ASG SUPERCONDUCTORS

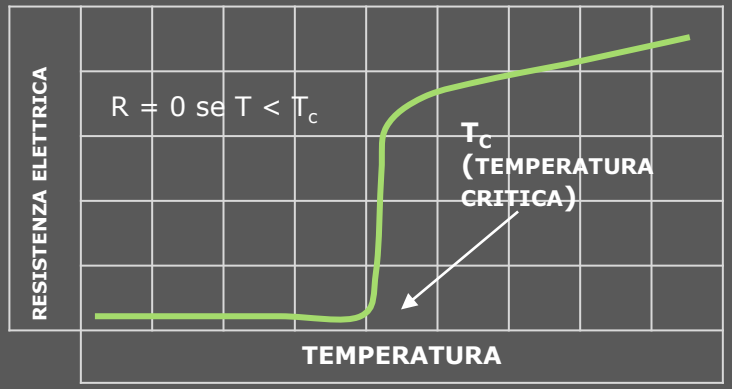
Nuove linee HTS per un’efficiente trasmissione/distribuzione di energia elettrica - ed idrogeno

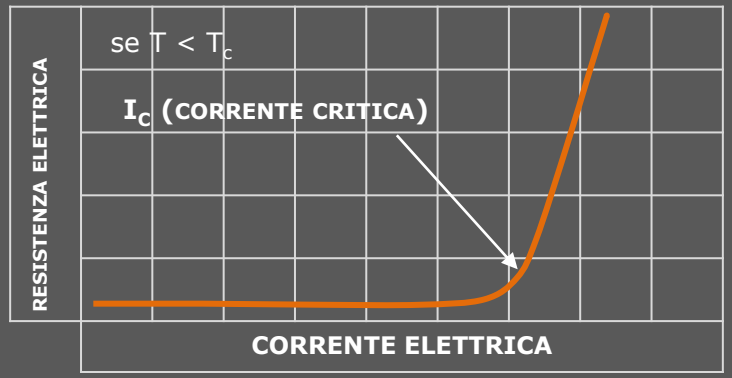
Giovanni Grasso, Business Development Manager, ASG Superconductors SpA

4 MAGGIO 2022

www.asgsuperconductors.com

Cosa sono i superconduttori?

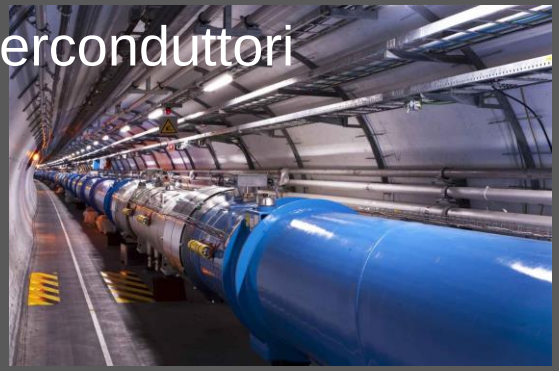


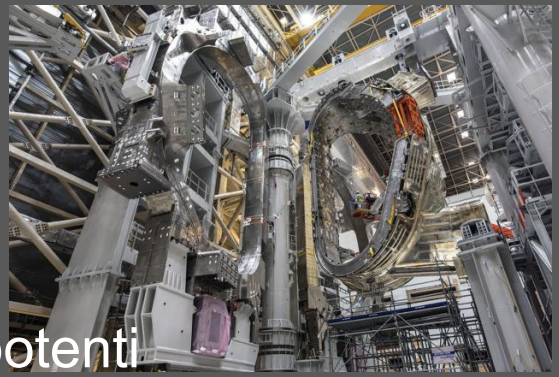


SONO MATERIALI IN GRADO DI **TRASPORTARE 1000x LA CORRENTE DEL RAME SENZA ALCUNA PERDITA DI ENERGIA** SE RAFFREDDATI A BASSA TEMPERATURA (<-200°C)

Dove si usano maggiormente oggi?

CERN: 27 km di magneti superconduttori





ITER: I più potenti magneti mai realizzati

MRI: Più vicina di quanto si possa immaginare

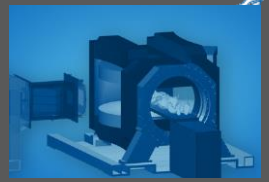
QUANDO CI SOTTOPONIAMO AD UNA RISONANZA MAGNETICA NEL 90% DEI CASI SIAMO A 40 mm DA -269°C E DENTRO UNA BOBINA CON ALMENO 30km DI FILO SUPERCONDUTTORE

ASG SUPERCONDUCTORS

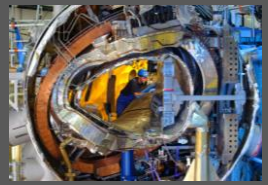
1. IBA | THERAPY Belgium
SYNCHROCYCLOTRON

2. CERN | RESEARCH Swiss
HI-LUMI LHC

3. CERN | RESEARCH Swiss
MGB2 HIGH CURRENT LINKS

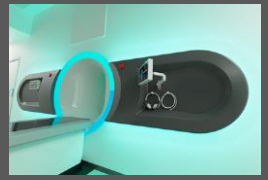


4. HZDR | THERAPY Germany
MR GUIDED PROTONTHERAPY



5. IPP | FUSION Germany
W7X STELLARATOR

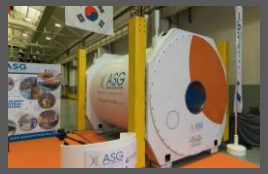
6. GSI | RESEARCH Germany
SUPER FRS MULTIPLETS



7. MAGNET TX | THERAPY Canada
MR GUIDED RADIOTHERAPY

8. JINR | RESEARCH Russia
MULTI PURPOSE DETECTOR

9. FERMILAB | RESEARCH USA
MU2E TS MAGNETS



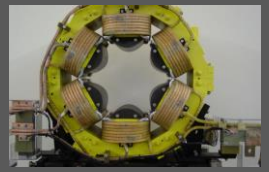
10. GACHON | RESEARCH South Korea
UHF MRI MAGNETS

11. ENEA | FUSION Japan
JT-60SA TOROIDAL FIELD COILS

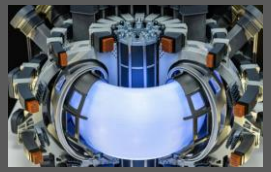
12. F4E | FUSION France
ITER TOROIDAL FIELD COILS

13. F4E | FUSION France
ITER POLOIDAL FIELD COILS

14. DIAGNOSTICS EU | UK | USA | Kuwait
UPRIGHT MROPEN EVS



15. CNAO | THERAPY Italy
SYNCHROCYCL. & TL MAGNETS



16. ENEA | FUSION Italy
DTT TOROIDAL FIELD COILS

ASG azienda leader nella superconduttività

ASG ha solido know-how pluridecennale dimostrato da molteplici applicazioni di successo.

ASG ha avviato un processo per portare la superconduttività oltre al mondo della ricerca e del medicale.

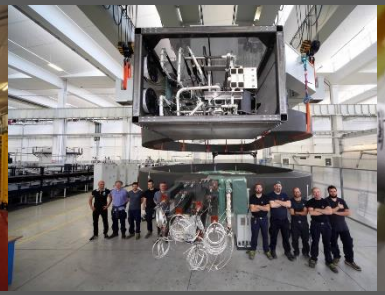
ASG collabora con realtà della ricerca ed industriali per sviluppare soluzioni per l'energia.

TRE SITI PRODUTTIVI IN ITALIA

dedicati a:

- **Fili Superconduttori**
- **Magneti e Sistemi per Ricerca & Medicale**
- **Magneti & Sistemi di larga scala**

UNITA' OPERATIVE in Francia, USA e UK



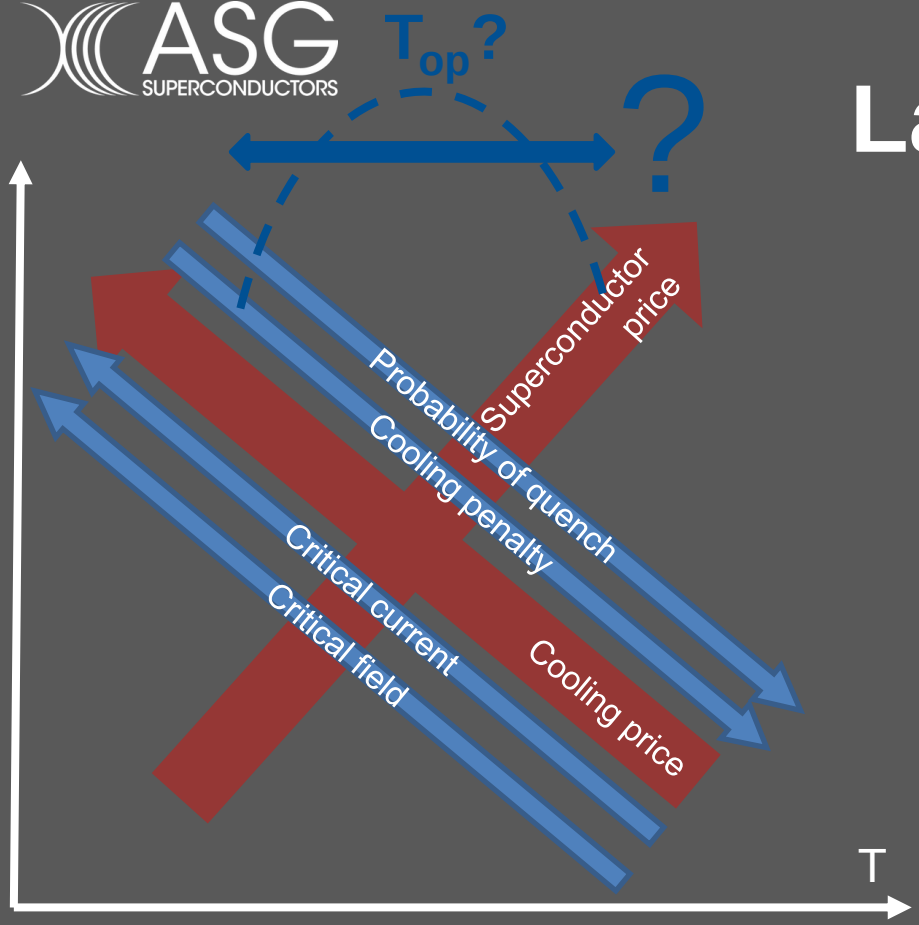
In estrema sintesi

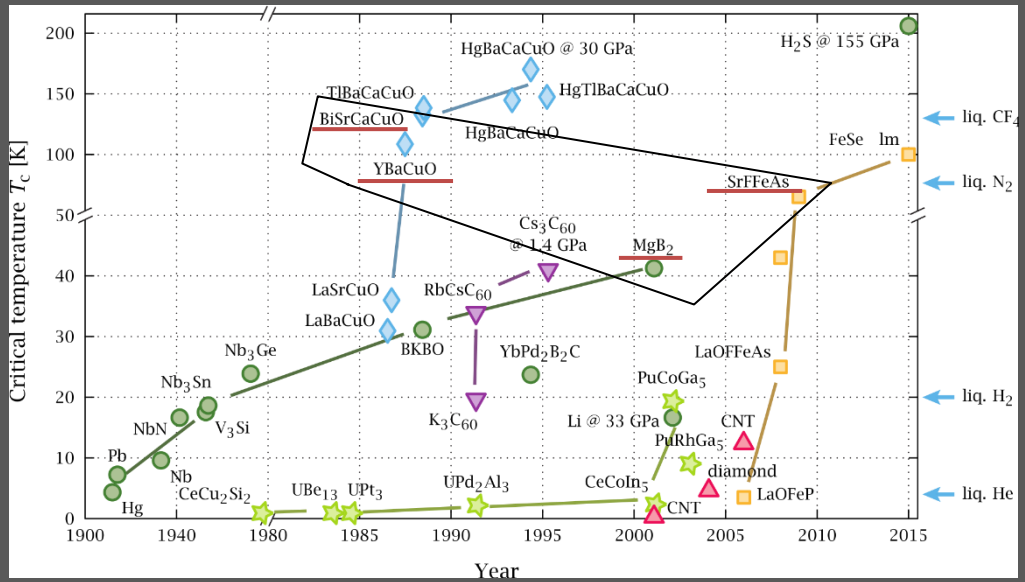
La nostra società

200+ PERSONE DEDICATE DI CUI:

- Circa 80 operai e tecnico specializzati
- Oltre 100 tra Ingegneri, Fisici, Ingegneri dei Materiali, molti dei quali con PhD
- Team di Vendita e Assistenza presente direttamente in vari Paesi

La scelta del materiale

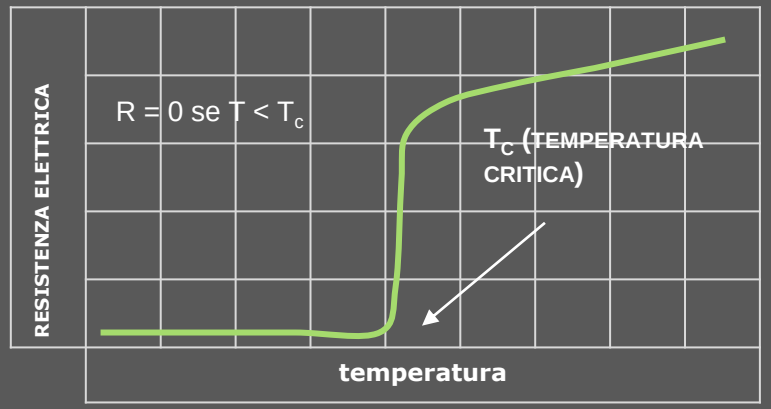


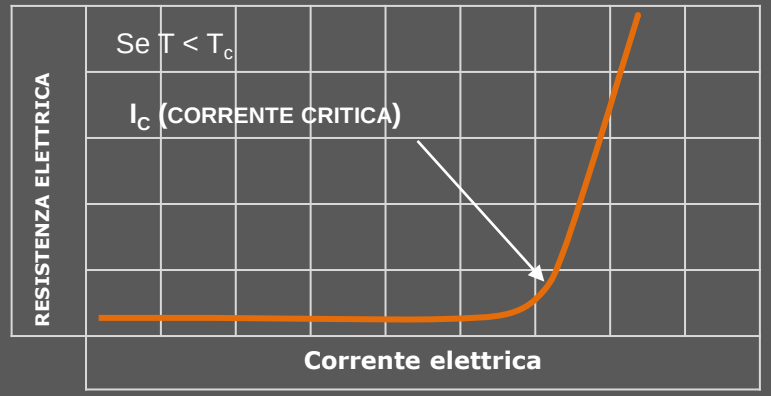


Riducendo T_{op}, si **amplia** la **scelta** dei materiali possibili, a scapito però dei costi di refrigerazione

Dispositivi ottimizzati per **COSTO**, **EFFICIENZA** e/o **INGOMBRO** possono preferire **SOLUZIONI ALTERNATIVE**

La tecnologia superconduttiva dell'MgB_2





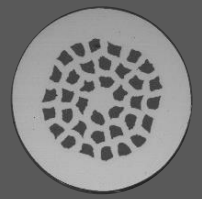
L'MgB_2 È UN SUPERCONDUTTORE ESTREMAMENTE LEGGERO, CON UNA DENSITÀ DI MASSA DI 2 .2 g/cm^3

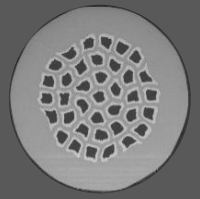
L'MgB_2 HA UNA COMPOSIZIONE E STRUTTURA CRISTALLINA TRA LE PIÙ SEMPLICI TRA I SUPERCONDUTTORI

MgB_2 IS MOLTO STABILE E CAPACE DI TRASPORTARE >500x LA DENSITÀ DI CORRENTE DEL RAME QUANDO RAFFREDDATO A TEMPERATURA INFERIORE AI 40K

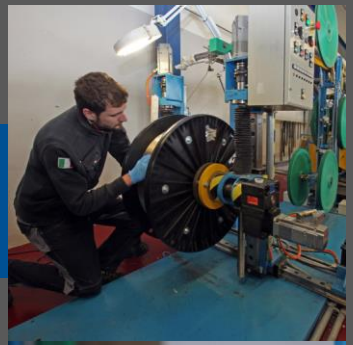
ASG SUPERCONDUCTORS

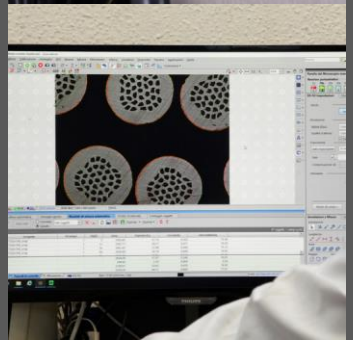
Società leader per l'MgB_2





PRODUZIONE DI FILI IN MgB_2 BASATA SU MATERIE PRIME DI PROVENIENZA INDUSTRIALE





POLVERI DI MAGNESIO

- Production of lightweight
- Alloys
- Pharma products
- Pyrotechnics, rockets

POLVERI DI BORO

- Airbags production
- Solid combustion
- Neutron capture

TUBI IN LEGA DI NICKEL

- Chemical plants
- Acid resistant tubing
- Alkaline resistant tubing

PRODOTTI E PROCESSI BASATI SU KNOW-HOW & IP PROPRIETARIO DI ASG E INTERAMENTE ESEGUITA A GENOVA

TUTTI I MATERIALI ED I MACCHINARI DI PRODUZIONE SONO DI PROVENIENZA EU (faciità di acquisto, controllo di qualità, manutenzione, aggiornamento)

MgB_2 PRODOTTO IN PEZZATURE DI SERIE DI MOLTI CHILOMETRI E PERFETTAMENTE COMPATIBILE CON PROCESSI INDUSTRIALI DI CABLATURA E/O AVVOLGIMENTO

APPLICAZIONI PER L'ENERGIA

Trasmissione / distribuzione

CAVI - elevata densità di energia
SMES - induttanze superconduttive
MOTORI & GENERATORI - elevata efficienza, peso e ingombro ridotti

Accumulatori

Superconduttori

In grado di trasportare tra 100 e 1000 volte la corrente elettrica del rame a parità di sezione del conduttore

Produzione / utilizzo

Progetto LIPA - Uno dei primi esempi di cavo HTS HVAC installati in rete (NJ-USA) - 2008-2012

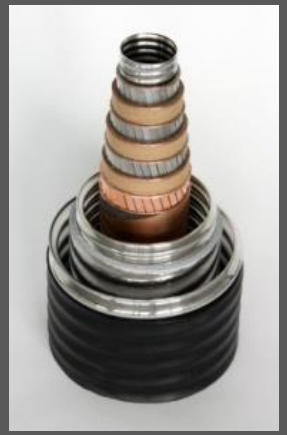
Length	600 m
Voltage	138 kV AC
Current	2400 A
Power	600 MVA

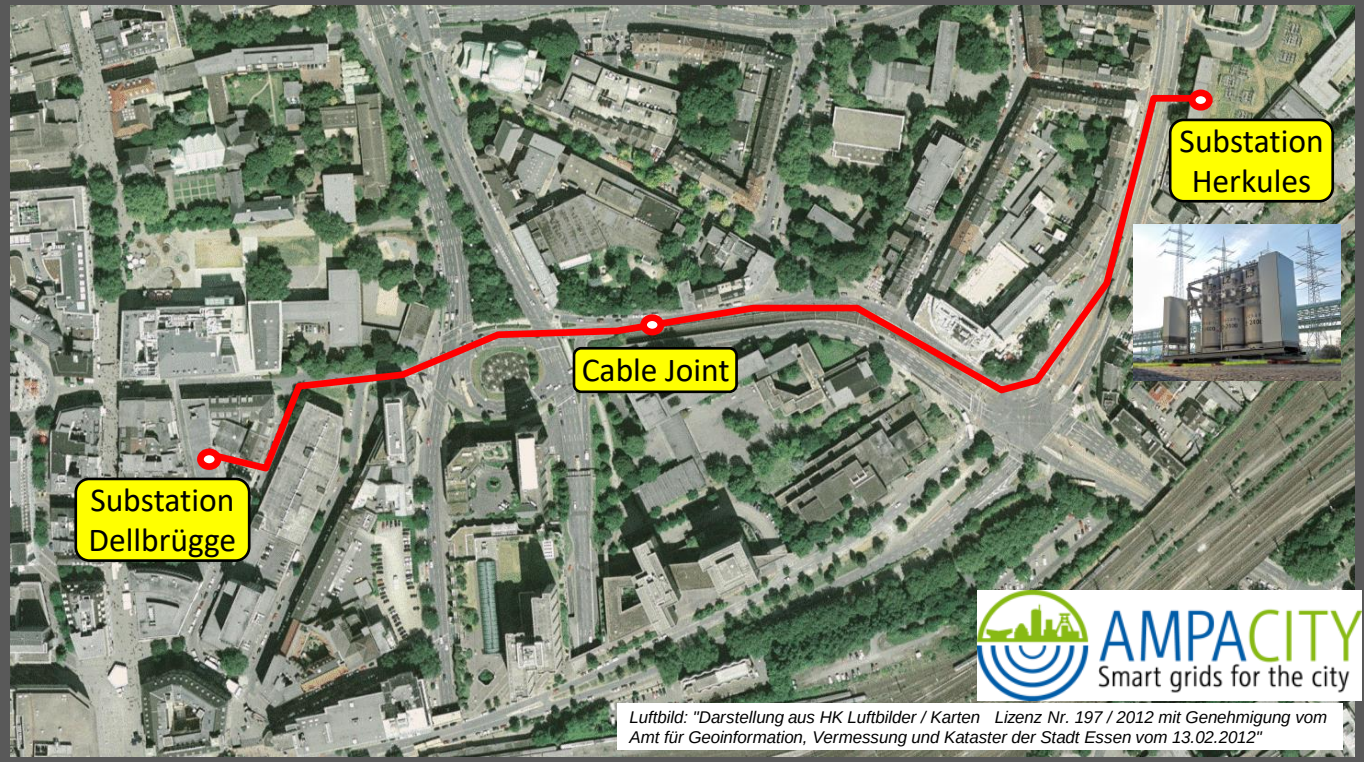
Several world records when installed:
longest cable, first in-grid HV cable, highest power

La semplice sostituzione di un cavo HVAC non ha poi trovato immediato seguito

Progetto AMPACITY - Primo esempio di cavo HTS MVAC installato in rete ad Essen - 2014-2021

Length	1000 m
Voltage	10 kV AC
Current	2300 A
Power	40 MVA





World longest project which operated 7 years

Potenza doppia rispetto al cavo convenzionale che ha sostituito

Progetto BEST-PATHS - Primo esempio di cavo MgB_2 HVDC realizzato e testato - 2018

Length	30 m
Voltage	320 kV DC
Current	10 000 A
Power	3.2 GW

Cable core

Full cable

Test of 30 m cable system in Nexans laboratory

The production of 3 nuclear reactors can flow through this cable

Cavo superconduttivo HVDC spinto agli estremi della tecnologia

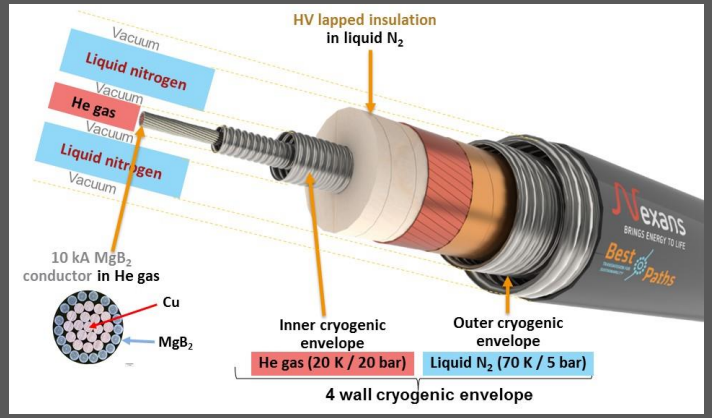
BEST-PATHS CABLE CONDUCTOR: DESIGN AND PERFORMANCE

- FULL-SCALE 3 GW CLASS HVDC SUPERCONDUCTING CABLE SYSTEM OPERATING AT 320 KV AND 10 KA DEMONSTRATED
- VALIDATION OF NOVEL MgB_2 SUPERCONDUCTOR FOR HIGH-POWER ELECTRICITY TRANSFER
- PROVIDE GUIDANCE ON TECHNICAL ASPECTS, ECONOMIC VIABILITY, AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF THIS INNOVATIVE TECHNOLOGY

Nominal operating requirements

DC operation	
Current rating	10 kA
Voltage rating of the cable system	320 kV
Power rating of the cable system	3.2 GW
Operating temperature	20 K
Fault current	35 kA during 100 ms

Industrial cabling at Nexans, Cortaillod



HVDC CABLES FOR LONG DISTANCE POWER TRANSMISSION

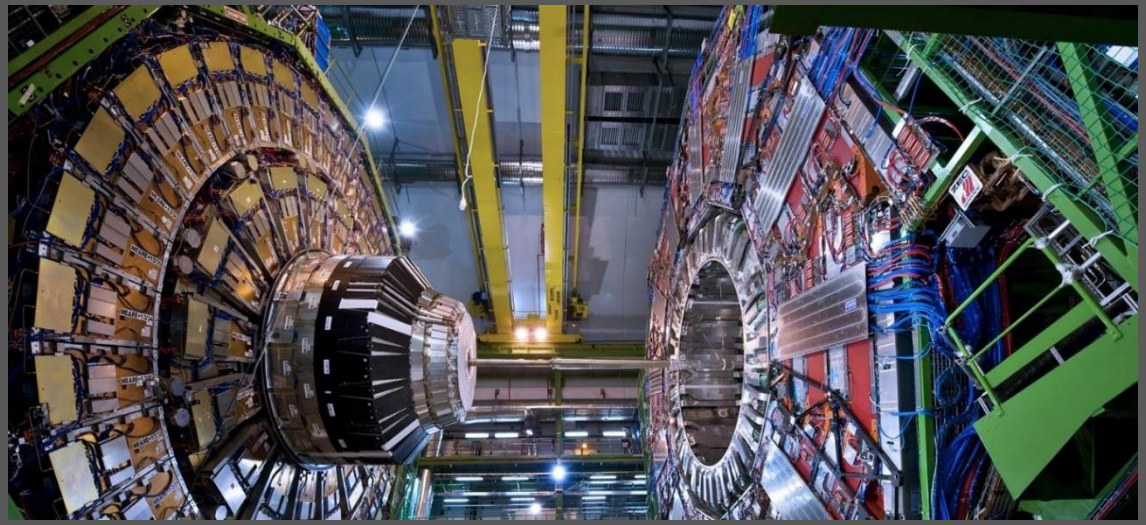
Footprint reduced by a factor of ≈ 10

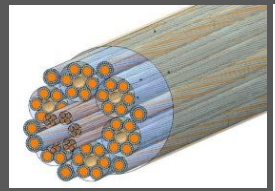
MgB_2 cables powering CERN

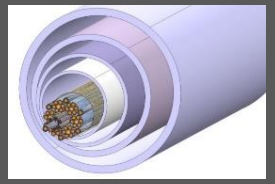
CERN has FULLY QUALIFIED MgB_2 CABLES and all components meet the acceptance criteria

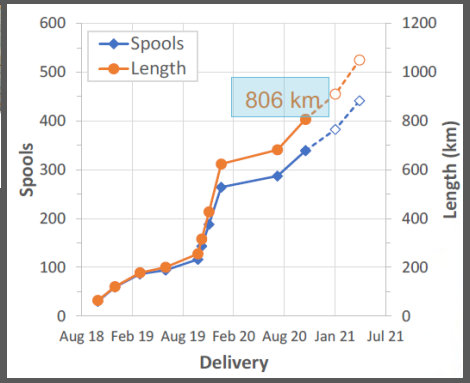
SERIES PRODUCTION ongoing

FUTURE DELIVERY MEANWHILE COMPLETED WITH 6 MONTH IN ADVANCE!









120 KA, 5 KV

TARGET ACHIEVED

↓

600 MW compact MgB_2 power cable qualified and in industrial production in quantities!

PROIEZIONE BENEFICI DI UN CAVO SUPERCONDUTTIVO

Hard benefits

- **Maggiore trasmissione di energia a tensione inferiore**
  - Maggiore Potenza a Voltaggio identico
  - Trasmissione di energia al livello di tensione impiegato per la distribuzione
- **Environment-friendly**
  - Campi elettromagnetici trascurabili
  - Nessun impatto termico (Nessun riscaldo del suolo, nessuna necessità di rimuovere calore, Nessun limite di profondità, Nessun problema di octrocio tra cavi)
  - Riciclabile
- **Compattezza**
  - Right-of-way estremamente ridotto
  - Nessuno spazio richiesto tra le fasi
  - Nessuno spazion richiesto con altri cavi o tubature

Soft benefits

- **Autorizzazione all'installazione facilitata**
  - Tensione inferiore
  - Elimina o reduce drasticamente la necessità di acquisire terreni o right-of-way
  - Ideale per applicazione in retrofit in tubature o tunnel preesistenti
- **Public acceptance**
  - Meno problematiche con i proprietari
  - Nessun impatto ambientale
  - Disturbi inferiori causati dalle opere civili

CONTO ECONOMICO SEMPLIFICATO DI UN CAVO SUPERCONDUTTORE IN MgB_2

Analisi in termini di TCO (total cost of ownership)

$$TCO_{SUP} = CAPEX + OPEX$$

$CAPEX_{SUP}$ 5÷20%

$CAPEX_{cooling}$ 80÷95%

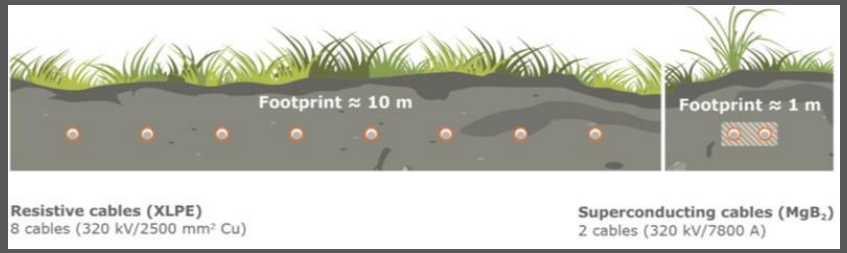
$OPEX_{cooling}$ 20÷100 W/m

Indipendenti dalla potenza del cavo

Aumentano con la potenza del cavo

$$TCO_{Cu} = CAPEX + OPEX$$

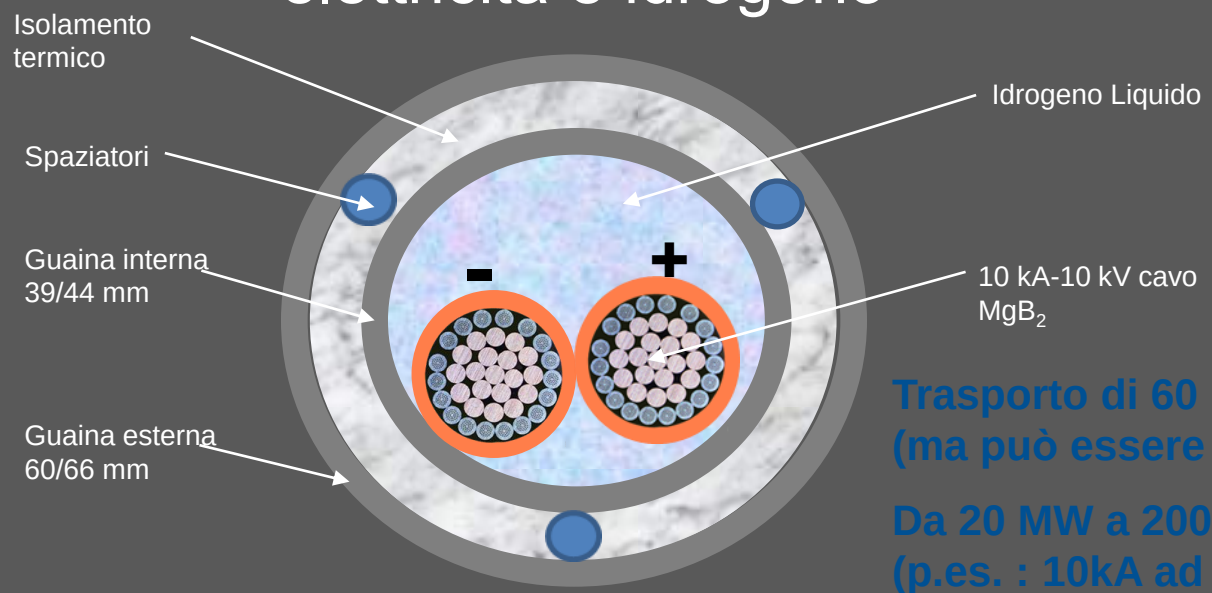
Per potenze elevate che richiedono più cavi convenzionali in parallelo, la soluzione SUP consente già un CAPEX inferiore grazie al footprint ridotto

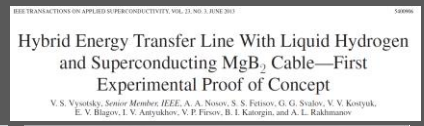


Tipicamente $OPEX_{SUP} < OPEX_{Cu}$
I costi criogenici sono sostanzialmente indipendenti dalla potenza
Il cavo superconduttivo diventa preferibile per elevate potenze, e/o se vi sono alternative per condividere il 'costo' criogenico del raffreddamento

SOLUZIONE INNOVATIVA "CABLEPIPE"

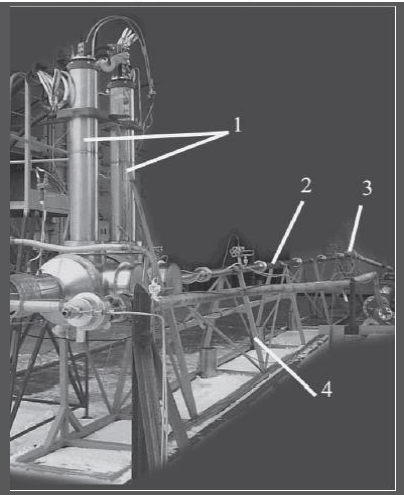
Soluzione ibrida per trasporto simultaneo di elettricità e idrogeno




IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL. 23, NO. 3, JUNE 2013

Hybrid Energy Transfer Line With Liquid Hydrogen and Superconducting MgB_2 Cable—First Experimental Proof of Concept

V. S. Vysotsky, *Senior Member, IEEE*, A. A. Nosov, S. S. Fetisov, G. G. Svalov, V. V. Kostyuk, E. V. Blagov, I. V. Antyukhov, V. P. Firsov, B. I. Katorgin, and A. L. Rakhmanov



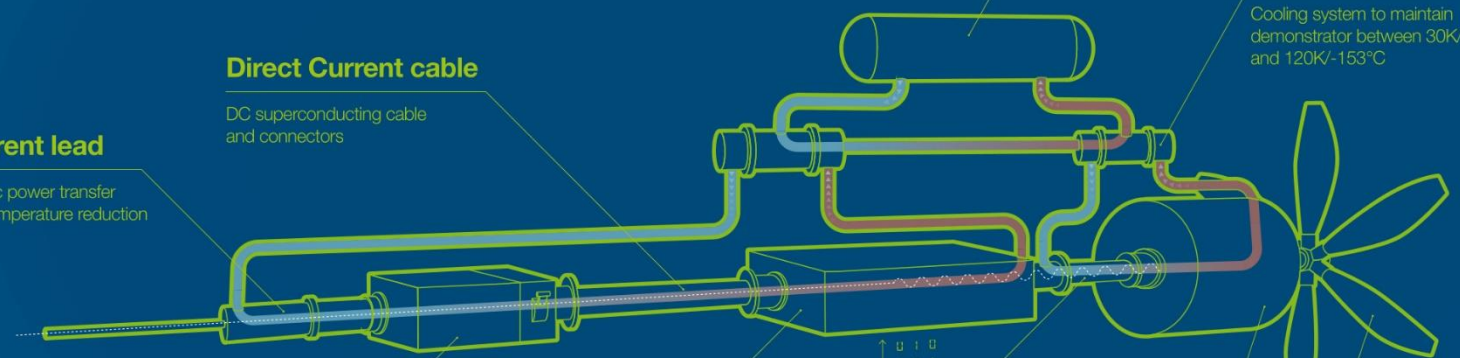
Trasporto di 60 kg/h di idrogeno
(ma può essere modificato secondo necessità)

Da 20 MW a 200 MW senza perdite!
(p.es. : 10kA ad una tensione +/- 1kV - 10 kV)

ASCEND

Advanced **S**uperconducting & **C**ryogenic **E**xperimental powertrai**N** **D**emonstrator

A ground demonstrator to explore the feasibility and application of «cold» electrical technologies for low-emission aircraft propulsion.



Usage of superconducting and cryogenic technologies allows to*:

Halve weight of components

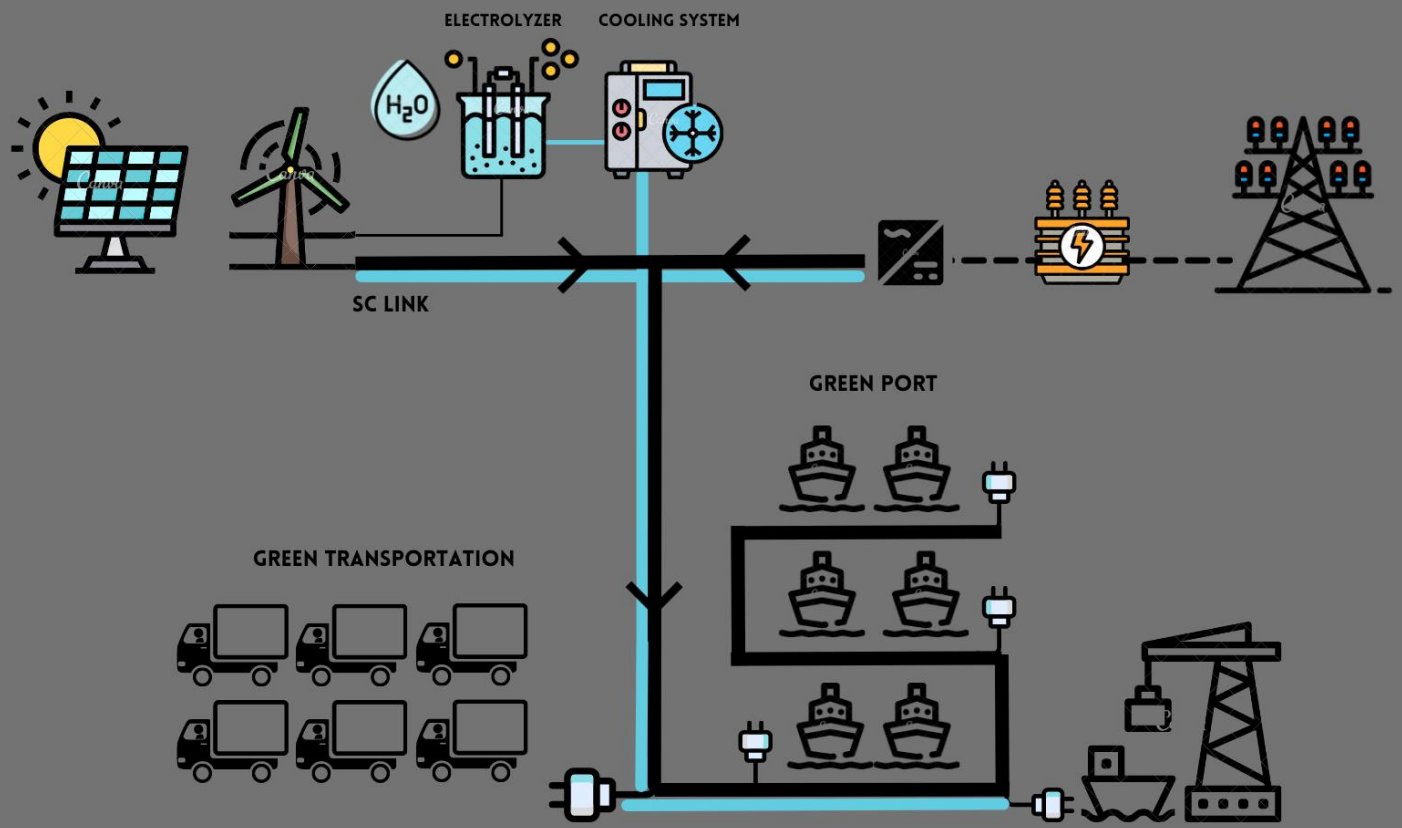
Reduce voltage to below 500V

Halve electrical losses

*compared to conventional technologies

AIRBUS

SCENARIO CON SIMULTANEA DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA ED IDROGENO LIQUIDO CONDIVIDENDO LA STESSA INFRASTRUTTURA

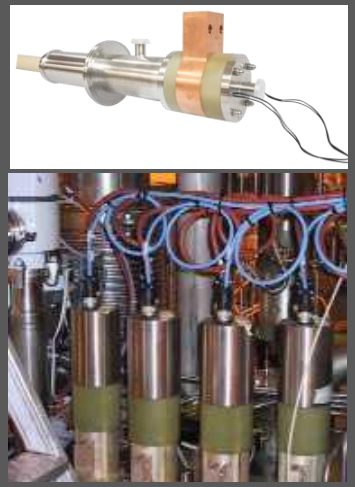


COMPONENTI DEL CAVO "CABLEPIPE"

1-un cavo superconduttivo in MgB_2 compatto

2- Linee criogeniche equivalenti a linee LNG

3-Stazione di liquefazione basata su turbina o compressori



4- Terminazioni del cavo per interfacciamento

columbus mgb2 unit

LINEE CRIOGENICHE

LIQUEFAZIONE

magnets & systems unit

COMMERCIALI

Cavi superconduttivi HTS - MgB_2

La tecnologia di cavo MgB_2 è di recente applicazione in ambito ricerca/industria, e per consentirne l'implementazione nelle reti future T&D, è necessario costruire un percorso che ne garantisca l'affidabilità ed efficienza nel tempo.

Lungo tale percorso di sviluppo, vediamo i seguenti passi:

- Dimostrazioni nell'ambito di alcuni progetti finanziati con test in ambiente di prova
- Installazione di prototipi in ambienti industriali
- Dimostrazione del cavo MVDC in MgB_2 in rete di distribuzione in parallelo a linea MVAC esistente (L<= 1 km)

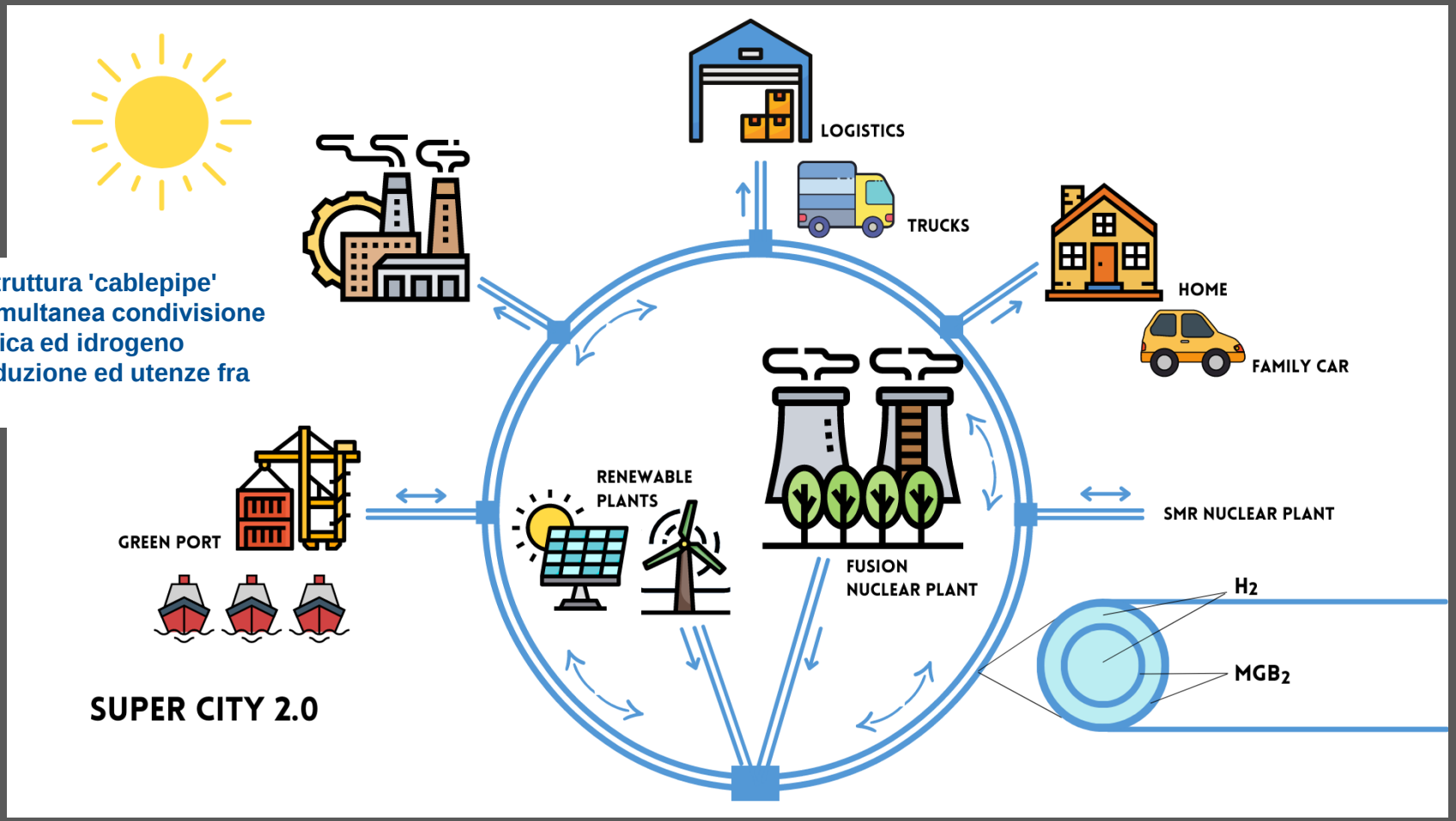
Tali attività dovrebbero consentire di incrementare sensibilmente il TRL delle tecnologie che si trovano oggi ad un livello pre-industriale.

LIVELLO TRL PER APPLICAZIONE CAVI MgB_2 IN RETI ELETTRICHE

COMPONENTE	TRL GLOBALE	TRL ASG
Fili MgB2	8-9	8-9
Cavo MgB2	5	4
Terminazioni cavo	4	3
Linea criogenica	8-9	-
Compensazioni termiche	8-9	3
Giunzioni cavo	5	2
Sistema di refrigerazione	8-9	2
Installazione	8	-

Modello integrato di gestione dell'energia

Un'unica infrastruttura 'cablepipe' consentirà la simultanea condivisione di energia elettrica ed idrogeno collegando produzione ed utenze fra loro



Cavi Superconduttori MgB_2 per trasmissione/distribuzione di energia in MVDC

Possibilità di applicazione:

- Interconnessione reti AC indipendenti
- Alimentazione Porti Verdi e altri Siti Industriali (utilizzatori di Idrogeno)
- Collegamento di Fonti Rinnovabili (con parziale produzione di idrogeno verde)
- Fornitura energia in DC/idrogeno lungo vie di comunicazione

Costo energetico linea:

- Circa 1.5 W^{20K}/m (senza intercapedine in azoto liquido)
- Circa 0.3 W^{20K}/m e 1.4 W^{77K}/m (con intercapedine in azoto liquido)
- 1 W^{20K} -> 90 W^{300K} ; 1 W^{77K} -> 15 W^{300K} (valori migliorabili con scale-up impianti)
- Costo della criogenia: a 20K -> 300 €/W^{20K} ; a 77K -> 70 €/W^{77K} (valori migliorabili con scale-up impianti)

Cavi Superconduttori MgB_2 per trasmissione/distribuzione di energia in MVDC

Costo linea superconduttiva:

- Costo terminazioni trascurabili per cavo > 1 km
- Costo linea criogenica ≈ 400 - 800 €/m (LNG, senza e con linea di ritorno)
- Costo cavo superconduttore < costo linea criogenica
- Costo energetico sostanzialmente indipendente dall'energia trasportata

Vantaggi:

- Ridotto right-of-way
- Ridotto ingombro convertitori VSC a più bassa tensione
- Opzione cavo multiterminale per impiego di più circuiti paralleli
- Trasmissione di idrogeno liquido compresa nel calcolo
- Nessun inquinamento ambientale (termico, elettromagnetico)