolchimico di Gela: si punta al carburante bio

Dalla mensa al metano: il progetto dell'Enea

Gli autori di questo numero



L'ingegnere creativo nella rivoluzione digitale

Per la maggior parte della Storia la vita umana è stata breve, pericolosa e tutto sommato, noiosa. Nascevi e morivi nella stessa classe sociale. La forza bruta e le guerre erano il principale ascensore sociale. Meglio perderlo che trovarlo. Le tecnologie si sviluppavano in buona parte nelle macchine da guerra.

Poi è arrivata prorompente la rivoluzione industriale, con le sue “nuove macchine” elaborate dall’uomo per l’uomo, perché, non dimentichiamolo, la tecnologia è un risvolto dell’umanità. La meritocrazia si è fatta largo. Almeno in linea di principio, chiunque, grazie al suo sapere e alla sua intraprendenza, poteva ascendere socialmente ed essere riconosciuto nei suoi meriti. Questo non ha eliminato conflitti e diseguaglianze, ma la vita è diventata grazie alla tecnologia molto più stimolante e confortevole. In questo quadro sono nate le prime scuole di ingegneria nel XIX secolo, tra queste il Politecnico di Torino, già Scuola di Applicazione per gli Ingegneri, nel 1859.

Per 160 anni abbiamo laureato ingegneri con solide basi scientifiche, ottime conoscenze tecnologiche e un senso critico adeguato a guidare l’evoluzione di una società in continuo “progresso”.

Oggi però questo panorama è cambiato, non perché la tecnologia e la meritocrazia abbiano fallito, ma piuttosto perché sono riuscite sin troppo bene. Nella rivoluzione digitale le tecnologie crescono più velocemente della società, e questo rischia di farle uscire dal controllo umano (non lo sono mai state interamente, ma oggi è più chiaro che mai).

Le diseguaglianze tra est e ovest del mondo sono al loro apice, come pure quelle tra ricchi e poveri. Grandi capitali si concentrano in poche mani e non vengono spesi olivetianamente per il proprio territorio, la propria gente, facendo crescere lo scontento.

Bussa alle porte della famosa tripla elica Accademia-Industria-Politica un quarto prepotente attore: la Società.

Il rischio che corriamo è che in questo momento storico la rabbia prevalga e con essa il rifiuto del sapere e della sua autorevolezza. Troppo spesso il parere di un esperto viene liquidato con un “questo lo dice lei”, che esprime talora amarezza e diffidenza, talora tutta la furbizia di chi, con una battuta, si trova nella condizione di saltare a piedi giunti decenni di studi del malcapitato.

In un quadro di questo genere, il meccanismo della meritocrazia si inceppa. Non è più il singolo a fare la differenza, deve farla la collettività, formata e motivata attraverso un incontro di competenze tecniche e di saperi umanistici. È una partita imprescindibile nella quale l’incontro fra Università e Società gioca un ruolo decisivo.

Il Politecnico di Torino e molte università italiane si stanno dedicando

MapeWrap® EQ System

LA RISPOSTA **SICURA** IN CASO DI
TERREMOTO



MapeWrap EQ Adhesive:

Adesivo monocomponente all'acqua pronto all'uso in dispersione poliuretanica

MapeWrap EQ Net:

Tessuto bidirezionale in fibra di vetro pre-apprettato



Il sistema di **presidio brevettato** e **certificato** nei confronti delle **azioni sismiche**, indicato per l'**ANTIRIBALTAMENTO** delle tramezze e dei tamponamenti.



SISMABONUS

Rinforza con Mapei e ottieni le detrazioni fiscali sugli interventi di riduzione del rischio sismico.

È TUTTO **OK**, CON **MAPEI**

Scopri di più su rinforzo-strutturale.it

 **MAPEI**[®]
ADESIVI • SIGILLANTI • PRODOTTI CHIMICI PER L'EDILIZIA



a produrre impatto sociale e con questo a rivoluzionare il proprio modo di formare, fare ricerca, promuovere l'innovazione, di coinvolgere la società in eventi di familiarizzazione con le nuove tecnologie. Occorre sconfiggere le paure ed i disagi che pervadono sempre di più la gente e promuovere uno sviluppo sostenibile ed inclusivo formando un "ingegnere creativo", che conosca non solo la matematica, fisica, chimica e informatica ma anche un poco le scienze dell'uomo e della società (etica, sociologia, economia, giurisprudenza) per conoscere a fondo i problemi a cui porre rimedio tecnologicamente, che sappia lavorare in gruppo interagendo con specialisti di queste e altre discipline, che sappia comunicare da solo e in gruppo.

Fondamentale il ruolo di questo ingegnere nella transizione energetica nella quale "oil & gas" ci accompagneranno ancora a lungo nella prospettiva etica e sociale della riduzione dell'inquinamento, della lotta ai cambiamenti climatici, nella ricerca di una crescita sostenibile in cui l'economia circolare e la preservazione delle risorse naturali e dell'ambiente diventeranno sempre più un tratto costitutivo della nostra vita.

Guido Saracco

Rettore Politecnico di Torino



VISTA VISIONS

La storia dell'ultimo decennio
nell'esplorazione per idrocarburi
e il contributo di ENI

L'ultimo decennio ha visto cambiamenti che hanno trasformato lo scenario dell'esplorazione per la ricerca di idrocarburi nel mondo. Il contesto competitivo e i *competitor* stessi sono profondamente mutati. La trasformazione nel settore della esplorazione richiede attente analisi e approfondimenti e l'evoluzione è ancora in corso. Tuttavia quello che ha contraddistinto il settore, nel recente passato, è stata una chiara e progressiva catalizzazione degli investimenti esplorativi nelle aree di nuova frontiera dell'esplorazione convenzionale, rappresentate per lo più dalle acque profonde e ultra profonde e il rapido sviluppo dei temi "non convenzionali", i così definiti "*Unconventionals*" (UC), nei bacini Onshore degli Stati Uniti. A partire dal 2015 in poi con la caduta dei prezzi si è anche osservato un generale ridimensionamento del settore nel suo complesso in termini di investimenti che sono scesi mediamente dal 40% al 50%.

L'esplorazione delle acque profonde e ultraprofonde

Le International Oil Companies (IOCs) hanno dedicato la gran parte dei propri investimenti ai temi "convenzionali" per esplorare le acque profonde e ultra profonde dei margini continentali. Queste aree erano considerate quelle a maggior potenziale di nuove risorse, in considerazione del fatto che per le IOCS l'accesso a aree controllate dalle grandi compagnie Nazionali (NOCs) nei propri territori *onshore* e in acque poco profonde era impedito o comunque limitato.

La storia recente racconta che in effetti i nuovi grandi volumi scoperti a olio e gas nell'ultimo decennio derivano da questa tipologia di esplorazione eseguita principalmente dalle IOCs e da compagnie "*Mid-Independent*".

Tra tutti segnaliamo, in ordine di importanza in termini di apertura di nuovi grandi bacini e di risorse recuperabili, le scoperte a Olio & Gas nel bacino di Santos, nel *deep-offshore* del Brasile, le scoperte supergiganti a gas nel Bacino del Rovuma in Mozambico, le scoperte giganti a gas nel bacino Levantino del Mediterraneo Orientale, e recentemente le scoperte a gas nel bacino MSGBC in Senegal e Mauritania in Africa Occidentale, le scoperte nei nuovi temi dei margini trasformati atlantici iniziate in Ghana e recentemente continuate nel margine coniugato americano in Guyana con temi a olio di classe gigante. Contributi addizionali nel decennio hanno dato bacini noti e provati in acque convenzionali come la Piattaforma Continentale Norvegese con la scoperta di alcuni campi di classe giant, il Golfo del Messico. Le scoperte effettuate in questi bacini hanno contribuito in parte al rimpiazzo delle riserve mondiali. La gran parte delle rocce serbatoio dove sono state scoperte risorse in questo tipo di esplorazione hanno ottime caratteristiche in termini di porosità e permeabilità e quindi consentono produttività elevate e declini di produzione "convenzionali" nella media del 3-5% anno. Hanno però associati costi di sviluppo di produzione e costi operativi importanti e tempistiche di messa in sviluppo dai 3 ai 7 anni in media. Il ritorno degli investimenti è quindi garantito nel medio lungo termine (cicli medio lunghi).

Lo sviluppo dei temi non convenzionali

Contemporaneamente l'ultimo decennio ha visto in parallelo il fenomeno della crescita dei temi "non convenzionali" ovvero lo sfruttamento prima delle "gas shales" e poi a seguire delle "oil shales" nei bacini continentali americani, i così denominati "Unconventionals" (UC). Questo fenomeno, iniziato come area di nicchia da piccole compagnie indipendenti, ha poi finito per coinvolgere progressivamente con sempre maggiore intensità anche le compagnie "mid independent" e poi ultimamente anche le "majors" e "supermajors". Il riposizionamento è stato principalmente fatto dalle compagnie americane ma anche da alcune "majors" e "supermajors" Europee e Asiatiche.

L'esplorazione sui temi UC, al contrario di quella prima descritta, è una esplorazione a medio basso rischio, poiché i temi vengono denominati "blanket plays"; gli idrocarburi infatti sono contenuti direttamente all'interno dei nanopori delle rocce madri e non necessitano delle condizioni di migrazione e intrappolamento degli idrocarburi "convenzionali". Tuttavia, date queste caratteristiche (bassissime porosità e permeabilità), le rocce sature in idrocarburi non convenzionali, non riescono a produrre per solo differenziale di pressione (come i reservoir convenzionali) ma necessitano di intensi processi di fratturazione idraulica per essere portate in produzione. A causa delle loro caratteristiche intrinseche, hanno produttività limitate e soprattutto, una volta messe in produzione, sono caratterizzate da tassi di rapido declino dell'ordine del 50-70% anno, ovvero di un fattore di grandezza superiore alle fonti convenzionali. Questi aspetti negativi sono compensati da altri fattori. Infatti, al contrario dello sviluppo delle risorse convenzionali in acque profonde e ultra profonde, queste risorse hanno tempi di messa in produzione rapida (cicli corti). Richiedono però per mantenere i livelli produttivi continui investimenti e nuove attività di perforazione. Sono quindi attività molto "capital intensive". Per questo motivo lo sfruttamento delle risorse Olio e Gas nei temi UC è stato accreditato come una "Factory" dell'Olio e Gas. Un altro fattore importante, accertato grazie all'enorme mole di dati acquisiti negli anni di attività è che le aree UC capaci di assicurare capacità produttive redditive sono limitate realmente a quelle definite come "Sweet Spots". Le aree marginali a queste hanno produttività troppo limitate per poter assicurare una redditività adeguata degli investimenti. In sintesi lo sfruttamento degli UC richiede un continuo apporto di capitali, ha limitata redditività e ha impatti di sostenibilità di medio-lungo termine importanti a causa dei processi di fratturazione idraulica e delle re-iniezione e smaltimento delle acque di produzione. L'altra caratteristica peculiare è che il successo degli UC è dovuto puramente al modello Americano e solo in questo contesto ha potuto sviluppare al meglio le sue prerogative. Negli Stati Uniti infatti oltre a essere presenti bacini con buona qualità delle rocce UC il fattore determinante è che la legislazione associa ai privati la proprietà dello sviluppo delle risorse del sottosuolo, e questo, dato il loro

ritorno economico immediato, rende perseguibile l'invasività di tale attività. A questo si aggiunge la disponibilità di una industria di servizi altamente competitiva.

ENI studiò a suo tempo, con attenzione e meticolosità, le opportunità di ingresso nell'UC americano. Le risultanze furono che Eni non ritenne perseguibile un ingresso organico negli UC americani. Questo poteva essere realizzato solo attraverso costose operazioni di portafoglio. Inoltre fu considerato un modello di business ritenuto scarsamente sostenibile nel medio lungo termine e a bassa redditività. Fu quindi deciso di focalizzare sforzi e strategia per cercare di fare al meglio quello che già la Società sapeva, esplorazione "convenzionale organica", ma dandosi un profilo nuovo da protagonisti rispetto al passato.

Risorse "convenzionali" e "non convenzionali" a confronto

Il grande dualismo nel quadro della esplorazione è stato dettato da questo confronto di economicità tra i due temi dei quali abbiamo descritto. Cicli brevi con redditività medio bassa, per i temi UC che richiedono una continua iniezione di investimenti per mantenere la produttività ma assicurano produzioni immediate, o cicli medio lunghi che richiedono forti investimenti "upfront" prima di vedere ritorni economici ma poi produttività e redditività alte per lunghi periodi. La volatilità del prezzo verificatasi nell'ultimo quinquennio e in prospettiva gli scenari della transizione energetica in atto stanno però comunque spingendo l'industria dell'Olio e Gas verso pianificazioni con cicli più corti. Il futuro si giocherà sul costo di produzione di queste fonti che competono tra loro a seconda delle situazioni ma che comunque necessitano oggi entrambi di prezzi superiori ai 50\$/bbl per risultare remunerative. Lo sviluppo della tecnologia sarà ancora una volta il fattore per capire quali delle due alternative possa avvantaggiarsi rispetto all'altra.

Il panorama della competizione internazionale in esplorazione

Questa dualità ha comportato nell'ultimo decennio scelte strategiche di riposizionamento nel mondo della competizione tra le Compagnie Olio e Gas. Si è assistito a un graduale riposizionamento delle compagnie "mid-cap" americane e anche di alcune majors sulla posizione dei temi UC nel paese per ovvia scelta di profili di minor rischio; il posizionamento sui temi UC in US è stato portato avanti in parallelo con il progressivo ridimensionamento o la loro uscita dai portafogli internazionali. Il risultato è stato quello di accettare un portafoglio di basso rischio ma di minore redditività. Questa contestualità riducendo il numero di Compagnie attive nel decennio nei temi della esplorazione "convenzionale" ha liberato spazio a nuovi attori, nel passato non di primo piano, come ENI.

Il risultato netto se tracciamo una sintesi oggi degli ultimi 10 anni di attività è che l'esplorazione petrolifera "convenzionale" complessivamente si è contratta divenendo via via più piccola considerato che ha visto una decrescita degli investimenti con un fattore tra il 40% e 50% globalmente. Gli UC, i bassi prezzi post 2014 e la loro volatilità sono i due fattori chiave di questo ridimensionamento complessivo della esplorazione convenzionale per idrocarburi che con i suoi investimenti oggi riesce a contribuire per non più del 30-40% al tasso di rimpiazzo delle riserve prodotte nel mondo su base annua. La rimanente parte è costituita solo dalla rivalutazione dei campi scoperti e dalla crescita delle risorse UC, ma di questionable economicità. L'altro fattore caratteristico è che gli investimenti rimasti in esplorazione sono divenuti vieppiù focalizzati, con attenzione a sviluppare quelli in bacini e super bacini provati e ridurre quelli in esplorazione di frontiera.

Il ruolo di ENI nel decennio

Parlando di Eni, è la società che forse ha saputo cogliere nel decennio un periodo anticiclico, sviluppando nello stesso una strategia fortemente distintiva che l'ha vista concentrarsi per scelta, nella esplorazione di tipo convenzionale. Eni ha guadagnato spazio, ha acquisito accesso da protagonista ad aree prima preclusegli dalla presenza di altri grandi operatori e grazie allo sviluppo di tecnologie di eccellenza (Fig. 1-3), alla reingegnerizzazione dei processi, alla forte leadership interna e alle competenze è riuscita a conquistare nei 10 anni il primato come la compagnia di maggior successo nell'esplorazione mondiale, realizzando scoperte di classe "giant" e "supergiants" con cadenza costante, ogni 2-3 anni, ma soprattutto mantenendo la sostenibilità del proprio processo esplorativo nel continuo. L'Eni di oggi è più forte e più solida grazie anche a questa importante storia di successo nella esplorazione.

- 1 - Una Unita' Floating Production Storage & Offloading (FPSO) per la produzione di campi in acque profonde
- 2 - Il Green Data Center Eni a Ferrera Erbognone che ospita i sistemi di supercalcolo
- 3 - Il sistema Eni di supercalcolo ibrido HPC4 con una potenza di picco di 18 PetaFlop/s

1



2



3



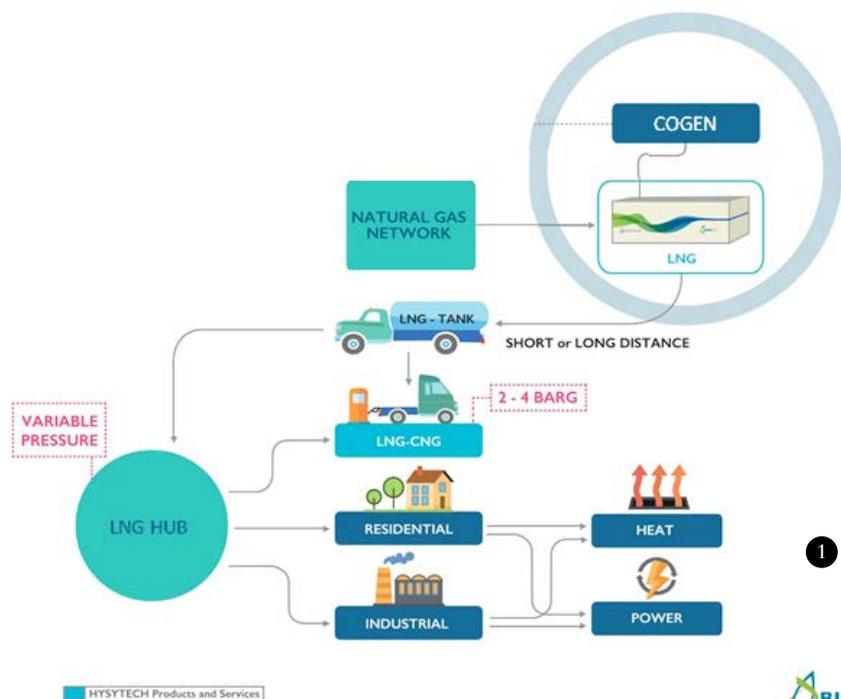
Il gas naturale liquefatto, un vettore di importanza crescente in Italia e nel mondo

Nell'ambito delle nuove tecnologie legate alla chimica verde e all'economia circolare, negli ultimi anni stanno crescendo l'attenzione e l'interesse nei confronti delle applicazioni che utilizzano il gas naturale liquefatto (GNL o LNG, dall'inglese Liquefied Natural Gas).

Il gas naturale liquefatto si ottiene, dopo opportuni trattamenti di depurazione e disidratazione, sottoponendo il gas naturale a successive fasi di raffreddamento e condensazione.

Le origini della tecnologia risalgono agli inizi degli anni '20 del Novecento, quando si svilupparono le prime tecniche di liquefazione dell'aria. Negli anni '30, per scopi militari, venne avviato il recupero dell'elio dal gas naturale, tramite liquefazione, e nei successivi anni '40 furono realizzate le prime applicazioni per stoccare gas combustibile sotto forma liquida. Negli anni '60, quindi, vennero realizzati i primi grandi impianti di liquefazione per esportazione di combustibile.

Oltre che nel campo residenziale e in quello industriale, il gas naturale liquefatto può essere utilizzato nei trasporti come carburante ecologico atto ad alimentare i mezzi pesanti (Iveco, Scania, Volvo) (Fig. 1). Anche il settore navale, dalle piccole imbarcazioni ai traghetti e fino ai mezzi più importanti, può rendere il proprio footprint ambientale più leggero, senza diminuire la potenza e l'autonomia delle missioni.



Il GNL, inoltre, può essere ricavato dal biometano, gas conforme alle specifiche di rete del gas naturale, il quale a sua volta può derivare:

- dalla purificazione – upgrading – del biogas prodotto dalla digestione anaerobica di biomassa (frazione organica dei rifiuti urbani, sottoprodotti agricoli o dell'industria alimentare, depurazione delle acque, ecc.);
- dalla metanazione della CO₂, come avviene nel primo impianto italiano di questo tipo, inaugurato a Troia (FG), nel settembre 2018, come parte del progetto EU H2020 STORE&GO .

In questi casi, le applicazioni che impiegano bio-GNL hanno un impatto ambientale comparabile a un mezzo elettrico alimentato con energia elettrica rinnovabile.

Nel panorama dello sviluppo di nuove applicazioni più compatibili con l'ambiente, esiste l'opportunità della produzione di GNL su scale più ridotte rispetto alle taglie tipiche dei grandi terminali Oil&Gas.

Si tratta di criogeneratori in grado di fornire il raffreddamento necessario al processo di liquefazione su taglie d'interesse per la produzione locale di GNL. In particolare, la tecnologia in oggetto risulta molto competitiva per la maggior efficienza energetica rispetto ai tradizionali processi di taglia maggiore (cicli Linde, Claude, Joule-Thompson, Brayton) sull'intervallo di produzione giornaliera da 1 tonnellata fino a 30 tonnellate.

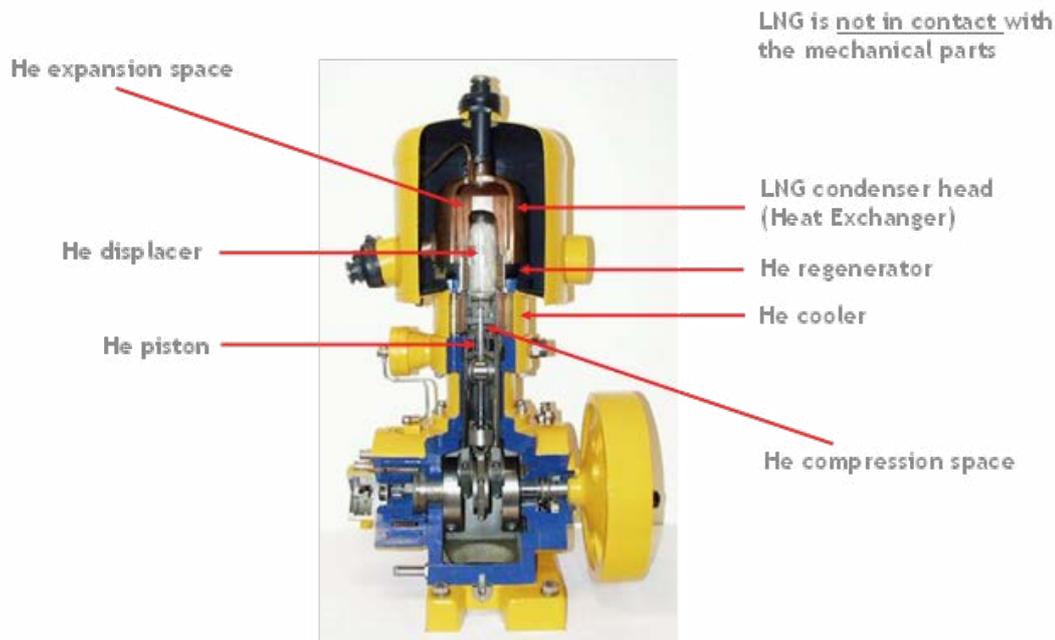
Il criogeneratore Stirling (www.stirlingcryogenics.eu, Fig. 2) nasce nel 1938 presso i laboratori di ricerca Philips, che a quel tempo stavano lavorando per generare elettricità allo scopo di alimentare le radio in aree remote. Il motore ad aria

calda (ciclo Stirling convenzionale) aveva attirato l'attenzione per l'estrema flessibilità nell'impiego di combustibili di qualsiasi tipo. Nel 1946 Philips iniziò lo sviluppo del criogeneratore inteso come frigorifero a gas freddo, ossia la macchina inversa del motore ad aria calda.

Nel 1990 il successo commerciale rese indipendente la società Stirling Cryogenics B.V., che, grazie alla continua innovazione e a notevoli investimenti in ricerca e sviluppo, fornisce oggi sul mercato delle applicazioni speciali un macchinario tecnologicamente avanzato per il raffreddamento di gas e liquidi a temperature estremamente basse (da 200 K a 15 K). I campi di applicazioni coprono la liquefazione di gas come N₂, O₂, Ar, Ne, H₂ e anche il CH₄. Inoltre, lo stesso ciclo può anche essere utilizzato nel raffreddamento sensibile (ad es. sotto raffreddamento di liquidi criogenici, come sub-cooled LNG) o in congiunzione con l'espansione Joule-Thomson per il raffreddamento di He fino a 2K (-271°C).

Il ciclo di Stirling è un ciclo chiuso, il che significa che il gas di lavoro del criogeneratore (He in stato gassoso) non viene mai a contatto con la sostanza (gas o liquido) che si raffredda nel processo principale. Ciò elimina anche la contaminazione del gas di lavoro, con conseguente maggiore sicurezza operativa.

- 1 - Possibili impieghi del gas naturale liquefatto.
- 2 - Caratteristiche di un criogeneratore Stirling.



Il ciclo Stirling chiuso offre anche ulteriori vantaggi:

- Il criogeneratore Stirling è estremamente ecologico: non provoca in alcun modo l'esaurimento dello strato di ozono, non contribuisce all'effetto serra e non scarica gas nocivi o tossici.
- Il criogeneratore Stirling è estremamente efficiente, soprattutto se paragonato ad altri processi criogenici. Stirling è l'unica azienda al mondo che produce con successo criogeneratori a ciclo Stirling con potenza di raffreddamento di 1.000-4.000 watt (a 77 K).

Il ciclo di Stirling comporta alternativamente la compressione e l'espansione di una quantità fissa di un gas quasi perfetto (noto anche come gas ideale) in un ciclo chiuso. L'elio viene utilizzato per questo. La compressione avviene a temperatura ambiente per facilitare lo scarico del calore causato dalla compressione, mentre l'espansione viene eseguita alla bassa temperatura richiesta.

Il primo passo sulle applicazioni industriali di liquefazione di gas naturale impiegando il ciclo Stirling è stato sulla ricondensazione dei vapori di GNL negli stoccaggi o bettoline (*bunkering barges*). In questo caso, la condensazione del gas naturale è fondamentale per il controllo della pressione all'interno dei serbatoi di stoccaggio di GNL. Le caratteristiche di affidabilità, compattezza e modularità hanno reso il criogeneratore Stirling una soluzione tecnicamente di primo livello. Installazioni come la "Clean Jacksonville" in Florida, USA, costruita da CONRAD e operata da FOSS, impiegata nel rifornimento di navi portacontainer TOTE; la "LNG London" costruita da VICTROL e SOGESTAN, impiegata nei rifornimenti per conto di Shell; sono tra i primi esempi di successo della tecnologia Stirling nel campo del LNG a livello industriale.

Stirling Cryogenics è oggi specialista mondiale in tecnologia criogenica e vanta un elenco di referenze con oltre 3.000 installazioni in tutto il mondo. Dal 2018 Stirling Cryogenics è proprietà del gruppo HYSYTECH.

Hysytech S.r.l. (www.hysytech.com) è una società di ingegneria fondata nel 2003, specializzata nella progettazione, sviluppo e implementazione industriale di nuove tecnologie e apparecchiature di processo chiavi in mano. Il know-how nell'ingegneria chimica e di processi, parte dal concepimento di soluzioni innovative, passando per la progettazione ingegneristica, arrivando fino alla messa in servizio, monitoraggio e manutenzione. Opera prevalentemente nel campo della generazione, trattamento e recupero di gas industriali, liquidi organici ed energia, secondo le pratiche ingegneristiche di primo livello nel mondo impiantistico, anche attraverso l'implementazione di tecnologie proprie e brevettate.

Le capacità e l'esperienza acquisite e maturate attraverso le diverse attività di consulenza, modellazione, simulazione, sviluppo e realizzazioni di impianti eseguite negli anni, sia nell'ambito dei progetti di ricerca Europei, Nazionali, Regionali

e Provinciali, sia insieme ai partner e clienti industriali più importanti del panorama industriale italiano, hanno permesso alla Società di consolidare un team di tecnici ed ingegneri con competenze multisettoriali, che oggi può offrire un'ampia e flessibile gamma di servizi altamente specializzati per l'implementazione chiavi-in-mano o l'assistenza allo studio e realizzazione di applicazioni produttive con tecnologie innovative.

Le principali tipologie di attività fornite sono le seguenti:

- Consulenza (valutazioni di fattibilità, sviluppo di *business plan* e *problem solving* nell'ambito del settore industriale e dell'ingegneria di processo);
- Progettazione, costruzione ed installazione di impianti di processo nel settore chimico, energetico ed ambientale e di apparecchiature speciali (impianti pilota e dispositivi di test e collaudo);
- Ricerca applicata e sviluppo tecnologico per PMI, GI e Centri di Ricerca italiani ed internazionali;
- Assistenza, Manutenzione e conduzione di impianti di processo (limitatamente ai settori di competenza).

Hysytech ha sviluppato una notevole esperienza nel settore del trattamento dei gas ed ha sviluppato e messo in commercio prodotti innovativi per la produzione on-site di Idrogeno ad altissima purezza, per la purificazione del biogas finalizzato alla generazione di biometano in specifica di rete e per la liquefazione di metano da rete e da fonte biologica. Inoltre, sono in corso di sviluppo prodotti per il Power to Gas e Power to X per l'utilizzo di corrente elettrica rinnovabile allo scopo di produzione di combustibili sintetici e prodotti chimici verdi.

Stirling Cryogenics B.V. (www.stirlingcryogenics.eu) è una società nata da Philips ed acquisita nel 2018 da Hysytech S.r.l. La sede è ad Eindhoven in Olanda. La società progetta e costruisce soluzioni criogeniche basate sui diversi criogeneratori della propria gamma di prodotti. Tutti i criogeneratori sono basati sul ciclo termodinamico (invertito) Stirling e hanno una lunga storia, un track record altamente affidabile e un'alta efficienza. Uno dei prodotti principali sono i sistemi autonomi di produzione di azoto liquido (StirLIN's), che producono azoto liquido (LN2) in loco. A seconda dell'applicazione, i criogeneratori possono produrre o (ri) liquefare gas freddo. Il tipo di gas o liquido dipende dall'applicazione. Comune per i sistemi oltre all'azoto sono ossigeno, metano, argon, elio e CO2. Per soddisfare le esigenze delle varie applicazioni, i sistemi collaborano con la gamma di prodotti della linea di CryoFans, pompe, scambiatori di calore, criostati, a.o.

Le applicazioni tipiche sono i superconduttori ad alta temperatura (HTS), le camere di simulazione spaziale, la liquefazione di GNL / Bio-gas (ri) liquefazione, il raffreddamento del magnete MRI, gli osservatori ecc.

LA PASSIONE DELLA PRESSIONE...

7Li / 6LHP
Sensore Alta Pressione

- 1500 bar
- 200 °C

11HT
Alta Temperatura

- 1500 bar
- Temperatura di lavoro 200 °C
- Acciaio Inox

33XEi
Trasmettitore
Di Pressione
Certificato ATEX

DCX-25
Datalogger

- Memoria 57'000 Punti
- Temperatura di lavoro 125°C
- Precisione 0,1 %FS

LEO5 Manometro

- Meccanica in Acciaio Inox
- Datalogger
- Peek 5 kHz
- Connessione USB

Nextchem and maire tecnimont
group's green acceleration
challenge

The energy transition in progress is driving the energy industry to invest in the exploitation of sustainable sources and in the conversion of already existing technologies - and in the development of new ones - to obtain processes with less environmental impact, and to realize new eco-compatible products. In this new energy paradigm, the main players in the sector, both producers and buyers of plastics, are moving towards recycling and bioplastics, while the big oil companies are reviewing their investment plans in terms of decarbonization.

Hence, in order to respond to such a scenario which is evolving at increasing speed, Maire Tecnimont Group kicked-off its Green Acceleration project through the launch of **NextChem**, its new company dedicated to supporting the energy transition. Following the principle of low capital intensity, collaborations and scouting, Maire Tecnimont is able to bridge the gap between the idea born in the laboratory and production on an industrial scale.

The dedicated vehicle - NextChem - is managing a portfolio of several technological initiatives attributable to three macro areas, which represent the main emerging trends for the immediate future.

- **“Greening the Brown”** activity aims at mitigating the environmental effects of the technologies used for the transformation of oil and natural gas. We are talking about innovations which apply to traditional petrochemical solutions, aimed at limiting or eliminating CO₂ and other greenhouse gas emissions released from existing plants. Zero emissions desulfurization technologies or chemical fertilizer coating to avoid ammonia dispersions are some of the projects currently being implemented.
- **“Circular Economy”** is focused on the implementation and further optimization of the recycling of plastics and other waste materials. Namely, a way to regenerate existing plastics, thus avoiding environmental impacts: from the mechanical and chemical recycling of plastic materials to regenerate polymers up to the waste-to-chemicals technologies which could produce renewable gas, hydrogen or any traditional chemical from the gasification of wastes.
- **“Green-Green”** is the innovative area with which Maire Tecnimont group aims to identify oil substitutes to produce fuels and plastics from renewable sources.

Green Acceleration means first of all to be aware of what is missing and to build it. It means helping all the players in the supply chain to grow a new identity, redefining the roles of large companies, universities, start-ups and finance. Thanks to its technological DNA, and its leadership in the transformation of natural resources, Maire Tecnimont is today able to act timely, to be the technological and industrial partner in the energy transition under way.

Maire Tecnimont is, therefore, best positioning itself to contribute to accelerating the launch and commercialization of innovations, transforming good ideas into industrial plants, also thanks to a strong experience in technology and a solid engineering tradition in the execution of projects. In managing the technology portfolio, the Group can play the role of competent intermediaries who seek capital for the realization of the best projects: a quality partner for those who want to make innovation, for those who want to make it flourish and become concrete outside the research laboratories.

“Green chemistry is a very topical issue, what is happening in the world in this segment is a great opportunity for our group”: according to **Fabrizio Di Amato**, Founder and Chairman of Maire Tecnimont Group, Maire Tecnimont’s challenge has the flavor of technological innovation and precedes the evolution of the energy market. “We don’t want to be caught unprepared in a world that is moving towards decarbonization - said **Pierroberto Folgiero**, CEO of Maire Tecnimont and CEO of NextChem - It is the right time to take the field by applying our skills in technology and plant engineering. Our idea of innovation involves the development, industrialization and marketing of new solutions that derive from validated technologies”.

Technologies for the energy transition: the example of the MyReplast Industries plant

In February 2019 Maire Tecnimont entered the sector of circular economy, thanks to the development of its proprietary technology MyReplast in one of the most advanced plastic recycling plants in Europe, located at Bedizzole, in the province of Brescia (Lombardy region, Italy). The plant is managed by a new company, **MyReplast Industries**, a subsidiary of NextChem. In view of a new sustainable economy of plastics, this is

an important step in Maire Tecnimont’s Green Acceleration strategy: the application of the group’s process and plant-building skills to the new mechanical recycling business offers interesting opportunities in a sector that needs to industrialize the regeneration cycle of plastic materials.

With this Upcycling technology NextChem aims to:

- select the different types of plastic waste by polymer and by color with a highly qualitative and efficient selection system;
- obtain top purity and quality of plastics across a particular recycling process;
- improve the performances of the outcoming granules through a phase of compounding which is designed on the client’s requests.

The MyReplast Industries plant has the following key characteristics:

Significant output: the plant is currently among the largest in Europe and is able to produce about 40 thousand tons of recycled polymers per year.

High flexibility: the complex is able to treat various types of incoming plastic waste, mainly from industrial production (for example, components of cars, food and industrial packaging waste).

Quality of finished product: The MyReplast Industries plant - based on an economically sustainable business model, without the use of public incentives - produces high quality recycled polymers, with recycling efficiency of around 95%. This is an essential feature to approach high value-added “premium” markets and bridge the qualitative gap between recycled plastic and virgin plastic (coming directly from fossil hydrocarbons).

Thanks to Maire Tecnimont’s leadership in the construction of hydrocarbon polymer production plants, the Group can play an accelerating role in the Circular Economy. In fact, reuse and recycling of polymers will create new raw materials and avoid their dispersion in the environment. In this field Italy can aspire to lead the transition towards green chemistry thanks to its great tradition of research, technology and industry.

Biocombustibili dai rifiuti,
ma con una attenzione al suolo

Già nel 1972 il Club di Roma, primo *think tank* mondiale sullo sviluppo sostenibile, diventato noto in tutto il mondo con il libro *The Limits to Growth*, ci avvertiva sui rischi dello sviluppo senza limiti con proiezioni che oggi si sono rivelate corrette.

Quando il Club di Roma è stato fondato, gli esseri umani erano 3,5 miliardi, oggi sono 7,6 miliardi e secondo le previsioni raggiungeranno i 9 miliardi nel 2050. Le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera sono cresciute da 322 a 403 parti per milione. Siamo passati da un pianeta vuoto a un pianeta pieno in cui gli effetti degradativi non possono che essere sinergici.

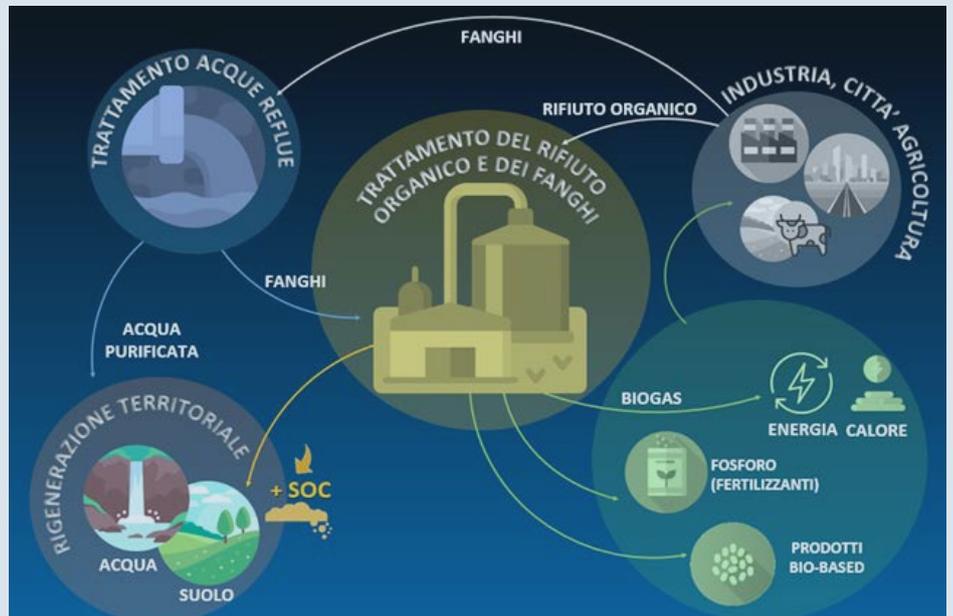
Gli ultimi due rapporti dell'IPCC sono tutt'altro che positivi, e il pianeta continua a vedere aumentare le emissioni e distruggere le risorse. L'attuale sistema economico non è resiliente e certamente non circolare. Alla crisi ambientale globale si sono aggiunte in questi ultimi due decenni quelle finanziaria, industriale e sociale. Stiamo vivendo un contesto socio economico in cui le risorse si stanno degradando a ritmi molto elevati, addirittura più velocemente di quello che ci saremmo aspettati ed il suolo è una di queste.

Il suolo è una risorsa non rinnovabile - occorrono più di 2000 anni per formare 10 cm di terreno - è il punto di partenza per la produzione alimentare, è fondamentale per mantenere la vita sulla Terra e, grazie al *carbon sink*, è cruciale per ridurre le emissioni di CO2 dall'atmosfera.

Oggi la degradazione dei suoli è un problema ambientale anche in tutta Europa ed in particolare nella regione mediterranea. Questa progressiva degradazione richiede l'adozione di pratiche di accumulo di carbonio nel suolo per poter fermare se non invertire il fenomeno e di un quadro normativo certo. La mancanza di una direttiva europea sul suolo ha comportato conseguenze non solo sulle emissioni di gas serra ma anche sulla sua preservazione e rigenerazione, sulle risorse idriche, sugli allevamenti intensivi e sull'uso di antibiotici, sull'uso di erbicidi e fertilizzanti chimici e sulla contaminazione del suolo da parte di plastiche e microplastiche e di altre sostanze in grado di accumularsi impattandone la fertilità.

L'impiego di compost e di altri materiali organici di qualità in agricoltura a fronte dei problemi di degradazione e desertificazione a cui stiamo assistendo rappresenta una importante soluzione a due ordini di problemi: la rigenerazione e mantenimento della fertilità dei suoli e la de-carbonizzazione dell'atmosfera.

1



2



1 - L'interconnessione tra i sistemi per riportare materia organica pulita in suolo, tutelando gli ecosistemi e chiudendo il ciclo del Carbonio.

2 - MATER-BIOTECH rappresenta il primo impianto industriale dedicato a livello mondiale in grado di produrre butandiolo (1,4 BDO) direttamente da zuccheri attraverso un processo fermentativo. L'impianto è il risultato del progetto di riconversione industriale del precedente sito BioItalia ex Ajinomoto di Adria (RO), in una logica di rigenerazione territoriale e di valorizzazione delle infrastrutture, delle competenze e delle professionalità pregresse, con positive ricadute sull'industria a valle e sull'indotto.

La biodegradabilità in acqua e suolo è invece fondamentale per quei prodotti con problemi di accumulo nei fanghi di depurazione e nelle acque come nel caso di additivi non biodegradabili per cosmesi e detergenza.

La biodegradabilità in compostaggio diventa essenziale per tutte le applicazioni in cui i materiali utilizzati hanno un'alta probabilità di essere inquinati da residui alimentari e in cui in assenza di una loro capacità di biodegradare andrebbero a inquinare il rifiuto organico che finirebbe in discarica, invece di diventare prezioso humus.

Nonostante questa grande opportunità, opportunità, impressionanti volumi di materia organica, sia in flussi solidi che liquidi, vengono tuttora inviati in discarica o inceneriti, invece di essere restituiti ai terreni agricoli, ed enormi quantità di microplastiche, lubrificanti, erbicidi e altri inquinanti compromettono la qualità del suolo e dell'acqua, mettendo a repentaglio gli ecosistemi. Tanto più che una corretta gestione del rifiuto organico europeo che oggi finisce in discarica pari a circa 62Ml ton potrebbe produrre ulteriori 68000 posti di lavoro rispetto ai 23000 attuali. Il potenziale di CO₂ eq che si potrebbe risparmiare è dell'ordine dei 50Mlton. La costruzione di impianti adeguati e diffusi darebbe anche una spinta agli investimenti. Per l'Italia l'aumento di occupazione sarebbe stimabile in 10000 posti di lavoro e il risparmio in termini di CO₂ nell'ordine dei 5Mlton.

Ciò significa che abbiamo bisogno di ridisegnare l'intero sistema, per ripensare in ottica di eco-design i prodotti, il loro uso e il loro smaltimento in una prospettiva circolare, consumando meno risorse possibili, e utilizzando prodotti *biobased* e biodegradabili per quelle applicazioni in cui ci sia rischio di accumulo di residui non biodegradabili negli *stream* del carbonio liquidi e solidi e nei suoli. Nella prospettiva di mantenimento della salute e fertilità dei suoli, la proprietà della biodegradabilità in suolo è fondamentale per tutti quei prodotti per uso agricolo con problemi di accumulo (erbicidi, lubrificanti, additivi per sementi, sistemi di slow release, pacciamature agricole).

In un mondo che da vuoto è diventato pieno dobbiamo poter contare su una adeguata rete di impianti di trattamento della sostanza organica da acque reflue e da rifiuti alimentari di adeguate dimensioni e qualità tecnologica, in primis per il compostaggio e la digestione anaerobica con produzione di biometano da biogas e stabilizzazione del digestato e per la messa in campo di processi chimici, fisici e biotecnologici volti a trasformare gli scarti in prodotti¹. Processi termochimici per la produzione di biocombustibili liquidi sono una alternativa², ma per quanto qui argomentato è comunque necessario restituire carbonio ai suoli per evitarne la degradazione.

Si tratta di una sfida davvero importante, perché riportando il carbonio nel suolo si potranno attivare delle vere piattaforme di innovazione e progetti di lungo termine non solo in grado di restituire il valore alle aree locali e alle comunità, ma anche di misurare, validare, monitorare esperimenti a lungo termine che ci potranno permettere di studiare a fondo la connessione tra la salute dei suoli e la mitigazione del cambiamento climatico.

A partire da questo approccio in Italia Novamont, ha avviato da anni un progetto di innovazione sistemica nel campo delle bioplastiche e dei *biochemicals*, che ha dato il via ad un modello italiano di bioeconomia che a partire dalla reindustrializzazione di siti dismessi e dall'integrazione con la filiera agricola ha dimostrato di potere rigenerare i territori e di essere anche competitivo.

Sin dalle sue origini Novamont è attiva nel settore della bioeconomia circolare, ovvero quella componente dell'economia che riguarda i cicli biologici e che usa le risorse rinnovabili, provenienti dalla terra e dal mare, così come i rifiuti, come input per la produzione industriale, alimentare e mangimistica ed energetica.

¹ Vedi "Il biogas fatto bene" – Lorenzo Maggioni, Consorzio Nazionale BioGAS

² Vedi "The challenge of renewable and recycled carbon fuels: an opportunity for climate, but also for industry, agriculture, jet and marine applications" di David Chiaramonti e Franco Del Manso

In particolare, il suo modello di sviluppo guarda alla bioeconomia come ad un fattore di rigenerazione territoriale, ed è fortemente orientato alla circolarità. Rigenerazione territoriale significa in primis ripartire dai siti deindustrializzati, rigenerandoli grazie all'applicazione di tecnologie originali e attraverso l'avviamento di impianti "flagship", cioè primi al mondo. Tali impianti sono concepiti come infrastrutture di bioeconomia, bioraffinerie integrate nel territorio e tra loro interconnesse: veri e propri punti di partenza di nuove filiere, partnership e alleanze.

La costruzione di filiere agroindustriali integrate e basate su un utilizzo sostenibile della biomassa, insieme allo studio di aridocolture oleaginose a basso impatto e accordi di filiera con il comparto agricolo per una corretta gestione del suolo sono un altro elemento determinante per il successo di questo modello circolare. La scelta delle applicazioni è il terzo aspetto chiave. I prodotti di questa filiera non sono semplici prodotti, ma sono applicazioni concepite per risolvere specifici problemi strettamente connessi con la qualità del suolo e delle acque e che grazie alla loro biodegradabilità in diversi ambienti, contribuiscono così alla tutela di questa preziosa risorsa.

Un progetto sistemico di questo tipo ha bisogno di interconnessioni, di interdisciplinarietà e di partnerships che creino una rete integrata in grado di accelerare la rigenerazione delle risorse. In particolare in una logica di economia circolare con al centro la qualità del suolo e dell'acqua, occorre avere ben chiaro che tutti gli stream liquidi e solidi del carbonio organico devono passare attraverso sistemi di trattamento di compostaggio e di anaerobiosi/compostaggio nonché di depurazione. La combinazione di una rete efficiente di impianti di trattamento e la biodegradabilità dei prodotti garantirà che non si accumulino sostanze persistenti nelle acque depurate, nei fanghi e nel compost di qualità. Occorrono standard adeguati, sistemi di monitoraggio oggi possibili grazie alla digitalizzazione e ai big data e progetti di rigenerazione del territorio che intorno agli impianti e ai suoli creino filiere e conoscenza su campo.

Grazie ai casi studio realizzati in Italia in modo pionieristico negli anni è oggi possibile contare su una condivisione di progetti di bioeconomia tra industria, agricoltori, multiutilities, compostatori, ambientalisti, accademia sulla necessità di standard adeguati per il compost da riportare in suolo e da remunerare.

In quanto settore che guarda all'uso efficiente delle risorse, alla rigenerazione dei territori, alla creazione di sistemi integrati, la bioeconomia circolare può certamente rappresentare un'occasione per imprimere una spinta propulsiva verso una nuova rivoluzione industriale. Tuttavia questa transizione non potrà avvenire se non supportata da un'altra rivoluzione: quella culturale. Questo significa passare dalla cultura lineare della dissipazione e dello scarto alla cultura della conservazione; pensare globale ma concentrandosi allo stesso tempo sulle specificità e sulle diversità dei territori; guardare ai prodotti in un'ottica di eco-design, progettandoli pensando anche al loro fine vita e a come evitare i rischi di un loro accumulo nell'ambiente. Questo cambiamento culturale richiede una responsabilità individuale e collettiva anche nella vita di tutti i giorni, consumando meno risorse, riutilizzando, riciclando e adottando stili di vita più sostenibili a partire dalle diete alimentari.

Abbiamo il dovere di accelerare questo percorso di cambio di paradigma, perché come ci ricorda uno studioso della sostenibilità della fama di **Johan Rockstrom**, se continuiamo con il "business as usual", il pianeta non avrà risorse sufficienti per combattere insieme cambiamento climatico e povertà, i due grandi temi che si vogliono risolvere con i 17 SDGs.

Le parole fondamentali per questa accelerazione sono: trasformare, rigenerare, contribuire. Abbiamo bisogno di tecnologie in grado di trasformare e dare corpo a progetti integrati rigenerando le risorse potendo contare su una società contributiva che dia valore alla conservazione delle proprie risorse e che, spinta da una forte responsabilità individuale e collettiva, stimoli il cambiamento.

Il biogas fatto bene e la sua importanza in una economia circolare e sostenibile

Il settore agricolo, è allo stesso tempo quello più esposto ai cambiamenti climatici e fra quelli con le maggiori potenzialità nella lotta agli stessi. La crisi dell'agricoltura convenzionale, infatti, è indissolubilmente legata alle criticità climatiche. E' ormai del tutto evidente come la semplificazione dei sistemi colturali, la riduzione della biodiversità, la perdita di fertilità biologica dei suoli e la dipendenza da input extra aziendali siano elementi correlati fra loro e siano fra le principali cause di vulnerabilità del sistema agricolo convenzionale.

La conversione di questo sistema verso l'agroecologia, invece, consente di gestire il sistema suolo-pianta in maniera razionale, aumentare la capacità fotosintetica dei terreni agricoli, utilizzare al meglio i fattori produttivi (acqua e azoto in primis) e alimentare la vita nel suolo di CO2 organica, innescando tutta una serie di externalità positive (ambientali, sociali, economiche) via via sempre più significative.

E le bioenergie, il cui impatto in agricoltura ha sempre suscitato opinioni contrastanti, quale importanza e quale ruolo possono avere ai fini della lotta al cambiamento climatico?

E' chiaro che le bioenergie prodotte in un sistema agricolo convenzionale da una parte non sono sufficienti da sole a garantire il contenimento del riscaldamento globale entro gli 1,5°C, dall'altra non sarebbero funzionali al fabbisogno di incremento produttivo da parte dell'agricoltura.

L'agricoltura del biogas fatto bene

Diversi sono i tipi di agricoltura alternativi alla gestione convenzionale ai fini dell'ottenimento di un'agricoltura più produttiva e sostenibile.

L'agricoltura biologica, ad esempio, si basa sull'abbandono dei mezzi chimici, sul ritorno della sostanza organica ai terreni da una parte e ricorso alle lavorazioni ripetute per il controllo delle malerbe. L'agricoltura conservativa prevede l'applicazione di tre principi fondamentali: avvicendamento colturale, riduzione delle lavorazioni (minime o nulle) e copertura permanente del suolo, al fine di favorire la biodiversità e la dotazione organica del suolo.

L'agricoltura del Biogasfatto bene, nata spontaneamente dall'iniziativa di alcuni agricoltori italiani produttori di biogas con l'obiettivo di intensificare le produzioni al fine di poter continuare a produrre alimenti e foraggi di qualità integrando la bioenergia quale elemento di raccordo e valorizzazione delle altre produzioni, si caratterizza proprio per il radicale cambiamento del modo di fare agricoltura che l'integrazione della produzione di bioenergia ha indotto. Utilizza una combinazione di tecniche comuni alle altre "agricolture" in funzione dei diversi contesti agricoli così da:

- garantire una maggiore copertura del terreno con colture intercalari destinate, a seconda della necessità, alternativamente al digestore o ai mercati alimentari;

- impiegare tecniche di minima lavorazione e utilizzo efficiente del digestato quale mezzo di riciclo dei nutrienti e della sostanza organica anche in mancanza di allevamenti;

- ridurre progressivamente i trattamenti e le concimazioni di sintesi.

Il mantenimento della fertilità biologica del suolo agricolo, grazie ad un'agricoltura fatta bene è una condizione necessaria per far fronte all'aumento della richiesta alimentare rispetto alla riduzione di suolo disponibile pro capite. Allo stesso tempo, l'agricoltura fatta bene è strategica anche per contrastare il cambiamento climatico poiché valorizza al meglio la capacità del suolo agricolo di essere un serbatoio naturale dove la CO2 catturata e sequestrata è utile e non dannosa.

La digestione anaerobica, pertanto, è una bioenergia diversa dalle altre e si configura come fattore di trasformazione agroecologica dell'agricoltura, in quanto spinge verso un uso diverso e più efficiente del suolo integrandosi nei cicli produttivi, valorizzando le produzioni alimentari e creando sistemi agricoli più produttivi e sostenibili a tutto vantaggio del consumatore e dell'ambiente. La digestione anaerobica, infatti, si pone come un ottimo mezzo con cui differenziare e incrementare le rotazioni e la biodiversità, valorizzare i sottoprodotti e creare maggiore valore aggiunto per l'azienda agricola. In questo modo l'azienda, reinvestendo in tecnologie e innovazione, può rendersi sempre più sostenibile e, pur incrementando le produzioni, può conservare la fertilità dei propri suoli riducendo il fabbisogno di fattori produttivi esterni.

Fin dagli albori il biogas agricolo italiano che oggi è divenuto il terzo biogas al mondo, dopo Cina e Germania, con investimenti per circa 4 miliardi di euro, e circa 12.000 occupati stabili, si è posto il tema dell'efficienza nell'uso del suolo, chiarendo a se stesso "da dove deve provenire la biomassa", quale tipo di biomasse è possibile utilizzare nel digestore senza incorrere in fenomeni di "competizione" con le produzioni alimentari e foraggiere, anzi contribuendo a rendere l'azienda agricola tutta più competitiva e più efficace anche da un punto di vista ambientale. L'approccio del "biogasfatto bene" è stata la risposta che gli stessi agricoltori si sono dati.

La Biogas refinery come cardine intorno cui sviluppare il biogasfatto bene

L'azienda agricola integrata con l'impianto di biogas che produce cibo ed energia secondo i principi del biogasfatto bene ha tutte le caratteristiche per essere definita una biogas refinery; l'impianto deve avere dimensioni quanto più possibile proporzionate al potenziale dell'azienda e del territorio circostante nel raggio di pochi chilometri al fine di limitare il costo di trasporto delle biomasse, adattandosi alla molteplice natura delle biomasse disponibili, ed attraverso una integrazione dei cicli colturali con le produzioni alimentari ed il riciclo dei sottoprodotti, ridurre progressivamente il costo della materia prima da immettere nei digestori, sia perché in grado di auto prodursi una quota significativa, sia perché in grado di deflazionare il costo dei fattori di coltivazione in virtù di un'accresciuta indipendenza energetica (concimi, energia, proteine) dell'azienda.

In questo senso una biogas refinery può intendersi come un regional biomass densification center ed il biogas come una forma di densificazione dell'energia da biomasse, utilizzabile in loco tal quale ovvero, dopo esser stata condizionata alla qualità del gas di rete, trasportata via tubo dove e quando è più utile il suo utilizzo a costi irrisori rispetto al trasporto su strada.

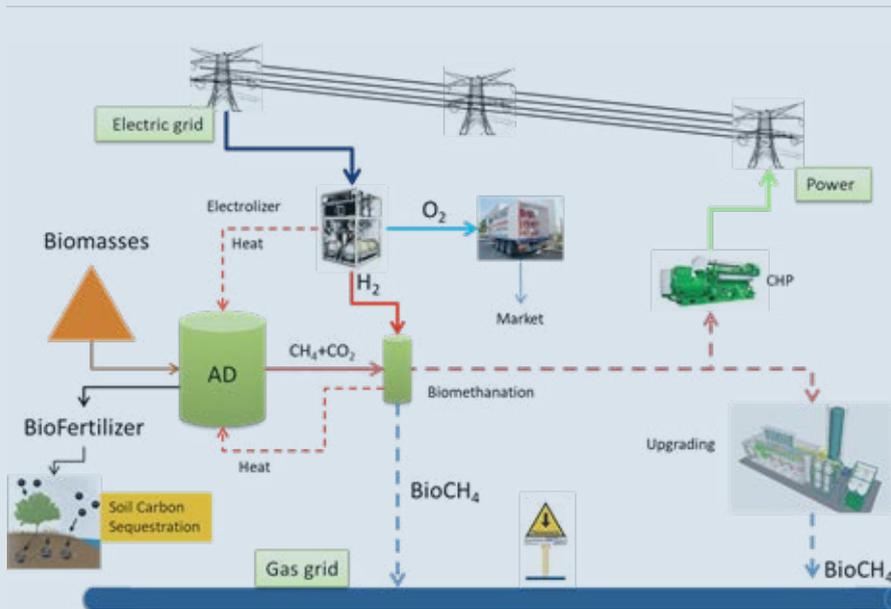
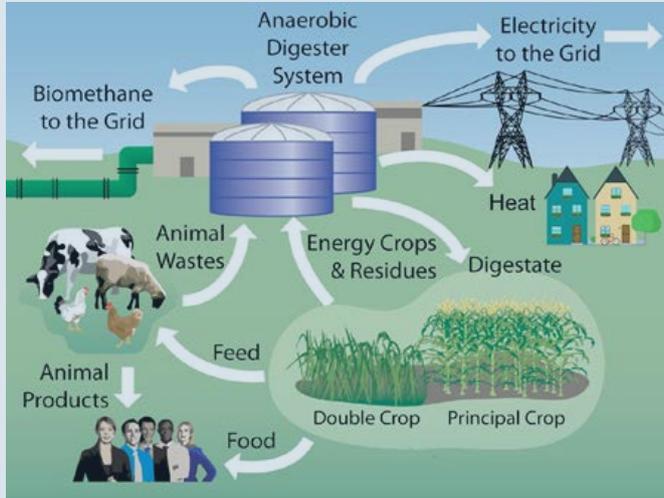
La biogas refinery inoltre costituisce non solo un impianto di trasformazione biochimica dell'energia delle biomasse, ma rappresenta una vera e propria piattaforma tecnologica, cioè un sistema impiantistico implementabile nel tempo anche con nuove unità di produzione o segmenti tecnologici, con la quale è possibile:

- modificare il modo di produrre in azienda agricola;

- produrre semilavorati o prodotti finiti per i mercati dell'energia (energia elettrica, calore, biometano) e della chimica verde.

1 - Rappresentazione schematica del biogasfabbene e delle sue molteplici interazioni a livello di pratiche agronomiche e interconnessioni al grid energetico sia elettrico che del metano, senza intaccare la funzione principale delle aziende agricole: la produzione primaria di cibo di alta qualità

2 - La biogas refinery



Del contributo della digestione anaerobica ad una radicale modifica del modo di fare agricoltura e zootecnia si è già detto nelle pagine precedenti evidenziando il contributo del digestore nella creazione di aziende agricole capaci di produrre di più inquinando di meno. Analogamente si è ricordata l'importanza della soil carbon sequestration come contributo non solo ad una maggiore fertilità dei terreni ma al sequestro di carbonio aggiuntivo nei suoli agricoli. La diffusione delle tecnologie per il precision farming, la riduzione delle lavorazioni dei suoli, l'adozione di tecniche di distribuzione ad alta efficienza del digestato, la netta riduzione di input chimici sono i punti cardine dell'agricoltura del futuro prossimo, capace di svolgere un ruolo attivo nella riduzione delle emissioni di GHG.

Altrettanto importante è il contributo della biogas refinery nei mercati dell'energia e della chimica:

- E' l'unica fonte rinnovabile programmabile che consente l'effettiva integrazione tra diversi sistemi energetici a favore dello sviluppo del sistema. La programmabilità è garantita dall'uso dell'attuale sistema senza necessità di ulteriori sviluppi di elementi dedicati all'integrazione della produzione;

- Permette il greening della rete del gas, infrastruttura strategica per sviluppare un sistema energetico a basso contenuto di carbonio e consentire la penetrazione delle VRE a costi sostenibili;

- Una volta immesso nella rete gas, rende possibile la progressiva decarbonizzazione di settori «non elettrificabili» responsabili di oltre il 60% delle GHG (trasporti pesanti, navali, agricoltura, industria);

- In un sistema energetico avanzato la produzione di biometano potrà essere ulteriormente incrementata ricorrendo a processi di power to gas con valorizzazione della C-CO2 biogenica del biogas;

- Infine è in grado di produrre e/o ricevere semilavorati a base carbonica per o dalla produzione di biobased materials.

L'Italia con un adeguato sistema legislativo a supporto, è nelle condizioni di raggiungere una produzione di 9-10 miliardi di metri cubi di biometano al 2030 di cui 1,0-1,5 Mrd da biogas generato da raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani.

Questo obiettivo non solo è raggiungibile senza ridurre il potenziale dell'agricoltura italiana nei mercati alimentari, ma al contrario accrescendo la competitività e sostenibilità delle aziende agricole rendendole sempre più in grado di competere e produrre in modo sostenibile alimenti di qualità grazie alla differenziazione dei mercati.

Alla base del potenziale del biogas fatto bene in agricoltura c'è il concetto dell'efficienza dell'uso del suolo, ed in particolare della necessità di limitare l'utilizzo di monoculture e procedere ad un crescente utilizzo di biomasse di integrazione, non solo residuali ma anche di colture intercalari.

Se l'obiettivo è contribuire a decarbonizzare non solo il settore energetico ma anche quello agricolo, deve essere chiaro che non è il tipo di coltura ("food" o "no food") che rende "avanzato" un biocarburante; quello che conta è che sia prodotta una coltura "aggiuntiva" grazie all'incremento della fotosintesi dallo stesso ettaro di suolo. Produrre colture "aggiuntive" significa più CO2 fissata in modo stabile grazie alla maggiore produzione di radici e alla maggiore quota di digestato riportato al suolo, una prolungata copertura del suolo con netta riduzione di erosione del suolo e percolazione dei nitrati e l'adozione di tecniche agronomiche avanzate. In altre parole, peraltro già dette ma di fondamentale importanza, significa spingere l'agricoltura verso l'intensificazione sostenibile delle produzioni, incrementando la fertilità dei suoli agricoli e inquinando di meno.

E' questo il cuore del biogasdoneright: decarbonizzare i sistemi agricoli attraverso pratiche colturali che permettano nel contempo di ridurre le emissioni dell'agricoltura convenzionale e realizzino una produzione aggiuntiva di carbonio da destinare alla produzione di biogas ed al sequestro nei suoli agricoli.

In conclusione quindi si può affermare che la biogas refinery è una piattaforma tecnologica attraverso cui l'energia ottenuta dalla digestione anaerobica realizza il suo massimo potenziale in termini di creazione di valore di mercato potendo essere utilizzata nei luoghi e nei momenti in cui è più utile, disponendo in un unico sito della possibilità di connettersi alle due principali infrastrutture energetiche: la rete elettrica e quella del gas. Lo sviluppo delle tecnologie della biogas refinery, a partire da quelle per il biometano in autotrazione, offre quindi una concreta opportunità per realizzare un progressivo greening della rete del gas, valorizzando in tal modo le molteplici opportunità che la rete del gas stessa offre per una più efficiente e rapida riduzione dell'intensità di carbonio fossile del sistema energetico europeo.

fresh SURVEYING

Porta il #fresh surveying nel tuo business con innovazioni uniche e pratiche di GeoMax



(video) Zoom3D



Catalogo Generale



Zenith 35 Pro



PART OF
HEXAGON



www.geomax-positioning.it

GEOMAX
works when you do

DENTRO LA SCIENZA



Innovazioni tecnologiche per il settore oil & gas nell'ottica della transizione energetica

L'innovazione tecnologica ha indubbiamente plasmato la società moderna. Il primo uso di energia da parte dell'umanità è stato collegato ai bisogni fondamentali di sopravvivenza che sono cibo, calore e alloggio. Da quel momento fino ai tempi della rivoluzione industriale, l'umanità ha vissuto drammatici cambiamenti socio-economici strettamente correlati all'evoluzione delle tecnologie e delle fonti energetiche. Al giorno d'oggi il consumo di energia risponde non solo al soddisfacimento delle esigenze di base ma anche di molti altri aspetti della vita quotidiana quali i trasporti, la comunicazione, l'uso industriale e molti altri e il fabbisogno energetico mondiale, in costante aumento principalmente a causa della continua crescita demografica, è ancora soddisfatto in larghissima misura mediante l'utilizzo di combustibili fossili (31% olio, 27% carbone e 23% gas, secondo i dati forniti dal World Energy Outlook 2018).

Tuttavia da qualche tempo, pur in modo disomogeneo e talora persino contraddittorio, la società moderna sta affrontando la questione ampia del cambiamento climatico ed ha raggiunto una consapevolezza abbastanza diffusa della necessità di ridurre le emissioni di CO₂ generate dalla combustione dei combustibili fossili e responsabili dell'inquinamento atmosferico e, verosimilmente, dell'aumento della temperatura globale del pianeta. Il cambiamento climatico riporta quindi immediatamente alla sfida energetica, la quale dovrebbe però essere suddivisa in due grandi temi: quello della "transizione energetica" e quello della produzione di "energia verde". Quest'ultima evoca l'utilizzo di fonti rinnovabili che garantiscano un futuro sostenibile dal punto di vista ambientale ma anche dal punto di vista economico, meno nobile ma altrettanto importante, e riguarda un futuro non prossimo, considerato che alcuni dei Paesi più popolosi fanno ancora affidamento sul carbone come principale fonte di energia, che il petrolio è ancora il combustibile più utilizzato nei trasporti e che il passaggio a nuove risorse energetiche richiede anche la disponibilità di nuove infrastrutture e di nuove reti di distribuzione. Inoltre attualmente le fonti di energia rinnovabile come l'energia solare, l'energia geotermica o l'energia idroelettrica possono soddisfare solo parzialmente le esigenze della società moderna né si deve dimenticare che anche queste tecnologie producono emissioni e impatto ambientale. Ad esempio, la lavorazione e la fabbricazione delle celle solari comporta l'uso di sostanze chimiche altamente inquinanti, le quali rappresenteranno un problema ambientale non trascurabile quando le celle dovranno essere dismesse per obsolescenza. Oppure si consideri

un generatore eolico industriale: la massa di un generatore eolico industriale è in acciaio al 90%, un materiale prodotto con elevato consumo di energia e con emissioni CO₂. Di fatto la produzione, l'installazione e la manutenzione di qualsiasi infrastruttura tecnologica dipende oggi dall'energia fossile.

La transizione energetica, invece, mira a convergere nel breve termine verso un'economia low-carbon e si pone quale obiettivo prioritario l'utilizzo sostenibile degli idrocarburi per realizzare un mix energetico. In questa transizione il gas naturale può svolgere un ruolo importante come punto intermedio tra l'uso dei combustibili fossili tradizionali e delle fonti di energia rinnovabile. Il gas naturale infatti produce emissioni inferiori rispetto al carbone e al petrolio, le strutture per la sua estrazione e trasporto esistono già in molti Paesi e sarebbero in grado di supportare le esigenze energetiche della società moderna. Inoltre, se da una parte importanti giacimenti di metano sono disponibili in natura, dall'altra il metano può essere ottenuto grazie alla trasformazione di CO₂ e idrogeno. Ecco quindi che la produzione di metano può diventare virtuosa nel momento in cui contribuisce a eliminare la CO₂ dall'atmosfera, posto però che vi siano le tecnologie per la cattura, il sequestro e la trasformazione della CO₂ su larga scala. Una opportunità concreta per il sequestro su larga scala è costituita dai giacimenti esauriti ovvero dagli acquiferi profondi, utilizzando in larga misura le conoscenze già acquisite e le tecnologie già sviluppate nel settore Oil & Gas.

È proprio in quest'ottica di transizione graduale verso un futuro privo di combustibili fossili che, nel 2018, nasce il Centro di Competenza multidisciplinare denominato SEASTAR - *Sustainable Energy Applied Sciences, Technology & Advanced Research*, promosso dal Ministero dello Sviluppo Economico. Il Centro ha la finalità di svolgere attività di studio, ricerca e innovazione tecnologica anche in collaborazione con l'industria nell'ambito dell'uso sostenibile degli idrocarburi nel futuro assetto low carbon, con particolare attenzione alle ricadute di ricerca applicata e al trasferimento tecnologico alle imprese. Temi di prioritario interesse sono le tecnologie Oil & Gas e la loro applicabilità in ambiti inediti nella fase di transizione energetica; la valutazione del ruolo, mediante modelli e scenari energetici, e la gestione sostenibile dell'Oil & Gas nel futuro assetto low-carbon e la dismissione e/o la conversione degli impianti e infrastrutture Oil & Gas arrivati a fine vita. Poiché il Politecnico di Torino vanta forti competenze sia sull'ingegneria del petrolio, che comprende la caratterizzazione e la modellizzazione del sottosuolo e del flusso dei fluidi, sia sulla sicurezza ed analisi dei rischi per gli impianti energetici, effettuata anche attraverso la simulazione di incidenti, sia infine sui nuovi materiali e sulla sensoristica avanzata, SEASTAR rappresenta un centro di aggregazione e di integrazione al servizio della transizione energetica.

D'altro canto presso il Politecnico di Torino la sensibilità alla ricerca applicata e al trasferimento tecnologico per tradurre i risultati dell'innovazione in progresso è da sempre molto forte perché fondata sulla storica attitudine di mettere le proprie competenze scientifiche e ingegneristiche al servizio

del Paese. In virtù di questa tradizione, già nel 2015 era stato istituito il Laboratorio SEADOG (*Safety & Environmental Analysis Division for Oil & Gas*), previsto dall'Accordo Quadro siglato nello stesso anno tra il Politecnico di Torino e il Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione Generale per la Sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche, la quale ha un ruolo centrale nel garantire la sicurezza delle operazioni nell'ambito dell'estrazione e produzione degli idrocarburi attraverso verifiche ispettive sugli impianti, analisi tecnica della documentazione e attività di monitoraggi ambientali. Presso il Laboratorio si svolgono attività di ricerca per studiare e realizzare approcci e tecnologie innovativi a beneficio della sicurezza della produzione dai giacimenti di idrocarburi, in particolare situati sul mare (piattaforme off-shore).

Le attività, che coinvolgono sia gli aspetti impiantistici sia gli aspetti del sottosuolo sia ancora l'utilizzo di tecnologie innovative per la produzione e il monitoraggio ampiamente intesi, sono state declinate in progetti di ricerca incentrati sulle competenze specifiche relative alla sicurezza ed analisi dei rischi per gli impianti energetici, alla gestione delle risorse del sottosuolo, alle micro e nano tecnologie e ai sistemi di monitoraggio di nuova generazione, sia prese singolarmente sia messe a sistema, in un approccio interdisciplinare che coniuga aspetti teorici, di calcolo avanzato e tecnologici.

Una delle linee di attività, incentrata sulla prevenzione del rischio per gli impianti industriali, ha portato alla stesura delle Linee Guida per la redazione delle relazioni Grandi Rischi in risposta alle richieste del D.Lgs. 145/2015 emanato in recepimento della Direttiva europea 2013/30/UE che disciplina la sicurezza delle operazioni Oil & Gas a mare. Il D.Lgs. 145/2015 è una norma prestazionale, che propone un obiettivo di sicurezza da raggiungere e dimostrare mediante valutazione del rischio, la quale a sua volta richiede di entrare nel merito delle specificità del sistema e della sua gestione e non può essere codificata in regole e liste di controllo. Le linee guida sono di riferimento sia per le compagnie che devono, per legge, mettere a punto le relazioni sia per l'Autorità Competente che le deve approvare a fini autorizzativi e di tutela della pubblica sicurezza. Nella valutazione del rischio è importante la componente di valutazione delle conseguenze, poiché esse possono essere ridotte o mitigate se vi sono adeguate salvaguardie. In particolare, poiché uno dei maggiori rischi sulle piattaforme è costituito dal rilascio di gas tossici e/o di gas infiammabili, è importante potersi dotare di sistemi cosiddetti di *early warning* che possono aumentare la sicurezza delle operazioni. Tali sistemi richiedono la capacità di simulare accuratamente i fenomeni incidentali. Proprio allo scopo di validare un nuovo modello ibrido sviluppato usando la Fluidodinamica Computazionale (CFD) per simulare i fenomeni di rilascio e dispersione di gas in un ambiente congestionato come il deck di una piattaforma è stata prevista la realizzazione di una stazione sperimentale (mock-up di piattaforma - Fig. 1) in laboratori opportunamente attrezzati per riprodurre le condizioni ambientali (per questo è stata

realizzata una galleria del vento) e per la modellizzazione fisica di incidenti.

Lo studio permetterà di finalizzare un protocollo ingegneristico per l'*early warning* applicabile a impianti, sistemi di trasporto e infrastrutture che gestiscono gas pericolosi a terra così come a mare. Lo stesso protocollo sarà dunque adatto anche per le valutazioni di rischio relative a scenari di conversione e riutilizzo delle piattaforme di produzione di idrocarburi ormai giunte a fine vita, inclusa la possibilità di stoccaggio della CO₂ nel sottosuolo.

D'altro canto è evidente la necessità di accoppiare ai sistemi di *early-warning* l'installazione di sensoristica distribuita sugli impianti per il monitoraggio ambientale e la tempestiva rilevazione di gas rilasciati anche in piccola quantità. Per questa finalità presso il Politecnico di Torino sono già stati realizzati dispositivi innovativi a basso costo per la rilevazione dell'H₂S e per il monitoraggio Fire & Gas (Fig. 2).

Un'altra linea di attività riguarda il monitoraggio delle acque del mare, con la realizzazione di sistemi di analisi basati su dispositivi microfluidici (Fig. 3) e sulla tecnologia lab-on-chip per il rilevamento di sostanze chimiche rilasciate accidentalmente, da installarsi su veicoli autonomi sottomarini (*Autonomous Underwater Vehicles - AUV*). Lo studio si è inizialmente focalizzato sull'inquinamento da metalli pesanti (cromo, rame, zinco e nichel), per i quali la normativa fissa limiti di concentrazione molto stringenti (Fig. 4).

Per ogni inquinante considerato, il metodo spettrofotometrico, normato e comunemente utilizzato per tali indagini, è stato adattato per l'utilizzo su un dispositivo microfluidico portatile, completamente automatizzato. La sinergia delle competenze chimiche, di ottica, microfluidiche e informatiche hanno portato alla realizzazione di un sistema che, montato su un AUV, consente il monitoraggio continuo dei siti di interesse, principalmente tratti di mare prossimi alle piattaforme di estrazione ma anche porti o tratti di costa ove sorgano impianti industriali (Fig. 5). Tale sistema, a differenza dell'attuale pratica di campionamento e analisi a posteriori in laboratorio, abbatte i costi di analisi ma soprattutto fornisce i risultati in tempo reale e con una frequenza modulabile a piacimento, per creare una banca dati completa e sempre aggiornata dei siti di interesse, con la possibilità di intervento immediato in caso di superamento dei limiti di legge. Inoltre, il sistema è stato integrato in un valigetta portatile per l'analisi on-site e il monitoraggio di acqua potabile, di superficie, di pozzo o di scarichi industriali, ampliando ulteriormente il campo applicativo. La validazione degli approcci teorici e tecnologici proposti è stata effettuata anche attraverso una intensa attività di sperimentazione, condotta sia in laboratorio sia in campo. I promettenti risultati ottenuti hanno aperto la strada a ulteriori applicazioni di prossimo sviluppo: scegliendo opportunamente il metodo di analisi si amplierà il campo di inquinanti rilevabili, includendo non metalli, tensioattivi, BTEX e microplastiche.

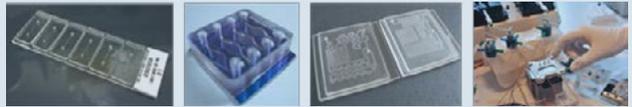
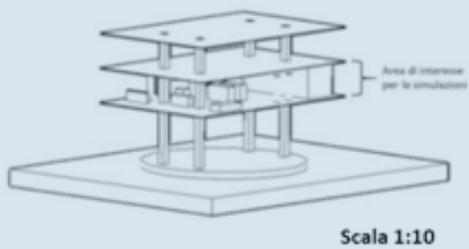
Un'altra applicazione tecnologica innovativa di notevole interesse riguarda un dispositivo, anch'esso montato su AUV, che integra tecnologie di tipo sismico e di tipo Sonar per il monitoraggio di precisione dei fondali marini e dell'evoluzione della batimetria nel tempo e che può operare efficacemente anche in pochi metri d'acqua (Fig. 6). Grazie a questa strumentazione sarà quindi possibile verificare l'eventuale impatto ambientale (insabbiamento, erosione, abbassamento o innalzamento del fondale) sia di attività antropiche sia di fenomeni naturali.

Di taglio maggiormente teorico, invece, è stato invece lo studio che ha portato alla definizione di una metodologia per la caratterizzazione dei giacimenti e degli acquiferi geotermici e per il monitoraggio della produzione di fluidi dal sottosuolo, siano essi idrocarburi o acqua. Si tratta delle prove di produzione di tipo armonico, che prevedono una modulazione della portata dei fluidi erogata attraverso un pozzo che raggiunge la formazione sotterranea secondo uno schema periodico ben definito. Il segnale di pressione registrato a fondo pozzo durante la prova viene accoppiato alle portate imposte ed interpretato nel dominio delle frequenze. L'aspetto innovativo di questa metodologia rispetto ai metodi tradizionali è la possibilità di effettuare le prove senza interrompere l'operatività del campo o del sito geotermico, ovvero senza interrompere la fornitura di energia. Le prove di produzione di tipo armonico sono state applicate con successo sia in giacimenti a gas sia in acquiferi e potrebbero essere utilizzate efficacemente anche per il monitoraggio dei siti di stoccaggio della CO₂. Infatti una delle opzioni possibili e già sperimentate (ad esempio in Norvegia) per il sequestro di grandi volumi di CO₂ è lo stoccaggio sotterraneo in giacimenti esauriti di idrocarburi o in acquiferi profondi.

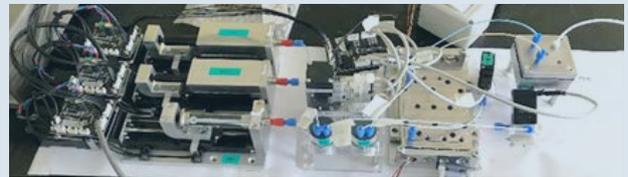
Il Laboratorio SEADOG, che afferisce ora al Centro di Competenza SEASTAR, è dotato di infrastrutture e di attrezzature sperimentali che rendono possibile non solo la realizzazione di dispositivi innovativi per concezione e ridotte dimensioni ma anche lo studio di nuovi materiali per l'energia e la sostenibilità ambientale. Tra questi è da annoverarsi il grafene, scoperto nel 2004, che è un materiale costituito da un singolo strato di atomi di carbonio organizzati secondo una struttura a nido d'ape. L'enorme interesse per questo materiale risiede in proprietà che superano quelle di qualsiasi altra sostanza nota: è più resistente dell'acciaio, possiede conducibilità elettrica e termica superiore a quella del rame, è trasparente, incredibilmente denso, resistente alla temperatura, e la sua produzione è relativamente economica e scalabile a livello industriale. Queste straordinarie proprietà possono essere sfruttate in innumerevoli applicazioni, che spaziano dall'elettronica alla sensoristica, dalla produzione ed accumulo di energia alla purificazione delle acque, inclusa l'acqua di scarto dei processi industriali. Studi recenti hanno infatti mostrato che, creando dei fori di dimensione dell'ordine del nanometro sulla superficie del grafene, è possibile ottenere un setaccio in grado di filtrare le molecole di sale disciolte nell'acqua o contaminanti che la inquinano, con



1



3

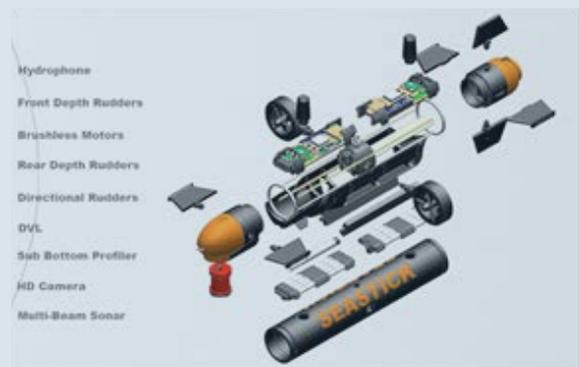
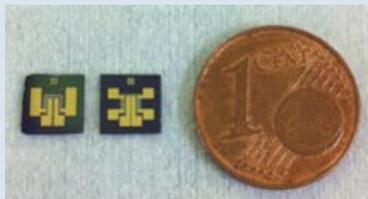
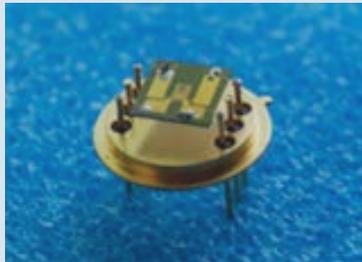


4



5

2



6

- 1 - Design del mock-up di piattaforma interamente sensorizzata per estrazione off-shore
- 2 - Sensori fire & gas per la rilevazione tempestiva di incendi o fughe di gas
- 3 - Esempi di dispositivi microfluidici
- 4 - Miniaturizzazione del sistema di campionamento e rilevamento dei metalli pesanti
- 5 - Veicolo autonomo sottomarino (AUV) equipaggiato con payload per il rilevamento degli inquinanti delle acque e test del dispositivo in mare aperto
- 6 - Componentistica per il monitoraggio dei fondali marini

efficienza maggiore rispetto alle tecniche tradizionali ad un minore costo energetico. Le membrane innovative a base grafene possono rappresentare un importante punto di svolta per migliorare sensibilmente la sostenibilità ambientale dei processi industriali.

Applicazioni di grandissimo interesse nel settore petrolifero, già oggetto di sviluppo presso il Politecnico di Torino, sono costituite dalla produzione di acqua a bassa salinità da iniettare nei giacimenti a olio per aumentare il recupero delle risorse presenti nel sottosuolo, dalla filtrazione delle acque prodotte in associazione con gli idrocarburi ai fini della loro re-immissione in mare o nei fiumi e la separazione di acqua e oli dai gas naturali.

Nell'ambito delle attività del centro SEASTAR, dedicate alla transizione energetica, la ricerca è finalizzata all'applicazione del grafene per la purificazione e l'estrazione di minerali e energia dall'acqua di mare, nell'ottica di installare impianti di produzione di energia pulita sulle piattaforme dismesse. Attualmente grande tema di discussione è infatti il destino delle piattaforme una volta che giungeranno a fine vita e che potrebbero essere smantellate ovvero convertite e riutilizzate per le finalità più varie, dal turismo alla itticoltura alla ricerca sugli ecosistemi marini alla produzione di energia.

Soprattutto nel caso della dissalazione dell'acqua di mare le tecnologie sviluppate possono dare nuova vita (e nuovo valore economico) anche ai materiali di scarto dei processi di purificazione. Il "brine" (o salamoia) è il prodotto di scarto degli impianti di desalinazione ed è costituito da una soluzione concentrata di sali e di materiali disciolti in acqua in piccole concentrazioni. Tra questi materiali ce ne sono alcuni che rivestono un'importanza strategica nello sviluppo tecnologico: il litio ne è l'esempio più eclatante. Il litio, come noto dall'uso quotidiano di dispositivi portatili, gioca un ruolo cruciale nella gestione dell'energia, e questo ruolo è atteso essere ancora più importante nel prossimo futuro. È un materiale raro e costoso, ma l'acqua di mare ne è un serbatoio pressoché infinito. La tecnologia a membrane al centro della ricerca ha le potenzialità di permetterne l'estrazione ed il recupero partendo dal *brine*. Infine, il *brine* può essere considerato come un serbatoio di energia, oltre che di minerali concentrati. Mescolando due soluzioni acquose a diversa concentrazione di sale è possibile recuperare energia, la cosiddetta *blue energy* o *salinity gradient power*. Vi sono diversi modi per cercare di recuperare questa risorsa, come la *Pressure Retarded Osmosis* (PRO), l'Elettrodialisi Inversa (EDI) e il mixing capacitivo (CapMix). Anche in questo caso, lo sviluppo di membrane basate sulla tecnologia del grafene ha la possibilità di rendere più efficiente (ed economicamente vantaggioso) lo sfruttamento di questa risorsa, aprendo nuove vie nella produzione di energia rinnovabile ad impatto zero sull'ambiente.

Per la sensoristica distribuita da utilizzare ai fini del monitoraggio sia ambientale sia del funzionamento degli impianti per la filtrazione delle acque e la produzione di

energia, l'obiettivo delle attività di ricerca è di fornire le tecnologie necessarie alla produzione di massa di parti realizzate tramite stampa tri-dimensionale (3D printing) polimerica, attraverso l'uso di materiali già presenti sul mercato o completamente innovativi. Il "3D printing" polimerico è la base tecnologica per lo sviluppo delle prossime generazioni di tecniche per la produzione di manufatti intelligenti (smart), realizzati tramite l'utilizzo di materiali funzionali e che consentano soluzioni integranti componentistica elettronica (sensori, trasduttori o attuatori), garantendo funzionalità smart e sistemi di sostentamento energetico autonomo ("*energy harvesting*"). La stampa 3D di materiali funzionali si colloca nel contesto dell'Industria 4.0, termine utilizzato per rappresentare la quarta rivoluzione industriale. Tra i nuovi materiali le materie polimeriche giocano un ruolo importante, con una vasta gamma di prodotti come quelli ad alta tecnologia di *additive manufacturing* polimerico hanno già sostituito tecniche manifatturiere consolidate in diversi settori ed hanno portato importanti cambiamenti nella progettazione e messa a punto di molti prodotti, in termini di riduzione di costi e impatto ambientale.

The most important international
event for Drilling & Foundations

 PIACENZAEXPO

30 September - 3 October 2020
Piacenza - Italy

GEO FLUID

Drilling & Foundations

23rd International Exhibition & Conference
of Technology and Equipment
for Prospecting, Extracting
and Conveying Underground Fluids

www.geofluid.it



2020 **Mostra Internazionale**
International Exhibition



Head Offices and Exhibition Centre: PIACENZA EXPO SpA - Tel.: +39 0523 602711 - geofluid@piacenzaexpo.it

International Representative: Mediapoint & Communications s.r.l. - Tel.: +39 010 5704948 - E-mail: info@mediapointsrl.it

La produzione di biometano viene spesso considerata una tecnologia semplice e matura e non suscettibile di ulteriori miglioramenti. Negli ultimi due decenni, a seguito degli incentivi alla produzione di energia rinnovabile introdotti sia in Germania che in Italia, e al più recente grande successo del biometano avanzato negli Stati Uniti, una serie di significativi miglioramenti del processo di produzione del biometano sono stati sviluppati e implementati proficuamente sul mercato, come per esempio additivi che ne aumentano la resa.

Questo articolo verterà su additivi di nuova generazione già oggi commercialmente disponibili e su innovazioni in fase di sviluppo che arriveranno sul mercato in futuro.

La digestione anaerobia è stata per anni ritenuta un “*Black box*” già di per se efficiente e senza bisogno di grossi controlli o strategie di ottimizzazione, data la sua relativa semplicità di gestione rispetto a fermentazioni industriali basate su microorganismi singoli. Si è spesso ritenuto che un controllo sulle biomasse in ingresso, su parametri chiave come il tempo di ritenzione ed il carico organico, fosse sufficiente ad ottenere il massimo del contenuto energetico dalle biomasse in ingresso, e che additivi come microelementi, enzimi o inoculi di batteri selezionati fossero superflui, costosi e privi di vantaggi economici e di processo.

La Biopract ABT negli ultimi anni dopo ingenti investimenti in ricerca e sviluppo è riuscita a mettere sul mercato una serie di “additivi enzimatici 2.0” che sono in grado di risolvere problemi contingenti come lo scioglimento rapido di croste e addensamenti, di ottenere più energia dalle biomasse o espandere le biomasse utilizzabili in digestione anaerobia evitando problemi di processo, quindi ottimizzando la resa economica dell’impianto a biogas.

I prodotti enzimatici per biogas di vecchia generazione erano essenzialmente cocktail enzimatici di *Trichoderma reesei*, il famoso fungo cellulolitico, che però avevano una limitata attività al pH dell’interno dei digestori, mentre i prodotti 2.0 della Biopract contengono miscele di enzimi che sono attivi al pH dei digestori anaerobi; inoltre variando i rapporti quantitativi tra le singole componenti nelle formulazioni è possibile avere prodotti con funzioni e attività su substrati diversi.

Per esempio un prodotto di grande successo sul mercato è il UltraPract® P2, che permette di ottenere più energia dai letami e liquami in codigestione, oltre che ridurre la viscosità e abbassare gli autoconsumi e ridurre le rotture di agitatori e pompe, migliorando quindi l'economicità dell'impianto non solo dal lato della riduzione dei costi di alimentazione ma anche di mantenimento e manutenzioni ordinarie e straordinarie. Come si evince dalla *Fig. 1*, l'aumento medio di sfruttamento delle biomasse è stato di circa 11% in un impianto con 80 giorni di tempo di ritenzione e basso carico organico, condizioni normalmente associate ad una ottimale gestione tecnoeconomica dell'impianto e difficilmente suscettibili di miglioramenti.

Il Biogasfatto bene - il metodo di produzione del biogas italiano sviluppato dal Consorzio Italiano Biogas - si caratterizza per l'utilizzo importante di letami, liquami e insilati di cereali vernini come triticale, orzo e grano. Gli insilati di vernini sono un'ottima biomassa perché in una visione olistica di integrazione tra bioenergie, qualità del suolo e agricoltura a ridotte emissioni queste colture rendono l'intera filiera del biometano sostenibile dal punto di vista ambientale ed economico.

Gli insilati di vernini possono dare problemi di processo come addensamenti, formazione di strati galleggianti di biomassa e un aumento degli autoconsumi e rotture degli agitatori. Per aumentare la frazione di insilati vernini nella dieta l'uso di specifici prodotti enzimatici è spesso la chiave per minimizzare i costi di gestione. La Biopract specificatamente per il mercato italiano ha sviluppato il cocktail enzimatico MethaPract® CG che grazie al suo alto carico di enzimi specifici contro addensamenti e strati galleggianti è in grado di far funzionare l'impianto a biogas anche con frazioni di vernini molto alte, fin quasi il 100%, senza avere i problemi tipici di queste biomasse.

Un altro additivo spesso trascurato nella gestione ordinaria degli impianti a biogas sono i microelementi. Questi ultimi sono delle quantità in tracce di metalli che sono usati dai batteri per il loro metabolismo ottimale. Molto spesso la loro carenza, oltre a diminuire l'efficienza di conversione energetica delle biomasse in ingresso, può portare a crisi biologiche come acidosi e blocco del processo di digestione con gravi conseguenze economiche.

Nel caso dei microelementi è importante distinguere tra metalli in forma di sali inorganici e metalli chelati. Oggigiorno le più recenti ricerche ci dicono che quando microelementi vengono aggiunti in forma di sali inorganici questi tendono a precipitare nel reattore e non sono quindi utilizzati dai batteri in pieno, mentre quando vengono somministrati in forma di chelati la loro biodisponibilità è aumentata.

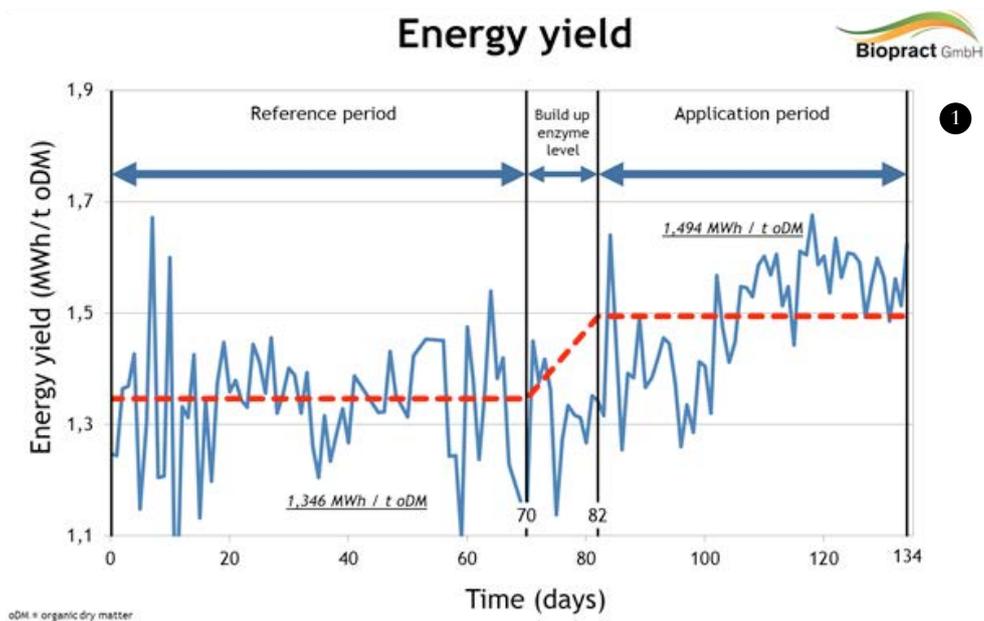
La Biopract ha sviluppato una sua linea di microelementi chelati di ultima generazione (linea V Trace S) e supportati su matrice inerte che non solo ne aumenta ulteriormente la biodisponibilità, ma ne previene la precipitazione anche in condizioni di crisi biologiche con alte concentrazioni di acido acetico e idrogeno solforato. L'aggiunta costante di microelementi combinata ad enzimi garantisce la gestione ottimale dell'impianto di biogas, massimizzando la quantità di energia ottenibile dalle biomasse e assicurando una semplificazione della gestione dell'impianto e la massimizzazione del suo potenziale tecnoeconomico.

Le nuove frontiere di ottimizzazione del processo di digestione anaerobica sono lo sfruttamento della lignina e il poter lavorare con alte concentrazioni di ammoniaca libera nel contenuto del digestore. Molte soluzioni tecnologiche innovative si stanno sviluppando per risolvere questi problemi.

La lignina può rappresentare fino al 20% di alcune biomasse in ingresso e allo stato corrente è virtualmente non convertita dalla digestione anaerobica. La sua trasformazione in gas rappresenta una delle sfide future per il biometano da matrici agricole e si stanno sviluppando molte strategie con questo obiettivo. Tra le più promettenti l'uso di enzimi specifici che sono in grado di depolimerizzarla e renderla accessibile ai batteri del digestore per la sua conversione a biometano.

Un altro problema in fase di studio è la gestione di un'alta concentrazione di ammoniaca libera nei digestori. Una delle matrici più disponibili per produrre biometano agricolo sono le deiezioni di avicoli, che hanno un'importante carica di composti azotati. Quando la concentrazione di azoto è troppo alta il processo di digestione viene rallentato e si perde in efficienza. La ricerca sta quindi attivamente cercando di risolvere questo problema e molte nuove innovazioni sono allo studio e arriveranno presto sul mercato.

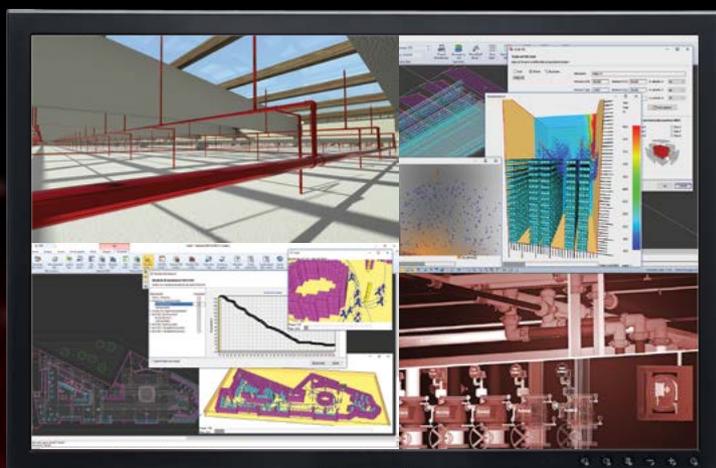
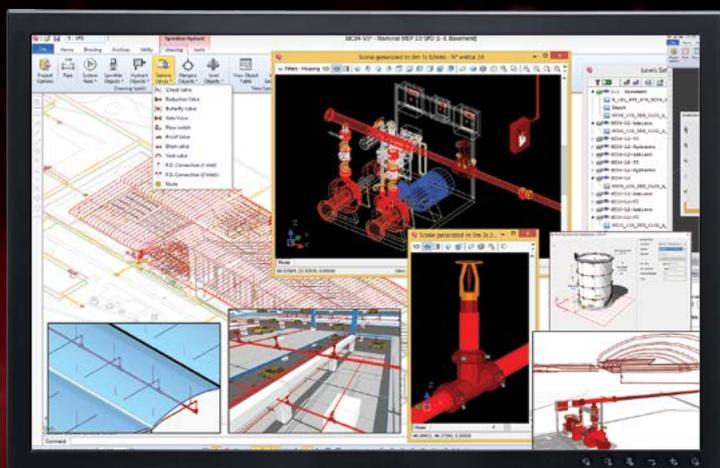
In conclusione già oggi l'uso costante di enzimi e microelementi è in grado di assicurare una gestione semplificata dell'impianto e una massimizzazione della resa economica attraverso i risparmi dei costi di alimentazione, gli autoconsumi e i risparmi sulle manutenzioni. Nel futuro prossimo una ulteriore ottimizzazione economica sarà possibile dallo sfruttamento della lignina e dalla possibilità di lavorare ad alte concentrazioni di azoto nel digestore anaerobio. Tutto questo contribuirà ad aumentare la quantità di biometano agricolo ottenibile e quindi in ultima istanza a concorrere ad un futuro a bassa intensità di carbonio.



1 - Applicazione di enzima Ultrapract P2 che ha permesso un aumento dell'11% dell'energia ottenuta dalle biomasse in ingresso, con risparmio di 6 ton di insilato di mais per un impianto da 1MW, corrispondente ad un risparmio giornaliero di 300 €/giorno di costi di alimentazione a fronte di un costo giornaliero di 100 € di enzimi, con un risparmio netto quindi di 200 €/giorno (circa 70 k€/anno).

La progettazione antincendio completa. Semplice, efficace e sempre a norma.

Con i software Namirial Antincendio puoi risolvere facilmente e con rigore tutte le problematiche legate al settore antincendio.



CPI win® Attività



CPI win® FSE



CPI win® Impianti



CPI win® REI

Namirial Antincendio è la famiglia di software professionali che hanno ricevuto importanti e prestigiosi riconoscimenti anche dalla Rete delle Professioni Tecniche. Tutti i software della famiglia sono costantemente e prontamente aggiornati alle normative in vigore e risolvono in modo semplice e rigoroso le problematiche legate al settore antincendio secondo le disposizioni del nuovo codice di prevenzione incendi.

Provali gratis su: www.edilizianamirial.it



Namirial
Soluzioni Software per l'Edilizia

Antincendio Strutturale Topografia e Strade
Termoacustica Ambiente Sicurezza
Manutenzione Contabilità Progettazione Utilità

The shipping sector has grown significantly in recent decades, due to economic development in a number of emerging economies and in general to the increased globalisation of trade. Maritime transport is now central for the world economy with over 80% of the total volume of goods annually transported. It's a sector that reached near 18,0 billion tons of goods transported in 2018. Food and energy security around the world therefore rely on the distribution of goods by international shipping.

Although today, due to its characteristics, maritime transport is the transportation mode with the lowest environmental impact (emissions per ton/km of goods transported), in the future, without dedicated actions, the environmental externalities of shipping will increase a lot. To govern the growing demand for maritime transportation and gradually reducing the environmental impact of the sector, multiple actions will be necessary, both on the ships side and on the energy sources side.

This paper will explore the range of alternative fuels and technologies currently available toward a future greener shipping.

Current and future environmental policies in shipping sector - Bunker fuel quality and long-term CO₂ reduction

Bunker fuel quality. A very significant first constraint is the one that will come into effect starting from 1 January 2020, when the new IMO legislation on sulphur content of marine bunkers used in all international shipping will have to comply with the Global Sulphur Cap of a maximum of 0.5%. There are different options available to the shipping industry that could be implemented to comply with this Sulphur regulation ranging from the installation of SO₂ scrubbers onboard (gas cleaning systems which would allow them to use high sulphur fuel oil (HSFO)) to the use of low sulphur fuel oil (LSFO), marine gasoil (MGO) or retrofitting vessels to switch to another type of fuel (e.g. LNG).

The most up-to-date information on the number of ships equipped with scrubbers, LNG or other alternative feeds has the following data: about 3300 ships equipped with scrubbers, 3/400 ships powered by already operating LNG, or about to be, and a few dozen of hybridized or methanol vessels. Considering that the world fleet adds up to over 70,000 ships, the marginality of alternative options compared to the supply of low sulphur bunkers is evident.

Oil products. On the bunker supply, a sufficient availability of IMO-specific bunker petroleum products emerged, even if they will be very different products: marine diesel / gasoil; heavy distillates; traditional fuel oil. The most significant problem related to the different nature of the products that ships will be able to find in global ports is that linked to instability phenomena in the mixtures between them, with potential consequences on the correct functioning of the ship's engines and consequent safety problems. The current specification that establishes the environmental and performance characteristics of the bunker worldwide, ISO 8217, is being revised (expected for 2022) but in the meantime a lower ranking specification will be available Publicly Available Specification (PAS2363), destined to govern especially the problems of stability and compatibility.

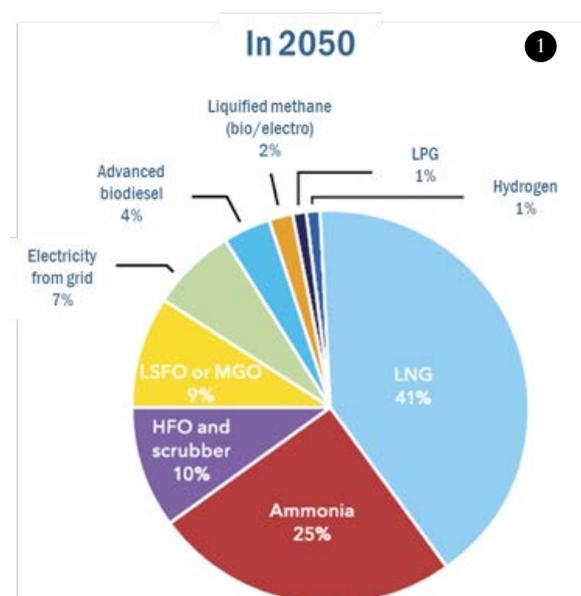
Scrubbers. The use of scrubbers will allow shipowners to continue using the traditional high sulphur bunker fuel. With the current price differentials of the different products, the payback time of the scrubber appears however very short (from one to two years). However, several problems remain for this choice because local authorities do not always allow full use and their use in ports and territorial waters of specific countries could be critical. The ships preferentially equipped with scrubbers are the bulk carriers, the container ships and the oil tankers. Many cruise ships have also chosen this option. A great difficulty for the large-scale development of scrubbers is however linked to the limitation of firms suitable for installations.

LNG. The transformation of ship feeding with LNG systems has many advantages. First of all, sulfur is almost completely eliminated. Particulate emissions are also strongly reduced while it is certainly easier to manage NOx emissions. Finally, CO2 is reduced by a good 20% compared to petroleum fuels. The potential of LNG is therefore considerable and the interest in this type of supply is very high among shipowners. In Northern Europe in Spain and the US coasts, LNG storage and supply terminals are widespread, but worldwide they are still insufficient to guarantee supply in every area and for every type of journey. In Italy there are several deposits under construction and with authorization, while others are still in the phase of expressing interest. The LNG market will develop worldwide with some tens of millions of tons over the next few years with increasing shares also in the Mediterranean. At least three cruise ships, some container ships and many ferries will operate at LNG in the Mediterranean, expanding this market.

Long-term CO2 reduction. Shipping is estimated to have emitted over 1 billion tons of carbon dioxide (CO2) in 2018, which equates to 3% of all global GHG emissions in the same year. The International Maritime Organisation's (IMO) emissions forecasts show that by 2050, in the absence of new policies, total emissions from the shipping sector may grow by as much as 150% (compared to 2007 levels) to 250% as the industry continues to grow. Based on these assumptions, the IMO recently decided to fix a GHG emissions target to international shipping of at least 50% GHG reduction by 2050 compared to 2008 emissions. This ambitious goal is not yet supported by specific measures and different technologies could be envisaged to contribute.

Technical and operational measures may increase the sector's energy efficiency, thus helping to reduce GHG rates by between 25% and 75% per tonne-kilometre below current levels. Although many of these measures appear to be cost-efficient, non-financial barriers may discourage implementation. It is important to note in this regard that from a regulatory perspective, the control of CO2 from ships should follow an approach that takes into account at least all the emissions of the fuel life cycle from their production to the ship's propeller. In essence, the measures can be really effective only if the entire fuel chain is decarbonized, avoiding taking into consideration only the CO2 emissions from the ship's chimney. Moreover, in any reduction of CO2 emissions, the effects of carbon leakage need to be avoided, which will require that all measures adopted have to be applied on a uniform and global basis.

Currently, there is a big number of specific measures that could be implemented globally to reduce CO2 emissions (Biofuels, LNG, Electric Energy, Hydrogen, e-fuels such as synthetic diesel, Methanol or Ammonia).



Although technically possible, the use of first-generation **biofuels** may pose some on-board storage and handling challenges (e.g. plugging of filters, microbial growth), along with issues relating to limited availability and uncompetitive prices. **LNG** has the best chance of becoming economically viable, principally for ships operating within Emission Control Areas (ECAs) and where LNG is available. The use of LNG involves an immediate reduction in CO2 emissions of 20% provided that all possible methane leaks (which have a potential for greenhouse effect 28 times greater than CO2) are completely eliminated. However, remember that of the approximately 70,000 ships that make up the world fleet, only 3 - 400 are LNG, and even in the presence of strong interest, future growth will inevitably proceed in small steps.

Electrification and hybridization of the ship. Today there are about twenty fully electric ferries and the construction of the same number is planned in the near future. They are very small numbers and they are boats that, while emitting zero CO2 in the place where they operate, must consider the emissions deriving from the construction of the batteries and those deriving from the production of electricity. More numerous are the achievements of Plug-in hybrid and hybrid ships but always within the range of the hundred ships.

Biofuels. The ISO 8217/2017 standard regulates the use of biofuels in the bunker. These can be added to distillates to an extent not exceeding 7% by volume, respecting all the other characteristics of the specification and must be appropriately marked as not suitable for all engines. For all other bunker the tolerated level of biocomponents in the fuel cannot exceed 0.1% by volume. This limitation is justified for some

criticalities that can derive from the presence of products of biological origin in sensitive applications such as the naval ones. Therefore, in the presence of biofuels in the bunker it is necessary to pay particular attention to the tendency to oxidation in long-term storage as well as the predisposition to develop bacterial growth and fungi, to prevent any problem of filterability at low and high temperatures.

Other feeds. Other feeding systems are intended to use fuel with a lower carbon content (methanol - 12 ships) or with zero carbon content (a ship's hydrogen being tested) but these are operations still confined to research rather than already commercial.

Year 2050 maritime fuel mix - Carbon-neutral fuels need to supply 30%-40% of total energy in 2050 (source DNV-GL)

Conclusions

With the systems to reduce polluting emissions to the exhaust and with the increasing use of LNG as fuel for the supply of ships, the problems linked to SOx, NOx and Dust pollution will be completely resolved in the short and medium term. However, the ambitious IMO target to reduce the CO2 emissions of maritime transport by 2050 remains to be achieved.

The combination of the above different options with a transport management that avoids non-operational waiting, will allow completing the transport with considerable savings in terms of emissions of CO2. These initiatives, together with ever more efficient engines with increasingly renewable or decarbonised fuels, should ensure the long-term compliance with the ambitious IMO targets.

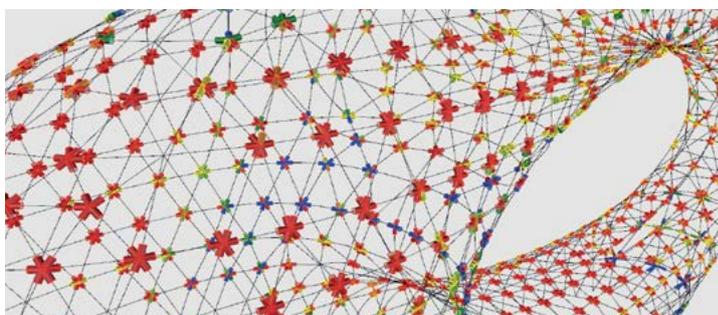
Alternative fuel	Source	Storage	Use
Biofuels	Non edible crops, waste, residue, algae	Liquid or gas form in tank	Internal combustion engine
Methanol	Mainly natural gas and coal. However also from renewable sources or synthesised from waste CO2 and renewable electricity	Liquid form in tank	Internal combustion engine
Ammonia	Mainly from energy derived from fossil fuel. However also from Air and Water using renewable electricity	Liquid form in tank at low pressure	Internal combustion engine and as Hydrogen carrier in fuel cell/electric motor
Hydrogen	Mainly from natural gas and energy derived from fossil fuel. However also from biomethane or water using renewable electricity	High pressure gas in tank or in liquid form at very low temperature	Internal combustion engine and fuel cell/electric motor
Electricity	From fossil fuel, nuclear and renewable sources	Batteries	Electric motor and Hybrid system with ICE
E-fuels	From waste CO2 and hydrogen produced using renewable electricity	Liquid form in tank	Internal combustion engine

Maritime alternative fuels- Availability and use

Nessun limite pratico nel calcolo strutturale agli elementi finiti
PER L'INGEGNERIA E PER L'INDUSTRIA

Calendario corsi 2020

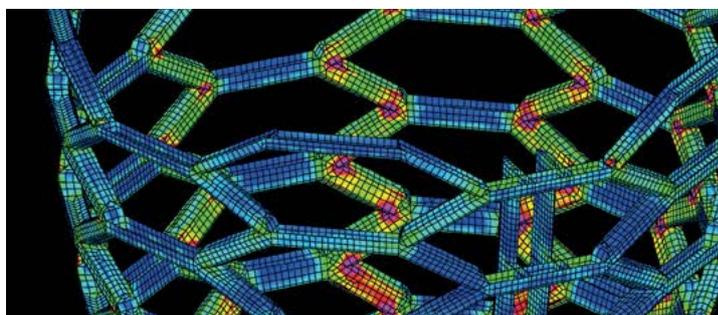
Enjoy **Straus7**®  in 2020!



Il Museo del Futuro, un progetto di "Dubai Future Foundation"



Gennaio 2020	L	6	13	20	27	Febbraio	L	3	10	17	24	Marzo	L	2	9	16	23	30	Aprile	L	6	13	20	27	Maggio	L	4	11	18	25	Giugno	L	1	8	15	22	29
	M	7	14	21	28		M	4	11	18	25		M	3	10	17	24	31		M	7	14	21	28		M	2	9	16	23		30					
	M	1	8	15	22		29	M	5	12	19		26	M	4	11	18	25		M	3	10	17	24		M	3	10	17	24							
	G	2	9	16	23		30	G	6	13	20		27	G	5	12	19	26		G	2	9	16	23		30	G	7	14	21		28	G	4	11	18	25
	V	3	10	17	24		31	V	7	14	21		28	V	6	13	20	27		V	3	10	17	24		V	1	8	15	22		29	V	5	12	19	26
	S	4	11	18	25		S	1	8	15	22		29	S	7	14	21	28		S	4	11	18	25		S	2	9	16	23		30	S	6	13	20	27
	D	5	12	19	26		D	2	9	16	23		D	1	8	15	22	29		D	5	12	19	26		D	3	10	17	24		31	D	7	14	21	28



Il Vessel di New York - Progetto esecutivo e di dettaglio, progetto d'officina, progetto di montaggio, costruzione della carpenteria metallica, fornitura delle strutture temporanee: Cimolai Spa - Modellazioni FEM svolte con Straus7.



Luglio	L	6	13	20	27	Agosto	L	3	10	17	24	31	Settembre	L	7	14	21	28	Ottobre	L	5	12	19	26	Novembre	L	2	9	16	23	30	Dicembre	L	7	14	21	28					
	M	7	14	21	28		M	4	11	18	25	M		1	8	15	22	29		M	6	13	20	27		M	3	10	17	24	M		1	8	15	22	29					
	M	1	8	15	22		29	M	5	12	19	26		M	2	9	16	23		30	M	7	14	21		28	M	4	11	18	25		M	2	9	16	23	30				
	G	2	9	16	23		30	G	6	13	20	27		G	3	10	17	24		G	1	8	15	22		29	G	5	12	19	26		G	3	10	17	24	G	3	10	17	24
	V	3	10	17	24		31	V	7	14	21	28		V	4	11	18	25		V	2	9	16	23		30	V	6	13	20	27		V	4	11	18	25	V	4	11	18	25
	S	4	11	18	25		S	1	8	15	22	29		S	5	12	19	26		S	3	10	17	24		31	S	7	14	21	28		S	5	12	19	26	S	5	12	19	26
	D	5	12	19	26		D	2	9	16	23	30		D	6	13	20	27		D	4	11	18	25		D	1	8	15	22	29		D	6	13	20	27					

www.hsh.info



Calendario corsi

■ Introduttivo
 ■ Analisi non-lineare
 ■ Analisi dinamica
 ■ Strutturale
 ■ Analisi termiche
 ■ Meshatore

Testo, foto e immagini dei modelli di calcolo Straus7 per gentile concessione di Maffeis Engineering SpA e di Cimolai SpA.

Distributore esclusivo
per l'Italia del codice
di calcolo **Straus7**



HSH srl - Tel. 049 663888
Fax 049 8758747
www.hsh.info - straus7@hsh.info

The challenge of renewable and recycled
carbon fuels: an opportunity for climate,
but also for industry, agriculture,
and jet applications

Process routes to bioenergy and bioeconomy

Many routes today available – complexity as an opportunity!

The development of process routes in the field of fuels from biomass and waste has been subject of great attention by researcher and industries for long time, addressing both fundamental and applied research. Some of the major pathways to sustainable biofuels are summarized in the figure.

These routes must process several and very different types of feedstocks, from virgin to residual biomass, as well as organic wastes, etc. In recent years the attention to waste and residues largely increased, mostly due to the sequence of EU Directives that addressed the bio-energy policy towards these materials (as the RED/FQD, ILUC and REDII Directives).

With respect to the decarbonization of the end-user sectors, namely industry, civil and transports, the last one is certainly the most critical area, where the impact has been very minor if not zero. In its latest Directive (REDII) and relevant Communications, EC addressed this and also prioritized Aviation and Maritime sectors (1.2 Multiplier). The relevance of addressing the Heavy-Duty area was also remarked. As regards electrification of road transports, many International agencies and competent Institutions forecast a highly complementary role of sustainable advanced biofuels and electricity at least until 2050-2060.

The Bioeconomy sector, in the meantime, has evolved at a very impressive rate, with many pathways today technically available at full commercial and large scale, as some biopolymer types. It is however necessary that policy will adequately support this green transition, otherwise the conventional fossil option will continue limit the widespread use of many bioproducts despite their technology readiness.

EU is also facing a very challenging issue about soil and land degradation (in particular, in the South of Europe region), which is losing organic carbon (a non-renewable resource), moisture retention capacity, and microbial life, which overall means loss of fertility. Marginalization today affects 8.5 Mha in EU MED countries only, and EEA has recently forecast a dramatic 50% reduction in wheat, corn and sugar beet production by 2050 in the Southern EU area.

The very interesting fact is that several of the above-mentioned innovative bioenergy/bioeconomy technologies and processes also represent a valuable source of green carbon and organic matter for the soil. The challenge today in designing the most advanced value chain is thus to combine a sustainable land and soil management with the production of bio-based products and energy, while supporting food and feed agriculture and deploying the most innovative technological solutions. This is a doable and achievable goal if appropriate policy is in place, developed and implemented.

Advanced technologies for renewable and recycled carbon transport fuels

Most Advanced Biofuels, Recycled Carbon Fuels and Bioproducts technologies are ready for deployment

When analyzing the different advanced biofuels and recycled carbon fuel industrial pathways, these indeed falls at very different stages of development and commercialization. Unfortunately, technology deployment at Demonstration scale is always the most critical barrier to overcome before moving to First-Of-A-Kind and commercialization, so difficult that is called “Mountain of Death”. Below a representation of the various biofuel technologies positioned on the base of the achieved level of development.

In a rather short-term perspective, and considering a policy-favorable environment (following the MS incorporation of REDII, due by June 2020), it can be expected that the following routes will commercially take off soon:

- Lignocellulosic ethanol through hydrolysis and fermentation;
- In-situ (biological) and ex-situ (thermochemical) methanation in Anaerobic Digestion;
- Coprocessing of Fast Pyrolysis Bio Oil and Vegetable Oils/Lipids in existing refineries;
- Gasification of waste and syngas conversion to ethanol/methanol;
- Biological fermentation of waste fossil-based flue gases from industry into alcohols (es from steel making plants).

A number of other options however also looks very promising in the medium to long-term.

On the **fuel production** side

- HydroThermal Liquefaction (HTL) and HydroThermal Carbonisation (overall, HydroThermal Processing, HTP) of lignocellulosic materials, organic wastes and lipidic feedstocks;
- Thermochemical and/or chemical conversion of lignin-rich streams from lignocellulosic ethanol into biofuels or products;
- Development of so-called “microbial-oil”, a lipidic product obtained by microorganisms (as yeasts or algae) fermenting organic matter, including lignocellulosic sugars, to be used in existing HVO or transesterification processes.

On the **product upgrading** side:

- Catalytic upgrading of Fast Pyrolysis BioOil (a biocrude) from lignocellulosic biomass to transport fuel quality;
- Development of new renewable and recycled carbon jet and marine fuels routes.

Some of these pathways, however, are also very promising for the bioeconomy/bioproduct market. Aromatics from lignin-rich streams could for instance find promising applications in the chemical industry, substituting conventional fossil-based aromatics. Or biofertilisers and biocides, that could be obtained as coproducts of some of the above-mentioned routes. In a biorefinery approach, products and energy are simultaneously produced in a synergistic manner.

Among the most innovative routes, Hydrothermal processing is a good example of new emerging paths. HydroThermal Liquefaction (HTL) is a process that converts organic matter into a solid (char like) and liquid (biocrude) in a wet environment, most often water at near critical (200 bar, 374 °C) condition. It can also be operated at lower severity, thus acting mostly as a slow pyrolysis process in wet form (Hydrothermal Carbonization, HTC). Both processes can be well applied to very wet types of biomasses, as algae, urban wastewater sludges, organic fraction of municipal solid wastes, etc., finding the optimal application with the wet materials, as the systems does not require prior drying.

The HTL technique can be very nicely integrated with process like Aqueous Phase Reforming (APR), as done at the Polytechnic of Turin, to generate a significant portion of the hydrogen necessary to upgrade the biocrude. Despite this strong potential, APR however still needs to be developed at pilot and demo level to well understand all the technological and cost implications on the upstream (HTL) and downstream (upgrading) steps. Similar effort should be devoted to investigating the separation and reuse of Water Soluble Organics in the HTL water phase through other routes, such as those techniques currently under study at RE-CORD, aimed at

increasing the biocrude production and valorize the organics in other biofuel routes.

Another promising route is related to the valorization of concentrated CO₂ streams, as those available downstream Biomethane plants and other bio- or thermochemical processes. This CO₂ is sometimes available even at a negative price. This gaseous feedstock, combined with Hydrogen produced by using excess variable renewable electricity (as form PV and Wind) through modern electrolyzers, can be effectively converted into gaseous and liquid products, in the so-called Power-To-X (PtX) pathway.

This route is regarded as a key solution for deploying additional solar and wind energy, without affecting the stability of the electrical grid but rather favoring grid balancing. This will certainly be a major topic for R&D and industrial-scale deployment in the coming years. It also very well combines with the production of intermediate bioenergy carriers (as fast pyrolysis oil from lignocellulosic biomass), that are a kind of energy storage in the chemical form.

Sustainable aviation fuels (SAF)

The transport area receiving the greatest attention

The Aviation sector is probably the most critical transport area for decarbonization. It is expected to grow by 1 % annually in the EU (Eurostat EU28 Jet Fuel data) until 2030. The IEA Sustainable Development Scenario (which assumes aviation to cut GHG emissions by 2050 compared to 2005 emission levels) estimates SAF will cover approximately 10% of aviation fuel demand by 2030, reaching some 20% by 2040, corresponding to ~16, 33 and 56 Million Tons in 2025, 2030 and 2035 respectively.

Aviation is a very complex area, not only from the technical point of view (i.e. meeting the very severe physical and chemical specifications of the fuel) but also for the normative which stands behind the sector. In fact, International Aviation is subject to the CORSIA program by UN ICAO, while EU Aviation is subject to the ETS system. In addition, the alternative sustainable jet fuel producers are subject to the EU Directive on Renewable Energies, REDII. Significant differences can occur for some parameters: for instance, the minimum GHG savings for CORSIA is set at 10%, while EU REDII requires a threshold at 65%. Harmonizing and managing these aspects will be a challenge.

Today, five routes for the production of Sustainable Aviation Fuels are ASTM qualified for passenger flights:

1. Annex A1 Fischer Tropsch (FT) Synthetic Paraffinic Kerosene (FT SPK). Blend Level: Up to a 50%. Route qualified in June 2009.
2. Annex A2 Hydro-processed Esters and Fatty Acids (HEFA SPK). Blend Level: Up to a 50%. Qualified in July 2011.
3. Annex A3 Hydro-processed Fermented Sugar (HFS-SIP). Blend Level: Up to a 10%. Qualified in June 2014.

4. Annex A4 synthesized paraffinic kerosene plus aromatics (FT-SPK/A). Blend Level: Up to a 50% Qualified in November 2015.

5. Annex A5 Alcohol to Jet (ATJ-SPK). Blend Level: Up to a 50%. Qualified in June 2018.

Moreover, co-processing of up to 5 vol% fats and oils in a conventional refinery to produce kerosene was qualified under Annex A1 of ASTM D1655 standard (conventional Jet-A1) in April 2018.

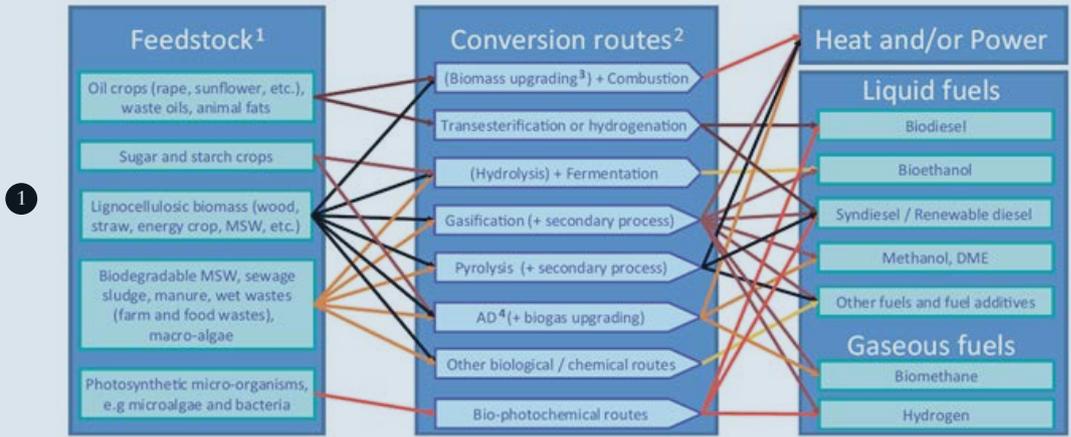
Then, there are a number of pathways under qualification in the “fast track” corridor (ASTM approval based on chemistry analysis of the fuels). A significant number of other routes are under pre-qualification, even if these have not yet started the actual ASTM certification process.

As regards co-processing, a Delegated Act by the European Commission, with the technical support of the Join Research Center, will specifically address the measurements of the biogenic fraction in fossil fuels.

The expansion of the sustainable aviation sector will require a huge effort to install additional capacity worldwide. Compared to 142 Mt CAF Conventional Aviation Fuels) consumed in 2010, a demand of 860 Mt is expected by 2050 (570 Mt if improvements or routes and other GHG minimization options are considered) (Source: UN ICAO). Thus, the greatest role will be played by SAF. 100% CAF substitution could theoretically be met by SAF (in a MAX scenario, cutting 63% of aviation GHG emissions): this would require building 170 new biorefineries annually from 2020 to 2050, at a cost estimated at 15-60 \$B/y. Thus, the process routes previously indicated will see an impressive development, if targets are to be met.

Today, the dominant renewable jet fuel is represented by the HEFA route: here, the key barrier to development for the fuel deployment is the supply of sustainable lipids at competitive costs.

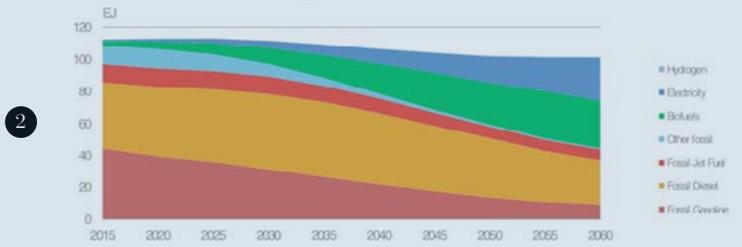
- 1 - Routes to biofuels and bio-based heat power. Source: BIOENERGY – A SUSTAINABLE AND RELIABLE ENERGY SOURCE - A review of status and prospects - IEA BIOENERGY: ExCo: 2009:05
- 2 - Estimated role of sustainable transport fuels in the 2 Degree Sustainable scenario (Source: IEA)
- 3 - Positioning of different biofuel technologies on the Mountain of Death. Source: adapted and modified from K.Maniatis / SGAB report, 2017
- 4 - Hydrothermal Processing conditions (left) and 1-2 kg/h continuous plant at RE-CORD (right)
- 5 - Expected fuel consumption and aircraft CO₂ emission from International aviation, reflecting aircraft technology, ATM and infrastructure use improvements, and possible substitution with SAF from 2005 to 2050 (reprinted from UN ICAO)



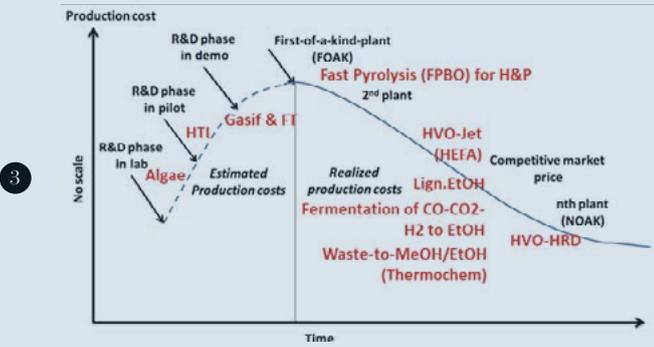
Legend

1. Parts of each feedstock, e.g. crop residues, could also be used in other routes
2. Each route also gives co-products
3. Biomass upgrading includes any one of the densification processes (pelletisation, pyrolysis, torrefaction, etc.)
4. AD = Anaerobic Digestion

Transport Fuels – 2DS

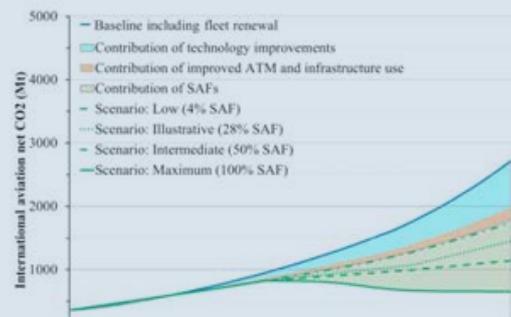
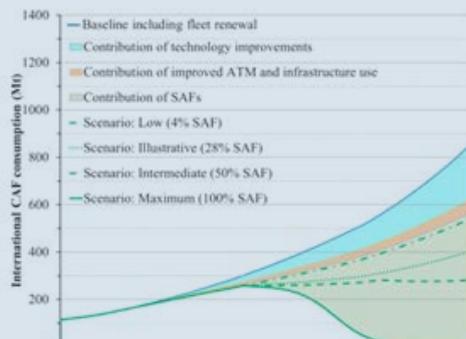


MOUNTAIN OF DEATH



HIGHT

Higher T Super Crit. Conditions	HTG (HydroThermal Gasification)
High T Near Crit. Conditions 280-370 °C	HTL (HydroThermal Liquefaction)
180-250 °C	HTC (HydroThermal Carbonisation)
140-230 °C	LHW (Liquid How Water pre-treatment)
100-180 °C	PHWE (Pressurised Hot Water Extraction)
< 100 °C	HWE (How Water Extraction)
LOWT	



Improving carbon in the soil: which technologies and processes?

All our decarbonization efforts depends on soil quality: a quick action on soil is urgently needed.

Biomass for fuel, energy and products will have to be produced in EU in considerable amounts without conflicting with food and feed production. Given the lack of organic matter in the agricultural soil, and the growing desertification and impoverishment effects occurring in EU and in particular in Southern EU, it is also necessary to intervene as soon as possible to restore healthy conditions in the soil. A smart and integrated mobilization of agricultural, forestry, and energy policy and resources is necessary to support new value chains and technologies, and thus the process of improving the resilience of soils to climate change. The EU MED area has been identified as one of the most critical ones in the EU by the EU Environmental Agency (EEA), the EC Joint Research Center (JRC) and other International and National Institutions.

Among the various solutions than can support this action, we could mention here a few, namely carbonization (Slow Pyrolysis), Composting and Anaerobic Digestion.

These two approaches are in fact complementary, the first aimed at rebuilding the soil structure with recalcitrant-carbon moisture-retaining porous material (which can be tailored for soil and crop type conditions), the second one aimed at adding readily available carbon to the soil for promoting microbial life and crop growth. A variety of pyrolysis unit and reactor types (fixed bed, moving bed as rotary kiln/auger reactors, etc) have been developed and are available. These can be well implemented in a decentralized farm-scale configuration, with additional benefit of exploiting the combined generation of high temperature renewable heat for local civil and industrial uses. An example of such technologies, a 100 kg/h rotary kiln unit is reported in the following figure.

As regards composting Organic matter, including the Organic Fraction of Municipal Solid Waste, this well-developed process has a great potential to counteract the harsh conditions occurring in the EU MED and affecting the soil.

This pathway can also be well combined with the valorization of bio-based compostable polymers in substitution of conventional fossil plastic materials, in a full circular approach, where carbon is used and sent back to the soil.

These routes can also be perfectly integrated with the Anaerobic Digestion and Biomethane process, where the valorization of the organic digestate plays a major role. Sustainable models have successfully been developed and deployed in this technological and agricultural field, as the Biogas Done Right model, where the combined implementation of sustainable agricultural practices with advanced transport

fuel production and, at the same time, bringing organic carbon and nutrients to the soil.

Summing up, biochar production from residual lignocellulosic material, biopolimers, composting and anaerobic digestion can all be successfully combined in a win-win approach, favoring the retention of nutrient (i.e. avoiding N-leaching and conversion to N₂O, a powerful greenhouse gas), sequestering carbon in the soil and using this to make agriculture more sustainable.

These are just two examples of the many technologies and process routes that could see a very favorable environment in the coming years, as solutions fully in line with the EU Green Deal and the achievement of the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

Conclusions

Decarbonization will require the deployment of all possible and most advanced solution

Since COP Paris 21 it is well understood that Carbon negative actions are needed, and that these must be implemented very quickly if we want to achieve the 2 °C (or even 1.5 °C) target. This ambitious goal will require the deployment of all possible solutions, integrating technologies in a smart way but also keeping a value chain approach, in which Carbon is the main reference.

Wastes, agricultural and forestry products will have to be managed in a sustainable way, and efficiently converted into energy and products by new advanced processes. This transition, and the huge effort associated with it, will be compensated by the injection of innovation not only in the industrial system, but along the entire value chain, thus creating knowledge and job/business opportunities and making the system more competitive towards the global competition around sustainable development.

6 - Desertification in EU MED Countries (Sources: EEA)
7 - 100 kg/h feed rotating kiln Slow Pyrolysis plant at RE-CORD

6



7



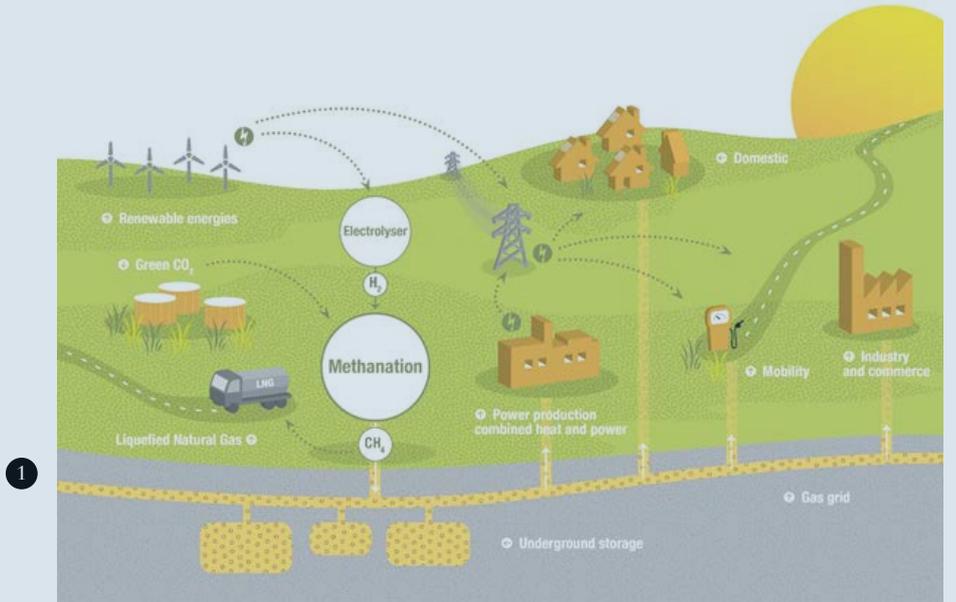
Power-to-gas: The key enabler for a CO₂-neutral energy system

The project STORE&GO demonstrates how green methane provides a keystone for the cross-sector energy transition

In 2015, 195 countries have signed the Paris climate agreement that aims at reducing global warming to 2 °C or in a best case scenario to 1.5 °C. Greenhouse gas emissions have to be reduced drastically. The EU has set ambitious targets to reduce greenhouse gas emissions by at least 40 percent by 2030 compared to 1990 and by 80-95 percent by the year 2050. In order for the European Union to meet the assigned climate targets, energy production must come mainly from renewable sources. However, wind and solar power are volatile and intermittent due to their dependence on weather conditions and time of the day. At times renewable energy supply will surpass demand - for instance, during sunny and windy summer days - and vice versa. Energy has therefore to be stored to be made available when needed. Additionally all forecasts about the share of electricity in the end-energy consumption show a share below 50% for the year 2050 (today approx. 20%). Thus, the conversion of electricity to chemical energy carriers will become increasingly important serving two targets: the necessary large scale and long term energy storage to overcome the volatility and seasonality of renewable energy supply and the provision of the needed chemical energy carriers in the end-energy distribution in a future energy system dominated by primary renewable energy sources. Furthermore, it also reduces needs and costs for expanding the electricity grid by utilizing the already available transport capacities for chemical energy carriers and especially the ones of the European gas grid.

Since March 1st 2016, 27 European partners have been investigating the potential of power-to-gas (PtG) applications in the European energy grid as an important step in the energy transition in the framework of the Horizon 2020 project STORE&GO: "Innovative large-scale energy STOragE technologies AND Power-to-Gas concepts after Optimisation" under the coordination of DVGW (German abbreviation for German Technical and Scientific Association for Gas and Water). PtG allows for storing power by producing hydrogen or synthetic natural gas (SNG). Generating gas from renewable electrical power using the PtG processes is by far the most promising way to store large amounts of energy. In order to overcome technical and regulatory barriers, methanation of hydrogen with CO₂ is performed in the framework of STORE&GO, so that there are practically no limitations for injecting renewable gas from PtG technologies in the natural gas grid, or providing a full compatibility

- 1 - STORE&GO landscape showing how power-to-gas server for coupling elements of the energy system.
- 2 - Total view of the Troia demonstration plant, comprising innovative methanation, small-scale liquefaction, and direct capturing of CO₂ from the atmosphere.



with LNG (Liquefied Natural Gas). But also SNG mixtures containing significant amounts of hydrogen may be considered as long as the techno-economic feasibility is provided. Furthermore, an analysis of the competitive strengths of PtG in a future energy system is conducted, so that precise recommendations regarding how and where to roll out this technology can be done. For this reason, the STORE&GO consortium involves large industrial players, innovative small companies, and research institutes, which jointly focus on reactor concepts, electricity grids, techno-economic studies, LCA and environmental impact, business development and legal aspects.

Three pilot plants with different innovative power-to-gas technologies were realized and are currently in operation in the framework of STORE&GO:

- **Falkenhagen, Germany:** plant size 1 MW, renewable electricity from wind power, catalytic methanation technology in honeycomb reactors, CO₂ from nearby bioethanol plant, injection of SNG in the gas transport grid.
- **Solothurn, Switzerland:** plant size 700 kW, renewable electricity from hydro and PV power, biological methanation technology, CO₂ from nearby waste water treatment plant, SNG injection in the urban gas distribution grid.
- **Troia, Italy:** plant size 200 kW, renewable electricity from wind and PV power, catalytic methanation technology in temperature conditioned “milli-structured-reactors”, CO₂ from atmospheric air, Liquefaction to an LNG substitute.

The Italian Demo Site

The area around Troia is characterised by a high share of wind energy and high PV production capacities. This renewable power is used to generate hydrogen in the first step. Within STORE&GO, an existing electrolyser unit was extended by a methanation reactor from the French project partner Atmostat, where the renewable hydrogen is catalytically methanated using CO₂. A special feature of the plant is the special CO₂ capture technology by the Swiss project partner Climeworks. This unit absorbs and captures the required CO₂ directly from the atmosphere, thereby closing the carbon cycle.

Also remarkable is a small-scale gas liquefaction unit by the Italian partner Hysytech that chills green gas to a temperature of -162 °C into a liquid state, converting methane into liquefied renewable gas (LRG) as a substitute for LNG. This fuel can be transported and distributed to customers by truck, or directly serve as fuel for transportation.

The overall concept makes the plant independent from pipeline access, or nearby located sources for carbon-neutral CO₂ and demonstrates possible applications on islands and isolated areas. LRG can replace fossil LNG (Liquefied Natural Gas) as a green transport fuel for heavy-duty trucks or ships.

The plant will be in operation at least until the end of the project on February 2020. Further industrial partners of the Italian site are ENGINEERING, who are coordinating the activities in Troia, IREN Energia and Studio BFP. They are supported by their research partners CEA and Politecnico di Torino.

Innovative Technologies

Each of the concepts being demonstrated at the three STORE&GO pilot sites involves new methanation technologies, and each has been adapted to the respective demonstration site. The PtG plants are integrated into the existing power, heat and gas grids. The synthetic gas can be made available for a wide range of customer applications. The demo sites provide highly diverse testing environments e.g. different climates and topologies; different grid types like transmission or distribution; different combination of solar, wind and hydro energy and different CO₂ sources, including bioethanol, wastewater and directly from air. In this way, the advantages of PtG in various environments can be analysed and compared.

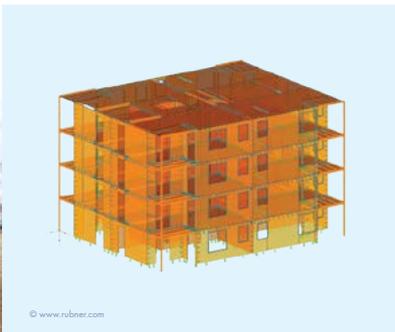
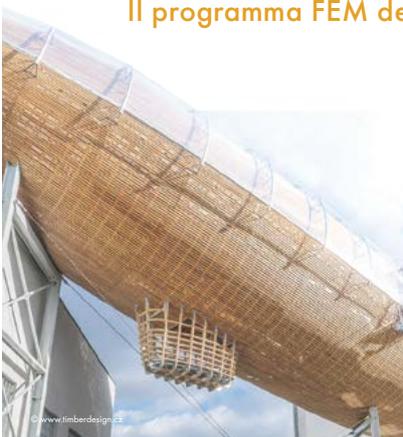
Key findings towards a European Roadmap

One key finding is that with power-to-methane, the carbon footprint can be lowered by more than 80% compared to natural gas. A comprehensive analysis of the energy system shows that a significant capacity of PtG plants is needed until 2050. Out of 55 different scenarios on the future framework for the development of the energy system, 27 of them show a capacity demand for PtG on the European level of over 40 GW, while a capacity demand of up to 660 GW of PtG can be feasible, pending on political and economical conditions. However, the political framework is not ready for market uptake of power-to-gas yet. Basic questions for a market uptake are still not answered like the definition of a PtG plant (energy conversion, vs. energy storage, vs. production of chemicals). It is also not clear whether the hydrogen production or the overall process until the final chemical energy carrier like SNG is the energy conversion/storage step. The definition of renewable gases is also unclear, while the gas quality standards strongly deviate across Europe. Finally, the legal framework treats the electricity and gas supply separately instead of a holistic approach to the energy system.

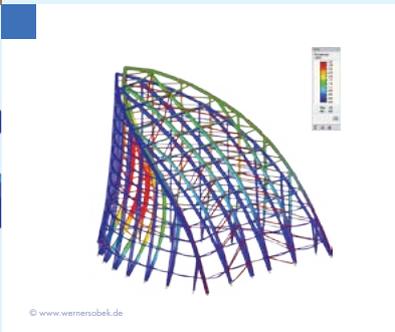
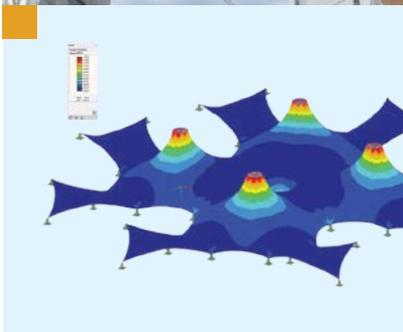
The project team is analysing the existing regulatory and legislative framework in order to identify where PtG fits in. The researchers are also creating a European PtG map displaying the most promising locations to install facilities. A central outcome of the project will be the development of a European PtG roadmap.

RFEM 5

Il programma FEM definitivo

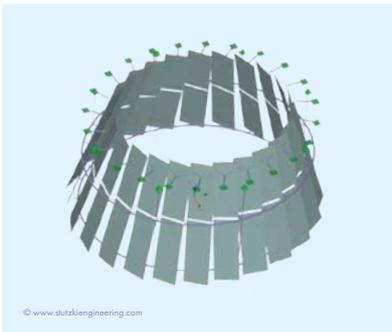
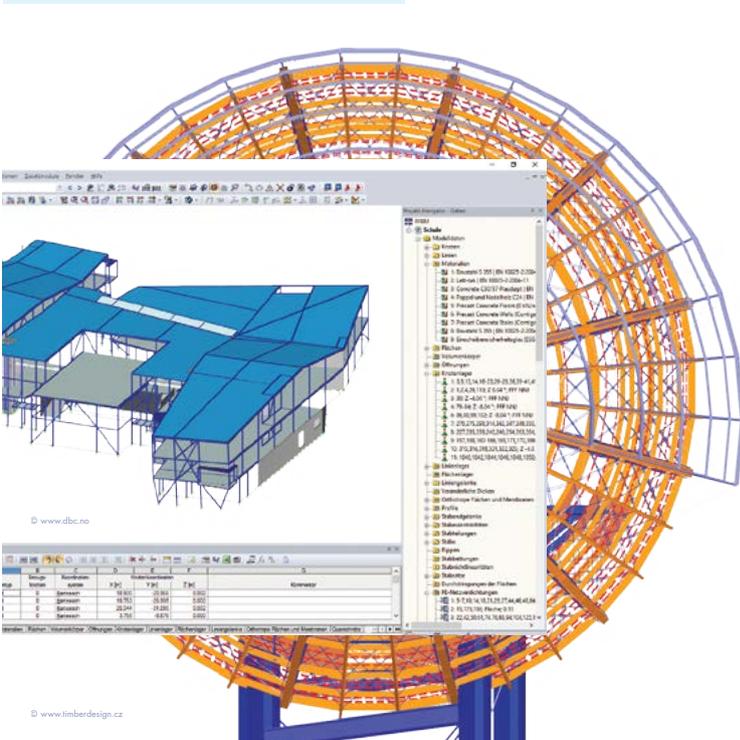


Scopri il piacere di progettare...



RSTAB 8

Il programma per strutture intelaiate



- ➔ BIM e interface dirette
- ➔ Collegamenti
- ➔ Acciaio e alluminio
- ➔ Telai in legno 3D e Xlam
- ➔ Calcestruzzo
- ➔ Vetro
- ➔ Tensostrutture
- ➔ Eurocodici e norme internazionali



GRATUITO PER STUDENTI & SCUOLE



VERSIONE TRIAL GRATUITA VALIDA 90 GIORNI



ASSISTENZA TECNICA GRATUITA



Software di analisi e progettazione strutturale

www.dlubal.com

How the transition in chemistry and energy production are going to produce opportunities for innovation & business

On-going transition in chemistry and energy production and the general effort towards sustainability offer great possibilities for innovation and business, creating new opportunities for industrial renewal, regeneration, and innovation as well. This note is introducing some general background elements for sustainability as driver for company's strategies, with some elements of the business opportunities in particular regarding the impact of circular economy on chemical green production and catalysis.

Introduction

The evidences that the current chemical and energy production system is facing a major transition in its structure, in terms of both raw materials and energy sources, technologies of conversion and market drivers, are continuously increasing. The characterizing elements of this transition are the progressive substitution of fossil fuels and the introduction of renewable energy (RE) sources and alternative carbon feeds. This will be a major change in the manufacture system, that will require a cultural revolution in terms of ways of production, and thus related technologies, but also of the system thinking.

For example, circularity is the keyword for the next decade. However, a circular economy or circularity, e.g. an economic system aimed at minimizing waste by their reuse, is not just the introduction of technologies using waste streams but asks for system re-thinking. Replacing one-way products with goods that are 'circular by design' and creating reverse logistics networks and other systems to support the circular economy is a powerful spur to new ideas. McKinsey, a main worldwide consulting and management company, has identified that by adopting

circular economy principles, Europe can take advantage of the impending technology revolution to create a net benefit of €1.8 trillion by 2030, or €0.9 trillion more than in the current linear development path.

Catalysis, green chemistry and sustainable energy are the three key elements of this transition and the three characterizing areas where new technologies will create novel business opportunities. This note is thus dedicated to these aspects and aims to offer idea and case examples, together with some technological, economic and entrepreneurial background to stimulate new possibilities for entrepreneurs wanting to address the current global transition period to adopt low carbon and sustainable energy/chemistry production, but also create new business.

Sustainability as driver for company's strategies

More and more companies, and financial capital promoters as well, are no longer considering sustainability a way to comply with regulations due to social pressure, but a corporate strategy to joint protection of resources and environment to market and social requirements (in terms of products and social visibility of the companies itself) and, more recently, as an approach to stimulate innovation and competitiveness. Forward-looking venture capital companies and investment funds are stimulating in spin-off/startup companies the need to evolve from a service approach (too much dependent on the economic situation) to an innovation vision, which result in the creation of new strong business cases. An example is the Avantium companies, initially started as a service company of Shell and then stimulated to create new business cases in the area of biomass transformation. NextChem, the new business unit of the Maire Tecnimont is another example of Green Acceleration company created to explore new possibilities deriving from carbon footprint reduction, circular economy and new bio-based products and feedstock.

Two decades ago, the chemical industry does not considered sustainability beyond the need to protect employer's health and safety and meet environmental pollution regulations. However, following the white paper on The United Nations' Sustainable Development Goals (published in 2015) and its adoption by several national governments, sustainability targets have been strongly enforced. Today, sustainability-minded investment represents typically almost a fifth of assets under management. For the chemical industry, sustainability has the potential to move from a compliance issue to a revenue generator.

RE is becoming the better solution from both environmental and economic perspectives, with over 80% of the world new energy capacities dedicated to this area, but with still many companies, which have not addressed technologically in time the transition, trying instead to insist that fossil fuels are the

only solution.

In this sense, there is also wide debate whether a transition from oil or carbon to natural gas is still worthy to consider, when REs in combination with solar fuels (as solution to transport and store renewable energy) are already a preferable solution. From a practical perspective, being energy the crucial element of our actual system with thus a transition requiring long times to be completed, fossil fuels will be still a backbone of energy system for the next decades. However, the turning point in any transition is when the additional investments are in the new direction, as already occurs for renewable energies in contrast to fossil fuels use.

The limiting factor today in the area of sustainability as business driver is the capability to identify properly the key aspects and business opportunities in a fast-evolving scenario for chemistry and energy in transition, which requires to overcome the current limits in assessing techno-economic perspectives.

In transition periods, new conceptual assessment modes, including on how to evaluate the feasibility from a chemical engineering viewpoint, are necessary and it is historically demonstrated that in the absence of this approach a company may rapidly lose their market positions being their innovation capacity (a crucial aspect in chemical production) rapidly lost. The analysis of the new production models should be not based on the traditional economic models and concepts, such as scale-economy. It is necessary to use new assessment tools, which include the capability to analyze socio-economical macro-trends, market evolution, competitiveness related to entire ecosystems, sustainability and integration into territory (rather than globalization), non-linear dynamic of changes and costs evolution, extended life-cycle cost and social analysis.

Opportunities for Innovation & Business

Moving toward an almost carbon-neutral global society and economy in the second half of 21st century will dramatically change the way fuels and chemicals are produced today. Direct use of RE sources and CO₂ reuse in chemical production are going to be a great challenge crucial for chemical engineering. Rather than use heat, produced from the combustion of fossil fuels, to run operations or to provide heat of reactions, electrical energy should be used.

Imagine the possibility to realize a steam methane reformer or a steam cracker for olefin production, proving heat by electrical energy. Stacks and emissions are also going to disappear.

Today too much plastic is being incinerated instead of being recycled into new raw materials. Today recycling technologies have severe limitations associated with poor quality goods and high use of chemicals and energy. The six largest soft drink producers use an average of only 6.6% recycled PET material for their plastic bottles

The need to re-use/recycle CO₂ will converge with the use of RE sources to define a new paradigm where electricity, water and CO₂ are going to be the only resources to be required. Imagine the Power- to-Liquids (PtL) or Power-to-Gas (PtG) as the production platform for gas and liquid hydrocarbons and other chemicals.

A further step in developing such a platform will be to extend the use of electrocatalytic technologies, not only for CO₂ reduction but also for other challenging reactions like direct ammonia or even fertilizers from N₂, to a broader range of reaction of interest for a sustainable chemical production;

The Business Opportunities

As we said before in first half 21st century a major change in the way fuels and chemicals are produced will be implemented. Under the term production, also the recycling processes are included: the recycling of plastic wastes or municipal solid wastes conversion are going to play a major role in coming decades making obsolete the conventional processes.

Very recently (June 2019) Maire Tecnimont Group, in particular through the controlled NextChem, has announced an agreement with Eni to develop WtC (waste to chemicals) technology to produce H₂ and methanol.

Industrial initiatives are starting, and opening new value chains. The value creation process will encourage the decentralization of innovation to promote and exploit creativity, the thinking out-of-the box, and participation outside corporate structures.

New start-up firms and even more informal groups are going to be the center of such “cultural revolution” generating new ideas and putting them in action, leaving to centralized

corporate structures the role of introducing innovation in an efficient and effective way into the production schemes.

The crucial point is that such cost-effective solutions need to reduce the initial cost barriers: on a short term using bankable infrastructure either existing refinery or gas pipeline or industrialized sites will be fundamental to minimize investment and makes the new projects bankable. Negative examples in last years are plenty.

Circular Economy

Create a circular economy is the current main stream in macro-regions such as Europe, where resources are limited. A circular economy aims to redefine growth, focusing on positive society-wide benefits. It entails gradually decoupling economic activity from the consumption of finite resources and designing waste out of the system. It is based on three principles: 1) design out waste and pollution, 2) keep products and materials in use and 3) regenerate natural systems. Today, circularity is considered in close relation to innovation for chemicals future. The basic principle is to move from a ‘linear’ economy, e.g. raw materials are used to make a product, and after its use any waste (e.g. packaging) is thrown away, to a circular concept, which minimize waste formation and use of resources.

The circular economy keeps products at highest utility and value, rather than passing through a volcano shape in the value chain as in the linear approach. This will thus significantly impact the industrial competitiveness along the value chain. In some industries, like glass and steel industrial sectors, elements of the circular economy are already at work, and are a relevant element for their competitiveness. However, in chemical industry, differently from above cases, there is a modification of molecular bonds along the value chain. This modification inherently changes the nature of the product itself and is therefore more challenging and energy intensive to pursue. Circulating molecules means re-using and recycling existing molecules that are tied up in end-consumer products that have reached the end of their lives.

However, industrial-scale chemical recycling and carbon utilization technology is not readily available. Companies would have to make significant investments in creating and operating new circular economy processes. About 19 million tons (Mt) of material a year could be processed through the mechanical-recycling loop in Europe but doing so would require an infrastructure investment of as much as EUR 10 to 20 billion. For a chemical-recycling loop that could handle 8 Mt a year, that figure could be up to EUR 30 to 80 billion.

Sustainability and circularity indexes

With the increasing role of sustainability as part of company's strategies of development or even company mission, create robust methodologies to assess the sustainability degree is becoming a crucial element, offering also possibilities for startup/spin-off companies to provide services in this direction.

Quantify process sustainability is necessary to achieve improved sustainability performance or compare different possibilities, but also for company visibility. Thus, the development of indicators able to assess process sustainability becomes crucial for decision-making. These indicators should be able to collect and summarize complex process operations of energy, mass, and momentum transport phenomena into a manageable amount of quantitative information that is easy to analyze and communicate. More recently, sustainability performance monitoring requires to use more complex tools, such as using Portfolio Sustainability Assessments (PSA). PSA is a methodology to steer a product portfolio towards improved sustainability performance. Existing methodologies – such as environmental or social life cycle assessments (LCA) – are not well suited for this objective.

As can be argued from this short survey, there is not a unique, and generally implemented, approach to sustainability metrics. There are widely used metrics, the E factor (kgs waste/kg product) and atom economy (mol wt of product/ sum of mol wts of starting materials), introduced in the early 1990s and attempts to revise them to distinguish between simple and complete E factors, for example. Other mass-based metrics such as process mass intensity (PMI) and reaction mass efficiency (RME) have been proposed. However, all these indexes are not catching the complexity of assessment sustainability in chemical production, even if quite popular, because simple. The case of bioethanol, with LCA

studies resulting largely different in estimating from positive to negative its impact in terms of environmental benefits, teaches about the necessary care.

There is thus a serious concern on how apply robust and widely accepted sustainability evaluation procedures and use them for assessing sustainability strategies in the chemical industries. Sustainability guidelines, developed for the chemical industry in Germany, but of more general value, has been prepared by the German sustainability initiative “Chemie3” (Chemistry3) promoted by the German Chemical Industry Association.

Business or product focused metrics have been also developed, in view of tracking material flows through supply chain analysis, building on tools such as bill of materials and life cycle assessment (LCA). For example, the Circularity Indicators, developed by the Ellen MacArthur Foundation and Granta Design, focus on material flows in a business or product using the concept of “Material Circularity Indicator”. The indicator is based on production inputs, use phase utility, waste destination and efficiency of recycling, and requires a detailed bill of materials.

Conclusions

Sustainable energy, catalyst & green chemistry are the three pillars around which create new technologies opportunities, but without an understanding of the systemic change in the approach and assessment tools for decision, it will be very difficult to create.

Processi di hydrotreating per la raffinazione di bio-oli

L'utilizzo di materie prime di origine vegetale (e.g. biomasse) per la produzione di intermedi e idrocarburi sintetici rappresenta da anni una delle strategie maggiormente investigate atte a ridurre le emissioni di CO₂ in atmosfera e la dipendenza dal fossile e che avrà nell'Unione Europa un ruolo chiave nella strategia energetica di lungo periodo.

Ad esempio, gli oli prodotti da biomasse (i.e. bio-oli) mediante processi sia termochimici (e.g. pirolisi¹) che fisici (e.g. spremitura) rappresentano un'interessante base di partenza per la produzione di combustibili liquidi, ma anche di intermedi chimici e monomeri per la sintesi di bio-plastiche e bio-lubrificanti.

I bio-oli, quindi, rappresentano una valida alternativa al petrolio, andando a soddisfare in maniera sostenibile un ampio ventaglio di esigenze di mercato. Le loro proprietà dipendono fortemente dalla matrice di partenza, richiedono la messa a punto di nuove tecnologie per la loro trasformazione in prodotti realmente alternativi a quelli di origine fossile, soprattutto carburanti e lubrificanti. Il principale problema è legato alla presenza di doppi legami, gruppi funzionali (e.g. carbossilici, carbonilici, etc.) ed eteroatomi (e.g. ossigeno, zolfo, azoto) che riducono la stabilità chimica e peggiorano le caratteristiche del bio-prodotto. Ad esempio, il biodiesel convenzionalmente prodotto mediante trans-esterificazione degli oli vegetali contiene gruppi funzionali e acidi grassi liberi che oltre a limitarne l'utilizzo negli attuali motori (max 7%), ne rendono difficoltosa l'integrazione all'interno di una raffineria petrolifera.

Il processo di *hydrotreating* (HT) gioca un ruolo chiave per la produzione di carburanti e lubrificanti di elevata qualità. Mediante HT, il bio-olio è convertito in un prodotto con proprietà chimico-fisiche simili a quelle degli idrocarburi fossili, mediante l'utilizzo di idrogeno e di un catalizzatore. Le reazioni coinvolte mirano alla rimozione degli eteroatomi (ossigeno, zolfo, azoto), alla saturazione dei doppi legami e alla eventuale rimozione di gruppi carbossilici e carbonilici.

Il processo permette di ridurre la complessità delle molecole e la viscosità rendendo l'olio potenzialmente adatto alla raffinazione convenzionale e la produzione di bio-carburanti, soprattutto per il settore aereo e navale. Molta ricerca è stata condotta per la messa a punto del sistema catalitico, quanto i catalizzatori convenzionalmente utilizzati per i processi di HT risultano inappropriati a causa della rapida disattivazione. Infatti la presenza di gruppi funzionali reattivi e le alte temperature di processo richieste favoriscono reazioni di oligomerizzazione con formazione di coke. Inoltre, l'elevato contenuto di ossigeno causa un'importante produzione di acqua che favorisce ulteriormente la disattivazione dei sistemi catalitici convenzionali.

¹Vedi "The challenge of renewable and recycled carbon fuels: an opportunity for climate, but also for industry, agriculture, jet and marine applications" di David Chiamonti e Franco Del Manso

1



- 1 - Impianto di fermentazione ENI-Versalis
- 2 - Impianto sperimentale di hydrotreating di 1 kg/h di bio-lubrificante installato presso il CR ENEA-Trisaia. Reattore TBR da 500 ml in grado operare fino a 340 bar e 550 °C.

2



Il principale componente di un'unità di HT è il reattore, che solitamente è di tipo tubolare operante ad elevate pressioni di idrogeno (30-200 bar) e a 150-400 °C, a seconda della tipologia di olio trattato e della qualità del prodotto desiderata.

Il catalizzatore gioca un ruolo importante per l'ottenimento di un prodotto con specifiche proprietà. Catalizzatori a base di Ni-Mo o Co-Mo supportati su gamma-allumina convenzionalmente utilizzati come catalizzatori di idrodesolforazione del petrolio nelle raffinerie, rappresentano i sistemi maggiormente studiati per il processo di HT di bio-oli. In questi sistemi, il Mo rappresenta la fase attiva per la rimozione degli eteroatomi mentre Ni/Co svolgono la funzione di promotori dello step di idrogenazione. Numerosi studi scientifici sono stati condotti anche su sistemi catalitici con metalli nobili quali Rh, Ru, Pt e Pd, dimostrando la maggiore attività di tali sistemi in termini di efficienza di idrodeossigenazione, sebbene il costo più elevato del catalizzatore.

Negli ultimi anni alcune compagnie petrolifere quali ConocoPhillips, Neste Oil, Petrobras e Eni, hanno avviato impianti di produzione di combustibile diesel 100% rinnovabile mediante processi di *hydrotreating* di oli vegetali, ottenendo un combustibile con proprietà nettamente superiori al biodiesel ottenuto mediante trans-esterificazione.

Nel caso di matrici più complesse, quali bio-lubrificanti e bio-oli di pirolisi, si richiede ancora un'approfondita attività di ricerca per la messa a punto e l'ottimizzazione delle tecnologie, tra cui l'*hydrotreating*, di produzione, che possibilmente devono ambire a non distruggere la complessità molecolare della natura - che spesso ha un valore che si potrebbe raggiungere via sintesi convenzionali solo con molti e dispendiosi passaggi - ma trasformandola per tragaruardare le performances richieste e non per sostituire puntualmente molecole esistenti.

Il settore dei bio-lubrificanti è in forte crescita, si stima, infatti, che nel 2020 si possa avere una domanda mondiale pari a 900 kt, circa il doppio rispetto al 2013 con la spinta verso l'utilizzo di lubrificanti "eco-friendly" in continua crescita e l'attenzione sempre maggiore verso l'impatto ambientale ponendo la biodegradabilità tra i più importanti parametri di design sia nella selezione della matrice di partenza sia nella formulazione complessiva del lubrificante finito.

Versalis, azienda chimica di Eni, è coinvolta in collaborazione con altre aziende in diversi progetti per la produzione di biolubrificanti (Fig. 1). Ad esempio, Matrìca, una joint venture Versalis-Novamont, produce bio-lubrificanti da acido azelaico e pelargonico ottenuti per scissione ossidativa a basso impatto ambientale di oli vegetali e seguente esterificazione.

Sempre Versalis ha sviluppato una base PAO funzionalizzata anche grazie al background acquisito da Elevance (società americana tecnologica di chimica rinnovabile), con una tecnologia innovativa, un impianto per la produzione di biolubrificanti ottenuti per reazione di metatesi fra C9-C10

olefine e C10-C12 metil-esteri di origine 100% rinnovabile e biodegradabile e seguente oligomerizzazione controllata.

Tali lubrificanti biodegradabili risultano ideali per utilizzi con probabile dispersione in ambiente naturali delicati come quello marino e in agricoltura. Qualsiasi sia la matrice di partenza o la tecnologia di sintesi, l'unità di *hydrotreating* risulta indispensabile per una selettiva raffinazione del lubrificante. A differenza della produzione del diesel, in questo caso è richiesta una saturazione dei doppi legami con una limitata decarbossilazione della struttura (che ne migliora la biodegradabilità), richiedendo specifiche condizioni operative e l'utilizzo catalizzatori altamente selettivi.

Ancora più complessa risulta essere la raffinazione mediante *hydrotreating* del bio-olio prodotto da pirolisi. Il bio-olio da pirolisi di biomassa lignocellulosica è una miscela complessa costituita da acidi, alcoli, aldeidi, chetoni, esteri, zuccheri, e oligomeri della lignina e ad elevata viscosità, tale da renderlo spesso non trattabile anche nelle attuali raffinerie del greggio.

I processi di *hydrotreating* avanzati e selettivi sembrano quindi giocare un ruolo chiave nello sviluppo delle bioraffinerie, e gli enti di ricerca sono chiamati a focalizzarvi particolare attenzione.

In tal senso, ENEA realizzerà nel 2020 presso il Centro di Ricerca Trisaia (Rotondella), in collaborazione con Eni Versalis, un impianto pilota di *hydrotreating* selettivo e oligomerizzazione controllata per la trasformazione di bio-oli ad elevata viscosità e complessità chimica con una capacità di 15 kg/h e pressioni di esercizio fino a 60 bar. L'impianto è inserito nell'ambito del potenziamento di un'infrastruttura di ricerca nazionale di interesse nazionale (PRIN)- denominata Piattaforma Integrata per la Bioraffineria e la Chimica Verde (PIBE), e sarà finalizzato allo sviluppo di una famiglia di bio-lubrificanti con viscosità fino a 1000 cSt e ad alte prestazioni idonei anche per pale eoliche.

L'impianto pilota (Fig. 2) darà quindi la possibilità di studiare e mettere a punto strategie atte all'ottimizzazione della tecnologia di *hydrotreating* selettivo per la trasformazione di bio-oli con particolari proprietà chimico-fisiche (elevata viscosità e complessità) in funzione delle condizioni operative del reattore (temperatura, pressione, tempo di residenza) e con la possibilità di valutare l'attività di diversi catalizzatori, alternativi a quelli convenzionali, in termini di selettività, disattivazione e stabilità alla rigenerazione, oltre ad essere atto a produrre campionature industriali per lo sviluppo di mercato di questi bio-lubrificanti avanzati.

PER NOI LA DIAGNOSTICA STRUTTURALE NON HA SEGRETI

RINA

 NDT Examination Center
Approved by RINA

NOVATEST DA OLTRE 20 ANNI OPERA NELL'INGEGNERIA CIVILE ED INDUSTRIALE, IN PARTICOLARE NEL SETTORE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI E DELLA TOPOGRAFIA, SVILUPPANDO PRODOTTI IN-HOUSE E DISTRIBUENDO LE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI.

Le competenze specialistiche le hanno permesso di raggiungere risultati di eccellenza negli ambiti dei **controlli non distruttivi, della diagnostica strutturale e dei monitoraggi**, consolidandone il già ampio know how.

Novatest fornisce infine **servizi di consulenza specialistica per ispezioni radiografiche non distruttive** nel mondo delle infrastrutture, in quello dell'Oil&Gas, in quello aerospaziale, quello della cantieristica navale e in quello militare.



PRODUCT DISTRIBUTION

Novatest ricerca e seleziona le migliori tecnologie disponibili sul mercato globale e, per alcune, sigla accordi di esclusiva per la distribuzione a livello sia italiano che europeo.



PRODUCT DEVELOPMENT

Novatest sviluppa, ingegnerizza e produce alcune delle tecnologie presenti nel proprio portfolio di vendita, destinate al mondo della diagnostica e dei monitoraggi strutturali.



PROFESSIONAL CERTIFICATION

Novatest è Centro di Esame RINA perché crede nel valore della formazione continua. Organizza corsi di certificazione su metodologie di indagine nel settore dell'ingegneria civile e industriale.



PROFESSIONAL ASSISTANCE

Novatest garantisce ai propri clienti servizi di altissima qualità nella progettazione delle fasi di indagine/test, nel corretto utilizzo della strumentazione, nell'esecuzione delle indagini e nell'elaborazione dei dati acquisiti.



INDAGINI SUI MATERIALI



INDAGINI GEOLOGICHE



INDAGINI STRUTTURALI



SOFTWARE PLATFORMS



CONTROLLI NON DISTRUTTIVI



TOPOGRAFIA


NOVATEST.
TESTING - CONSULTING - TRAINING

www.novatest.it - info@novatest.it

Idrogeno da fonti rinnovabili: un vettore chiave per un mondo sostenibile

Nelle roadmap internazionali (EU, US, Asia) all'idrogeno è assegnato un ruolo essenziale nel percorso di transizione verso la progressiva decarbonizzazione dei settori energetico ed industriale più ampio. Esso è considerato come uno dei tasselli fondamentali del mosaico di processi/tecnologie per la transizione energetica, verso un sistema non più basato quasi totalmente su fonti fossili ma su un mix di soluzioni in cui le fonti rinnovabili avranno un ruolo via via crescente sino a diventare predominanti. Infatti, sul medio-lungo periodo, l'idrogeno si pone come un necessario vettore energetico a supporto delle fonti primarie rinnovabili, per incrementare il loro utilizzo in tutti gli usi finali (residenziale, industriale, trasportistico) con l'obiettivo di rendere il sistema industriale sostanzialmente indipendente dalle fonti fossili.

Il fermento è di nuovo elevato a livello internazionale, come è stato possibile constatare direttamente nell'ultimo *World Hydrogen Energy Conference* (WHEC giugno 2018) svoltosi a Rio de Janeiro (Brasile). Nel contempo si moltiplicano le sperimentazioni e le applicazioni industriali fuori dai laboratori di ricerca.

L'idrogeno si pone quindi come **la molecola fondamentale per la transizione energetica verso la decarbonizzazione della società del futuro.**

Produzione dell'idrogeno

L'interesse verso l'idrogeno come soluzione energetica ha diverse motivazioni, a partire dalla sua elevata disponibilità. L'idrogeno è il più leggero degli elementi, essendo costituito da un solo protone e un solo elettrone. Nell'universo è l'elemento più abbondante, presente non solo nell'acqua, ma in molti composti organici e inorganici, nelle biomasse e in molti altri materiali.

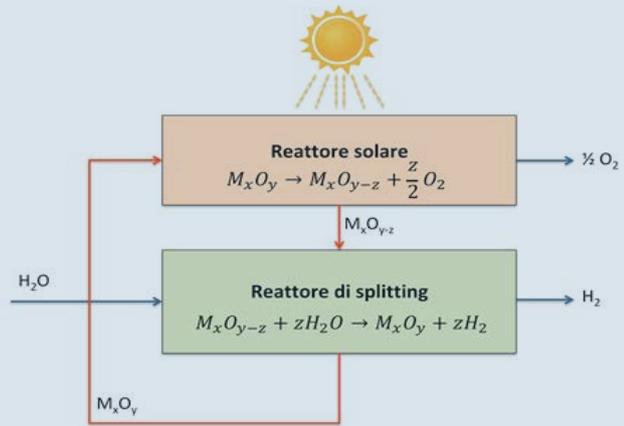
L'idrogeno è difficilmente reperibile allo stato libero nella biosfera terrestre. Non esistono miniere o pozzi di idrogeno (anche se ultimamente sono state individuate inattese riserve di *'idrogeno fossile'*, ancora da verificare). L'idrogeno, usato da tempo nell'industria chimica, metallurgica e aeronautica, deve perciò essere 'prodotto' estraendolo da altre sostanze (acqua o altri composti organici e inorganici, biomasse, etc..) con opportuni processi, che ovviamente richiedono energia.

Ci sono diversi metodi di produzione industriale dell'idrogeno, basati sul *reforming* di idrocarburi, sulla distillazione secca di carbon fossile o per separazione da miscele gassose sviluppate in alcuni processi industriali. Per le applicazioni energetiche del futuro la soluzione più interessante e sostenibile si basa invece su energie rinnovabili e sull'uso dall'acqua come materia prima. Ci sono diverse modalità, ma quella industrialmente più efficiente è sicuramente il processo elettrochimico di elettrolisi (*Fig. 1*), in particolare a bassa temperatura (elettrolita alcalino e polimerico). Nel medio-lungo termine risulta interessante anche l'elettrolisi del vapore d'acqua ad alta temperatura.

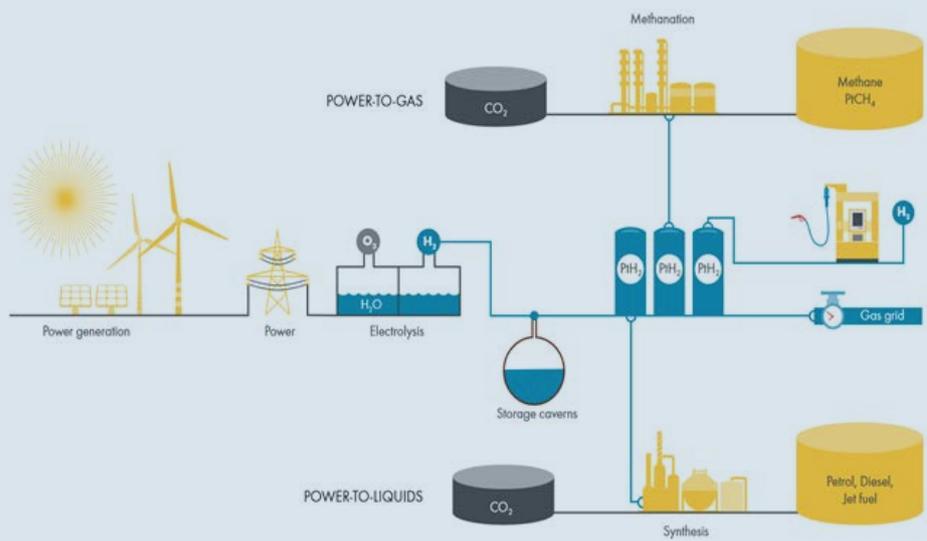


1

- 1 - Un elettrolizzatore di scala industriale.
- 2 - Ciclo termochimico per la produzione di idrogeno dalla dissociazione dell'acqua sostenuta dall'energia solare.
- 3 - I paradigmi Power-to-Gas e Power-to-Liquid per lo stoccaggio di energia rinnovabile



2



3

Nel contempo, la ricerca ha esplorato e sta esplorando altre strade, basate ad esempio su cicli termochimici (*chemical looping*), la cui finalità è quella di permettere la dissociazione termochimica dell'acqua nei suoi costituenti elementari, idrogeno ed ossigeno, a temperature meno proibitive di quella (circa 4000°C) a cui l'acqua si decompone spontaneamente. Nella Fig. 2, che riporta lo schema concettuale di un ciclo di dissociazione termochimica dell'acqua per la produzione di idrogeno, è ben evidenziato il contributo fondamentale di un vettore chimico, tipicamente costituito da un ossido metallico che può essere presente in forma ossidata $MxOy$ ovvero in forma ridotta $MxOy-z$. Nel reattore di "splitting" il vettore, nella sua forma ridotta, estrae dall'acqua un atomo di ossigeno, trasformandosi nella forma ossidata e dando luogo alla produzione di idrogeno. Il ciclo si chiude con il ripristino della forma ridotta del vettore chimico, che è condotto nel reattore solare attraverso la decomposizione del vettore con rilascio di ossigeno sostenuta da energia termica di provenienza solare. La produzione di idrogeno basata su cicli termochimici non è ancora giunta alla piena maturità tecnologica, ma la prospettiva di valorizzare l'intero spettro della radiazione solare, e non solo una frazione di esso come avviene per i processi di natura fotoelettrocatalitica, sta sostenendo l'interesse per la ricerca scientifica e lo sviluppo tecnologico in questo ambito. La maturazione tecnologica passa attraverso lo sviluppo di nuovi e più efficienti vettori chimici, di nuove configurazioni reattoristiche, della integrazione energetica tra le diverse fasi del processo. Tra i vettori chimici più promettenti gli ossidi di Cerio e l'ampia varietà di ossidi metallici misti riconducibili alla famiglia delle Perovskiti. Aspetto cruciale ai fini dell'efficienza della conversione è la disponibilità di configurazioni reattoristiche adeguate per la rigenerazione solare del vettore chimico, tra le quali si annoverano soluzioni basate su reattori monolitici o a letto fisso ovvero su reattori a letto fluidizzato.

L'idrogeno prodotto ha una densità energetica riferita alla massa molto alta (1 kg di idrogeno contiene la stessa energia di 2,1 kg di gas naturale e di 2,8 kg di benzina) e una densità energetica riferita al volume molto bassa (circa 1/4 della benzina e circa 1/3 del gas). L'idrogeno prodotto può essere immagazzinato in forma gassosa (conveniente per l'immagazzinamento in larga scala), in forma liquida (per trasporti aerei e terrestri) o in forma di idruri di metallo (per i veicoli o per immagazzinamento su scala ridotta). Bisogna tenere conto che l'idrogeno è molto infiammabile. Può anche provocare violente esplosioni, se innescato anche da una piccolissima energia. Ciò richiede particolari cautele nel trasporto e nello stoccaggio.

Ruolo dell'idrogeno nella transizione energetica

Sono in molti a considerare l'idrogeno come il combustibile del futuro, che cambierà radicalmente le applicazioni energetiche. In effetti l'idrogeno è un potenzialmente utilissimo vettore chimico di energia, abbastanza facilmente ottenibile da fonti primarie tramite opportuni processi sommariamente elencati sopra, e in grado di fornire alcuni grossi vantaggi:

- può essere immagazzinato praticamente senza limiti di tempo e indipendentemente dalle condizioni ambientali;
- può essere facilmente ri-trasformato in qualcuna delle forme energetiche più utilizzate, come ad esempio l'energia elettrica e l'energia termica;
- può essere trasportato al pari del gas naturale;
- rappresenta la molecola piattaforma per la produzione di innumerevoli sostanze utilizzate nel settore industriale.

Il ruolo dell'idrogeno è legato, essenzialmente, a tre direttive principali:

- supporto all'incremento di utilizzo delle fonti di energia rinnovabile negli usi finali (cogenerazione residenziale o industriale, combustibile per trasporti);
- de-carbonizzazione del sistema energetico;
- produzione di commodities e prodotti finali in sostituzione di fonti fossili.

Queste direttive principali si declinano in numerosi processi e applicazioni, riassumibili convenzionalmente nei seguenti due paradigmi:

- **Energy-to-H2**: produzione di idrogeno;
- **H2-to-X**: utilizzo dell'idrogeno ottenuto per un processo X utile al settore energetico e/o industriale in senso lato.

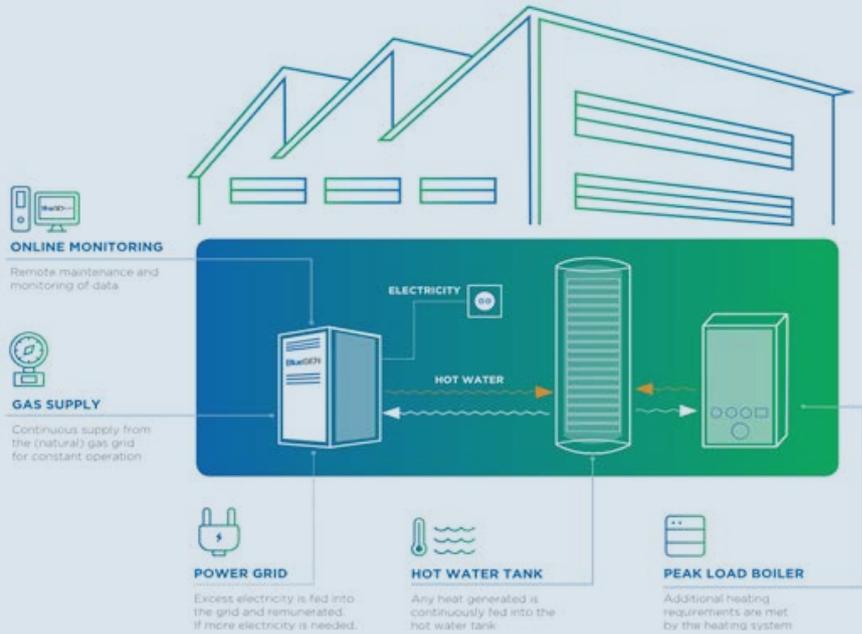
Accumulo energetico (X=energia)

Il punto debole delle rinnovabili eoliche e solari è l'aleatorietà della disponibilità. Man mano che aumenta la loro penetrazione, aumenta il problema dei "margini di riserva caldi", messi a disposizione da soluzioni in grado di mettere rapidamente a disposizione energia elettrica in caso di insufficienza (o indisponibilità) delle generazioni rinnovabili.

La produzione da rinnovabili, economicamente conveniente e oltretutto incentivata, ha ridotto le ore di utilizzazione delle centrali convenzionali anche di ultima generazione (come quelle a ciclo combinato), rendendole economicamente deboli e aumentando il costo della messa a disposizione della capacità produttiva.

¹ Vedi in questo volume l'articolo "Power-to-gas: The key enabler for a CO2-neutral energy system" del Prof. Dimosthenis Trimis - Karlsruhe Institute of Technology

4



- 4 - Una applicazione domestica del vettore idrogeno.
- 5 - Il primo treno a idrogeno (Coradia iLint) effettivamente operativo in Germania



5

Sugli accumuli chimici tramite batterie sono stati fatti grandi progressi, ma non sono soluzioni valide per accumuli di grandi quantità di energia (e di potenza) per lunghi periodi di tempo (accumuli stagionali), caratteristiche necessarie per basare un sistema industriale unicamente sulle fonti rinnovabili.

In questo contesto, la soluzione dell'accumulo chimico di energia tramite l'idrogeno riveste un elevatissimo interesse, in particolare per accumuli ad elevata potenza/energia e di lunga durata temporale. L'idrogeno è la grande speranza per realizzare efficacemente il paradigma **Power-to-Power (P2P)**, composto dallo **step Power-to-H2** e dallo **step H2-to-Power**.

Ci sono però altri aspetti che rendono conveniente l'uso dell'idrogeno come serbatoio d'energia, soprattutto se prodotto con energia elettrica a basso costo. L'accumulo consente infatti di scollegare temporalmente il consumo finale dalla produzione. In altre parole, al pari delle ragioni economiche degli impianti di pompaggio, l'idrogeno viene prodotto con energia elettrica a basso costo e rivenduto come energia elettrica con un valore economico molto più elevato. In questo contesto, si cita come esempio un progetto finanziato dalla Comunità Europea, denominato REMOTE, che ha l'obiettivo di rendere energeticamente indipendenti quattro siti (Norvegia, Grecia, Italia) che si sosterranno solo tramite utilizzo di fonti rinnovabili locali, grazie al sistema di accumulo a idrogeno.

Altri paradigmi più complessi consistono nel **P2G (Power-to-Gas)**, basato su un processo catalitico con CO₂ o CO per produrre metano sintetico CH₄, e nel **P2L (Power-to-Liquid)**, per produrre metanolo e/o etere dimetilico DME.

La riconversione da idrogeno a energia elettrica **H2-to-Power** può essere effettuata con celle a combustibile (*fuel cell*), ossia con dispositivi elettrochimici in grado di convertire direttamente l'energia chimica in energia elettrica, tramite un processo a temperatura costante, in cui l'idrogeno viene combinato con l'ossigeno restituendo acqua. Una differenza sostanziale fra le comuni batterie chimiche e le batterie a idrogeno è che le batterie usuali costituiscono un sistema chiuso, che consuma i componenti attivi degli elettrodi interni. Invece la cella a combustibile lavora con reagenti gassosi (idrogeno e ossigeno) forniti dall'esterno e quindi continua a funzionare fintanto che viene rifornita con i reagenti gassosi.

Le celle a combustibile possono essere utilizzate sia nel settore residenziale, sia nel settore industriale (si veda l'impianto industriale DEMOSOF_C installato a Collegno (TO), [Fig. 4](#)).

L'idrogeno e la mobilità elettrica (H₂-to-X con X=mobilità)

Su questa area di applicazione ci sono grandissime speranze e qualche certezza. La combinazione più attraente prevede celle a combustibile, che consentono un'efficienza molto più elevata del classico motore termico (in ciclo urbano, può avere efficienza circa doppia), con il vantaggio tutt'altro che secondario di non inquinare l'ambiente, in quanto l'uso dell'idrogeno emette solo H₂O e niente CO₂.

La *roundtrip efficiency* (produzione H₂ e utilizzo H₂ sul veicolo) ha un valore intorno al 40% (quindi, non elevatissimo), certamente inferiore all'80% di un veicolo elettrico basato su batterie.

Qual è il vantaggio dell'idrogeno? La risposta è semplice. Una batteria elettrica ha una densità energetica che arriva al massimo a 300-500 kWh/m³, contro i 12000-13000 kWh/m³ dei fossili. Con l'idrogeno compresso possiamo arrivare a 33.000 kWh/m³.

Ciò significa alte percorrenze dei veicoli e, altro aspetto tutt'altro che secondario, tempi di ricarica molto veloci, simili a quelli con gli usuali combustibili liquidi.

La scelta dell'idrogeno non si pone in alternativa ai veicoli elettrici a batteria. Si tratta di soluzioni complementari, che trovano la loro giustificazione in modelli di business diversi, distinguendo fra tipi di utilizzazione (brevi percorsi cittadini o lunghi percorsi su strade extra-cittadine, pesi trasportati ridotti o elevati) e tipo di clientela (singoli privati, brevi noleggi, flotte aziendali).

Le applicazioni cominciano a entrare prepotentemente nel panorama applicativo. È diventata realtà in Germania il primo treno a idrogeno denominato Coradia iLint ([Fig. 5](#)), che ha superato i test e entrerà in servizio entro fine anno, primo di una flotta già in produzione. Altrettanto interessanti sperimentazioni sono in programma tra le regioni Piemonte e Rhône Alps.

È stata per altro introdotta sul mercato in quantità significative la Toyota Mirai, auto a idrogeno con cella a combustibile. Inoltre, stanno incrementando le iniziative di utilizzo dell'idrogeno nel settore del trasporto navale.

Il futuro

Superati i limiti attuali nello stoccaggio e nella distribuzione dell'idrogeno come vettore energetico, anche in forza dei numerosi progetti dimostrativi e nelle prime applicazioni concrete qui descritte, questo è destinato a giocare un ruolo chiave nell'economia energetica globale entro i prossimi 30 anni nei settori residenziale, industriale e dei trasporti.

Questo contribuirà in modo determinante alla riduzione dell'inquinamento delle future "megacities" e al contempo al successo nella lotta ai cambiamenti climatici.



LA SICUREZZA ANTISISMICA CON LA TECNOLOGIA DELL'ACCIAIO INOX

**I MARCHI CAM[®]:
LE TECNOLOGIE
ANTISISMICHE
D'ECCELLENZA PER
CONSOLIDARE, ADEGUARE
E CONSERVARE IL
PATRIMONIO ESISTENTE.**

EDIL CAM[®] Sistemi S.r.l. è l'azienda che ha creduto, promosso e sostenuto il brevetto delle Cuciture Attive, la tecnologia antisismica commercializzata con i marchi **CAM[®]** e **SISTEMA CAM[®]** e che ne garantisce il risultato dell'applicazione.

Il sistema di cuciture attive a marchio **CAM[®]** è il primo e l'originale sistema brevettato ad aver ingegnerizzato il consolidamento tridimensionale per via meccanica, mediante l'applicazione di nastri presolleccati di acciaio inossidabile ($s \leq 1\text{mm}$).

L'azienda è cresciuta migliorando, sviluppando e innovando la propria tecnologia attraverso una rigorosa attenzione alla qualità, sino a divenire un punto di riferimento e un'eccellenza nel settore dell'edilizia antisismica e, in particolare, nel campo del consolidamento delle strutture esistenti, in muratura, in calcestruzzo armato, prefabbricate e miste.

CAMPI DI APPLICAZIONE

STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



EDILIZIA STORICA E VINCOLATA
IN MURATURA



EDILIZIA PREFABBRICATA

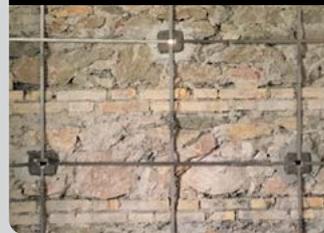


SISTEMI BREVETTATI

DIS-CAM[®]



SISTEMA CAM[®]



SOL-CAM[®]



Il piacere di progettare, il nuovo e l'esistente.



**ORA A
64BIT
ANCORA
PIÙ VELOCE**

**MasterSap è un software semplice e veloce
per calcolare e verificare strutture nuove ed esistenti.**

- 72 **Innovativo, intuitivo, completo.** L'utilizzo di MasterSap è immediato e naturale anche grazie all'efficienza degli strumenti grafici e alle numerose modalità di generazione del modello, anche da disegno architettonico.
- BIM.** MasterSap sposa la filosofia di progettazione "Open BIM" che porta alla condivisione dei dati di progetto con il maggior numero di attori coinvolti nel cantiere edilizio grazie alla compatibilità con lo standard IFC.
- Top performance.** Il solutore, potente ed affidabile, conclude l'elaborazione in tempi rapidissimi; i postprocessori per c.a., acciaio, legno, muratura, integrati fra loro, completano, in modo immediato, dimensionamento e disegno di elementi e componenti strutturali.
- L'affidabilità dell'esperienza.** MasterSap conta un numero straordinario di applicazioni progettuali che testimoniano l'affidabilità del prodotto e hanno contribuito a elevare i servizi di assistenza a livelli di assoluta eccellenza.
- Condizioni d'acquisto insuperabili, vantaggiose anche per neolaureati e giovani ingegneri.**

AMV s.r.l. - Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari (GO)
Tel. 0481.779.903 r.a. - Fax 0481.777.125
info@amv.it - www.amv.it

AMV
SOFTWARE COMPANY

IL CONTEST

In occasione della pubblicazione di questo numero dell'Ingegnere Italiano, abbiamo deciso di lanciare un contest dedicato a laureandi e laureati che si siano cimentati in una tesi sull'evoluzione dell'ingegneria nel settore Oil&Gas, specialmente sui temi della circular economy e della decarbonizzazione.

Questo contest, promosso dal Consiglio Nazionale Ingegneri e da PPAN - consulente editoriale della nostra rivista - è sponsorizzato da NextChem, società del Gruppo Maire Tecnimont dedicata alla transizione energetica, che mette a disposizione un tirocinio.

Il vincitore del contest è Marcello Prestianni. Abbiamo ritenuto meritevole di pubblicazione anche l'abstract di Luigi Tallarico.



Membrane ceramiche a base di
 $BaCe_{0.65}Zr_{0.20}Y_{0.15}O_{3-\delta}-Ce_{0.85}Gd_{0.15}O_{2-\delta}$
tramite 3D-printing

Il presente lavoro di tesi descrive l'attività sperimentale svolta presso i laboratori del Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

Lo scopo del lavoro di seguito esposto è la realizzazione di una membrana base di $BaCe_{0.65}Zr_{0.20}Y_{0.15}O_{3-\delta}-Ce_{0.85}Gd_{0.15}O_{2-\delta}$ a conduzione mista protonica elettronica (MPEC) permeabile all'idrogeno utilizzando il metodo innovativo di stampa 3D.

Questo sistema composito è attualmente uno dei materiali più studiati per la separazione e la purificazione di H_2 a temperature superiori di $600^\circ C$ poiché ha dimostrato possedere un'adeguata stabilità chimica e meccanica nelle condizioni operative di lavoro. Tuttavia, i valori di permeabilità all'idrogeno di questo sistema sono ancora notevolmente inferiori rispetto alle membrane metalliche a base di Pd e sue leghe, attualmente in commercio.

Una strategia promettente per migliorare la performance di questi sistemi è quella di adottare una configurazione asimmetrica, costituita da film sottili densi supportati su substrati porosi.

Tuttavia, in letteratura sono riportati pochi articoli relativi alla preparazione di membrane a configurazione asimmetrica: infatti, sono riportati solo pochi esempi di sistemi simili preparati tramite la metodologia co-pressing (Mortalò et al., Energy Environ. Sci., 2015). Solo recentemente è stato pubblicato un lavoro in cui viene preparata una membrana analoga tramite la tecnica del tape casting (Mercadelli et al., Ceramics International, 2017).

Contrariamente, l'utilizzo a tal fine della tecnica del 3D-printing rappresenta una novità assoluta. Difatti, a nostra conoscenza, tale tecnica non è stata ancora mai usata per la realizzazione di tali membrane, ed assicura notevoli vantaggi in termini di costi e tempi di produzione rispetto alle altre tecniche in uso in questo momento.

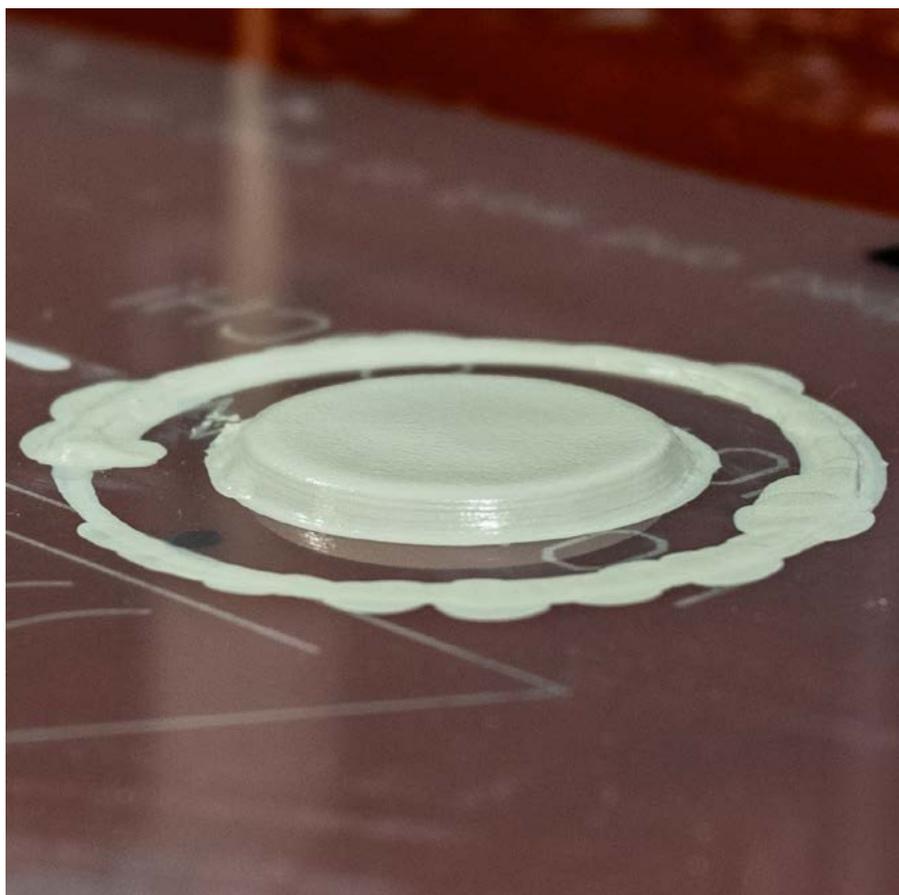
Per la preparazione degli inchiostri utilizzati per la stampa 3D sono state impiegate polveri commerciali di BCZ20Y15 e polveri di GDC15 preparate tramite SSR. Nello specifico, le polveri di BCZ20Y15 e GDC15 sono state preventivamente miscelate nei giusti rapporti di volume tramite il metodo ball-milling con il mulino planetario.

Successivamente, gli inchiostri sono stati preparati con la stessa tecnica, miscelando nei solventi opportuni le polveri del composito BCZ20Y15-GDC15 agli altri additivi organici impiegati (dispersente, legante, plastificante). Per la stampa della struttura asimmetrica poroso-densa è stata impiegata una stampante 3D home-made a microestrusione.

La prima fase ha visto la stampa del supporto poroso tramite una procedura step by step che ha consentito l'ottenimento di un supporto dello spessore di circa 1-1.5 mm e diametro 20 mm in verde. Successivamente, sopra al supporto ottenuto è stato depositato, tramite una procedura analoga, l'inchiostro per l'ottenimento del film denso sottile.

Il risultato ottenuto rappresenta un punto di partenza dal quale sviluppare e ottimizzare un prodotto che ha tutte le caratteristiche per diventare un'alternativa più economica, efficiente e a minor impatto ambientale rispetto alle membrane metalliche a base di palladio e sue leghe in commercio oggi. Infatti le membrane a base di $\text{BaCe}_{0.65}\text{Zr}_{0.20}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{3.5}\text{-Ce}_{0.85}\text{Gd}_{0.15}\text{O}_{2.5}$, oltre a non impiegare metalli nobili rari preziosi e costosi, sono stabili in atmosfere aggressive anche in presenza di H_2S (fino a 700 ppm), CO_2 , CO. Pertanto non necessitano né di sistemi di desulfurizzazione né di sistemi di riduzione di CO_2 e CO.

Inoltre, queste membrane, diversamente da quelle a base di palladio che possono lavorare solo fino a 350°C , operano ad elevate temperature (fino a 800°C) e possono quindi essere accoppiate direttamente ai reattori impiegati per il reforming del metano (che usualmente lavorano a temperature superiori a 700°C).



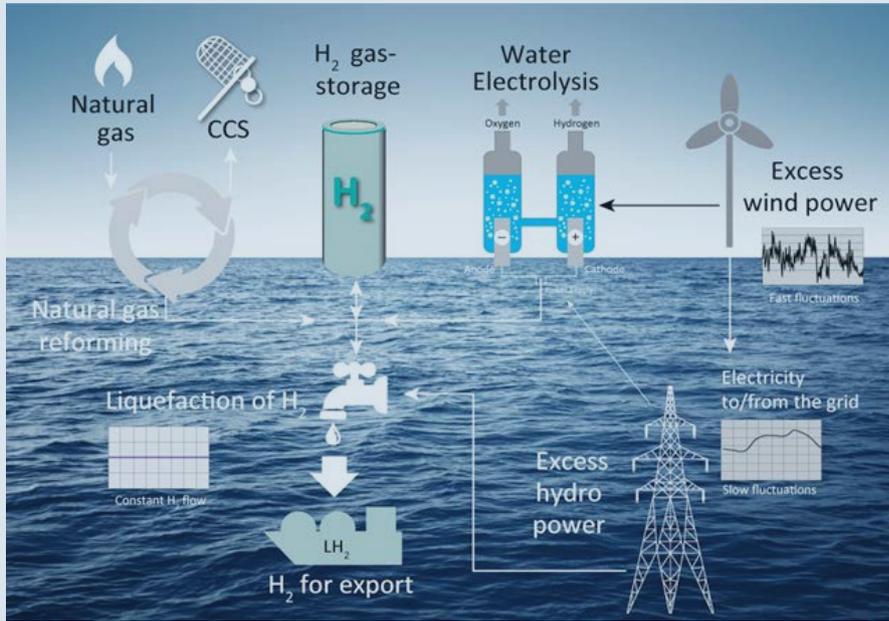
Luigi Tallarico

Relatore: Prof. Ing. Paolo De Filippis

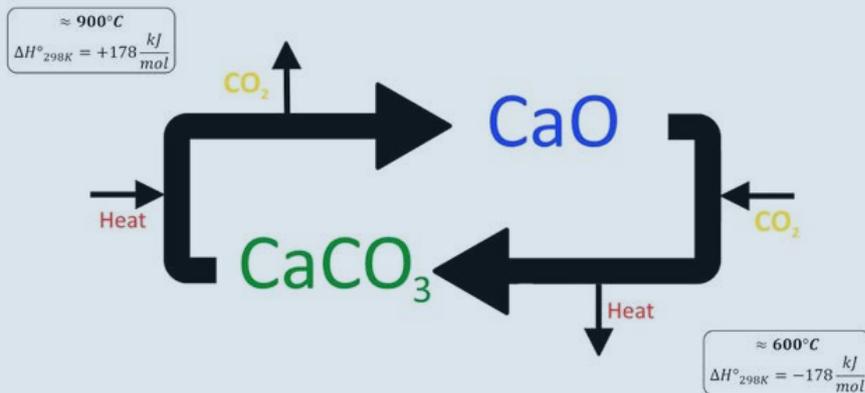
Correlatore: Ing. Stefano Stendardo, PhD

Energy and exergy analysis of H_2 production using a CaO/CaCO₃ cycle: application to decarbonization of industrial processes

Carbon Capture and Storage technologies encompass a wide variety of solutions, among which Calcium Looping processes are a promising field for CO₂ abatement. The applications of such technology to production of hydrogen via Steam Methane Reforming and Iron Oxides Reduction in steel production plants, are being evaluated as possible innovative CO₂ capture technologies. The exergy and energy analysis hereby presented is aiming to compare Calcium Looping integrated technologies with traditional ones, with special focus on the exergy efficiencies of such newly assembled reactors. In order to achieve accurate results, a MATLAB code was developed: by the minimization of Gibbs free energy for the reactions involved, the equilibrium mole composition of products is calculated. Numerical methods are used to achieve convergence in every possible case. Results were compared with PRO/II, CHECMAD and HSC Chemistry 9 frameworks. Lastly, a brief techno-economic assessment completes the study.



Calcium Looping Cycle



ZECOMIX is an European research infrastructure focused on hydrogen production from conventional fuels, present in Research Centre Casaccia of ENEA. This plant provided the benchmark values for the thesis.



Xylem per il controllo totale dell'intero ciclo dell'acqua pulita



L'acqua è un bene prezioso. Ci impegniamo ogni giorno per mettere a disposizione delle persone e delle comunità in tutto il mondo la nostra dedizione e le nostre competenze per contribuire a renderla più pulita, più accessibile e più economica. Lavorando tutti insieme siamo convinti di poterla valorizzare in modo tangibile sia socialmente che economicamente. Comprendiamo perfettamente la sfida di fornire al mondo acqua fruibile e questo ci stimola ancora di più a perseguire l'obiettivo.

Scarica la brochure collegandoti all'indirizzo: http://info.xylem.com/2019-09-Italy-Cleanwater_CleanWaterLP.html

Xylem Water Solutions Italia s.r.l.

20020 Lainate (MI) Via G. Rossini, 1/A Tel. 02.90358.1
watersolutions.italia@xylem.com www.xylem.com/it-it

xylem
Let's Solve Water

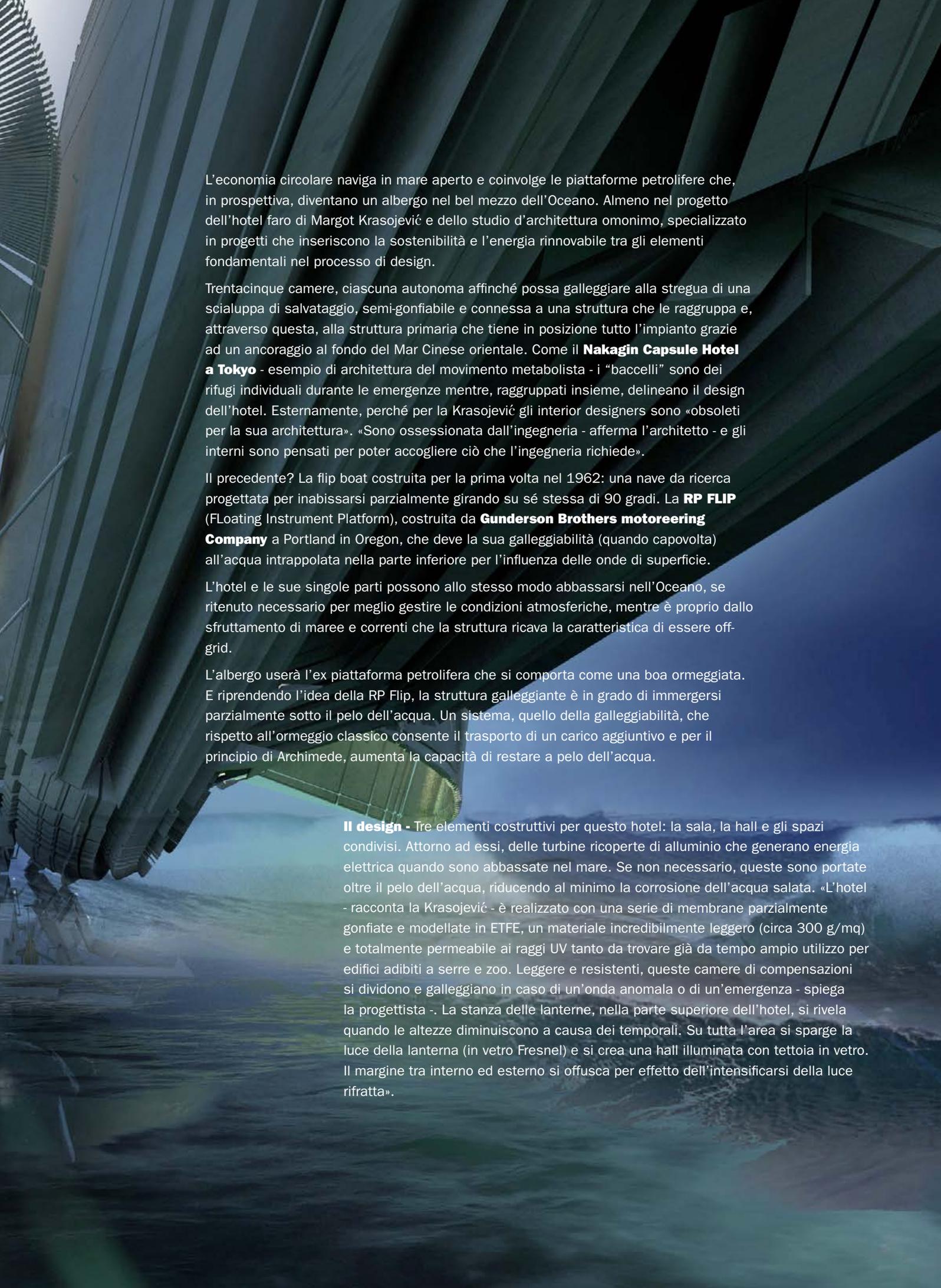
a cura di PPAN

FOCUSING

La sostenibilità del costruito: da piattaforma petrolifera a hotel faro

L'innovativo progetto di Margot Krasojević riconverte la struttura vicino all'isola di Jeju, in Corea del Sud, in un hotel energeticamente indipendente. Per farlo, sfrutta il movimento di maree e correnti e una struttura galleggiante e semi-sommersibile in grado di produrre energia per auto-alimentarsi e far funzionare un sistema di dissalazione interno per la produzione di acqua potabile.





L'economia circolare naviga in mare aperto e coinvolge le piattaforme petrolifere che, in prospettiva, diventano un albergo nel bel mezzo dell'Oceano. Almeno nel progetto dell'hotel faro di Margot Krasojević e dello studio d'architettura omonimo, specializzato in progetti che inseriscono la sostenibilità e l'energia rinnovabile tra gli elementi fondamentali nel processo di design.

Trentacinque camere, ciascuna autonoma affinché possa galleggiare alla stregua di una scialuppa di salvataggio, semi-gonfiabile e connessa a una struttura che le raggruppa e, attraverso questa, alla struttura primaria che tiene in posizione tutto l'impianto grazie ad un ancoraggio al fondo del Mar Cinese orientale. Come il **Nakagin Capsule Hotel a Tokyo** - esempio di architettura del movimento metabolista - i "baccelli" sono dei rifugi individuali durante le emergenze mentre, raggruppati insieme, delineano il design dell'hotel. Esternamente, perché per la Krasojević gli interior designers sono «obsoleti per la sua architettura». «Sono ossessionata dall'ingegneria - afferma l'architetto - e gli interni sono pensati per poter accogliere ciò che l'ingegneria richiede».

Il precedente? La flip boat costruita per la prima volta nel 1962: una nave da ricerca progettata per inabissarsi parzialmente girando su sé stessa di 90 gradi. La **RP FLIP** (FLoating Instrument Platform), costruita da **Gunderson Brothers motoreering Company** a Portland in Oregon, che deve la sua galleggiabilità (quando capovolta) all'acqua intrappolata nella parte inferiore per l'influenza delle onde di superficie.

L'hotel e le sue singole parti possono allo stesso modo abbassarsi nell'Oceano, se ritenuto necessario per meglio gestire le condizioni atmosferiche, mentre è proprio dallo sfruttamento di maree e correnti che la struttura ricava la caratteristica di essere off-grid.

L'albergo userà l'ex piattaforma petrolifera che si comporta come una boa ormeggiata. E riprendendo l'idea della RP Flip, la struttura galleggiante è in grado di immergersi parzialmente sotto il pelo dell'acqua. Un sistema, quello della galleggiabilità, che rispetto all'ormeggio classico consente il trasporto di un carico aggiuntivo e per il principio di Archimede, aumenta la capacità di restare a pelo dell'acqua.

Il design - Tre elementi costruttivi per questo hotel: la sala, la hall e gli spazi condivisi. Attorno ad essi, delle turbine ricoperte di alluminio che generano energia elettrica quando sono abbassate nel mare. Se non necessario, queste sono portate oltre il pelo dell'acqua, riducendo al minimo la corrosione dell'acqua salata. «L'hotel - racconta la Krasojević - è realizzato con una serie di membrane parzialmente gonfiate e modellate in ETFE, un materiale incredibilmente leggero (circa 300 g/mq) e totalmente permeabile ai raggi UV tanto da trovare già da tempo ampio utilizzo per edifici adibiti a serre e zoo. Leggere e resistenti, queste camere di compensazioni si dividono e galleggiano in caso di un'onda anomala o di un'emergenza - spiega la progettista -. La stanza delle lanterne, nella parte superiore dell'hotel, si rivela quando le altezze diminuiscono a causa dei temporali. Su tutta l'area si sparge la luce della lanterna (in vetro Fresnel) e si crea una hall illuminata con tettoia in vetro. Il margine tra interno ed esterno si offusca per effetto dell'intensificarsi della luce rifratta».

La stazione idroelettrica - L'hotel ha come obiettivo l'integrazione dell'energia rinnovabile grazie a diverse turbine idrocinetiche "avvolte" intorno al nucleo principale della struttura. Il progetto prevede un sistema simile alle dighe di alta e bassa riserva, con il sistema di elevazione funzionale alla creazione di una potenziale energia cinetica da rilasciare al bisogno di generazione di elettricità. Per farlo, si è immaginato di conservare l'acqua di mare in dei serbatoi posti a diversa altezza. Da testare - e ricalibrare nell'ottica di ottenere una maggiore efficienza - le altezze a cui posizionare questi "cassoni" e le modalità di rilascio dell'acqua nelle turbine per la produzione di energia. Il sistema di ancoraggio a gravità, e le fondamenta del cassone aumentano la stabilità della piattaforma stessa.

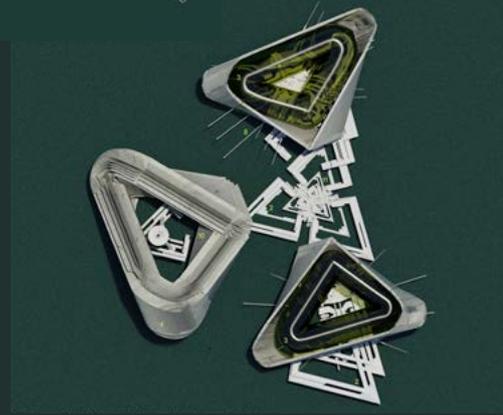
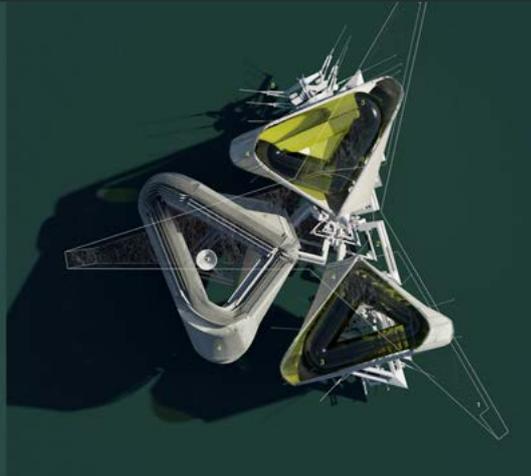
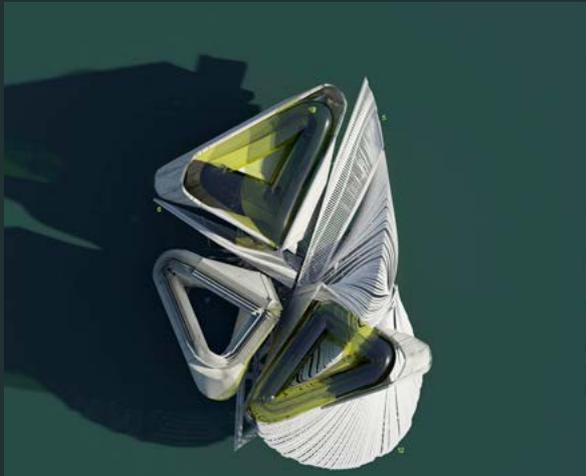
«Le turbine a ribaltamento convertono l'energia cinetica dell'acqua in energia elettrica, - sottolinea la Krasojević - generando abbastanza energia per far funzionare il faro e i filtri di desalinizzazione. Qualsiasi energia in eccesso viene immagazzinata. Il processo mira anche a ridurre il consumo di acqua tenendo da parte l'acqua piovana, desalinizzando quella di mare e implementando sistemi di bonifica delle acque grigie».

La collaborazione tra professioni - «La transizione da struttura costruita specificatamente per l'approvvigionamento di combustibili fossili a una che produce energia, rinnovabile comporta una responsabilità condivisa tra tutti gli architetti e gli ingegneri al lavoro, anche per raccogliere quante più informazioni possibili e affrontare le problematiche ambientali. L'architettura non esiste senza l'ingegneria e il dialogo tra le professioni ha bisogno di essere accessibile: è una relazione simbiotica». Un lavoro di squadra che Margot Krasojević, formatasi alla Architectural Association School of Architecture (AA), collega all'ascolto di chi conosce nel dettaglio l'ambiente d'intervento. In questo caso, coloro che hanno vissuto e lavorato sulla piattaforma in opera che, spiega, «davvero capiscono i ritmi dell'ambiente nel centro dell'oceano e come adattarsi ad essi in un contesto di cambiamento».

Il progetto di riconversione della piattaforma petrolifera in un hotel sostenibile ha coinvolto ingegneri specializzati in oil&gas, ma anche nella realizzazione di strutture legate al mare e all'energia. E anche se l'hotel «sarà costruito», come afferma la progettista, al momento non ci sono tempi certi: «è uno schema audace che necessita dell'ingegneria e di uno sguardo "visionario" per realizzarsi. Le fasi di stallo nelle strategie ingegneristiche sono connaturate a progetti del genere e le ho sperimentate anche in altri miei progetti».

«Viviamo in una società che ha bisogno di adattare le varie tipologie "del fare" anche ai cambiamenti climatici. La crescente consapevolezza ambientale e l'ampia gamma di esperienze e possibilità nella scelta delle vacanze apre alle sperimentazioni. L'industria alberghiera deve tenere il passo, inevitabilmente. Ha bisogno di reinventare se stessa e l'esperienza del turismo e dell'ospitalità per evitare di diventare tipologicamente ridondante. Credo che un approccio trasversale garantirà che la sostenibilità e le energie rinnovabili rimangano all'avanguardia nei criteri di progettazione».

Margot Krasojević



Il sistema delle turbine

Attorno ai tre elementi dell'hotel, sospese alla struttura principale girevole, esistono delle elevazioni superficiali in alluminio, stratificato, dentro alle quali insistono delle turbine. Quando sono immerse, l'acqua del mare urta contro i pannelli d'alluminio e mette in funzione le turbine, incastrate tra le lamelle rivestite come fossero dei crostacei. Le ali di queste turbine si flettono mentre l'acqua scorre su di esse, come un trasformatore ad onde oscillanti. I movimenti delle turbine in elevazione sono coreografati dalla sezione del telaio idraulico della ruota, avvitata alla struttura primaria per ridurre lo stress da fatica causato dalla variazione dei carichi dovuta al movimento e alla redistribuzione del carico. La ruota si muove e si inclina, abbassando e ruotando le quote in base alla direzione del vento e delle onde.



a cura di PPAN

La Sicilia saluta il petrolchimico di Gela: si punta al carburante bio

Il 3 ottobre 2019 è partita dallo stabilimento la prima nave carica di biodiesel prodotto nell'impianto Eni, riconvertito. Obiettivo del 2020 la realizzazione di un impianto per il pre-trattamento delle biomasse.

Da quegli impianti affacciati sul mare di Gela uscivano tonnellate di benzina, gasolio, oli lubrificanti e fertilizzanti. Quando, nel 1960, Enrico Mattei pose la prima pietra per sfruttare il petrolio scoperto nel gelese, nel ragusano e negli altri giacimenti del Mediterraneo, stava per nascere uno dei petrolchimici più grandi d'Europa, con una capacità di raffinazione che ai suoi massimi ha toccato 5 milioni di tonnellate di greggio l'anno. Oggi le cose sono cambiate e quello che era un petrolchimico è una green refinery dalla quale il 3 ottobre è salpata la prima nave con 10mila tonnellate di biodiesel destinate in Francia.

Avviata nell'agosto di quest'anno la bioraffineria Eni di Gela ha una capacità di lavorazione di 750mila tonnellate di biocarburante annua. È partita trattando soprattutto olio di palma importato (sono noti i possibili problemi ambientali legati a questo prodotto) ma progressivamente sarà in grado di produrre biodiesel lavorando i cosiddetti RUCO - regenerated used cooking oil - come oli vegetali usati e di frittura, grassi animali e sottoprodotti di scarto. "Materie prime di seconda generazione" così definite perché derivanti da rifiuti. Un bacino di materia prima, quest'ultimo, potenzialmente enorme con rilevanti effetti ambientali positivi.

Secondo Conoe, il Consorzio nazionale di raccolta e trattamento degli oli e grassi vegetali ed animali esausti, nel 2018 sono state prodotte 160mila tonnellate di oli vegetali esausti da cucina e finora solo un quarto è arrivato alle bioraffinerie, mentre tutto il resto viene gettato nei lavandini o disperso nell'ambiente.



POMPE CUCCHI



BORN FOR PASSION



PRODUZIONE:

POMPE AD INGRANAGGI

POMPE AD INGRANAGGI DOSATRICI

POMPE DOSATRICI A PISTONE E A MEMBRANA

DISTRIBUZIONE:

POMPE INDUSTRIALI JABSCO

POMPE A MEMBRANA PNEUMATICA GRACO

POMPE SVUOTAFUSTI GRUN-PUMPEN



UNI EN ISO 9001:2015



FDA



TR CU 010

TR CU 012

RTN (ROSTEKHNAZOR)

API 676

NACE MR0175

Pompe Cucchi srl - Via Dei Pioppi 39, 20090 Opera (MI)
sales@pompecucchi.it • www.pompecucchi.com • Phone +39 0257606287

Il processo di trasformazione

Tra l'impianto petrolchimico di ieri e la bioraffineria di oggi - che occupa solo una porzione del vecchio perimetro - c'è stato lo stop, nel 2014, agli impianti tradizionali frutto di un accordo sottoscritto al Mise nel 2014 tra Eni, sindacati, governo centrale e istituzioni locali (Comune, provincia e Regione). Un impegno economico di 2,2 miliardi di euro da parte del cane a sei zampe: la gran parte da impiegare in attività upstream (esplorazione ed estrazione di idrocarburi) e poi circa 200 milioni per la bonifica delle aree inquinate e quasi 300 milioni per la riconversione della raffineria in bioraffineria.

Tra l'impianto di ieri e quello di oggi c'è un territorio inquinato: Gela è uno dei quattro siti di interesse nazionale - SIN - della Sicilia.

Ma c'è una importante trasformazione del sito: un camino abbattuto e un altro subirà la stessa sorte entro il 2020; e poi demolizioni di serbatoi, pensiline di carico, strutture per il recupero gas e desolforazione del gasolio. E c'è anche un importante miglioramento ambientale: rispetto al vecchio impianto, garantisce Eni, c'è stata una riduzione delle polveri e un abbattimento del 70% delle emissioni di anidride solforosa, ossidi di azoto e monossido di carbonio.

La sperimentazione

Oltre alla nuova bioraffineria, che impiega 426 lavoratori, nel sito si trova l'impianto pilota Waste to fuel, che dallo scorso dicembre ricava bio-olio, bio-metano e acqua dai rifiuti organici: una tecnologia che Eni vorrebbe impiegare anche in altri impianti. Inoltre, grazie ad ulteriori 70 milioni di investimento, verrà realizzato un sito per il pre-trattamento delle biomasse da completare nel 2020, questo l'obiettivo, che permetterà di alimentare la bioraffineria interamente con materie prime di seconda generazione.

L'impianto di Gela si basa sulla tecnologia Ecofining, sviluppata da Eni in collaborazione con Honeywell-Uop. «Il processo – spiega Eni – prevede l'idrodeossigenazione dell'olio vegetale e poi l'isomerizzazione, in cui le paraffine sono trasformate nei loro isomeri per conferire al prodotto le necessarie proprietà a freddo e soddisfare le specifiche del carburante diesel. Nasce così l'HVO: Hydrogenated Vegetable Oil. Per realizzare l'impianto sono state modificate le due esistenti unità di desolforazione ed è stato costruito lo Steam Reforming per la produzione di idrogeno, essenziale nel processo di produzione del biodiesel che, unito in una quota del 15% al gasolio fossile, dà vita a Enidiesel+: che equivale in prestazioni ad un diesel tradizionale, ma riduce le emissioni di particolato e quelle di CO2.»



COLLANA AMV

Software per l'ingegneria

Analisi, Verifiche e Disegno strutturale

MasterSap

E' un programma di analisi strutturale ad elementi finiti che risponde pienamente alle esigenze applicative del settore dell'Ingegneria civile; calcola rapidamente e procede al dimensionamento di tipologie costruttive di qualunque genere, non solo edifici, ma anche opere più complesse quali tralicci, ponti, serbatoi, volte.

New!

Sono molti i fronti aperti nello sviluppo di **MasterSap 2020**, la nuova versione del software AMV che verrà rilasciata nel corso dei primi mesi del 2020.

Gestione di muri e pareti nelle verifiche degli edifici esistenti, analisi non lineare anche su elementi bidimensionali, gestione completa degli elementi bidimensionali sia in importazione che in esportazione nel formato IFC 2x4, calcolo automatico delle forze sismiche di piano (spettri sismici di piano), integrazione delle verifiche geotecniche con il calcolo dei cedimenti, miglioramenti nella gestione dei giunti bullonati in acciaio.

Come ormai accade da molte versioni, grande interesse e notevoli risorse si concentrano sulle novità che riguardano lo studio degli edifici esistenti, che oggi rappresentano una fetta sempre maggiore nei lavori di progettazione.

Ed è per questo che **MasterEsist**, l'ambiente dedicato alla verifica degli edifici esistenti in c.a., si amplia ora ulteriormente con strumenti dedicati alla trattazione degli elementi bidimensionali, solitamente utilizzati per modellare elementi verticali quali muri estesi e pareti snelle, ma anche orizzontali quali solette e piastre in genere.

Al tempo stesso anche **Verifiche Rinforzi**, il software dedicato alla progettazione dei rinforzi strutturali, subirà importanti integrazioni, quali l'utilizzo dei rinforzi FRP anche per carenze dovute alla flessione, oltre che una significativa ottimizzazione delle funzionalità e dell'interazione con il modello di calcolo.

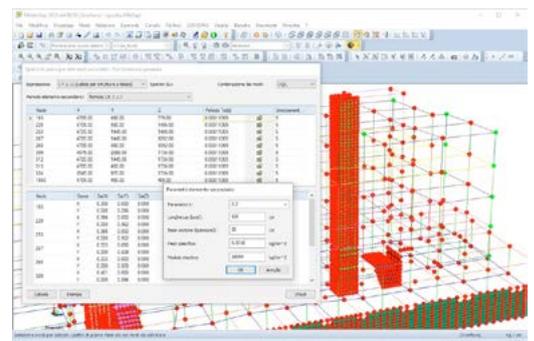
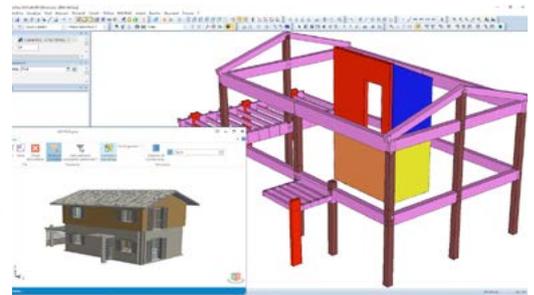
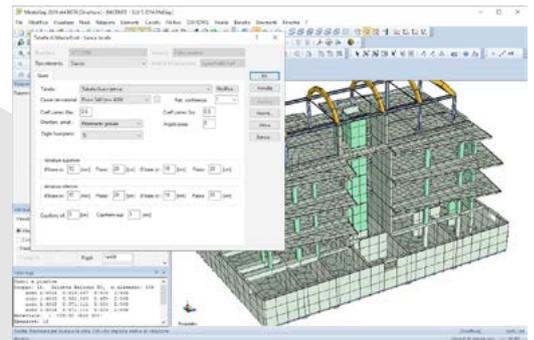
Importanti novità sono legate al mondo del BIM, argomento di forte interesse per le opere di nuova progettazione. Anche qui le novità riguardano gli elementi guscio/piastra, che vedranno la massima compatibilità sia in import che in export con tutti gli altri software della filiera edilizia che trattano i più recenti formati IFC, rendendo così sempre più completi e ricchi di informazioni i passaggi dati fra MasterSap e gli altri software.

OPEN BIM™

Semplificazioni in arrivo anche nel primario ambiente di modellazione, con l'opportunità di determinare gli **spettri di risposta** di piano per valutare l'azione sismica in un generico punto della struttura, utilizzabili poi per le verifiche degli elementi costruttivi non strutturali. Da segnalare anche la descrizione della stratigrafia del terreno per determinare i cedimenti della costruzione.

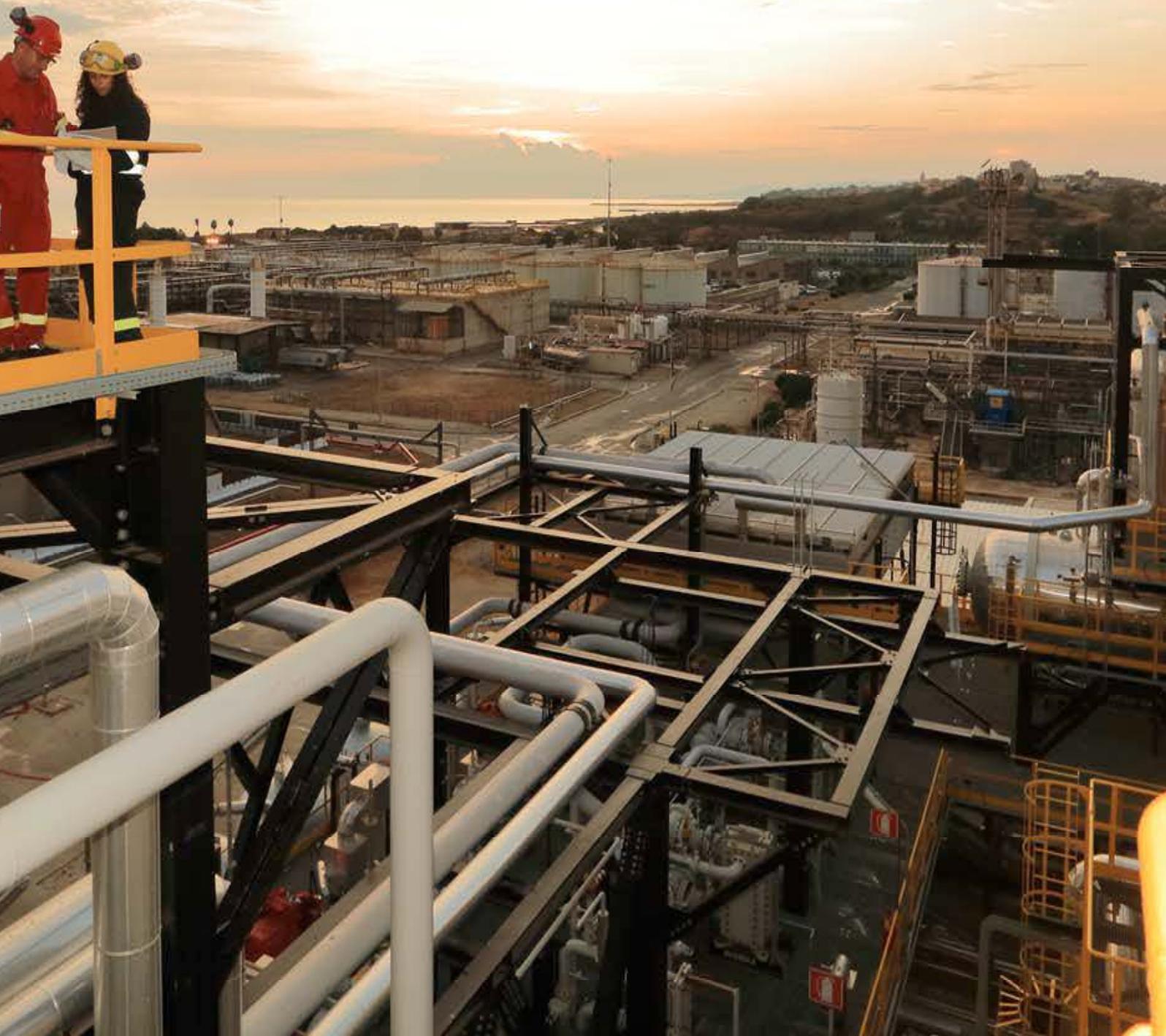
Altri argomenti di particolare interesse sono da tempo in fase di sviluppo.

Al riguardo citiamo in particolare l'implementazione di un nuovo elemento per l'**analisi non lineare di edifici in muratura**, modellati con elementi bidimensionali.



Il gemello

La stessa tecnologia è impiegata nell'altra bioraffineria Eni, quella di Porto Marghera. Nata anch'essa dalla riconversione degli impianti di un tradizionale petrolchimico, dal 2014 vi si impiegano circa 360mila tonnellate di oli vegetali all'anno per farne bio carburanti: per la gran parte raffinato, il restante (15% circa) è esausto e di frittura. Quest'olio usato che viene dalle cucine italiane - raccolto grazie ad un accordo con Conoe - a Porto Marghera diventa carburante e, in virtù della collaborazione tra Eni e le rispettive municipalizzate dei trasporti, viene usato oggi da tutti i vaporetto di Venezia, e, in forma sperimentale, da parte degli autobus di Torino, Taranto, Roma.



Dalla mensa al metano: il progetto dell'Enea

Alla Casaccia, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ha avviato la sperimentazione di un digestore anaerobico che produce più biogas e di qualità maggiore rispetto a quelli presenti sul mercato

In fondo è come un allevamento intensivo: si fanno crescere, alimentandole, delle popolose colonie di batteri che, piuttosto golose, non si fanno scrupoli a mangiare fanghi di depurazione, rifiuti organici della raccolta domestica, reflui zootecnici e scarti agricoli. In cambio, da loro otteniamo biogas. Ad essere precisi, una miscela di diversi gas: soprattutto **metano** (dal 55 al 75% in volume) da cui deriva il valore economico del biogas, e poi **anidride carbonica** (25-45%, quella che le biomasse agricole, ad esempio, nel loro ciclo di vita hanno incorporato dall'atmosfera) e **vapore acqueo**; ci sono poi anche piccole quantità di acido solfidrico, di ammoniaca e idrogeno.

L'allevamento di cui parliamo è un digestore anaerobico, uno degli oltre mille e cinquecento presenti in Italia. Le colonie di diversi tipi di batteri "in consorzio" (idrolitici, acidogeni, acetogenici e archeobatteri metanogenici) degradano, in assenza di ossigeno, diverse matrici o substrati: i loro alimenti. Perché questi crescano e lavorino in pace si devono trovare in particolari condizioni di pH e temperatura (sotto i 25 gradi per alcuni batteri, tra i 50-60 per altri). E hanno bisogno del giusto tempo per digerire: tra i 20 e i 60 giorni a seconda del tipo di impianto e di substrato. Il biogas così prodotto può essere utilizzato per produrre calore, energia elettrica e biometano per autotrazione o per l'immissione nella rete.



Uno dei limiti dei digestori è la scarsa efficienza quando per alimentare i batteri si utilizzano – perfettamente in linea con l'economia circolare – biomasse cosiddette “povere” come residui agricoli o rifiuti organici. In questi casi, spiega **Vito Pignatelli**, responsabile del Laboratorio ENEA di Biomasse e Tecnologie per l'Energia, «la conversione della biomassa è pari solo al 50-60%, con un ridotto contenuto in metano, intorno al 50%. Scarsa efficienza che fa aumentare i costi per l'eventuale immissione in rete del biogas che per legge deve avere un contenuto minimo di metano del 97%».

Per cercare di ovviare a questo limite tecnologico ENEA ha realizzato presso il **Centro Ricerche Casaccia** - nell'ambito del Programma Industria 2015 finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico - un impianto sperimentale “compatto ad alto rendimento”. Rispetto a quelli tradizionali è in grado di aumentarne resa e contenuto in metano fino al 70%. Il suo cuore è il digestore pilota (volume di 1 mc) ma la parte più innovativa è un dispositivo a campi elettrici pulsati di taglia ridotta rispetto a quelli in commercio. Questo è in grado di accrescere la resa di conversione in biogas accelerando la degradazione della cellulosa (la componente più rilevante delle biomasse povere e quella più complessa da degradare). Pensato appunto per i casi più complessi, le biomasse povere, oggi lavora con gli scarti provenienti dalla mensa del centro di ricerca. Arrivare al 70% di metano è possibile anche grazie alla scelta dei “degradatori”: alla Casaccia Enea sperimenta particolari miscele selezionate di funghi e batteri. Il processo, separato in due diversi reattori (processo bistadio), è gestito da un software che consente di programmare le operazioni, monitorare “in continuo” il volume e la composizione del biogas prodotto e i principali parametri di processo (temperatura, pH, livelli del substrato).

Impianti efficienti che Enea sta sperimentando, spiega ancora Pignatelli, «utilizzando scarti alimentari. A regime contribuirebbero alla riduzione dei rifiuti e sarebbero in grado di valorizzare economicamente scarti dell'agricoltura, in gran parte inutilizzati. O, in prospettiva, consentirebbero di recuperare a fini produttivi terreni degradati o comunque non utilizzabili per l'agricoltura convenzionale, come le aree in prossimità delle discariche».

La produzione di biogas attraverso la digestione anaerobica, spiega uno studio congiunto di ricercatori di Cnr, Enea ed Rse, presenta vantaggi rispetto alla produzione di biocarburanti da altri processi biochimici (biodiesel, bioetanolo, bioidrogeno) soprattutto dal punto di vista energetico: ad oggi è il processo meno energivoro, grazie alla semplicità della tecnologia e dalla capacità di utilizzare un'ampia gamma di materiali. Il biogas per autotrazione è più sostenibile anche in termini di emissioni climalteranti. Rispetto alla media dei combustibili fossili garantisce un risparmio in termini di GHG (*Greenhouse Gases*) di 1,15 kg di anidride carbonica equivalenti per kg di biometano, che diventano 1,72 nel caso si utilizzino i sottoprodotti della degradazione (il digestato, ricco di azoto) come fertilizzanti.

L'Italia è il sesto produttore europeo di biogas per veicoli. Secondo Eurobarometro si piazza dopo Francia, Germania, Spagna, Svezia e Gran Bretagna. Stando alle stime del CIB - Consorzio Italiano Biogas, il nostro Paese potrebbe produrre già oggi 10 miliardi di metri cubi di biometano, di cui 8 da matrice agricola. Secondo Snam il metano da digestione anaerobica potrebbe alimentare un terzo del parco circolante. Grazie anche ad una rete distributiva di oltre 1.200 impianti e un parco circolante di oltre un milione di veicoli leggeri che possono usare fin da subito il biometano, oltre ai 3.300 autobus già attivi. Il biogas può essere dunque uno strumento importantissimo per raggiungere gli obiettivi della direttiva RED II (*Renewable Energy Directive*): passare, entro il 2030, dall'attuale 7% di biocarburante utilizzato nel settore trasporti al 14%.

I vantaggi dei veicoli a biogas

- minore dipendenza dai combustibili fossili
- minore dipendenza energetica dall'estero
- minore impatto ambientale
- meno rifiuti grazie agli scarti non più conferiti in discarica
- minore inquinamento del parco veicoli

Un'auto a metano rispetto ad una benzina produce

97%

in meno di polveri sottili

75%

in meno di ossidi di azoto

30%

in meno di anidride carbonica

Fonte: Allgemeine Deutsche Automobil-Club (ADAC)
Ecotest, EMPA

PROGETTO PONTI:

RADIOGRAFIA DIGITALE DEL PONTE SUL FIUME TRONTO

Il patrimonio edilizio ed infrastrutturale italiano è ricco di strutture in calcestruzzo armato, ma solo le normative degli ultimi decenni hanno preso in considerazione la durabilità di questo materiale. Ad oggi, gli specialisti del settore vengono chiamati a valutare lo stato di conservazione dell'opera e a definire le attività di manutenzione che garantiscano gli standard di sicurezza. Oltre alle ispezioni distruttive, il professionista può ricorrere a tecniche di ispezione non distruttive per ottenere informazioni sulle strutture senza indebolirle; l'ispezione radiografica è una prova non distruttiva ampiamente usata in ambito industriale, ma la sua applicazione in campo civile è limitata dall'assenza di normative di riferimento.

Le società Novatest ed Evolvea di Gruppo Filippetti, da sempre attente a coniugare la tecnologia alle esigenze di mercato, hanno iniziato una forte collaborazione per contribuire allo sviluppo della radiografia in ambito civile. In questo articolo sono, quindi, presentate alcune risultanze di una ispezione radiografica recentemente eseguita nel comune di Arquata

del Tronto presso il viadotto "Tronto IV" sulla SS 4.

La campagna di indagini commissionata a Novatest dalla società "ANAS S.P.A. Compartimento della Viabilità delle Marche" è stata effettuata con l'obiettivo di osservare cavità, nidi di ghiaia interni e lo stato di conservazione dei ferri di armatura, in particolare dei trefoli di precompressione.

In assenza di elaborati utili a individuare l'ubicazione dei ferri nella matrice in calcestruzzo, preliminarmente alla campagna radiografica, è stata eseguita una ispezione con strumentazione georadar.

Durante la campagna radiografica sono state usate due sorgenti di radiazioni ionizzanti, attivate e controllate a distanza per mezzo di unità di controllo: un tubo radiogeno con energia di picco tra 35-300 keV per analizzare elementi con spessori fino a 35-40 cm; un betatrone portatile con energia di picco tra 2-7.5 MeV per elementi in calcestruzzo armato con spessori fino a 70 cm. Il sistema di ricezione ed acquisizione digitale dei dati era composto da un pannello ricevitore connesso in remoto con un tablet che, con un apposito software, permetteva

la visualizzazione e il salvataggio delle immagini radiografiche in formato digitale. La radiografia digitale è una tecnologia innovativa che permette di visualizzare un'immagine digitale istantaneamente ed è stata scelta da Novatest ed Evolvea perché permette di valutare la bontà e la chiarezza dell'acquisizione già in situ.

La principale differenza tra la radiografia industriale e quella civile risiede nella diversa manovrabilità dell'attrezzatura; per raggiungere le travi dell'impalcato, i macchinari radiografici e le strumentazioni sono state posizionate su una piattaforma sottoponte by bridge.

Le radiografie acquisite sono immagini in scala di grigio che forniscono informazioni volumetriche della regione indagata.

Ogni singola acquisizione è stata successivamente analizzata da un tecnico radiologo qualificato e da un ingegnere con esperienza sull'analisi di ponti; in particolare, per ogni radiografia sono state ricercate le seguenti anomalie:

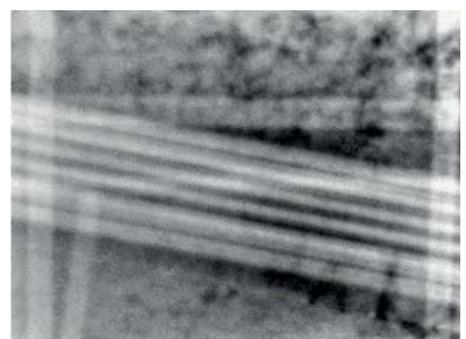
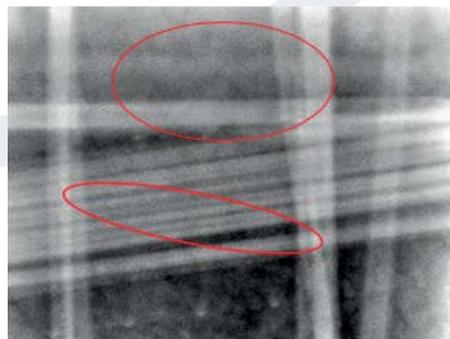
- Disomogeneità diffusa e localizzata del materiale, con cui sono state indicate le anomalie (rispettivamente estese e localizzate) che interessano la matrice in calcestruzzo; tra queste singolarità possiamo elencare nidi di ghiaia, disomogeneità del mezzo, fessure.
- Anomalia nel cavo di precompressione, come errori di posa, allentamento dei fili componenti i trefoli, la rottura delle guaine oppure l'assenza di boiaccia nelle guaine.

Le immagini radiografiche sono state riunite in gruppi appartenenti alla stessa verticale di acquisizione e, successivamente, le verticali sono state assemblate per gruppi appartenenti allo stesso elemento strutturale per avere un quadro organico delle anomalie riscontrate.

Nonostante l'attuale mancanza normativa, sia in Evolvea che in Novatest siamo convinti che la diffusione di standard radiografici in campo civile sarà un passo obbligato, spinto da ragioni economiche e di sicurezza.



Metodo di acquisizione radiografica con l'utilizzo del by bridge



Num. ORD TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	unità di	PREZZO UNITARIO
VOCI A MISURA			
1 E.07.010.070.a (M)	Massetto di sottofondo leggero adatto a ricevere l'incoll ... anato e lisciato , in opera Per posa di pavimenti ceramici		
	euro (tre/35)	mq/cm	3,35 €
2 E.08.020.010.b (M)	Tramezzatura di mattoni forati di laterizio eseguita con ... il lavoro finito a perfetta regola d'arte. Spessore 10 cm		
	euro (ventisei/84)	mq	26,84 €
3 E.08.90.10.a (M)	Muratura a cassa vuota, eseguita entro e fuori terra, a qualsiasi altezza o profondità, per pareti r ... tuita da una doppia parete in laterizio e intercapedine areata dello spessore di 3 cm. La parete esterna, dello spessore di 12 cm, è es Spessore 40 cm		
	euro (novantasei/66)	mq	96,66 €
4 E.13.030.020.i (M)	Pavimento in piastrelle di gres fine porcellanato, prima ... avoro finito a perfetta regola d'arte. Dimensioni 60x60 cm		
	euro (ottantaquattro/82)	mq	84,82 €
5 E.16.020.030.a (M)	Intonaco civile liscio a tre strati, costituito da un pri ... perfetta regola d'arte Con malta comune di calce e sabbia		
	euro (diciotto/11)	mq	18,11 €
6 E.18.010.050.a (M)	Porta caposcala tamburata a struttura cellulare ad un sol ... compensato A un battente rivestita in compensato di pioppo		
	euro (centoottantacinque/23)	mq	185,23 €
7 E.18.020.020.a (M)	Porta interna in legno con anta mobile tamburata e con bo ... Con anta ad apertura a libro cieca liscia Rovere		

Progetto definitivo

Il progetto definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti, ove presente, nel progetto di fattibilità. Esso comprende il computo metrico estimativo, le analisi dei nuovi prezzi, i lavori in economia, il quadro economico e l'elenco dei prezzi unitari.

In riferimento al computo metrico estimativo, la bozza del nuovo decreto specifica che l'applicazione alle quantità dei prezzi unitari riguarda le lavorazioni da contabilizzare a misura; per le lavorazioni da contabilizzare a corpo il computo riporta solo il prezzo a corpo e deve essere realizzato un distinto elaborato, non facente parte del computo estimativo, redatto con le stesse modalità del computo metrico estimativo con riferimento alle sotto-lavorazioni che concorrono alla formazione del prezzo a corpo.

Progetto esecutivo

Il progetto esecutivo costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e, pertanto, definisce compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare. In tale fase tutti gli elaborati costituiscono l'integrazione e l'aggiornamento dei medesimi di cui al progetto definitivo.

Novità BIM e BIM COMPUTO

Il computo metrico estimativo nel processo del Building Information Modeling si ottiene dal cosiddetto Quantity Take-off, computazione delle quantità provenienti da un modello in formato IFC.

Contabilità lavori

Il DM 49 del 07/03/2018 conferma le indicazioni relative alla contabilità, già previste dal DPR 207/2010; resta infatti inalterato l'elenco dei documenti contabili che viene confermato nel seguente:

- giornale dei lavori
- libretti di misura delle lavorazioni e delle provviste
- liste settimanali
- registro di contabilità
- sommario del registro di contabilità
- stati d'avanzamento dei lavori.

Qualora la direzione dei lavori sia affidata a professionisti esterni, i programmi informatizzati devono essere preventivamente accettati dal RUP che ne verifica l'idoneità e la conformità alle prescrizioni del regolamento.

Blumatica Pitagora è il software gratuito di contabilità preventiva e consuntiva dei lavori dal quale possono essere automaticamente riprodotti gli altri documenti della progettazione.



SCAN ME

Massimiliano Antonini

Ingegnere chimico, Amministratore unico e co-fondatore di Hysytech S.r.l., si occupa da oltre 20 anni di sviluppo di tecnologie e prodotti per l'energia sostenibile e per l'ambiente.

Catia Bastioli

Chimica, scienziata e imprenditrice, è Amministratore Delegato di Novamont, realtà che ha fondato e trasformato da centro di ricerca a gruppo industriale leader nello sviluppo e produzione di bioplastiche e biochemicals da fonti rinnovabili, secondo un modello di bioeconomia intesa come rigenerazione territoriale. Dal 2009 Presidente di Kyoto Club, è dal 2014 Presidente di Terna Spa e del Cluster della Chimica Verde SPRING. Membro di importanti gruppi di lavoro dell'UE su cambiamenti climatici e ambiente, tra cui il Mission Board on Soil Health and Food, è "Inventore Europeo 2007" per le bioplastiche e, dal 2017, Cavaliere del Lavoro.

Luca Bertelli

Nasce a Sesto Fiorentino il 5.10.1958. Si laurea in Geologia all'Università di Firenze col massimo dei voti e lode nel 1983. Nel 1984 viene assunto in AGIP come ricercatore nel team di sviluppo delle tecniche di imaging geofisico tridimensionale. Nel 1999 diventa responsabile dei servizi di Geologia e Geofisica di Eni. Nel 2001 l'azienda lo indirizza su una carriera di sviluppo internazionale. Viene nominato Direttore Generale aggiunto in Norvegia, poi Direttore Generale in Indonesia, Egitto e Angola. Nel 2009 viene richiamato in sede dove gli viene assegnata la posizione di Responsabile Esplorazione. Nel 2014 viene nominato Chief Exploration Officer alla diretta dipendenza dell'Amministratore Delegato, incarico che ricopre attualmente. E' autore di svariate pubblicazioni scientifiche nell'ambito della ricerca geofisica ed è stato l'ideatore e il promotore per la messa in opera dei progetti di super calcolo in Eni.

Guido Bezzi

Laureato in Scienze e Tecnologie Agrarie all'Università di Bologna, ha conseguito il dottorato di ricerca in coltivazioni erbacee presso lo stesso ateneo specializzandosi nell'ecofisiologia e nella coltivazione di specie dedicate da biomassa e biocarburanti. Dal 2009 è iscritto all'Ordine degli Agronomi e Forestali della Provincia di Milano ed esercita come Agronomo libero professionista specializzato in iter autorizzativi di impianti per energia rinnovabile, ripristini ambientali e mitigazione di impianti e discariche, piani di approvvigionamento biomasse, piani di utilizzo agronomico del digestato e analisi e assistenza tecnica su impianti biomassa e biogas. Da giugno 2011 è consulente presso il CIB - Consorzio Italiano Biogas e Gassificazione di cui, dal maggio 2012, è divenuto Responsabile dell'Area Agronomia. Dal 2015, è Direttore della Rivista Biogas Informa (organo ufficiale di divulgazione del CIB).

Giacobbe Braccio

Laureato in Ingegneria, dirigente di ricerca ENEA. Da circa 30 anni impegnato su attività di ricerca su tematiche energetiche, in particolare fonti rinnovabili bioenergia e chimica verde. Dal 2015 Responsabile della Divisione Bioenergia Bioraffineria e chimica verde del dipartimento Energia costituita da circa 100 ricercatori finalizzata allo sviluppo di tecnologie e processi per la valorizzazione energetica delle biomasse e per la produzione di biocombustibili, bioprodotto e intermedi chimici.

David Chiaramonti

E' professore ordinario al Politecnico di Torino e Presidente del Consorzio Energie Rinnovabili R&D (RE-CORD). Lavora dagli anni '90 sui biocarburanti, bioenergia e i bioprodotto, svolgendo attività di ricerca applicata sulla conversione termochimica e biochimica della biomassa per la produzione di carburanti per il trasporto sostenibile (con un'attenzione particolare all'aviazione) e bioprodotto, come biochar. È coordinatore scientifico della piattaforma industriale DG Energia Alternativa Forum sui carburanti, dove i maggiori produttori ed utilizzatori Europei di carburanti alternativi analizzano i mercati e le politiche europee attuali e future, ed ex membro della IEA Bioenergy.

Franco Del Manso

Franco Del Manso è il direttore degli Affari internazionali dell'Ambiente dell'Unione Petrolifera – l'Associazione delle compagnie petrolifere operanti in Italia. Segue segue tutti gli aspetti ambientali, tecnici e legislativi del petrolio a valle, a livello nazionale ed internazionale. Dopo aver lavorato come esperto nella ricerca di prodotti petroliferi e nello sviluppo tecnologico di Agip Petroli – Società del Gruppo Eni – nel 1992 è entrato nell'Unione Petrolifera. Precedentemente ha svolto ricerche in ASSORENI, la società di ricerca del Gruppo Eni, nel campo della combustione dei combustibili solidi e liquidi ed in altre questioni ambientali.

Gaetano Iaquaniello

Laureato con lode in ingegneria chimica nel '75 università di Roma, dottore all'università di Limoges, master in management London Business School. 40 anni di esperienza industriale. Attualmente è VP innovation strategy in KT spa e Presidente di Nextchem, la società del gruppo MAIRE Tecnimont per la transizione energetica. Professore associato di simulazione e ottimizzazione dei processi chimici presso la facoltà di ingegneria del Campus Bio-medico. Autore di più di venti brevetti, 80 articoli scientifici e editore di quattro libri. Esperto nella produzione di idrogeno.

Sergio Lombardini

Sergio Lombardini, nato il 20 settembre 1963, ingegnere chimico, nella sua carriera ha rivestito diversi ruoli di responsabilità nella chimica ENI, in Versalis, quali, responsabile di tecnologia, di realizzazione investimenti, per poi passare nell'area commerciale divenendo responsabile commerciale intermedi. Quindi è stato direttore licensing e sviluppo internazionale: in quel periodo ha lanciato il business del licensing in Versalis e ha finalizzato importanti Joint ventures. In seguito ha coperto il ruolo di Direttore ricerca, sviluppo e innovazione, per poi oggi ricoprire il ruolo di Direttore Business Unit Biotech, la divisione che gestisce e sviluppa la chimica rinnovabile, tra cui l'impianto di produzione bio etanolo e operando le attività di Matrice JV con Novamont.

Carlo Nicolais

Nato nel 1973, è laureato in Scienze politiche all'Università "La Sapienza" di Roma (1999) e dottore di ricerca in Economia dello sviluppo all'Università degli Studi di Napoli "Federico II" (2004). Ha maturato esperienze in campo universitario, aziendale e del privato sociale nel settore delle relazioni internazionali e della cooperazione allo sviluppo. È entrato a far parte del Gruppo Maire Tecnimont nel 2006 nel settore della comunicazione. Dal novembre 2012 è Head of Institutional Relations & Communication del Gruppo.

Piero Salatino

Nato a Vinchiatturo (CB) il 19 Agosto 1959, si laurea in Ingegneria Chimica Presso la Università degli Studi di Napoli nel 1982, dove consegue il Dottorato di Ricerca nel 1987. E' ordinario di Impianti Chimici presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Dal 2013 è Presidente della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, Università degli Studi di Napoli Federico II (2013-). Ha pubblicato oltre 350 articoli ed è titolare di 7 brevetti nel campo della reattoristica e processistica chimica, delle tecnologie di processo di solidi granulari, dei bioprocessi industriali, delle tecnologie energetiche ed ambientali.

Andres Saldivia

Ingegnere chimico, socio di Hysytech S.r.l., responsabile Sviluppo Business, si occupa da oltre 15 anni di concepire soluzioni tecnologiche ed individuare la sostenibilità economica di prodotti in ambito industriale.

Massimo Santarelli

Ingegnere Meccanico, Ph.D. in Termodinamica e Trasmissione del Calore, Professore Ordinario in Termodinamica e Trasmissione del Calore, Dipartimento Energia, Politecnico di Torino. Professore Affiliato presso KTH (Stoccolma, Svezia) e UIC (Chicago, US). Autore di circa 220 articoli su riviste e conferenze internazionali, la principale attività di ricerca è legata al tema dei sistemi innovativi (impianti termochimici ed elettrochimici) applicati all'energia.

Guido Saracco

Si è laureato in Ingegneria Chimica presso il Politecnico di Torino nel 1989, dove ha conseguito il suo dottorato ed è ordinario di Fondamenti Chimici delle Tecnologie. E' autore di oltre 500 pubblicazioni su tematiche di ingegneria chimica, nanotecnologie, energie rinnovabili, tutela dell'ambiente. Dal 2016 al 2018 è stato il Coordinatore del Centro per le Tecnologie Future Sostenibili IIT@PoliTO dell'Istituto Italiano di Tecnologia. È socio corrispondente della Accademia delle Scienze di Torino e dal marzo 2018 è il Rettore del Politecnico di Torino.

Fabrizio Sibilla

Fabrizio Sibilla si laurea in Tecnologie alimentari alla Statale di Milano e consegue nel 2008 un dottorato di ricerca in biotecnologie industriali alla RWTH-Aachen University in Germania. Dopo molti anni di lavoro in Germania, dal 2018 è fondatore e presidente della S&C BEST Srl, società dedicata all'efficientamento degli impianti a biogas tramite l'uso di enzimi e microelementi della Biopract ABT di Berlino, con cui collabora allo sviluppo di prodotti innovativi per il mercato del biogas.

Dimosthenis Trimis

Dimosthenis Trimis è professore ordinario di tecnologie della combustione presso il Karlsruhe Institute of Technology (KIT) in Germania. È capo dell'Engler-Bunte-Institute e CEO della stazione di ricerca della German Association for Gas and Water (DVGW) presso la KIT. Ha studiato Ingegneria meccanica alla Technical University di Atene e ha conseguito il dottorato in Ingegneria Chimica all'Università di Erlangen, Germania.

Francesca Verga

Francesca Verga è Professore Ordinario di Idrocarburi e Fluidi del Sottosuolo presso il Politecnico di Torino. Dopo aver acquisito esperienza anche negli USA, si è occupata a lungo di ingegneria dei giacimenti e di stoccaggio sotterraneo del gas naturale con numerose collaborazioni con università e enti di ricerca esteri e con l'industria. Attualmente le sue attività di ricerca riguardano la transizione energetica e l'uso delle nanotecnologie nell'ambito delle geoscienze. È autrice o co-autrice di numerose pubblicazioni scientifiche e di tre brevetti. Da marzo 2018 è Vice-Rettrice per l'Internazionalizzazione del Politecnico di Torino.

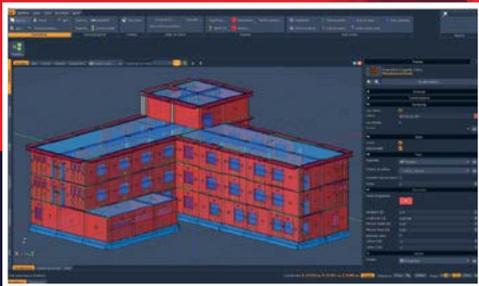


SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



GLI ESPERTI DEL CALCOLO STRUTTURALE

*IperSpace BIM è una suite completa per il calcolo strutturale in cemento armato, acciaio, legno e muratura; con un'interfaccia grafica innovativa e una potenza di calcolo all'avanguardia IperSpace BIM è aggiornata alle **NTC 2018** e alla **Circolare**.*



**Il software lo
componi tu**
scegli solo i plugin
di cui hai bisogno.



Approccio BIM
interazione ed
interoperabilità con tutti i
software.



**Assistenza e
consulenza
personalizzata
gratuita.**

3 2019 / 1 2020 # 377

€ 10.00

ISSN 0020-0913



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



L'Ingegnere Italiano
3 2019 / 1 2020

n. 377 dal 1966 - n. 3 della nuova versione quadrimestrale
a cura del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
Registrazione del Tribunale di Roma
n. 46/2011 del 17 febbraio 2011

Editore

Consiglio Nazionale degli Ingegneri
via XX Settembre 5, 00187 Roma

Poste Italiane SpA

Spedizione in abbonamento postale - 70%

Aut. GIPA/C/RM/16/2013