

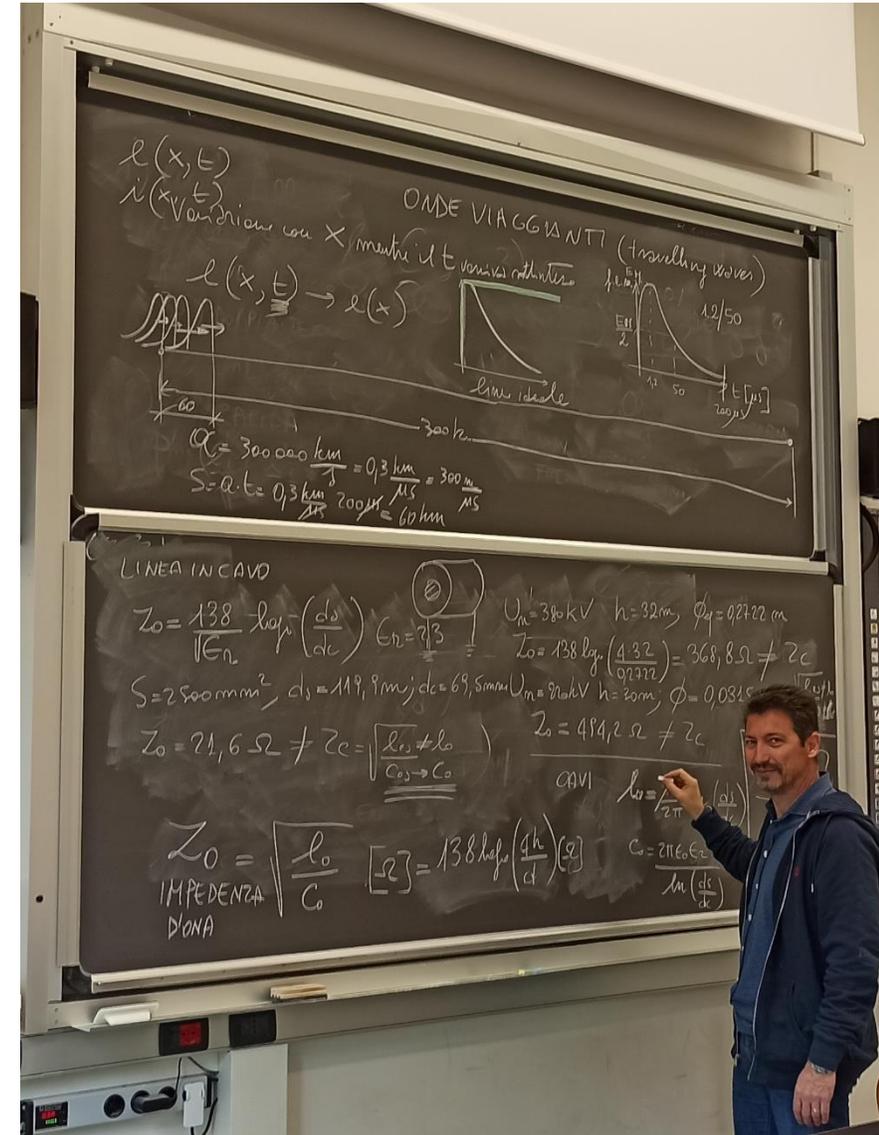
INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA

LA TRANSIZIONE ENERGETICA HA BISOGNO DI INGEGNERI DELL'ENERGIA ELETTRICA



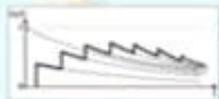
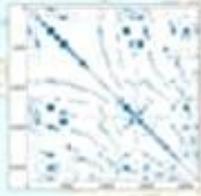
LABORATORIO DI TRASMISSIONE
DELL'ENERGIA ELETTRICA

Prof. ROBERTO BENATO
roberto.benato@unipd.it



ROBERTO BENATO

LA TRASMISSIONE
DELL'ENERGIA NELLE
RETI ELETTRICHE DI
POTENZA



LA STABILITÀ
STATICA E LA
STABILITÀ
TRANSITORIA

6

6.1 CONCETTI DI BASE SULLA STABILITÀ STATICA E STABILITÀ DINAMICA

Il parallelo di migliaia di generatori sincroni in servizio nella rete paneuropea interconnessa dal Portogallo all'Ucraina con 300000 km di linee sulle terre emerse e anche sommerse per 10 milioni di km² e il mantenimento del loro sincronismo a 50 Hz compongono quello che è il più grande risultato ingegneristico del ventesimo secolo. L'attitudine del sistema

La Fig. 6.1 mostra tre collegamenti elastici, indicati con ①, ②, ③ che, per analogia, rappresentano tre centrali in servizio con generatori sincroni in parallelo mediante altre corde elastiche (per analogia, le linee e i trasformatori) che li collegano e su cui sono appesi dei pesetti che rappresentano i carichi elettrici.

Nel normale esercizio non vi sono problemi. Al contrario, se continuassimo, sempre nell'analogia di Fig. 6.1, a caricare le corde di collegamento con un numero di pesetti (carichi) sempre maggiore fino alla rottura

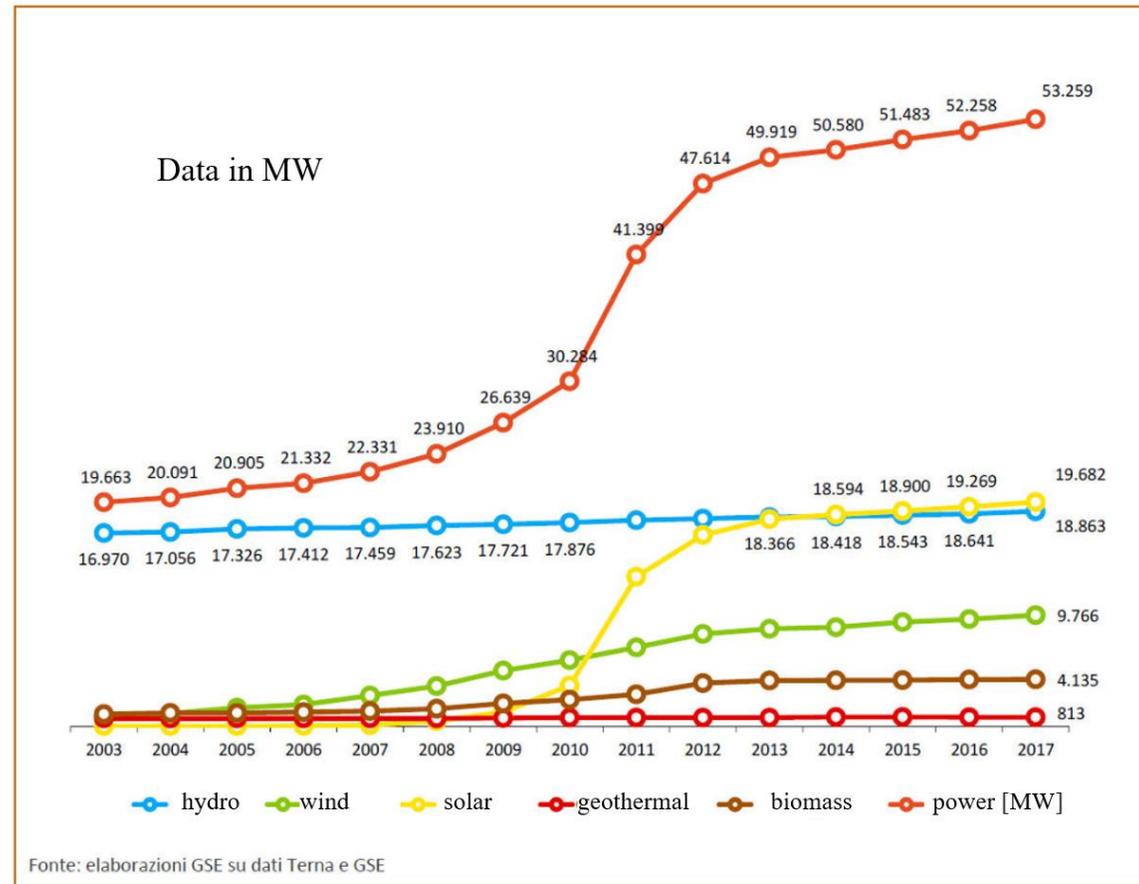


**NON ESISTE UN SOLO nWh DA FONTE RINNOVABILE
CHE NON DEBBA ESSERE DISPACCIATO DALLA
RETE ELETTRICA**

**BINOMIO INDISSOLUBILE TRA LA TRANSIZIONE
ENERGETICA E IL RINFORZO DELLA RETE DI AT,
AAT, e MT, BT**

In linea con la tendenza mondiale, dal 2011 al 2017 più di 20 GW di potenza fotovoltaica è stata installata in Italia

Renewable energy sources power capacity installed in Italy from 2003 to 2017





LONG (LONGER THAN 30 km) HVAC POWER CABLE PROJECTS IN HISTORY

Period	Number of years in the period	Number of Projects	Links length	Cables Length	Average project /year	Average cable km/year
1967-1997	30 years	13	398 km	458 km	0,43	15 km/year
1997-2007	10 years	12	538 km	682 km	1,20	68 km/year
2007-2012	5 years	20	1122 km	1343 km	4,00	269 km/year
2012-2015	3 years	22	1349 km	1947 km	7,33	649 km/year
2015-2018+	-	14	703 km	1216 km	-	-
TOTAL	48 years	81	4111 km	5645 km		



LA RETE VERSO 100 % RINNOVABILI?

La repentinità nell'installazione di questa potenza da fonte rinnovabile sta determinando diversi problemi di adattamento del sistema elettrico:

- ❖ Congestioni nelle linee di trasmissione;**
- ❖ Diminuzione nella capacità di regolazione primaria della frequenza di rete (le fonti rinnovabili non hanno né energia regolante né inerzia rotante!);**
- ❖ Difficoltà di dispacciamento dell'energia dovuta alla non programmabilità delle fonti rinnovabili, che hanno priorità di dispacciamento**

Per superare queste problemi, è indispensabile rafforzare l'infrastruttura del sistema elettrico, ovvero le linee di trasmissione di potenza

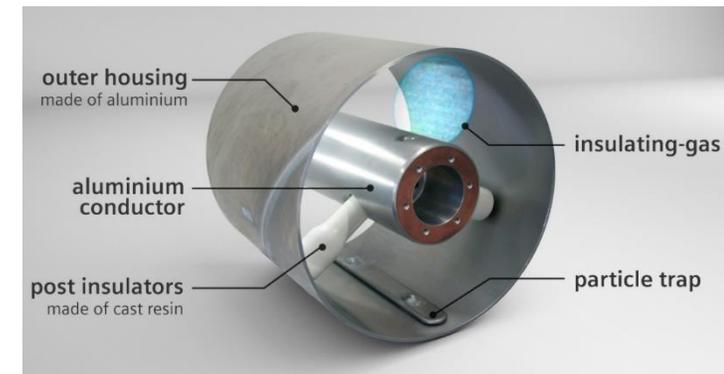
High Voltage Overhead Lines (OHL)



High Voltage Power Cables



Gas Insulated Lines (GILs)



Linee aeree: Moderne tendenze tralicci per superare idiosincrasia dell'opinione pubblica verso i tralicci mediante forme più "architettoniche"



MONOSTELO
impiegati in
alcune linee



Dancing with nature

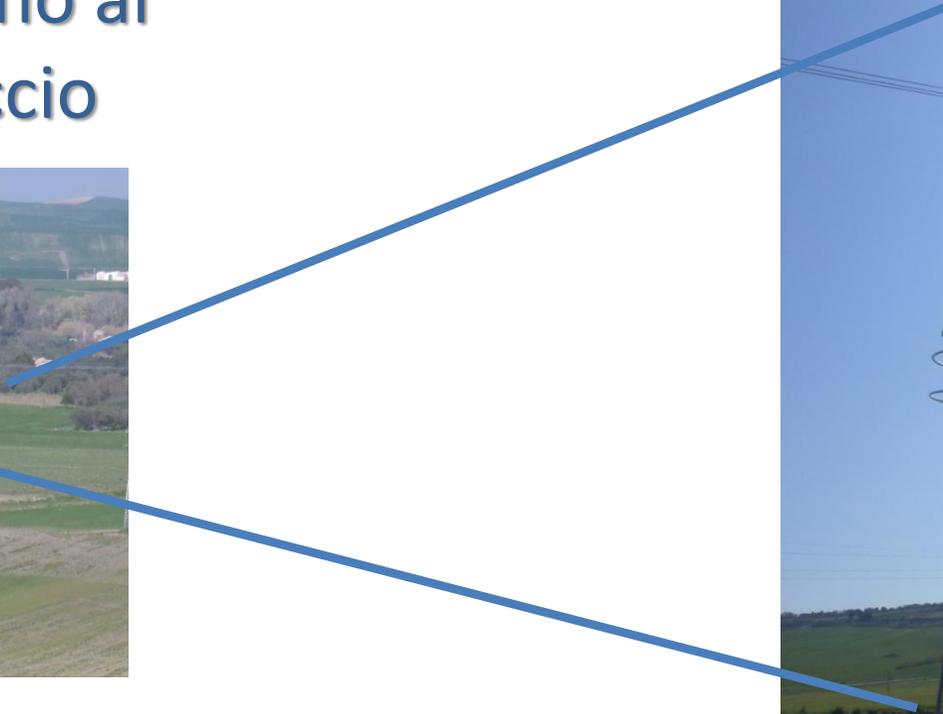
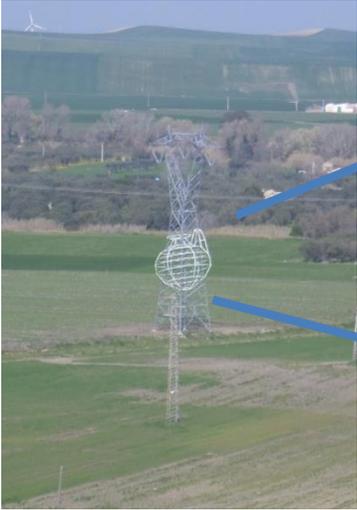
DUTTON-ROSENAL



FOSTER (Tavarnuzze – Santa Barbara)

Linee aeree: fino a spingersi nella linea Foggia-Benevento
...inclusione della

forma
di un'anfora
in seno al
traliccio



Linee aeree: dove arriveremo?...se passiamo in una zona boschiva....





ATTENZIONE:

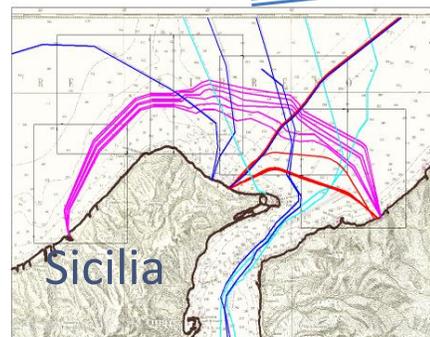
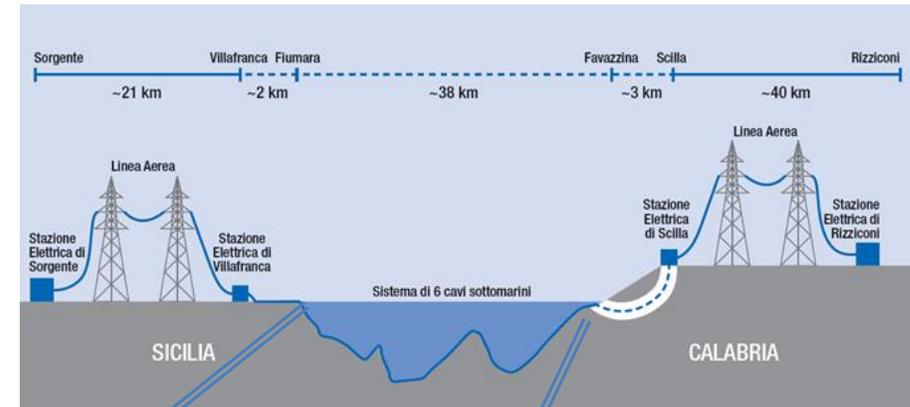
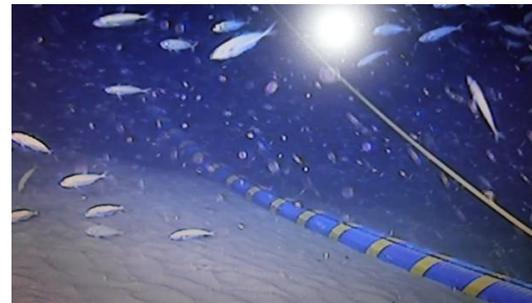
Per costruire una nuova linea aerea 380 kV (0,5 M€/km) potrebbero servire 20 anni!

Possiamo aspettare? Qual è il costo del “NON FARE”?

Le alternative ci sono e sono affidabili !

CAVI AAT in CA e in CC terrestri e sottomarini (costo d'investimento singola terna con sezione 2500 mm² direttamente interrato~ 1,7 M€/km)

Cavo HVAC da record (SORGENTE-RIZZICONI)



38 km doppia terna sottomarini; 5 km doppia terna terrestri



**Cavo armato tripolare a 50 Hz
sottomarino che collega la
Sardegna e la
Corsica (15 km),
la Sicilia e Malta (100 km),
Capri e Torre Annunziata (30
km)**



Questi cavi giocheranno un ruolo chiave per interconnettere alla terraferma i 107,5 GW di eolico offshore

Abbiamo visto la crescita d'installazione CA ...e in CC? l'Italia è punta di diamante tecnologico per le installazioni in cavo HVDC

	Configuration	Converter typology	Line Length λ [km]	Rated Power P_{DC} [MW]	DC Rated Voltage V_{DC} [kV]	AC Rated Voltage V_{AC} [kV]
Italy-France F.I.L.	monopolar	VSC	194,5	1200	± 320	200
Italy-Montenegro MON.ITA	bipolar	LCC	445	600	± 500	200
Italy-Italy SA.PE.I	bipolar	LCC	480,3	1000	± 500	200
Italy-Greece GR.ITA	monopolar	LCC	317,2	500	400	160
Italy-France SA.CO.I.^a	monopolar	LCC	385,2	300	200	80

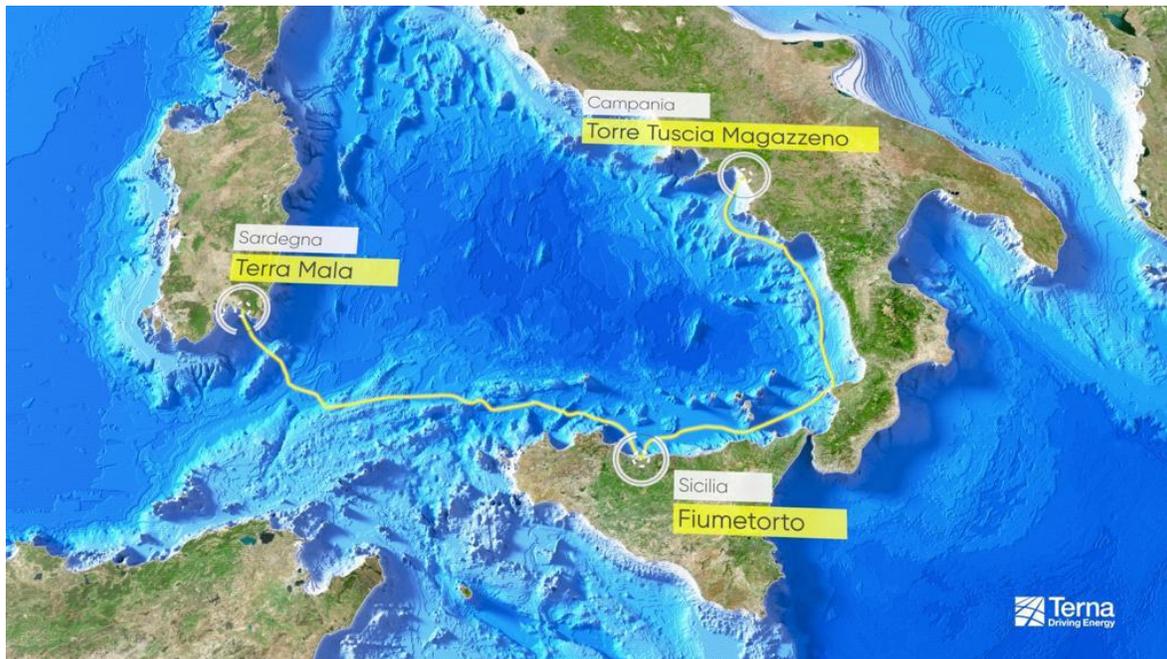


Aluminium conductor
Semiconducting paper tapes
Insulation of paper tapes impregnated with viscous compound
Semiconducting paper tapes
Lead alloy sheath
Polyethylene jacket
Metallic tape reinforcement
Synthetic tape or yarn bedding
Double layer of steel armour (flat wires)
Polypropylene yarn serving

Weight = 37 kg/m
Diameter = 120 mm

The SAPEI cable for deep waters

L'Italia è punta di diamante tecnologico per le installazioni in cavo HVDC: e nel futuro?



TYRRHENIAN LINK



ADRIATIC LINK

Bobina di cavi AAT per installazione sottomarina sulla nave posa cavi Giulio Verne della Prysmian





Nuova nave posa cavi Leonardo da Vinci della Prysmian



LA POSA SOTTOMARINA DI CAVI AC E DC

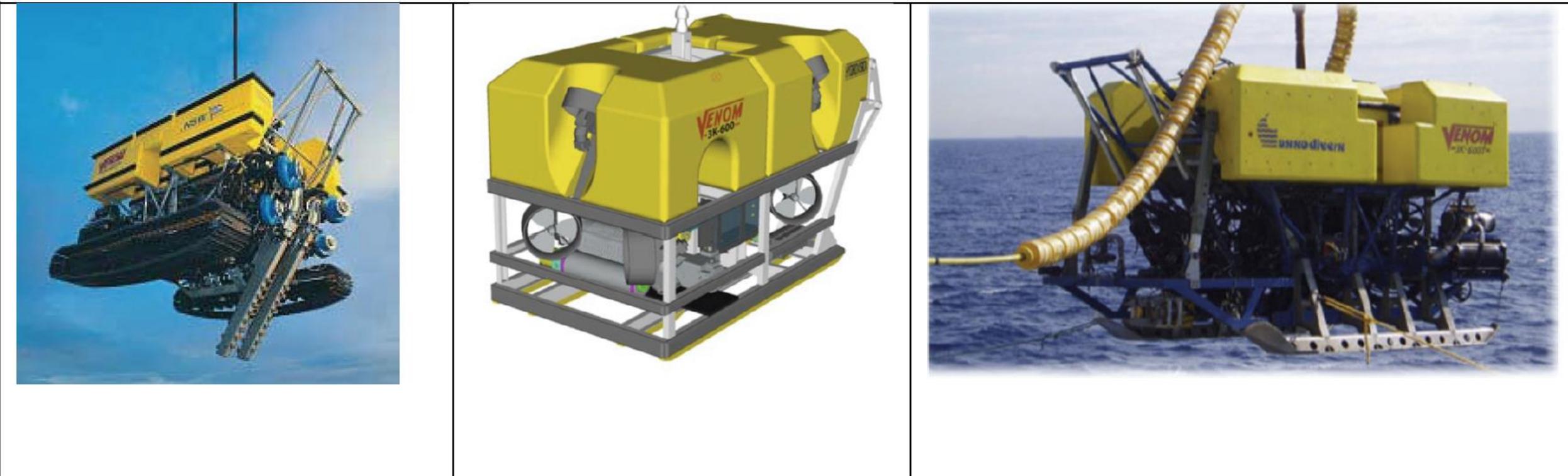


Fig. 11 Some photos of the real jetting ROV used in Lâpseki-Sütlüce installation

LA POSA SOTTOMARINA DI CAVI AC E DC

E quando si trovano le rocce?



Fig. 13 Real chain cutter trenching machine owned by Assodivers

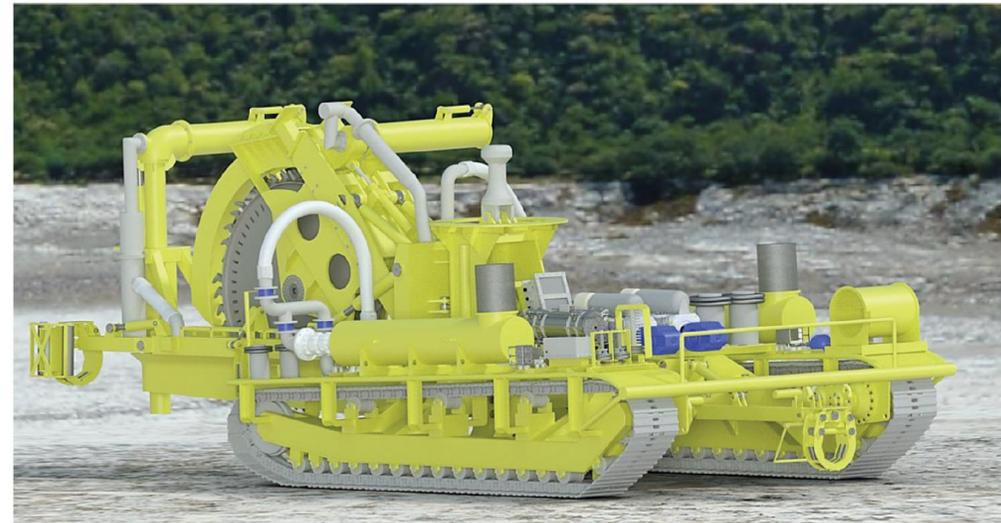


Fig. 14 Assotrencher IV used in trenching operation of Lâpseki-Süttlice II

LA POSA SOTTOMARINA DI CAVI AC E DC

E nelle acque profonde dove non serve interrarli?



CAVI AAT con isolamento gassoso o GAS INSULATED LINES (costo d'investimento ~ 5 M€/km)



**500 km nel mondo ma nessuna
installazione in Italia**



ITALIA: che servizi possono fare le batterie sulla rete elettrica?

- Svincolare la produzione dall'utilizzo (sogno antico) risolvendo le congestioni e riducendo la mancata produzione;
- Regolazione primaria della frequenza (energia regolante);
- Regolazione secondaria della frequenza (segnale di livello);
- INERZIA SINTETICA (si comporta come una massa rotante connessa alla rete c.a. a 50 Hz);
- Regolazione della tensione.

34,8 MW ACCUMULO Energy Intensive



Installazioni di Ginestra



ITALIA: circa 8 MW ACCUMULO POWER INTENSIVE già installate a Codrongianos in Sardegna

Power [MW]	Energy [MWh]	Electrochemistry
1	1.231	Lithium Iron Phosphate
1.2	0.928	Lithium Nickel Cobalt Aluminium
1	0.916	Lithium Manganese Oxide
1.08	0.540	Lithium Nickel Cobalt Manganese
1	1.016	Lithium Titanate
1.2	4.15	Sodium–nickel chloride
1	2	Sodium–nickel chloride



LINEA IN CAVO IN AAT INSTALLATE IN GALLERIE FERROVIARIE O STRADALI



IET Generation, Transmission & Distribution

Research Article

IET Journals
The Institution of
Engineering and Technology

Synergy of the future: high voltage insulated power cables and railway-highway structures

ISSN 1751-8687
Received on 6th January 2017
Revised 7th March 2017
Accepted on 17th March 2017
doi: 10.1049/iet-gtd.2016.2082
www.ietdl.org

Roberto Benato¹ ✉, Sebastian Dambone Sessa¹, Luca Guizzo², Massimo Rebolini²

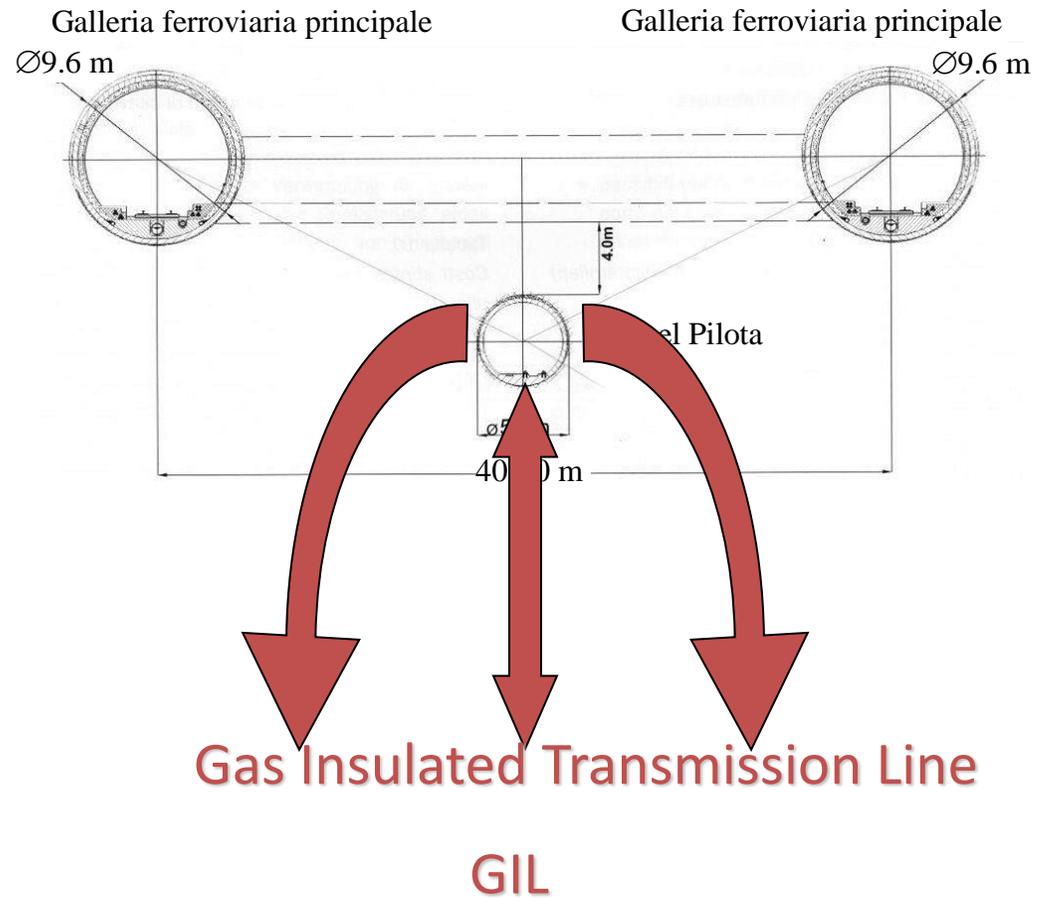
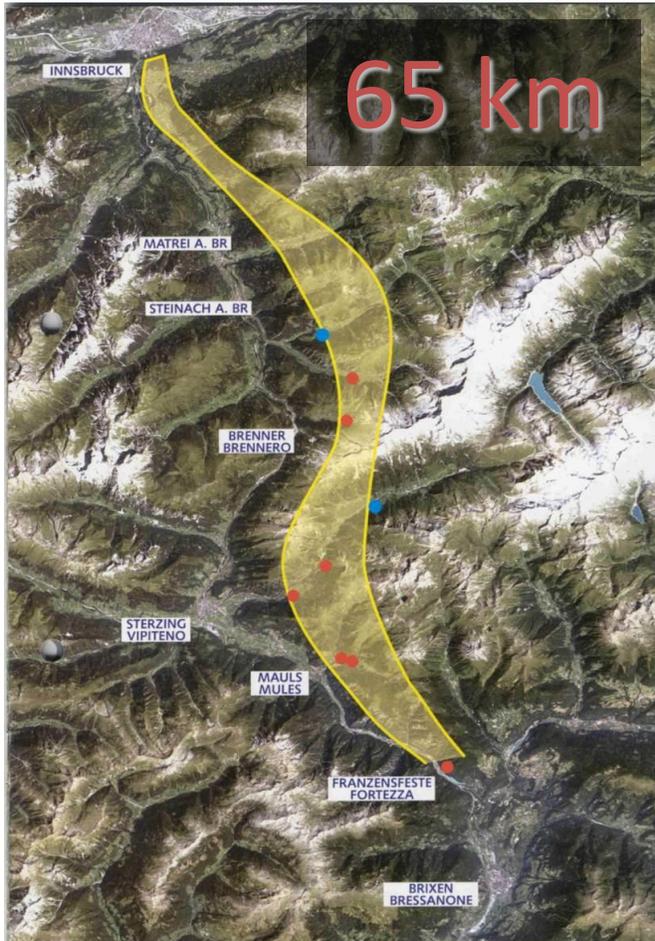
¹Industrial Engineering Department, University of Padova, Via Gradenigo 6/A 35131 Padova, Italy

²Terna, Via Galbani 70, 00156 Rome, Italy

✉ E-mail: roberto.benato@unipd.it

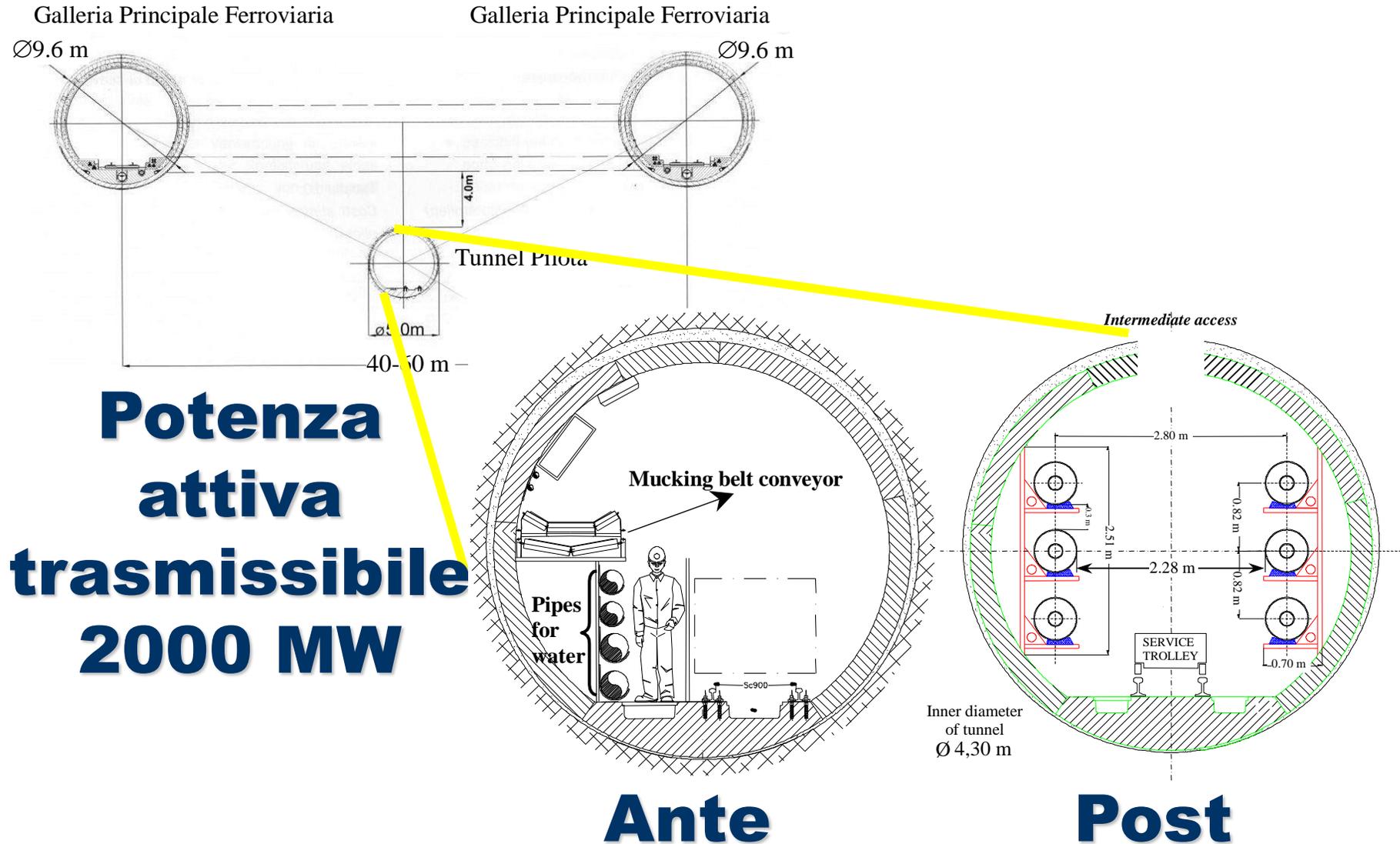
Abstract: The rationalisation of the territorial resources leads to consider carefully the possibilities of using motorway and railway infrastructures (existing or planned ones) for cable line installation within them. The full compatibility of such synergy 'transport – electrical power transmission' involves different branches of engineering. The study provides an overview of the research undertaken for a fully reliable use of this combination. The manuscript aims at highlighting a procedural approach that should be followed in order to analyse all the key elements involved in the safe operation of power transmission lines hosted in transport infrastructures. First, the geometrical compatibility between different types of power transmission technologies, (i.e. gas insulated lines and high-voltage direct/alternating current insulated cable lines), and transport infrastructures (i.e. motorway galleries, railway galleries and railway prospecting tunnels) is considered. Subsequently, the behaviour and magnitude of the magnetic field generated by the different power transmission technologies inside the transport infrastructures are presented. Moreover, the study analyses the effects of a phase-to-screen short circuit that could occur inside the hosting facility. Finally, an analysis of the reliability of the synergy between power transmission systems and transport infrastructures is discussed.

LA SINERGIA DEL SECOLO



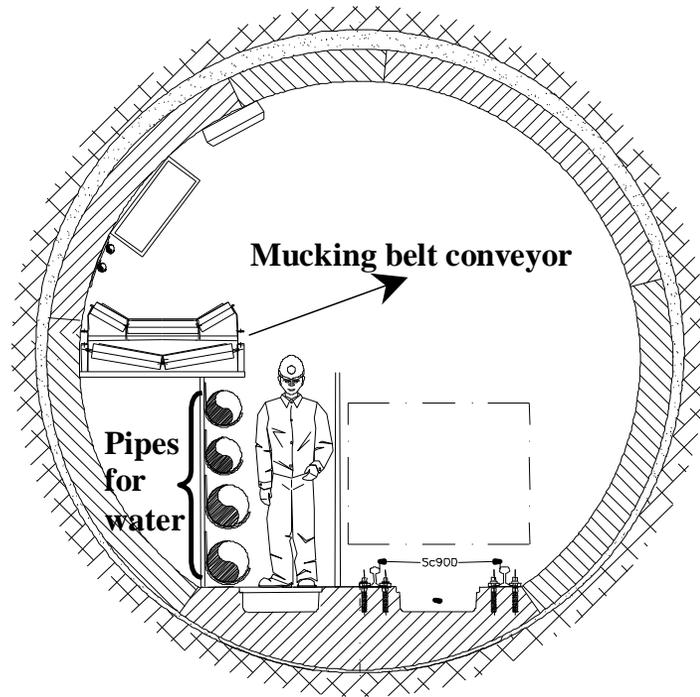
TRACCIATO DELLE GALLERIE FERROVIARIE da
Innsbruck a Fortezza (ELETTRODOTTI BLINDATI)

GI in doppia-terna nel tunnel pilota



Il cunicolo pilota OGGI

Come doveva essere



Come è nella realtà





IN CHE CORSI DELLA MAGISTRALE SI VEDONO ALCUNE DELLE LINEE DI RICERCA QUI PRESENTATE

...In impianti elettrici ... ma non è alla MAGISTRALE

SISTEMI ELETTRICI per L'ENERGIA (obbligatorio per MAGISTRALE in ELETTRICA ed ENERGY ENGINEERING);

TECHNOLOGIES FOR HVAC AND HVDC TRANSMISSION SYSTEMS

CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA ELETTRICA (HVDC)

GENERAZIONE E ACCUMULO DA FONTI RINNOVABILI

PROGETTAZIONI DI SISTEMI ELETTRICI INDUSTRIALI; (Campi magnetici generati da linee elettriche)

IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

PHOTOVOLTAIC SCIENCE AND TECHNOLOGY ET ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES

L'INGEGNERE ELETTRICO TROVA LAVORO?

Il Sole

24 ORE

22 marzo 2022

IMPRESE

Caccia a 240mila laureati scientifici

Pogliotti e Tucci — a pag. 21

Lavoro, imprese italiane a caccia di 240mila laureati introvabili

Occupazione

Dati Unioncamere-Anpal e AlmaLaurea: la carenza tocca il 74% su certi profili

Covid e ora la frenata dell'economia legata a caro prezzi e materie prime, non smette di crescere.

Eppure, lo scorso anno, le imprese hanno aumentato la richiesta di assunzione di laureati: la quota si è attestata a 634mila profili, il 13,7% del totale dei 4,6 milioni di entrate programmate (erano il 12,8% nel 2019).

dai programmi del Pnrr. Il problema, tuttavia, è che proprio i laureati più necessari oggi, quelli Stem, sono tra i più difficili da trovare perché ancora troppi pochi giovani hanno scelto percorsi universitari tecnico-scientifici. Un gap che va colmato, continuando a insistere sul fronte dell'orientamento».

L'INGEGNERE ELETTRICO TROVA LAVORO?

22 marzo 2022

Il Sole **24 ORE**



I laureati più necessari, quelli Stem, sono rari: troppi pochi giovani scelgono percorsi tecnico-scientifici

I profili introvabili

LE PROFESSIONI DI PIÙ DIFFICILE REPERIMENTO

Distanza tra domanda e offerta di laureati. Valori %



GLI INDIRIZZI DI LAUREA PIÙ RICHIESTI

Valori assoluti





SE PENSI DI POTER DARE IL TUO CONTRIBUTO ALLA TRANSIZIONE ENERGETICA



**CI VEDIAMO ALLA MAGISTRALE DI INGEGNERIA
DELL'ENERGIA ELETTRICA!!!**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale



2013





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale

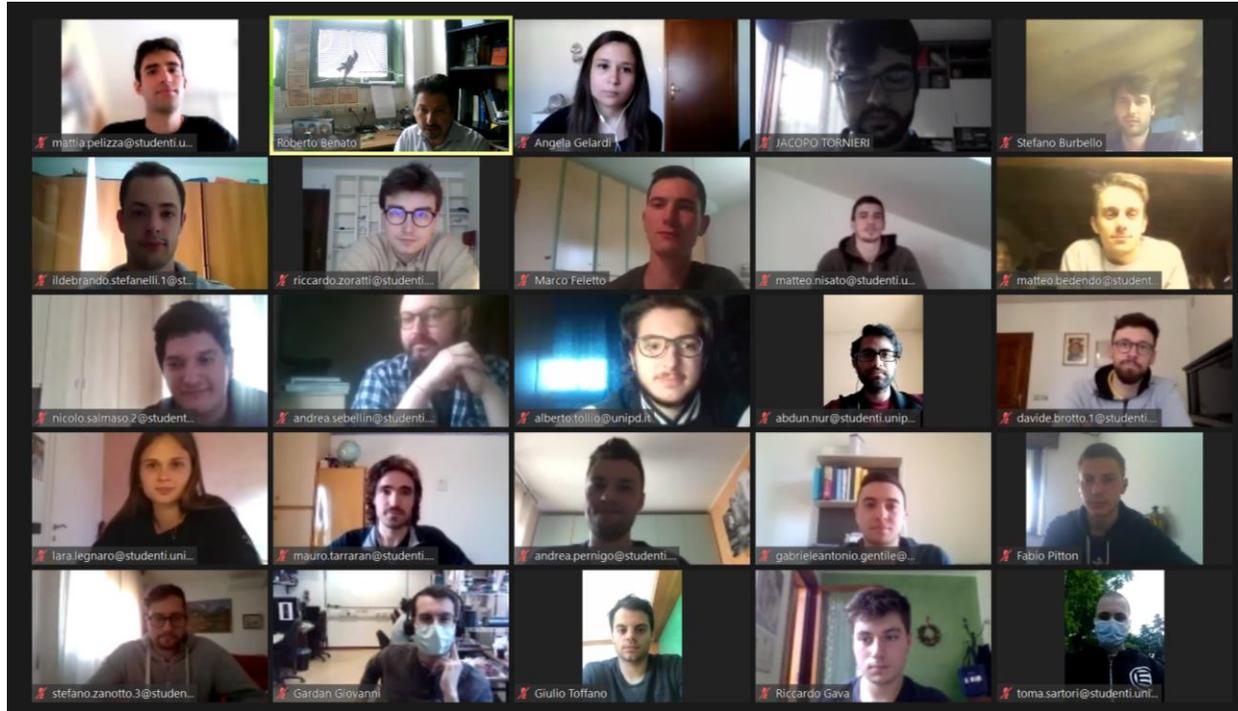


2014





2021





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale



2022

