

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale

Le innovative linee elettriche aeree compatte a 5 e 7 conduttori

Tutor universitario:

Prof. Roberto Benato

Padova, 15/9/2026

Laureando:

Alessandro Gazzola

Matricola: 2110030

La **transizione energetica** richiede di aumentare la **capacità di trasmissione** della rete

Crescita delle FER

Generazione di energia
rinnovabile concentrata nel
Sud e nelle **Isole**

Centri di consumo al **Nord**



Scenario PNIEC Policy 2030:

~ **30 TWh** Sud → Nord
~ **20 TWh** Isole → Continente

Vincoli alla rete

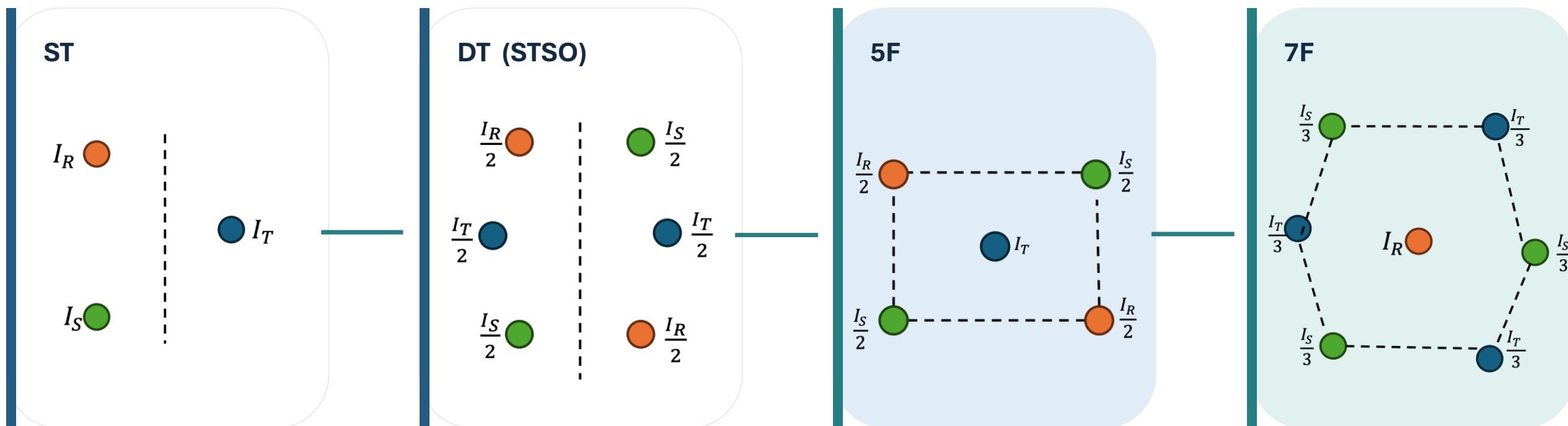
- Fasce di rispetto
- Urbanizzazione
- Impatto ambientale



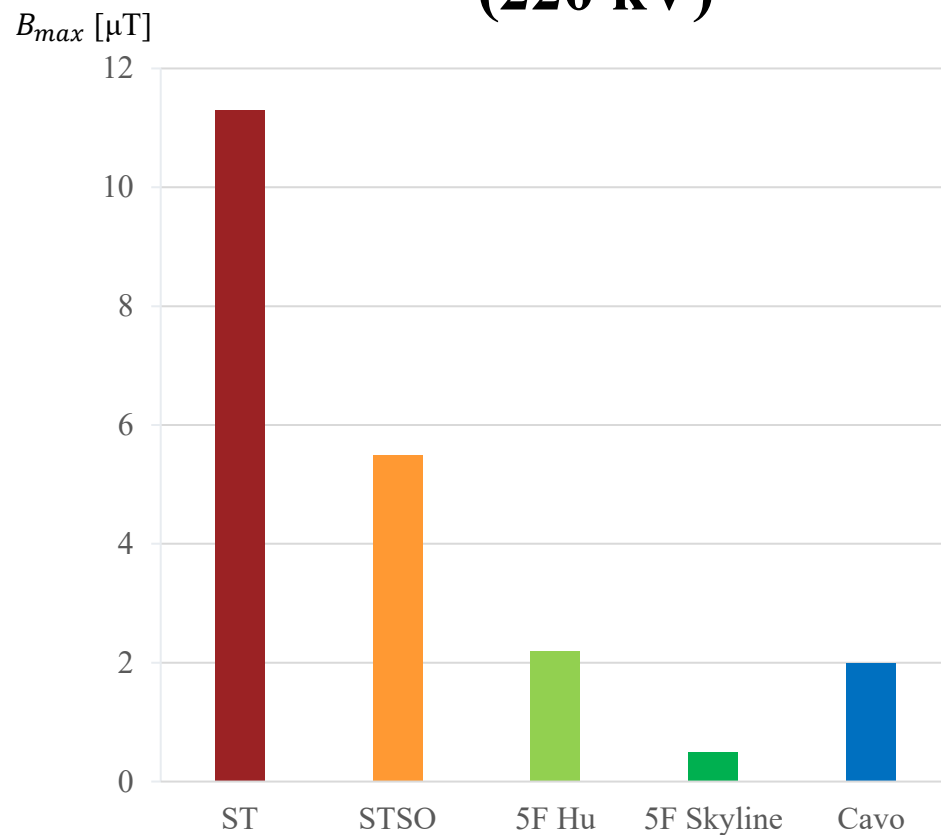
D.P.C.M. 8 Luglio 2003:

- Limite esposizione: **100 μ T**
- Valore di attenzione: **10 μ T**
- Obiettivo di qualità: **3 μ T**

L'evoluzione della **geometria** nasce dalla necessità di **aumentare la capacità e contenere l'impatto elettromagnetico**.

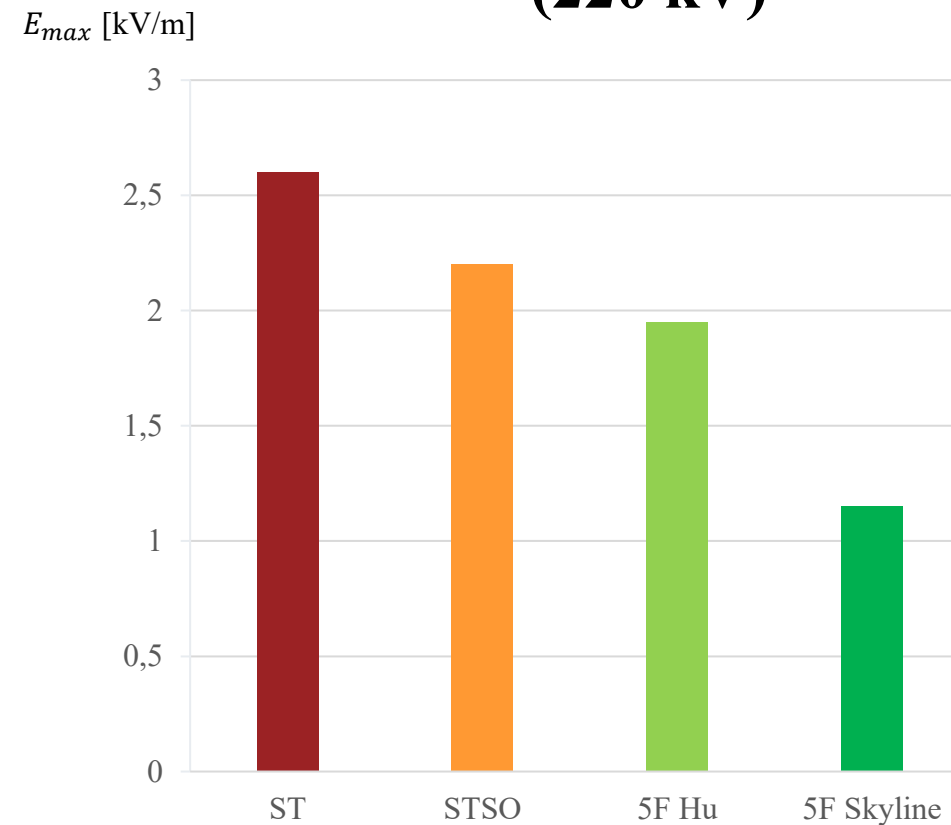


INDUZIONE MAGNETICA AL SUOLO (220 kV)



Obiettivo di qualità: 3 μT

CAMPO ELETTRICO MASSIMO (220 kV)



Limite di esposizione: 5 kV/m

EFFICIENZA DEL SOSTEGNO

150 kV

Peso sostegno [kg/km]	14900	20600
Ampacity (75°C) [A]	930	1860
Peso Normalizzato [kg/MW/km]	62	43

————→ Massa normalizzata: **-40%**

230 kV

Peso sostegno [kg/km]	15400	29000
Ampacity (75°C) [A]	930	2510
Peso Normalizzato [kg/MW/km]	42	29

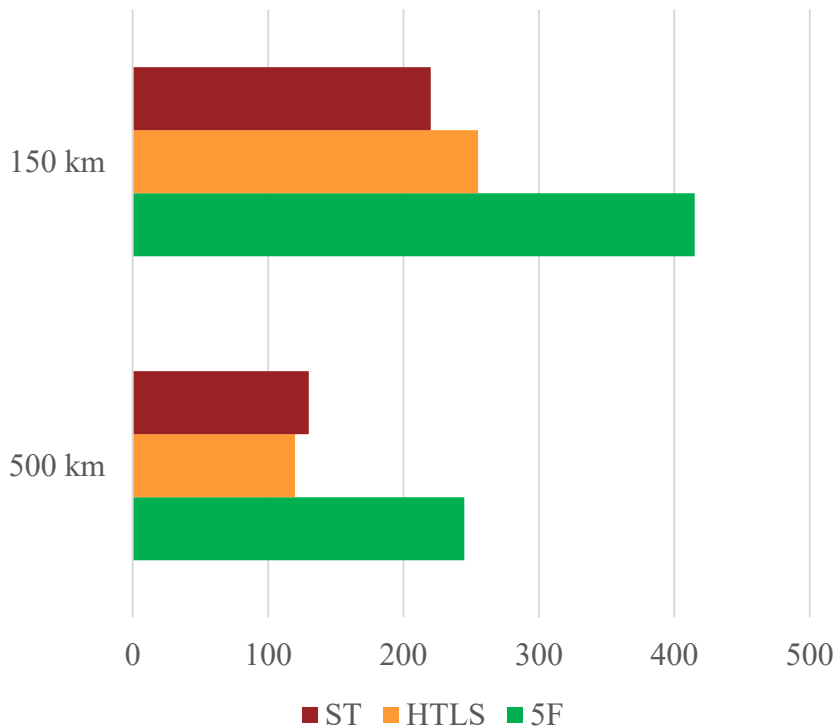
————→ Massa normalizzata: **-31%**

- Limite tecnico (Ampacity)
- Caduta di tensione
- Margine di stabilità angolare

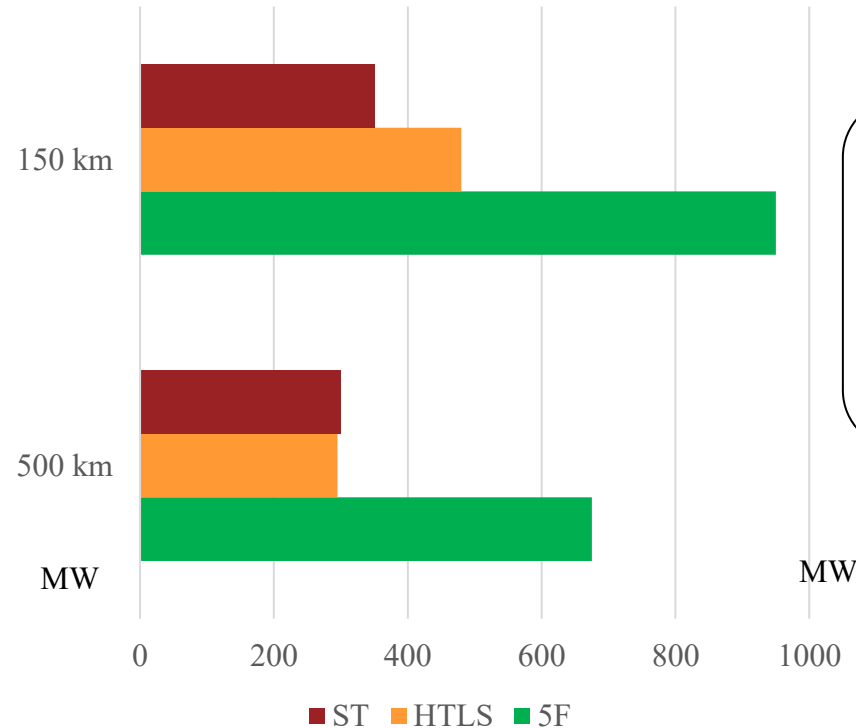
Curve di St. Clair

$$P_{max} = P_0 \frac{\sin(\delta)}{\sin(\beta L)}$$

150 kV



220 kV



- δ pari a 30°
- ST, HTLS, 5F (150 kV): $\varnothing$ 31.5mm
- 5F (220 kV) : $\varnothing$ 40.5mm
- Compensazione serie al 66.7%

Piano di Sviluppo 2025:

Configurazione 5F



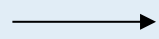
Riqualificazione delle **dorsali esistenti**

w.dii.unipd.it

Central Link

- **158 km** complessivi tra Villavalle – S. Barbara
- Investimento: **280 M€**
- VAN: **372 – 656 M€**

+ 600 MW



tra Centro-Sud
e Centro-Nord

Sardinian Link

- In supporto al SAPEI 2
- **253 km** complessivi tra Codrongianos -Selargius
- Investimento: **2162 M€**
- VAN: **1900 – 4688 M€**

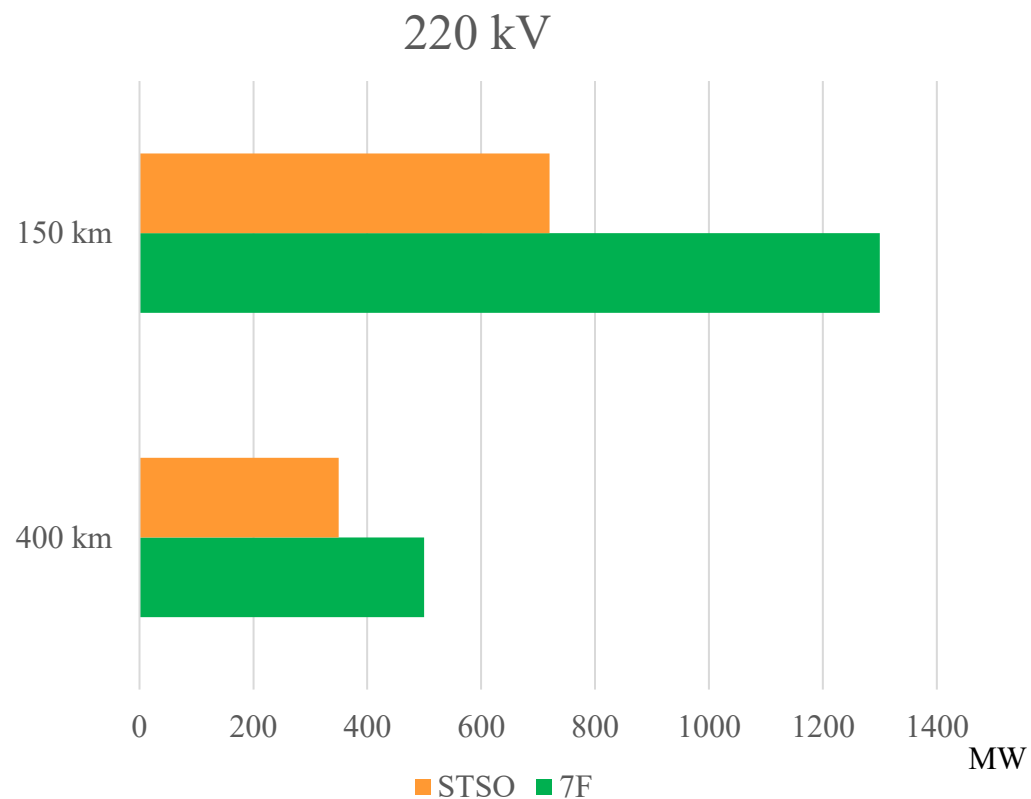
Compreso
HVDC

Alanno-Popoli

- **Applicazione sperimentale**
- Linea aerea a 220 kV
- Sostituzione di 10 sostegni ST
- Applicata anche verniciatura a due cromie

Riqualificazione delle attuali **dorsali in doppia terna (DT)**

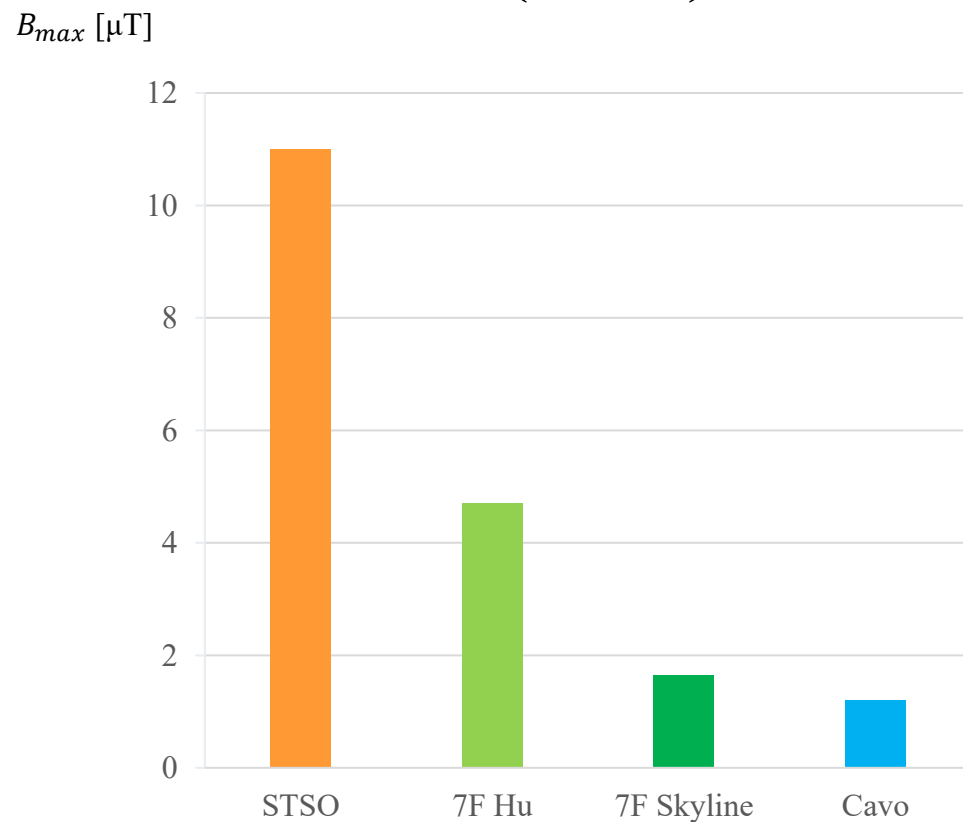
CARICABILITÀ



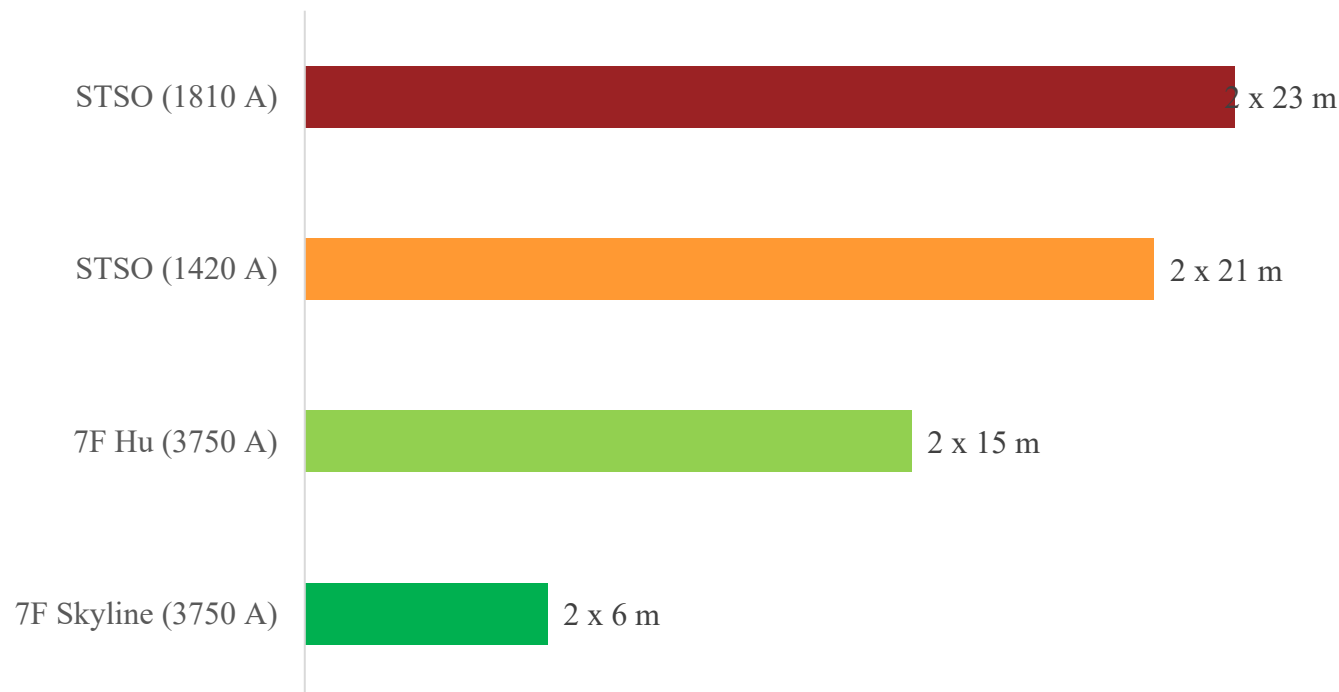
$$P_{max} = \frac{V^2}{X_S \cdot L} \sin \delta$$

- δ pari a 30°
- STSO: ACSR $\varnothing$ 31.5mm
- 7F: ACSR $\varnothing$ 40.5mm

INDUZIONE MAGNETICA AL SUOLO (220 kV)



OCCUPAZIONE TERRITORIALE (ampiezza fascia di rispetto)



Il **vettore di Poynting** descrive il flusso di energia del campo elettromagnetico indicando sia la **direzione di propagazione** che l'**intensità della radiazione**

$$\underline{\mathbf{S}} = \underline{\mathbf{E}} \times \underline{\mathbf{H}} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

- $\underline{\mathbf{S}}$: vettore di Poynting
- $\underline{\mathbf{E}}$: vettore di campo elettrico
- $\underline{\mathbf{H}}$: vettore di campo magnetico

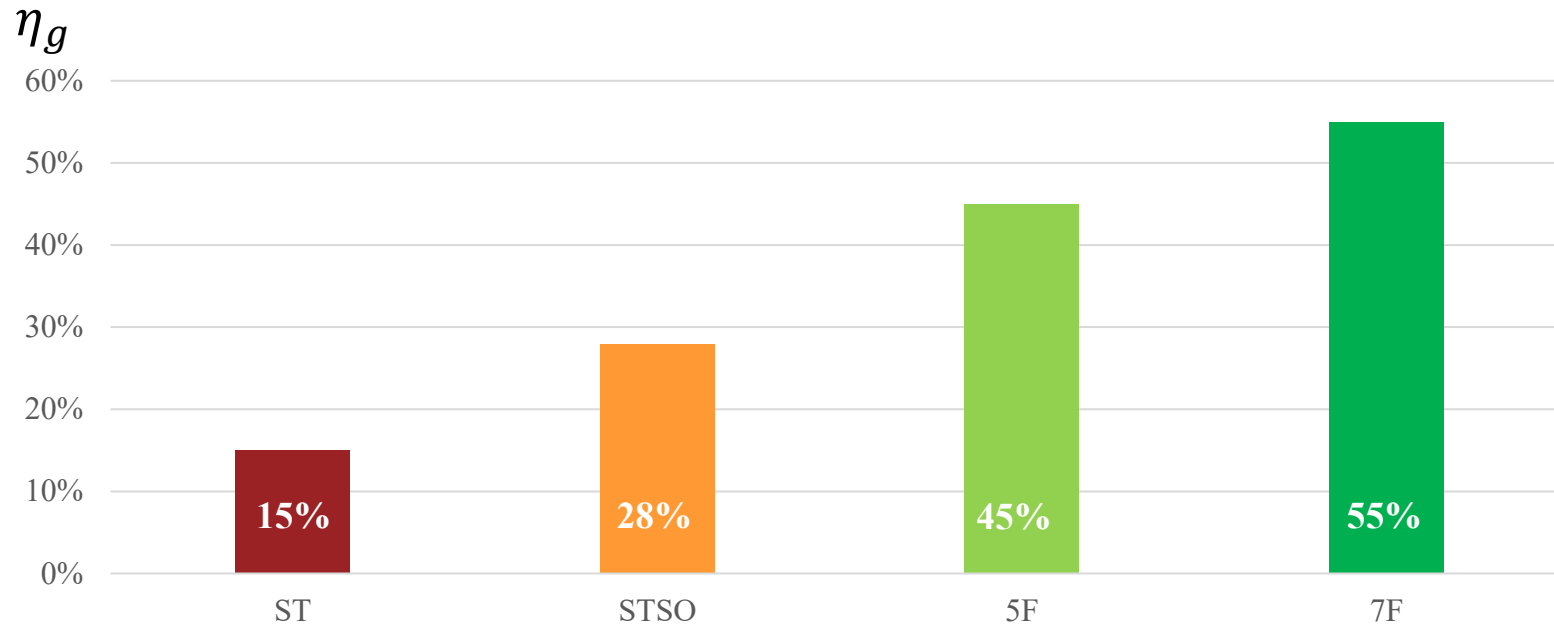


$$\underline{P} = \int_A \underline{S} \underline{n} dA \quad [W]$$

**EFFICIENZA
ELETTO-GEOMETRICA**

$$\eta_g = \frac{P_{interna}}{P_{totale}}$$

EFFICIENZA ELETTROGEOMETRICA



- ST, STSO : ACSR Ø 31.5 mm / 930 A
- 5F, 7F : ACSR Ø 40.5 mm / 1255A

Maggior **confinamento** del
campo elettromagnetico ($\eta_g \uparrow$)



Minore induzione al suolo

CARICABILITÀ ↑

INDUZIONE MAGNETICA ↓

CAMPO ELETTRICO ↓

www.dii.unipd.it

L'evoluzione della geometria dei sostegni rappresenta un passaggio imprescindibile per rendere concretamente realizzabile un futuro energetico più sostenibile

Grazie per l'attenzione!