



POLITECNICO
MILANO 1863

Benefici e Costi nelle interconnessioni HVDC

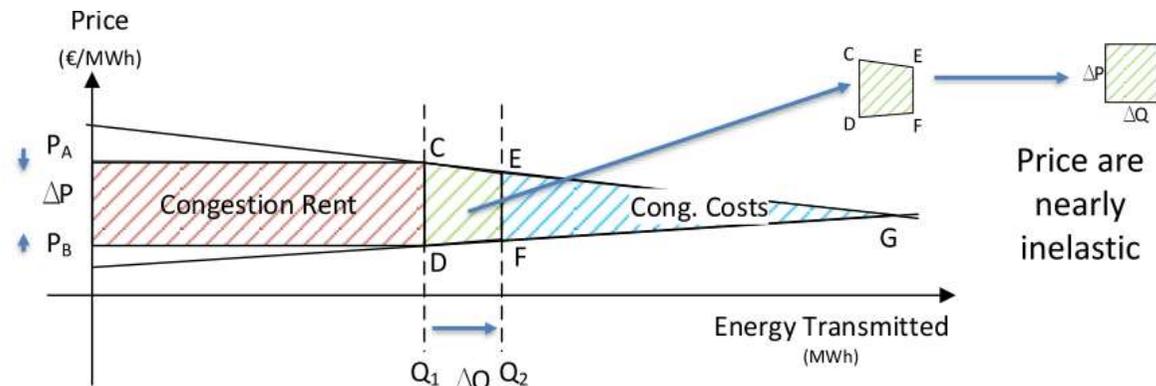
Maurizio Delfanti

I BENEFICI

B1 – Socio-Economic Welfare

Intercetta la variazione nei costi marginali della generazione:

- le unità più economiche vengono «sbloccate» dai progetti di trasmissione,
- il differenziale di prezzo tra zone diminuisce,
- i costi per il sistema (*congestion costs*) si riducono.



Il beneficio B1 include:

- la riduzione nei costi di generazione grazie alla produzione RES a costo zero,
- la riduzione nei costi di generazione grazie alle minori emissioni di CO_2 associate

I BENEFICI

B2 + B3 – Riduzione delle perdite di rete ed energia non fornita

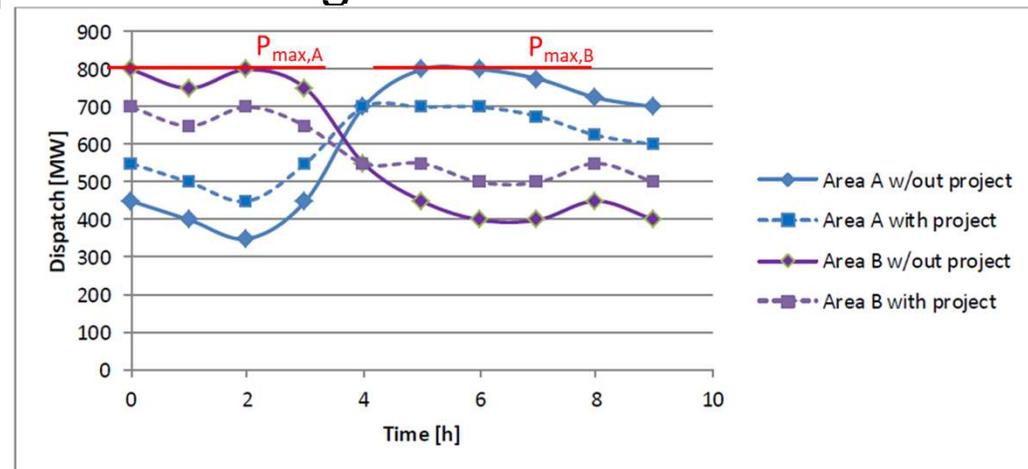
B2 – Perdite di rete

Le modifiche nella topologia della rete e nei flussi inducono una variazione nelle perdite di rete (monetizzate al PUN).

→ tale variazione può essere positiva o negativa!

B3 – Energia non fornita

Limitazioni nell'energia transitante su determinate linee (monetizzata al VOLL).



Required installed capacity	Area A	Area B	System
Without interconnection	800 MW	800 MW	1,600 MW
With 100 MW interconnection	700 MW	700 MW	1,400 MW
Additional adequacy margin	100 MW	100 MW	200 MW

I BENEFICI

B7 – Costi del dispacciamento

FONTE:
ENTSO-E

Elemento	Transient Stability	Voltage Stability	Frequency Stability
New AC line	++	++	0
New HVDC	++	++	+ (between sync areas)
AC line series compensation	+	+	0
AC line high temperature conductor / conductor replacement (e.g. duplex to triplex)	-	-	0
AC line Dynamic Line Rating	-	-	0
MSC/MSR (Mechanically Switched Capacitors/Reactors)	0	+	0
SVC	+	+	0
STATCOM	+	++	0
Synchronous condenser	+	++	++

-: Impatto negativo del progetto.

0: Nessun impatto (o marginale) del progetto.

+: Impatto moderatamente positivo del progetto.

++: Impatto significativamente positivo del progetto.

COSTI

Tecnologie a confronto

System Description	LCC-HVDC	VSC (CSC) – HVDC
System ratings in operation	±800 kV, 7000MW	±320 kV, 600MW
System ratings available	±1100 kV, 13000MW	±500 kV, 2000MW
Operational experience	50 years	15 years
Life time	30 years	30 years
Converter losses (at full load, per converter)	0.75%	Around 1%
Availability	Higher than 98%	Higher than 98%

COSTI

Stazioni di conversione

Il costo delle stazioni di conversione è legato alla potenza (MVA) e al numero di trasformatori (ACER).

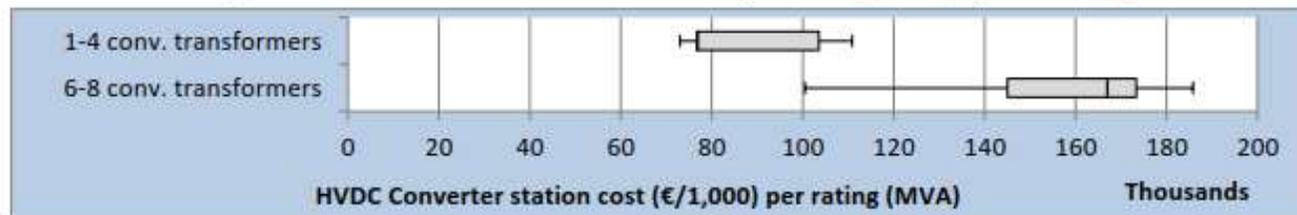
Due categorie di costi d'investimento:

- VSC/CSC a 1-4 trasformatori.
- LCC (alte potenze) a 6-8 trasformatori,

Table 8: UIC Indicator for HVDC converter station

Total cost per rating (MVA)	Mean average (€)	Min-max interquartile range (€)	Median (€)	No. of assets
1-4 converter transformers	87,173	76,030 – 103,566	76,923	7
6-8 converter transformers	155,709	144,990 – 173,342	167,013	7

Figure 11: HVDC converter station total cost per rating (MVA) quartile box-plot



Costs provided in thousands of euros for ease of presentation.

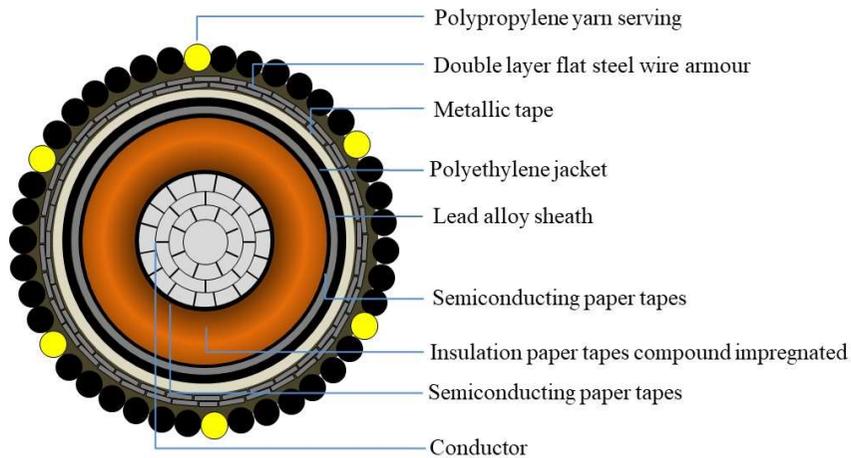
COSTI

Tecnologie a confronto

	SACOI	GRITA	SAPEI	MONITA
Manufacturer Converter / Thyristor	GE-Ansaldo	ABB	ABB	TOSHIBA / Infineon
Valve Number	12	12	12	12
Modules for Valve	7	10	8	3+3
Thyristors for Module	8	6	9	12+13
Number Thyristors for valve...	56	60	72	75
...redundancy	3	2	3	3
Number Thyristors for a pole	672	⊙720	864	900
Accensione ETT=electrically triggered thyristor LTT=light triggered thyristor	ETT	ETT	ETT	LTT
Thyristor Current [A]	1500	1250	1000	1200
Tensione tiristore VBO [kV]	4,5	8,5		7,5
Cooling	air	water	water	water

COSTI Cavi

Sottomarini



Cable Features	
Rated Voltage	± 500 kV
Transmission configuration	Bipolar LCC (2x 500 MW)
Conductor	1900 mm ² Aluminium
Insulation	Mass Impregnated Non Drainage

Total cost per route length (km)	Mean (€)	Min-max Interquartile range (€)	Median (€)	No. of assets
All cables types	909,910	729,638 – 1,101,937	831,185	16
AC cables	1,143,966	1,095,474 – 1,245,183	1,140,989	6
DC cables	757,621	705,293 – 791,029	760,284	10