Il contributo di ***DANIELI*** nella de-carbonizzazione della produzione di acciaio

un percorso chiaro sfruttando tecnologie referenziate e pensiero innovativo

dott. Alessandro Martinis

V.P. Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A

01 luglio 2021

Sinossi

Il sogno da tempo ricercato di produrre prodotti siderurgici di qualità senza inquinare l'ambiente con emissioni di gas a effetto serra e altri effluenti pericolosi è diventato una realtà negli ultimi decenni. Nuovi impianti stanno comparendo in tutto il mondo utilizzando la via Riduzione Diretta (DRI) – Forno Elettrico (EAF) basata sul gas naturale invece del tradizionale Altoforno (a base di carbone e coke) (BF) – Convertitore a Ossigeno (BOF).

L'emissione di CO_2 è ridotta di oltre il 50% e, poiché i forni da coke non sono più necessari, vengono eliminati anche composti aromatici, IAP, diossine, NO_x ecc.

La cattura dell'anidride carbonica, caratteristica intrinseca della tecnologia di riduzione diretta Energiron, sviluppata congiuntamente da Tenova e Danieli, riduce ulteriormente le emissioni, che possono essere ulteriormente diminuite con la futura disponibilità di idrogeno verde. La cattura e l'utilizzo del carbonio (CCU) si evolveranno in “Carbon Direct Avoidance” (CDA).

La tecnologia Danieli Digital Melter, abbinata all'ENERGIRON attraverso la carica diretta di DRI caldo, consente di collegare l'elettricità verde direttamente agli alimentatori del forno.

Sommario

Crescita della produzione di DRI in tutto il mondo guidata dalla coscienza ambientale..... 2
Disponibilità di materie prime 6
Importanza della flessibilità per le fonti di materie prime 7
ENERGIRON: una vera tecnologia H_2-ready 8
Vantaggi dell'idrogeno nella riduzione diretta 9
Considerazioni sugli impianti di riduzione deiretta con 100% H_2 11

Crescita della produzione di DRI in tutto il mondo guidata dalla coscienza ambientale.

La pressione per ridurre l'impatto ambientale ha spinto la maggior parte dei proprietari di complessi integrati a considerare il percorso DRI-EAF come un sostituto del tradizionale BF-BOF. Si stima che l'impatto globale dell'industria siderurgica sulle emissioni globali di CO_2 sia dell'ordine del 7%, mentre se si considera solo il settore industriale, l'industria siderurgica è responsabile del 25% delle emissioni.

Le emissioni medie di CO_2 generate dagli impianti BF-BOF vanno da 1800 a 2100 kg di CO_2 per ton di acciaio. Una riduzione diretta ENERGIRONa base di gas naturale, dotata di cattura di CO_2 e abbinata ad un forno ad arco elettrico Danieli, una combinazione di impianti ben referenziata e standard, emette solo circa 600 kg di CO_2 per ton di acciaio (rif. alla Figura 1 Ciò sta già soddisfacendo gli obiettivi richiesti dalla Commissione Europea per il 2030.

Un'ulteriore riduzione delle emissioni di biossido di carbonio può sicuramente essere ottenuta se l'idrogeno viene utilizzato come fonte di riduzione del gas per la riduzione diretta e per i bruciatori utilizzati in tutti i processi a valle.

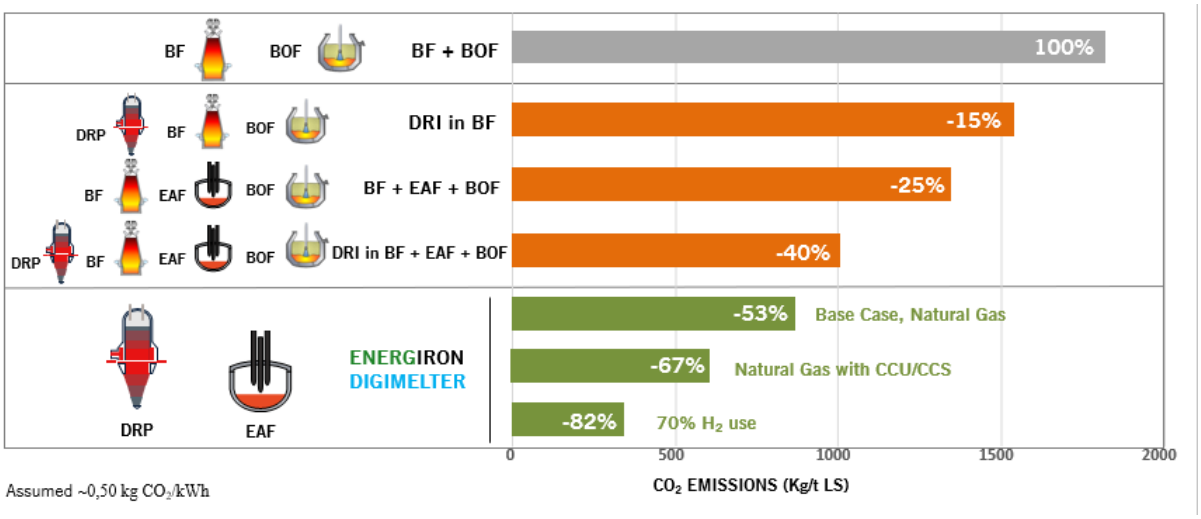


Figura 1 -Riduzione delle emissioni di CO2 utilizzando vie alternative di fabbricazione del ferro

Chiaramente, l'idrogeno deve essere prodotto utilizzando tecnologie verdi, come l'idrolisi dell'acqua e l'uso di energia elettrica rinnovabile.

Al giorno d'oggi la disponibilità di idrogeno è ancora limitata, il suo prezzo è ancora troppo alto per consentire una produzione competitiva di acciaio, ma si prevede che lo sviluppo della tecnologia e la futura produzione massiccia contribuiranno a ridurre il prezzo dell'idrogeno verde a circa 1,0 USD / kg entro il 2050. D'altro canto, il prezzo grigio dell'idrogeno aumenterebbe a seguito della tassazione sulle emissioni di CO_2 (figuraFigura 2

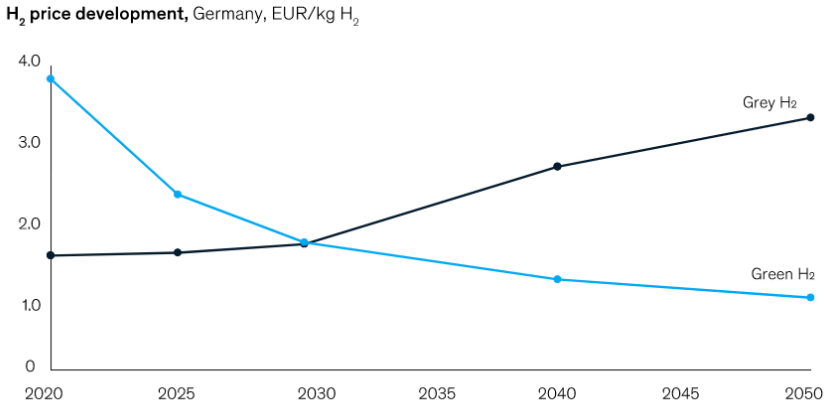


Figura 2- I prezzi del H2 verde in Germania dovrebbero dimezzarsi nei prossimi 10 anni (ref. McKinsey)

Molti Paesi europei stanno finanziando la costruzione di "hydrogen valleys". La Germania è una delle più attive in questo campo, ma anche Francia, Italia, Austria, Spagna, Paesi Bassi perseguono attivamente l'obiettivo. Attualmente ci sono un totale di 30 progetti di "hydrogen valleys" in 18 Paesi in tutto il mondo. La Comunità europea sta finanziando questi sviluppi nell'ambito del programma Horizon2020 e Next Generation EU.

L'idrogeno sarà quindi disponibile non solo per l'industria siderurgica, ma anche per i trasporti, la produzione di calore e altri settori industriali.

Parallelamente, vengono attuati incentivi per modificare le attuali rotte di produzione dell'acciaio. Tra questi, vi è la crescente tassazione delle emissioni di CO_2 e la riduzione delle quote di emissione (i "crediti di carbonio") nell'ambito dell'attuale sistema di scambio del carbonio.

Considerando la tassa sulla CO_2, molte fonti citano un aumento prevedibile che raggiungerà gli 80-90 €/t entro il 2030-2040.

In tal caso, con un possibile aumento del prezzo del NG e del carbone nel corso degli anni, l'utilizzo dell'idrogeno può diventare conveniente anche per la produzione di acciaio Figura 3

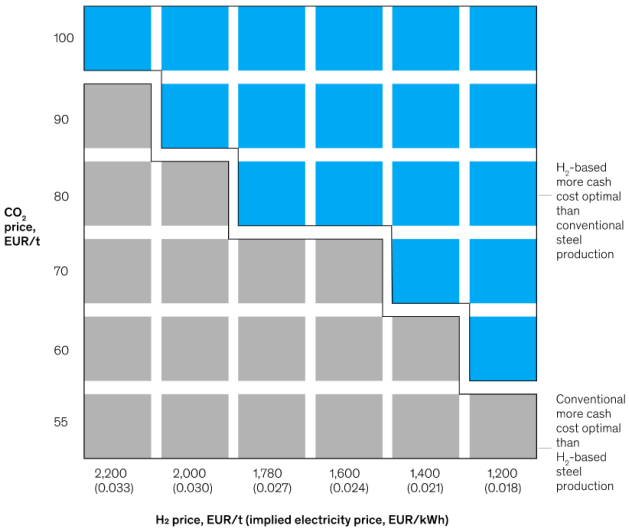


Figura 3- Analisi di sensibilità del costo di cassa (escluso l'ammortamento) per il costo H_2 e CO_2 (ref. McKinsey)

Nel frattempo, occorre attuare un adeguato meccanismo di protezione delle frontiere per proteggere i produttori siderurgici europei dall'eventuale “dumping” di produttori stranieri.

Parallelamente, nel 2016, il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (DOE) ha identificato l'argomento di ricerca "H2@Scale". DOE si sta concentrando su di esso in uno sforzo combinato con 14 dei loro 17 laboratori nazionali e Danieli fa parte di una delle collaborazioni che sono state concesse con fondi.

Piuttosto che generare H_2 per elettrolisi utilizzando l'elettricità prodotta durante i periodi di picco della domanda, DOE prevede l'uso di energia “off-peak” a basso costo, immagazzinando l'H_2 prodotto, quindi trasportandoli agli utenti quando necessario. La Figure 4 mostra la loro previsione economica. Se il costo dell'energia elettrica raggiungerà 0. 01 USD/kWh, il costo dell'idrogeno sarà all'incirca lo stesso di quello ottenuto da un riformatore di gas naturale a vapore. Ulteriori progressi nella ricerca e sviluppo potrebbero comportare un costo ancora più basso per l'idrogeno elettrolitico. I volumi che potrebbero essere prodotti a questo costo ci portano alla possibilità molto reale di utilizzare H_2 per fini siderurgici.

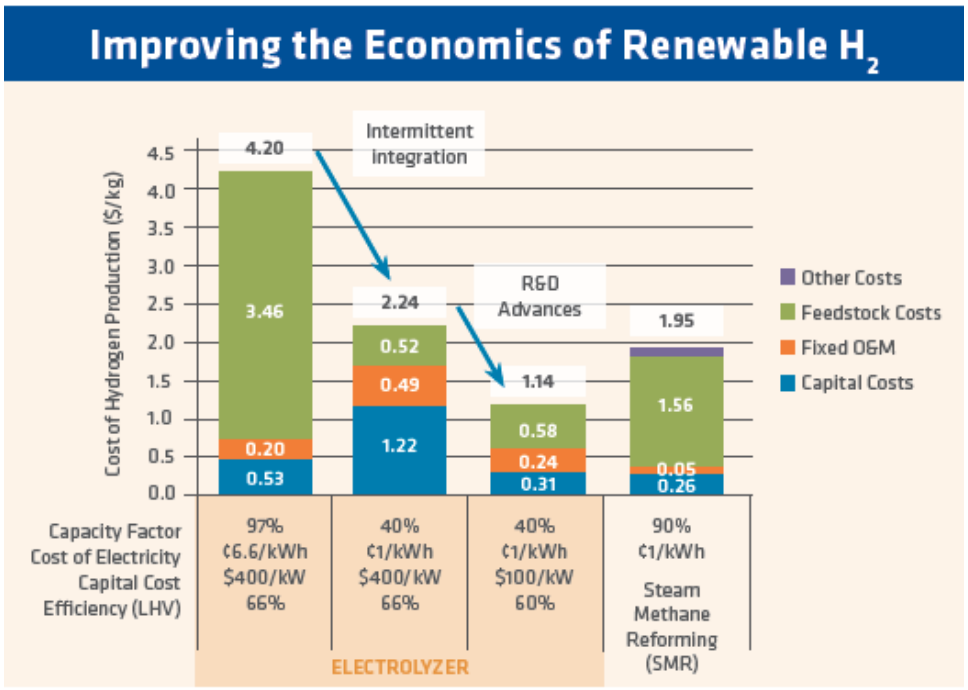


Figure 4 Miglioramento dell'economia delle rinnovabili e H2; Department of Energy H2 @ Scale FCTO Webinar - July 28, 2016

La coscienza ambientale sta diventando globale, anche in Paesi che tradizionalmente non erano così virtuosi o non fanno parte dell'Accordo di Parigi.

Gli Stati Uniti d'America negli ultimi 15 anni hanno trasformato la loro produzione di acciaio passando dal 70% basato su altoforno al 70% basato su forno elettrico.

In Europa la tecnologia dell'altoforno rappresenta ancora il 60% della produzione totale di acciaio, il che pone una forte pressione sui complessi integrati per avviare il passaggio all'acciaio verde e la sostituzione dell'altoforno con la riduzione diretta.

In Svezia, Hybrit, una joint venture di SSAB, LKAB e Vattenfall, sta sviluppando il suo progetto di riduzione diretta basata su H_2 dopo aver scelto ENERGIRON come migliore tecnologia disponibile (BAT) su cui fare affidamento per la decarbonizzazione della loro produzione di acciaio. SSAB sta valutando l'installazione di un impianto di produzione di acciaio con forno elettrico che utilizzerà anche DRI basato su H_2 (con schema Hybrit / ENERGIRON). Sono stati avviati altri progetti come H2GS, sempre basati sulla produzione di acciaio 100% CO_2 free.

In Germania Salzgitter ha lanciato il programma SALCOS e ha scelto ENERGIRON come BAT per le future installazioni di Riduzione Diretta.

Altri progetti sono in arrivo e importanti aziende come Thyssenkrupp, Arcelormittal e Liberty Steel stanno studiando attivamente il modo più praticabile per convertire i loro siti di produzione.

La Cina, che è responsabile di una grande quantità di emissioni di CO2 con l'industria siderurgica fortemente basata sull'altoforno, nel prossimo piano quinquennale prevede una loro graduale chiusura e l'installazione di impianti di riduzione diretta alimentati da gas di sintesi o idrogeno.

Il primo di questi progetti, HBIS del gruppo Hebei, è in fase di installazione e utilizzerà la tecnologia ENERGIRON. Altri progetti sono in fase di pianificazione, compresi quelli del gigante Baosteel.

Figura 5 mostra una previsione della produzione mondiale di DRI fino al 2070. Un aumento del 550% è calcolato considerando gli impianti DRI tradizionali a base di gas naturale, gli impianti con cattura e utilizzo del carbonio e gli impianti a base di idrogeno al 100%.

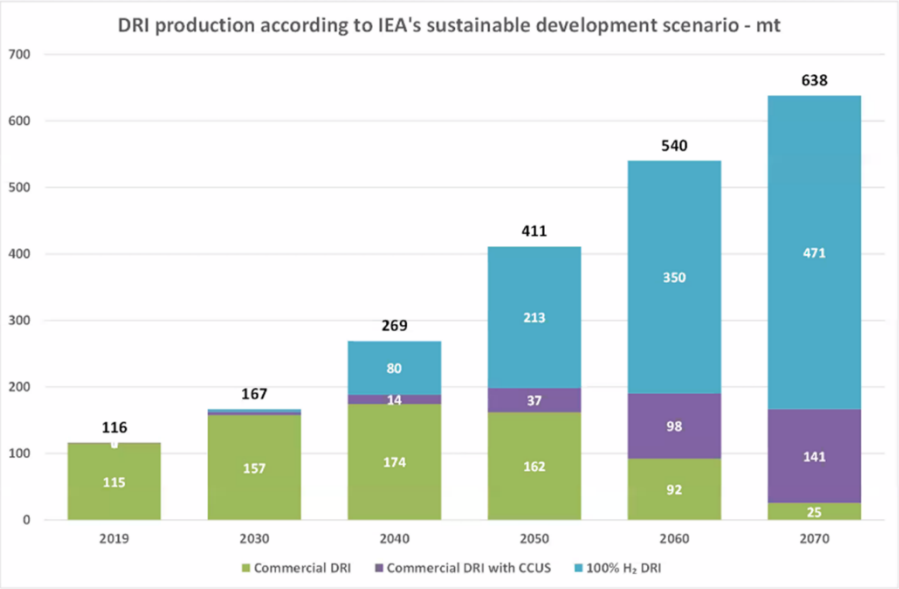


Figura 5 - Produzione DRI prevista (ref. IEA)

Almeno fino al 2030, questa previsione è corroborata dai nuovi progetti già annunciati, molti dei quali basati sull'uso dell'idrogeno verde (rif. Figura 6 Tra questi, come detto prima, HBIS e Salzgitter hanno già scelto ENERGIRON come tecnologia di riduzione diretta.

Project	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Location
HBIS Group	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	China
Salzgitter			0.8	1.6	2	2.0	2.0	2.0	2.0	Germany
TKS				0.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	Germany
Liberty/PW/SHS					1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	France
IOC/PW/SHS					0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	Canada
MENA 1					1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	North Africa
MENA 2						1.0	2.0	2.0	2.0	North Africa
EU							1.0	2.0	2.0	Austria, Italy, Romania....
Asia								1.0	2.0	ASEAN, China
Total	0.3	0.6	1.4	2.8	6.3	9.8	11.8	13.8	14.8	

Author's assumptions

Figura 6 Produzione DRI da nuovi progetti (basati su minerali di ferro da commercio)

Disponibilità di materie prime

Il cambio di paradigma produttivo, dalle tradizionali tecnologie a base di carbonio al DRI, si basa sull'adeguata disponibilità di materie prime. Attualmente molti proprietari di impianti DRI hanno problemi nell'approvvigionamento di pellet di buona qualità. Ciò è in parte dovuto al degrado delle miniere di ferro esistenti e alla chiusura di alcune miniere brasiliane a causa degli eventi ben noti. Secondo le notizie di mercato (rif. Figura 7 incida sul prezzo del pellet. È quindi evidente l'importanza della flessibilità per la tecnologia di riduzione e dei forni elettrici a valle di accettare anche materiali di qualità inferiore (ad esempio in termini di contenuto "Fe totale") soprattutto per i produttori di acciaio che non possiedono direttamente le miniere.

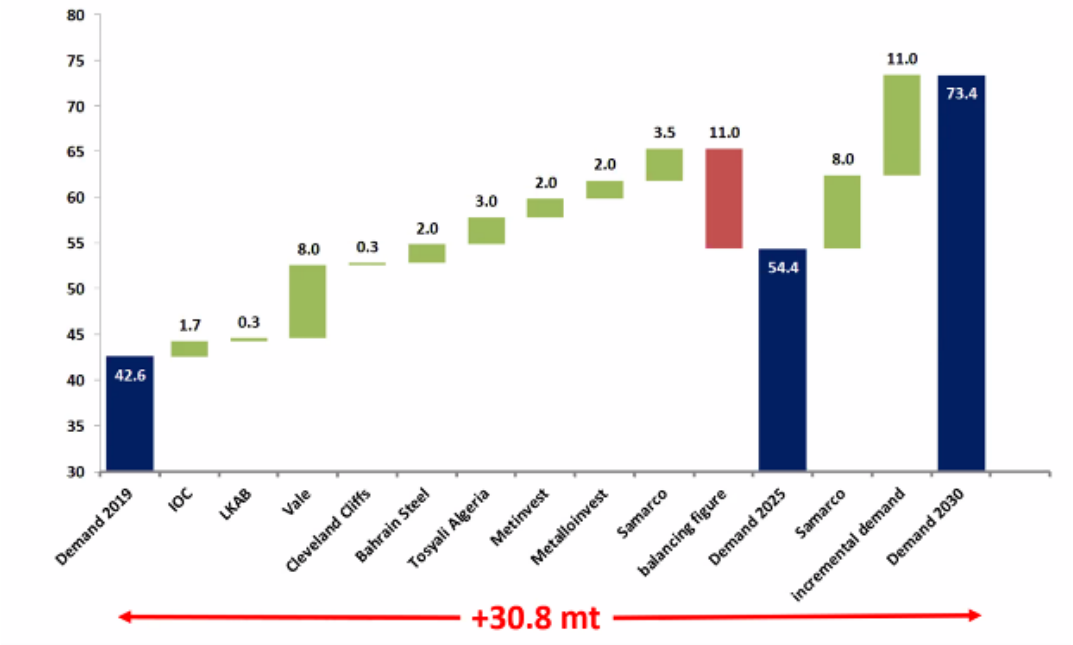


Figura 7 Potenziale offerta incrementale di pellet DR: richiesta dal 2019 al 2030 (tonnellate metriche)

Importanza della flessibilità per le fonti di materie prime

Gli impianti ENERGIRON hanno dimostrato la flessibilità nell'utilizzo di diversi tipi di pellet, compresi quelli da altoforno. In alcuni impianti la percentuale di questi pellet ha raggiunto e superato il 50% dell'apporto totale di minerale di ferro. Ciò è possibile a causa delle caratteristiche della tecnologia:

- L'elevata pressione di esercizio con la conseguente bassa velocità del gas nel reattore, che rende la produzione meno sensibile alla possibile decrepitazione del pellet (la caduta di pressione nel reattore dipende dalla distribuzione della granulometria e dal quadrato della velocità del gas)
- Il diametro più piccolo del reattore rispetto alle tecnologie a bassa pressione, che sviluppa minori sollecitazioni meccaniche sui singoli pellet
- La composizione del gas riducente ad alto contenuto di idrogeno, che minimizza fenomeni come rigonfiamento e decrepitazione del pellet.

È chiaro che l'intero percorso produttivo deve essere adatto a lavorare materie prime diverse preservando la competitività. Il forno ad arco elettrico a valle, il Danieli Digital Melter, è progettato

anche per far fronte all'aumento della quantità di scorie generate da tali pellet: in particolare è dotato di speciali porte di scorifica che consentono di limitare al minimo l'aspirazione di aria esterna, dando anche vantaggi nel limitare il pick-up di N_2, particolarmente importante per i tipi di acciaio di alta qualità, e un design e una composizione dei refrattari adeguati per resistere all'accresciuta acidità delle scorie.

Questo tipo di forno può accettare qualsiasi rapporto di DRI e rottami, questi ultimi anche in carica continua. A seconda della situazione di mercato, la carica di DRI/rottame può essere ottimizzata per ridurre l'OPEX mantenendo la produzione di acciaio desiderata.

Inoltre, il Danieli Digital Melter può essere collegato anche all'energia elettrica cosiddetta verde a corrente continua generata, ad esempio, dai campi di pannelli solari attraverso il “dc-link” brevettato.

A monte della Riduzione Diretta, Danieli può anche offrire il suo know-how nella progettazione e fornitura di impianti pellet che possono anche essere dotati di qualche sezione di beneficio per migliorare il contenuto di Fe e ridurre alcuni componenti gangue indesiderati.

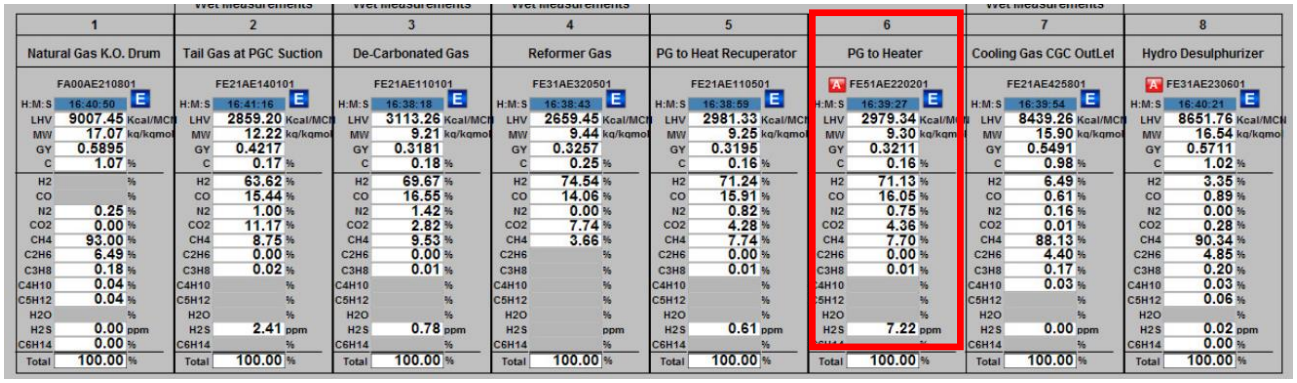
In breve, è disponibile una suite completa di tecnologie per affrontare le sfide del mercato.

ENERGIRON: una vera tecnologia H_2-ready

L'idrogeno non è una novità per ENERGIRON: l'alta concentrazione di idrogeno, a seguito della riformazione del Gas Naturale, è sempre stata ampiamente utilizzata:

	1	2	3	4	5	6
	Natural Gas	PT Gas	Tail Gas	PG from CO2	PG at Humidifier	Cooling Gas
	FA00AE210801	FE21AE840101	FE21AE140101	FE21AE325501	FE21AE325502	FE21AE425801
H:M:S	14:58:53 E	14:59:30 E	15:0 :0 E	15:0 :38 E	14:57:44 E	14:58:23 E
LHV	8760.47 Kcal/MCN	507.40 Kcal/MCN	3101.75 Kcal/MCN	3376.55 Kcal/MCN	3925.21 Kcal/MCN	6467.13 Kcal/MCN
MW	16.77 kg/kgmol	27.18 kg/kgmol	13.41 kg/kgmol	10.66 kg/kgmol	11.25 kg/kgmol	11.96 kg/kgmol
GY	0.5789	0.9383	0.4630	0.3679	0.3883	0.4130
C	1.03 %	0.06 %	0.22 %	0.24 %	0.32 %	0.66 %
H2	0.05 %	1.36 %	56.89 %	62.02 %	55.73 %	32.75 %
CO	0.00 %	0.00 %	17.84 %	19.37 %	16.81 %	0.00 %
N2	0.00 %	93.62 %	2.49 %	2.80 %	2.89 %	2.50 %
CO2	0.63 %	0.06 %	10.24 %	2.16 %	1.99 %	0.08 %
CH4	95.52 %	4.24 %	12.36 %	13.46 %	21.99 %	63.30 %
C2H6	3.68 %	0.72 %	0.00 %	0.00 %	0.41 %	1.37 %
C3H8	0.09 %	%	0.18 %	0.19 %	0.17 %	%
C4H10	0.02 %	%	0.00 %	0.00 %	0.00 %	%
C5H12	0.01 %	%	0.00 %	0.00 %	0.00 %	%
C6H14	0.00 %	%	0.00 %	0.00 %	0.00 %	%
H2S	0.63 ppm	ppm	31.22 ppm	ppm	5.73 ppm	ppm
O2	%	%	0.00 %	0.00 %	0.00 %	%
Total	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %

Figura 8 Lettura spettrometro di massa in un impianto di riduzione diretta ENERGIRON ZR



	1	2	3	4	5	6	7	8
	Natural Gas K.O. Drum	Tail Gas at PGC Suction	De-Carbonated Gas	Reformer Gas	PG to Heat Recuperator	PG to Heater	Cooling Gas CGC OutLet	Hydro Desulphurizer
	FA00AE210801	FE21AE140101	FE21AE110101	FE31AE320501	FE21AE110501	FE51AE220201	FE21AE425801	FE31AE230601
H:M:S	16:40:50	16:41:16	16:38:18	16:38:43	16:38:59	16:39:27	16:39:54	16:40:21
LHV	9007.45 Kcal/MCN	2859.20 Kcal/MCN	3113.26 Kcal/MCN	2659.45 Kcal/MCN	2981.33 Kcal/MCN	2979.34 Kcal/MCN	8439.26 Kcal/MCN	8651.76 Kcal/MCN
MW	17.07 kg/kgmol	12.22 kg/kgmol	9.21 kg/kgmol	9.44 kg/kgmol	9.25 kg/kgmol	9.30 kg/kgmol	15.90 kg/kgmol	16.54 kg/kgmol
GY	0.5895	0.4217	0.3181	0.3257	0.3195	0.3211	0.5491	0.5711
C	1.07 %	0.17 %	0.18 %	0.25 %	0.16 %	0.16 %	0.98 %	1.02 %
H2	%	63.62 %	69.67 %	74.54 %	71.24 %	71.13 %	6.49 %	3.35 %
CO	%	15.44 %	16.55 %	14.06 %	15.91 %	16.05 %	0.61 %	0.89 %
N2	0.25 %	1.00 %	1.42 %	0.00 %	0.82 %	0.75 %	0.16 %	0.00 %
CO2	0.00 %	11.17 %	2.82 %	7.74 %	4.28 %	4.36 %	0.01 %	0.28 %
CH4	93.00 %	8.75 %	9.53 %	3.66 %	7.74 %	7.70 %	88.13 %	90.34 %
C2H6	6.49 %	0.00 %	0.00 %	%	0.00 %	0.00 %	4.40 %	4.85 %
C3H8	0.18 %	0.02 %	0.01 %	%	0.01 %	0.01 %	0.17 %	0.20 %
C4H10	0.04 %	%	%	%	%	%	0.03 %	0.03 %
C5H12	0.04 %	%	%	%	%	%	%	0.06 %
H2O	%	%	%	%	%	%	%	%
H2S	0.00 ppm	2.41 ppm	0.78 ppm	ppm	0.61 ppm	7.22 ppm	0.00 ppm	0.02 ppm
C6H14	0.00 %	%	%	%	%	%	%	0.00 %
Total	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %

Figura 9 Lettura dello spettrometro di massa in un impianto di riduzione diretta ENERGIRON III con riformatore

La reazione di reforming del gas naturale è la seguente:

$CH_4+H_2O \rightarrow CO+3H_2$ (1)

$CH_4+CO_2 \rightarrow 2CO+2H_2$ (2)

L'impianto Zero Reformer ENERGIRON sfrutta entrambe le reazioni (1) e (2) all'interno del reattore per produrre gas riformato e il risultato è che il gas di processo utilizzato per ridurre l'ossido di ferro è già composto da idrogeno in una porzione di circa il 55%.

La configurazione ENERGIRON III è invece caratterizzata dall'adozione di un Reformer esterno a vapore che sfrutta la reazione (1) e il risultato è un gas di processo che entra nel reattore ad oggi con oltre il 70% di idrogeno.

Inoltre, all'inizio degli anni '90 un impianto pilota ha funzionato con oltre il 90% di idrogeno, il che dimostra la possibilità di produrre DRI anche con idrogeno al 100%. Lo stabilimento aveva un tasso di produzione di 36 tonnellate di DRI al giorno e ha fornito tutti i parametri di processo e progettazione necessari per definire la qualità DRI ottimale in termini di metallizzazione e contenuto di. Il test ha dimostrato la capacità di produrre DRI sia caldo che freddo.

Vantaggi dell'idrogeno nella riduzione diretta

Qualunque sia la tecnologia di riduzione diretta utilizzata, l'idrogeno, rispetto al CO, presenta alcuni vantaggi evidenti:

1. La riduzione con H_2 è endotermica, mentre la riduzione del CO è esotermica, quindi la riduzione con H_2 raffredda il letto solido prevenendo il rischio di formazione di agglomerati o problemi di flusso solido
2. La riduzione con H_2 non causa rigonfiamento del pellet, che è peculiare della riduzione con CO. Ci si può aspettare una minore produzione di “fini” nel reattore.

Indipendentemente dal fabbisogno energetico, entrambi i metodi di riduzione richiedono alte temperature di lavoro (>900 °C) per ottenere una cinetica ragionevolmente veloce. Osservando l'equilibrio termodinamico (cfr. Figura 10, linea tratteggiata che rappresenta la riduzione con H_2 mentre la riduzione con CO è indicata dalla linea continua) è evidente che ad alta temperatura, la produzione di ferro richiede meno concentrazione di H_2 rispetto al CO. Ad esempio, lavorando a

1000 °C, il requisito minimo di H_2 in una miscela di gas riducente H2/H2O è del 58% mentre il fabbisogno minimo di CO in una miscela CO/CO2 è del 72%.

Più è alta la temperatura di lavoro, minore la richiesta di H_2, ma aumenta il fabbisogno di CO. Quindi, sfruttare la cinetica molto veloce ad alte temperature di lavoro è piuttosto un rischio con CO (che aggiunge ulteriore temperatura a causa della sua esotermia) mentre è molto più sicuro con H_2 grazie alle sue proprietà di raffreddamento.

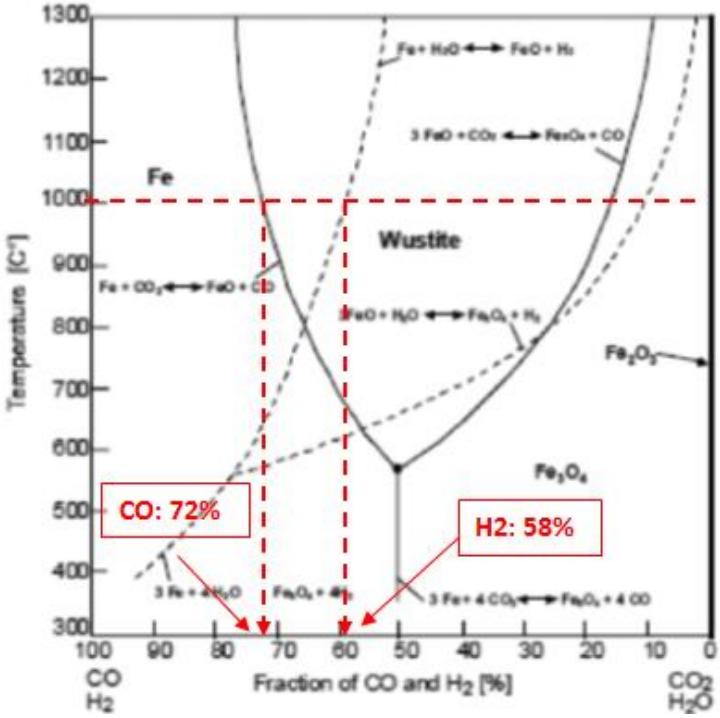


Figura 10 Minimum reductants concentration in reducing gas

La cinetica di riduzione è abbastanza più veloce con l'idrogeno (cfr. Figura 11) e consente di raggiungere livelli di metallizzazione molto elevati. Con CO lo stesso risultato si ottiene con un tempo di ritenzione 4-5 volte maggiore (o, con lo stesso apparato, si ottiene una produttività molto più bassa).

Tutti questi aspetti spiegano perché ENERGIRON ha sempre lavorato con rapporti molto alti di H_2/CO, da 3 a 5.

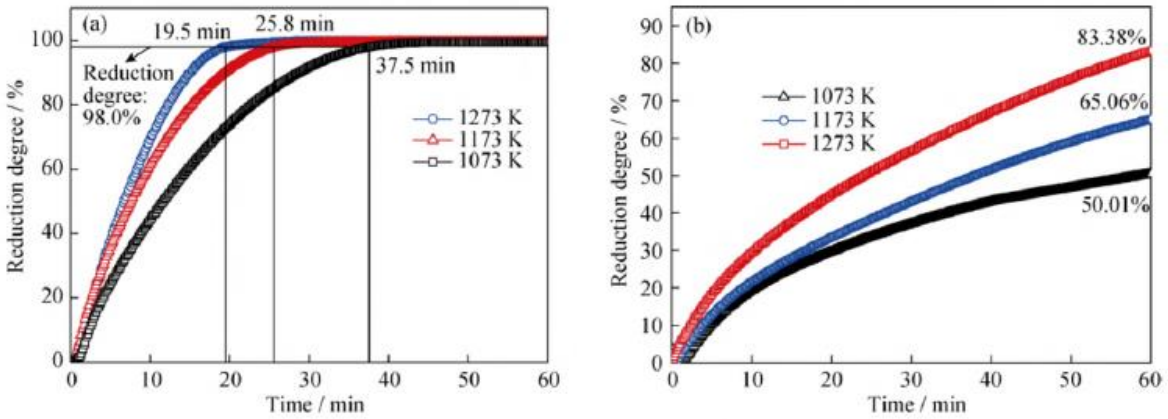


Figura 11 Cambiamento del grado di riduzione con il tempo: CO:H_2=0,1 sinistro, CO:H_2=1,0 a destra

In conclusione, non vi è alcun dubbio sull'uso dell'idrogeno in ENERGIRON e soprattutto la configurazione ZR è naturalmente adatta per una transizione dal gas naturale all'idrogeno.

L'impianto ZR non ha riformatori e sfrutta solo un flusso di gas naturale per sostituire i prodotti di riduzione, H_2O e CO_2 che vengono eliminati dal circuito. Questo flusso può essere arricchito con idrogeno e alla fine può anche essere composto al 100% da idrogeno. Di conseguenza, l'unico prodotto è l'acqua innocua rispetto all'effetto serra generato invece dall'anidride carbonica.

CONSIDERAZIONI SUGLI IMPIANTI DI RIDUZIONE DIRETTA CON 100% H_2

I principali vantaggi dell'utilizzo dell'idrogeno, come illustrato sopra, si concretizzano nei benefici rispetto alla riduzione delle emissioni di CO_2. Tuttavia, ci sono alcuni punti importanti che devono essere illustrati per avere una chiara comprensione di un impianto di riduzione diretta quando si opera con idrogeno al 100%.

Uno dei punti più discutibili è se uno schema con H_2 al 100% è davvero la migliore soluzione tecnica.

Dal punto di vista ambientale la risposta è certamente positiva, poiché l'unico prodotto dalle reazioni di riduzione è l'acqua.

Da un punto di vista di processo il tema diventa più complicato poiché questo schema funzionerebbe certamente, ma produrrebbe un DRI con 0% di carbonio. È banale dire che la produzione di acciaio richiede anche una quantità minima di carbonio essendo appunto quest'ultimo una lega di ferro e carbonio; inoltre, la manipolazione di un DRI senza carbonio è abbastanza delicata in quanto il ferro puro è molto instabile in condizioni atmosferiche e tende a riossidarsi. Una soluzione ottimizzata è una combinazione di H_2 e gas naturale al processo per dare almeno uno 0,5% di contenuto di carbonio. Questo risultato può essere ottenuto con una miscela di 80% idrogeno e 20% gas naturale (in termini di energia) nel circuito di processo.

Un contenuto minimo di C è assolutamente benefico nel processo fusorio, promuovendo la formazione di scorie schiumose e la liberazione di N_2 dal bagno liquido.

Un altro punto importante riguarda l'OPEX e il CAPEX di un DRP con H_2 al 100%. Da un punto di vista OPEX, il suo vantaggio dipende principalmente dai costi dell'idrogeno che dovrebbero pareggiare almeno il costo del gas naturale o il costo del consumo di gas più l'eventuale risparmio di tasse sul carbonio (Carbon Tax) che devono essere pagate a causa del superamento dei limiti di emissione.

Dal punto di vista CAPEX è necessario installare un'infrastruttura dedicata per garantire una fornitura costante di H_2. Per quanto riguarda ENERGIRON, l'adozione di uno schema con 100 H_2 riduce drasticamente la complessità dell'impianto (ad esempio, l'assorbitore di CO_2 non è più necessario e il trattamento del gas dell'impianto comprenderà solo una parte di pulizia e raffreddamento, una stazione di compressione e un riscaldatore).

Con i progressi tecnologici attesi nella generazione H_2, si prevede che nei prossimi 10-15 anni anche il CAPEX per la parte di generazione di gas "a monte" diminuirà sensibilmente rendendo l'investimento complessivo competitivo con le soluzioni attuali allo stato dell'arte anche senza incentivi statali.

DANIELI

- Antonello Mordeglia
- Alessandro Martinis

Danieli & C. S.p.A.

DANIELI COMPETENZA E TECNOLOGIA ITALIANA PER TARANTO E PER IL PIANETA TERRA

DANIELI / SINCE 1914
PASSION TO INNOVATE
AND PERFORM
IN THE METALS INDUSTRY

DANIELI TEAM
A CENTURY
OF PARTNERSHIP
EXPERIENCE

Copyright © Danieli & C. S.p.A. 2019 - All rights reserved.
Unauthorized reproduction, copying, distribution or any other use of the whole or any part of this documentation is strictly prohibited.

© Danieli & C. S.p.A.

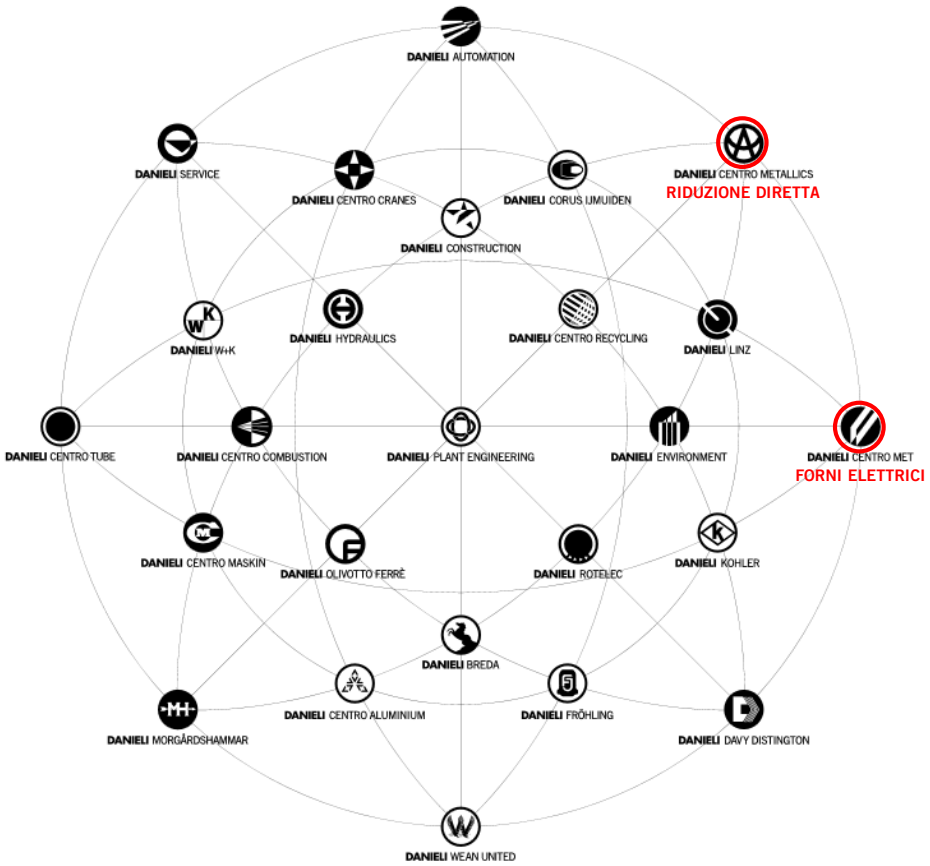
DANIELI

INNOVACTION TO BE A STEP AHEAD IN CAPEX AND OPEX

LA FORZA DI UNO DEI MAGGIORI FORNITORI DI TECNOLOGIE PER IL SETTORE SIDERURGICO

CON PIU' DI 25 DIVISIONI, VANTA COMPETENZE NELL'INTERA FILIERA PRODUTTIVA DELL'ACCIAIO

PROPENSIONE ALL'INNOVAZIONE ED ALLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE



This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

Danieli
I nostri numeri

Insight

49
Impianti di riduzione diretta Energiron

147
Progetti di altoforni e convertitori

526
Laminatoi per profili pesanti, barre e vergelle

115
Laminatoi per tubi con e senza saldatura

259
Forni ad arco elettrico

2521
Colate per bramme, blumi e billette

390
Presse a estrusione e forge

710
Automazione di L2 e L3 e sistemi di controllo del processo

333
Laminatoi a caldo, a freddo e per lamiere

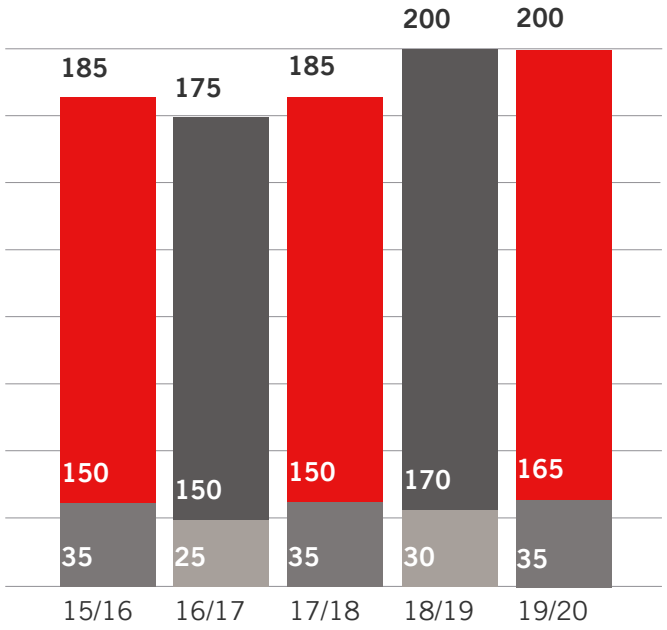
1799
Linee di processo e di finitura per nastri

200 000
Ore all'anno di assistenza tecnica e consulenza

386
Impianti di trattamento fumi e acqua

Danieli
Ricerca e sviluppo

Ricerca (colonne più basse) e costi sostenuti per lo sviluppo di nuovi prodotti



Danieli
Centri di progettazione e produzione

1 / Danieli Headquarters, Italia

2 / Danieli China

3 / Danieli Thailand

4 / Danieli India

5 / Danieli Volga, Russia

6 / Danieli Austria

7 / Danieli Germany

DANIELI

PROPOSTE PER LA TRASFORMAZIONE DEL COMPLESSO SIDERURGICO DI TARANTO

DANIELI / SINCE 1914
PASSION TO INNOVATE
AND PERFORM
IN THE METALS INDUSTRY

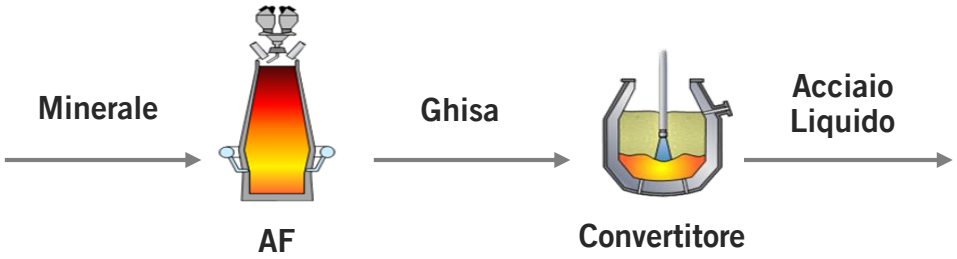
DANIELI TEAM
A CENTURY
OF PARTNERSHIP
EXPERIENCE

Copyright © Danieli & C. S.p.A. 2019 - All rights reserved.
Unauthorized reproduction, copying, distribution or any other use of the whole or any part of this documentation is strictly prohibited.

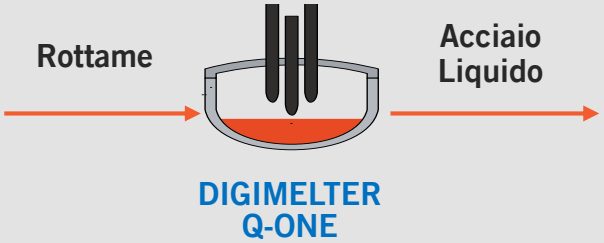
PERCORSI ALTERNATIVI PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO

© Danieli & C. S.p.A.

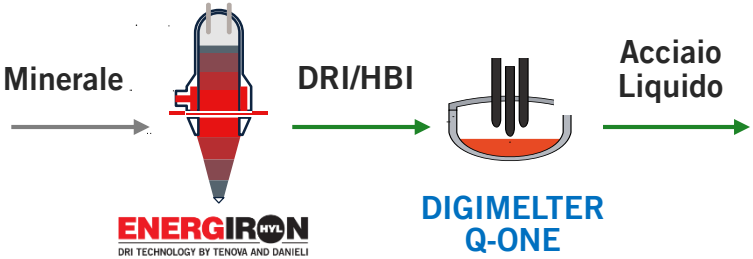
Tecnologia Altoforno-Convertitore
> Alta produttività per singolo modulo (2.5-5 Mtpa)
> **Alto impatto ambientale**



Tecnologia Rottame – Forno Elettrico
> Qualità dell'Acciaio limitata dal rottame (a causa dei residui nel rottame)
> **Impatto ambientale contenuto**



Tecnologia Riduzione Diretta - Forno Elettrico
> Capacità singolo modulo fino a 2.5 Mtpa DRI
> Qualunque qualità di Acciaio (anche alta)
> Alta flessibilità nella produzione
> **Basso impatto ambientale**



This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

TECNOLOGIA ITALIANA

© Danieli & C. S.p.A.

ENERGIRON HYL

DRI TECHNOLOGY BY TENOVA AND DANIELI

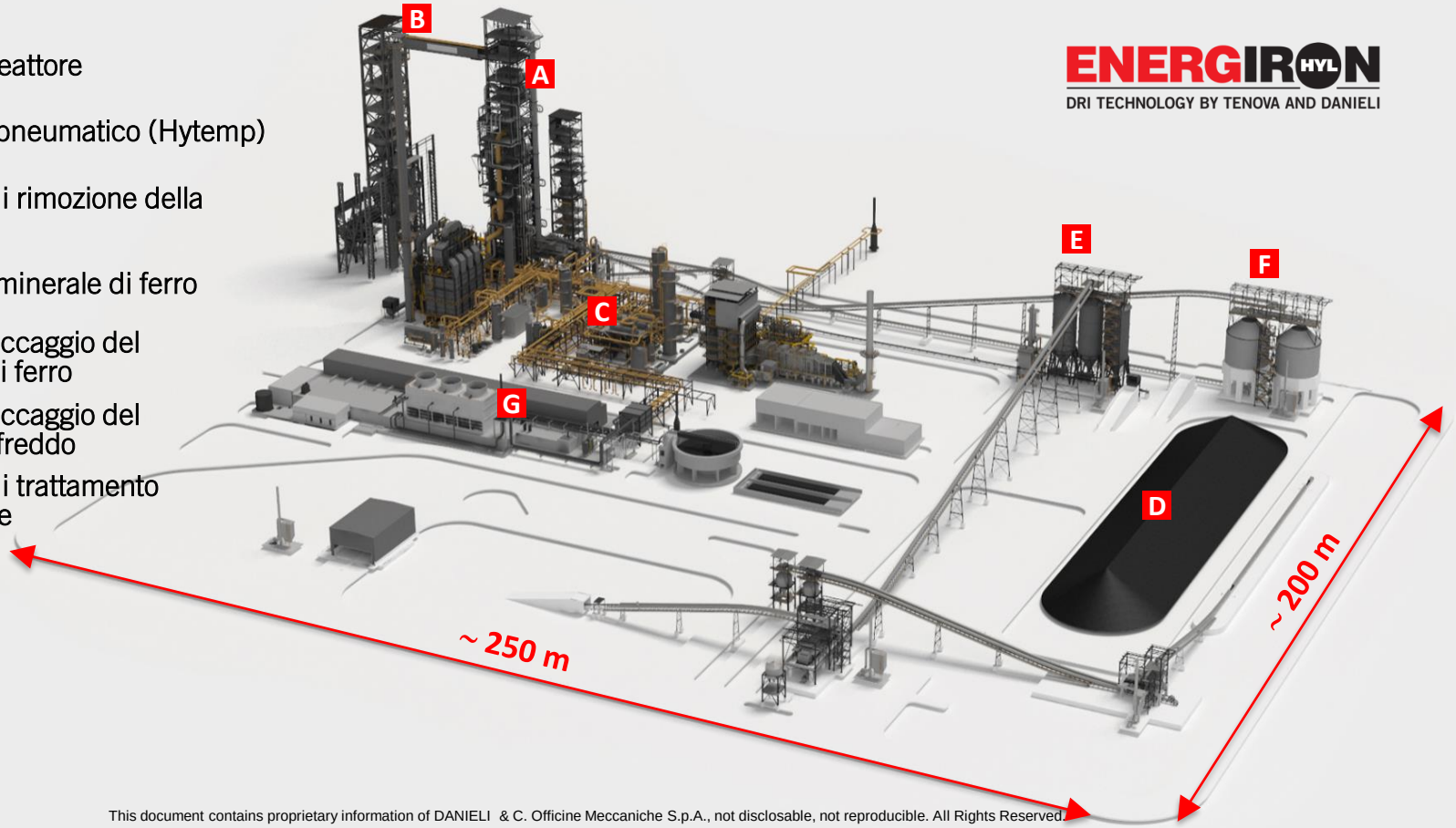
- Tecnologia 100% italiana grazie alla partnership di due aziende leader mondiali nel settore siderurgico
- Soluzione innovativa, referenziata ed esportabile
- Impianto GREEN – CARBON FREE
- Soluzione competitiva
- Riconversione applicabile senza bloccare la produzione

This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

IMPIANTO DI RIDUZIONE DIRETTA

© Danieli & C. S.p.A.

- **A** Torre del reattore
- **B** Trasporto pneumatico (Hytemp)
- **C** Impianto di rimozione della CO_2
- **D** Parco del minerale di ferro
- **E** Silos di stoccaggio del minerale di ferro
- **F** Silos di stoccaggio del preridotto freddo
- **G** Impianto di trattamento delle acque



This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

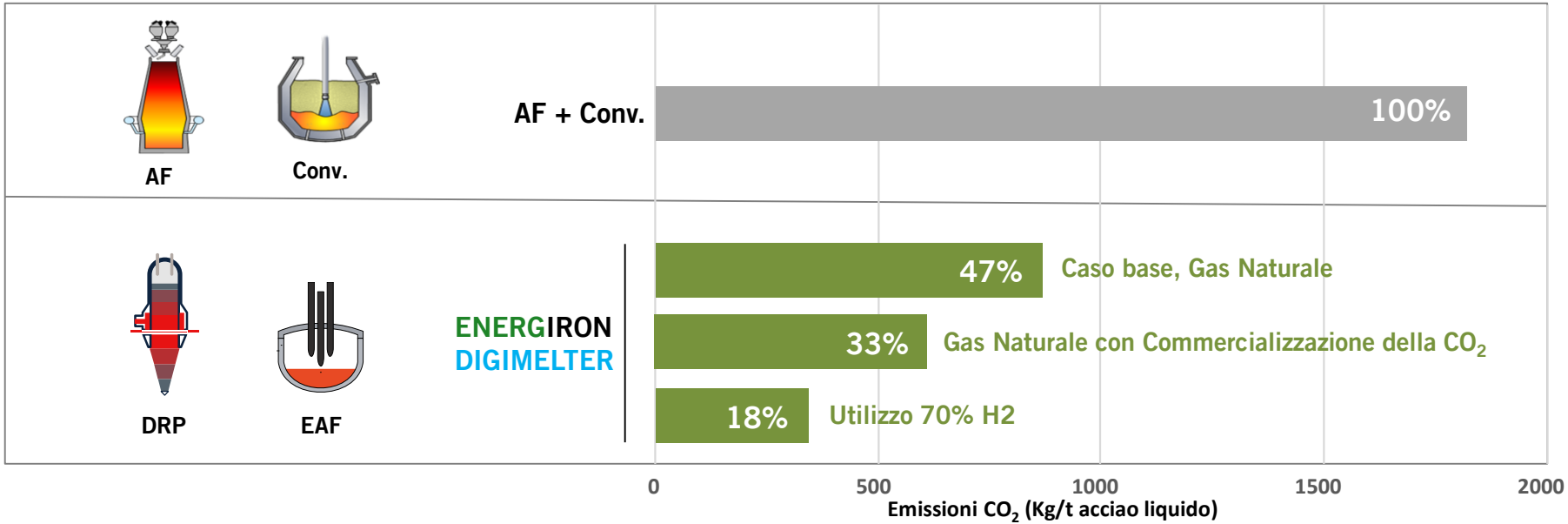
IMPATTO CO_2 PER TECNOLOGIA

DANIELI
© Danieli & C. S.p.A.

Per una location dove l'energia elettrica è ~0,50 kg CO_2/kWh (media Europea):

> ENERGIRON DRP-EAF emette **~50% in meno di CO_2** rispetto all' Altoforno (AF) + Convertitore

> Con l'uso intensivo di **H_2** si ottiene la **riduzione - 80% CO_2** .



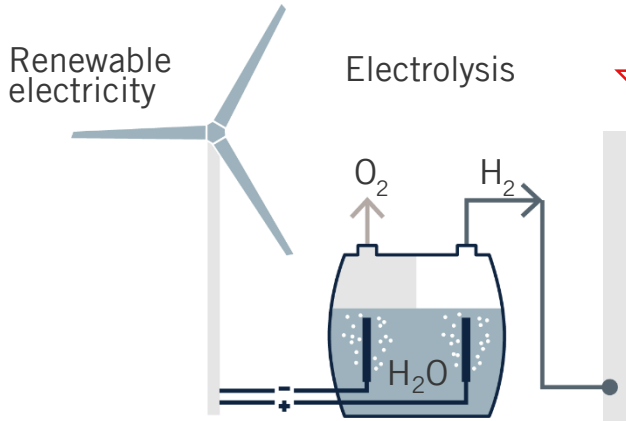
This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

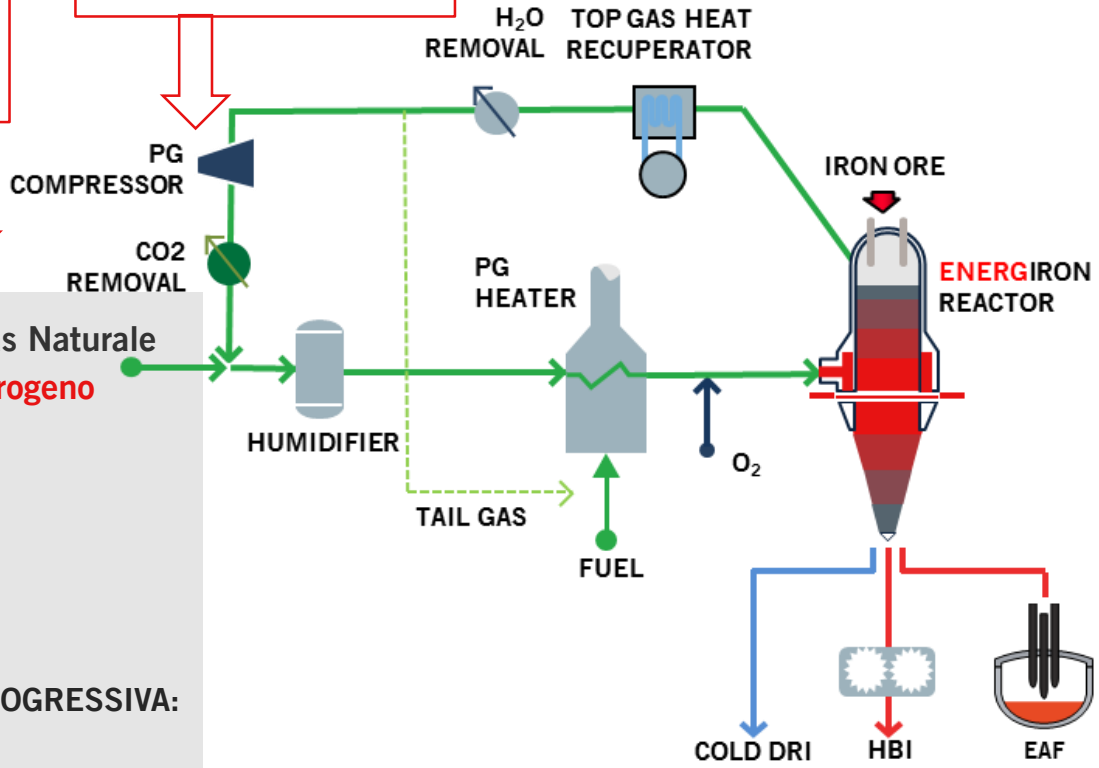
MULTISOURCE

DANIELI
© Danieli & C. S.p.A.

ENERGIRON accetta diverse sorgenti di gas (gas naturale / H_2) in ogni proporzione

Energia Elettrica da fonti rinnovabili



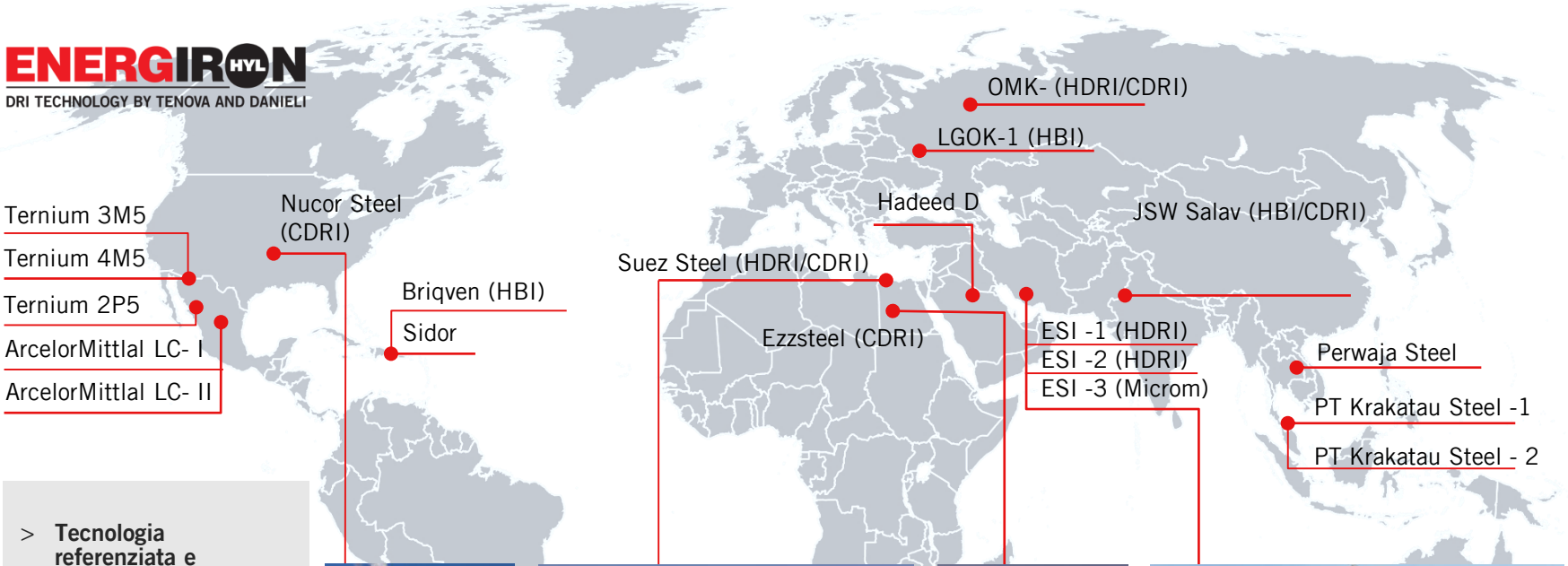


L'INTRODUZIONE DI IDROGENO PUO' ESSERE PROGRESSIVA:

IMPIANTI ENERGIRON IN OPERAZIONE NEL MONDO (SITUAZIONE AL 2020)

DANIELI

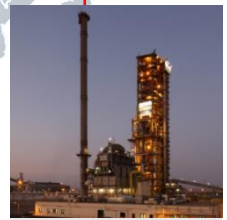
ENERGIRON HYL
DRI TECHNOLOGY BY TENOVA AND DANIELI



- Tecnologia referenziata e comprovata
- Primo impianto costruito nel 1957
- Ultimo impianto venduto nel 2020 ad un'importante acciaieria Russa

NUCOR STEEL

SUEZ STEEL



EZZ STEEL

EMIRATES STEEL 1 and 2

This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

© Danieli & C. S.p.A.

PROPOSTA AM TARANTO - VISIONE

> MANTENIMENTO DELL'ATTUALE CAPACITA' PRODUTTIVA E PORTAFOGLIO PRODOTTI

> SOSTITUZIONE PROGRESSIVA DELLA TECNOLOGIA ALTOFORNO-CONVERTITORE, SENZA STOP PRODUTTIVI, GARANTENDO:

- LA PERFORMANCE DEGLI IMPIANTI
- LA TECNOLOGIA
- L'ISTRUZIONE DEL PERSONALE (TRAINING)
- L'ASSISTENZA TECNICA PER L'OPERATIVITA'

> RIUTILIZZO DEI PARCHI ESISTENTI

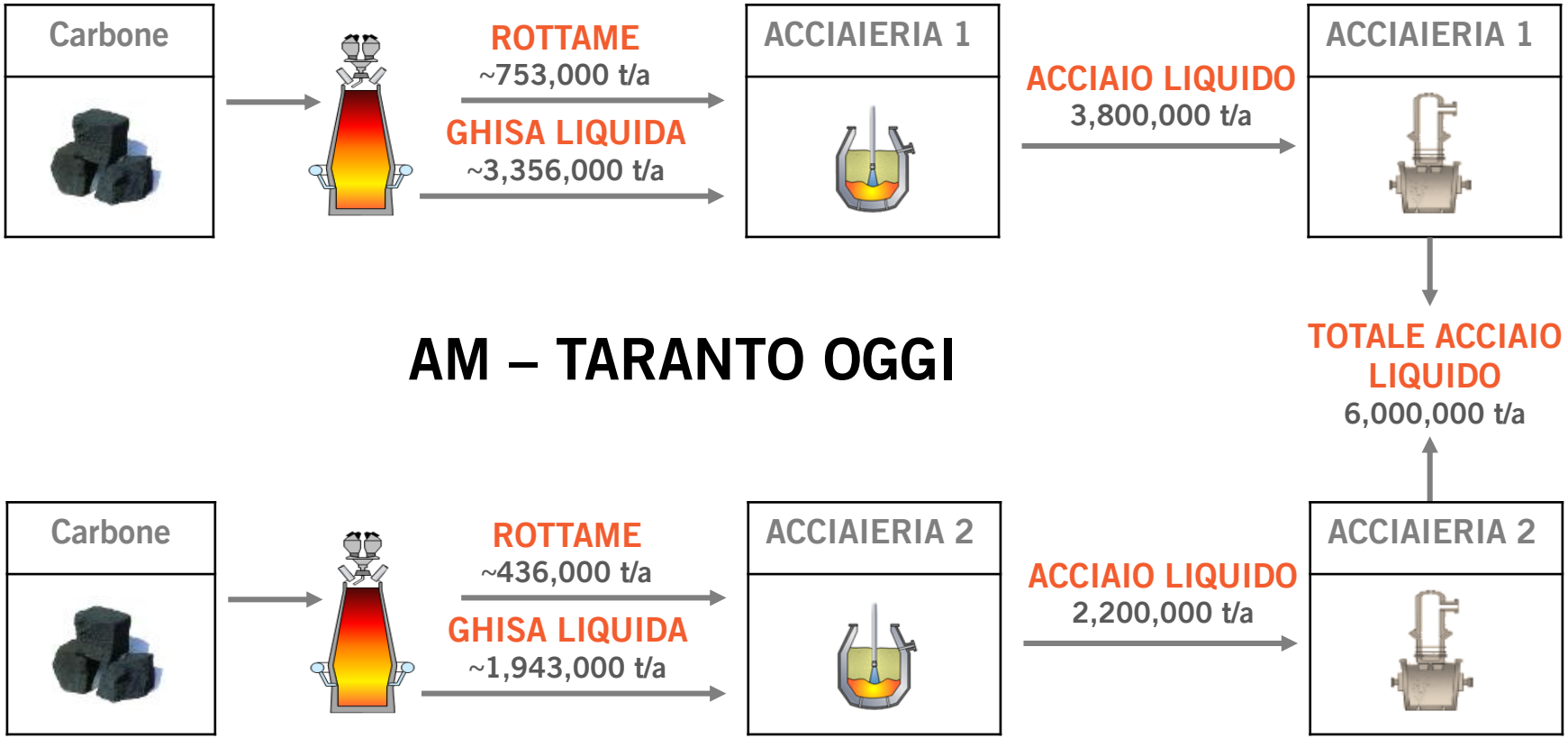
> MANTENIMENTO DEL LIVELLO OCCUPAZIONALE

This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

STATO DI FATTO

© Danieli & C. S.p.A.

AM – TARANTO OGGI



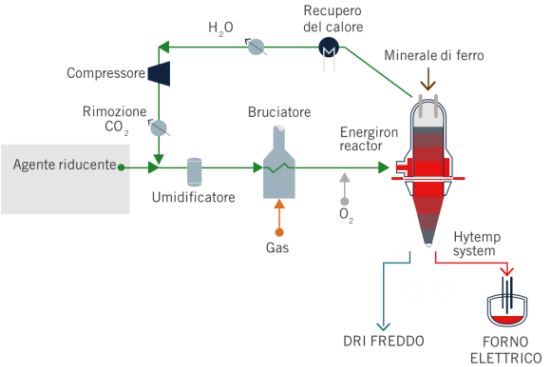
This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

FASI DEL PROGETTO PROPOSTO

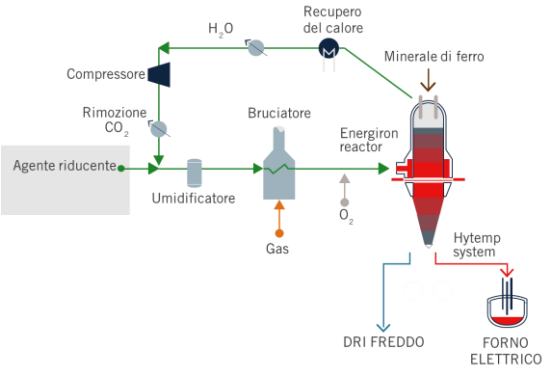
© Danieli & C. S.p.A.

AM – TARANTO DOMANI Prod. 7 Mt acciaio

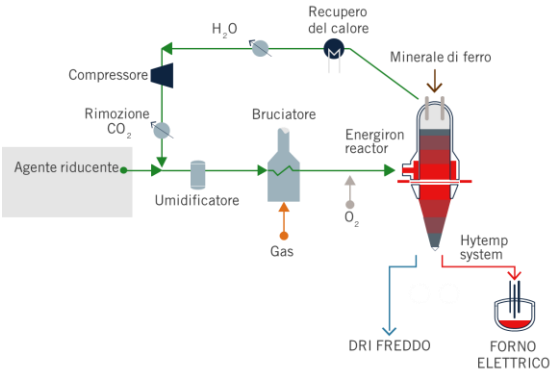
FASE #1
ENERGIRON 2,5 MTPY
50% N.G. + 50% H_2



FASE #2
ENERGIRON 2 x 2,5 MTPY
50% N.G. – 50% H_2



FASE #3
ENERGIRON 3 x 2,5
100% H_2



2023-2027 | **2027-2035** | **2035-Oltre**

Oggi: 12,7 Mtpy CO_2 **Fase 1**: 8,7/9,5* Mtpy CO_2 **Fase 2**: 5 Mtpy CO_2 **Fase 3**: 1,6 Mtpy CO_2

* Senza applicare modifiche (utilizzo H_2) negli altiforni

This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

FASI DEL PROGETTO PROPOSTO

© Danieli & C. S.p.A.

FASE #1
ENERGIRON 2,5 MTPY

Combustibile	Emissioni Mtpy CO_2	Budget
100% NG	9,0 – 9,8	750 Mio €
50% H_2 50% NG	8,7 – 9,5	1.800 Mio €

FASE #2
ENERGIRON 2 x 2,5 MTPY

Combustibile	Emissioni Mtpy CO_2	Budget
100% NG	6.0	1.500 Mio €
50% H_2 50% NG	5,0	3.600 Mio €

FASE #3
ENERGIRON 3 x 2,5

Combustibile	Emissioni Mtpy CO_2	Budget
100% NG	4,2	2.500 Mio €
100% H_2	1,6	n.a.

2023-2027 **2027-2035** **2035-Oltre**

AM – TARANTO DOMANI

This document contains proprietary information of DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., not disclosable, not reproducible. All Rights Reserved.

SCOPO DI FORNITURA

© Danieli & C. S.p.A.

DANIELI

1. FORNITURA TECNOLOGICA DI RIDUZIONE DIRETTA ALIMENTATA CON VARIE PERCENTUALI DI IDROGENO
2. SISTEMI AUSILIARI
3. FORNO ELETTRICO DIGITALE ALIMENTATO AD ENERGIA ELETTRICA RINNOVABILE

SAIPEM

1. SISTEMA DI PRODUZIONE ENERGIA RINNOVABILE
2. SISTEMA DI PRODUZIONE IDROGENO
3. CONSTRUCTION & COMPLETION

LEONARDO

6. SISTEMI DI COMUNICAZIONE E SICUREZZA CIBERNETICA

DANIELI

GRAZIE

DANIELI / SINCE 1914
PASSION TO INNOVATE
AND PERFORM
IN THE METALS INDUSTRY

DANIELI TEAM
A CENTURY
OF PARTNERSHIP
EXPERIENCE

Copyright © Danieli & C. S.p.A. 2019 - All rights reserved.
Unauthorized reproduction, copying, distribution or any other use of the whole or any part of this documentation is strictly prohibited.