

Design del dipolo di curvatura da 16 T per FCC

A. M. Ricci^{1,2}, G. Bellomo^{3,4}, B. Caiffi², P. Fabbri², S. Farinon², V. Marinozzi^{3,4},
S. Mariotto^{3,4}, A. Pampaloni², R. Valente⁴, M. Sorbi^{3,4}, M. Statera^{3,4}

Università di Genova¹, INFN sezione di Genova², Università di Milano³, INFN LASA⁴



Introduzione

Il progetto EuroCirCol è parte dello studio del Future Circular Collider (FCC), un acceleratore post-LHC lungo 100 km, che permetterà di raggiungere un'energia di 100 TeV nel centro di massa. In questo quadro, le sezioni INFN di Genova e di Milano (LASA) hanno sviluppato il design baseline del dipolo di curvatura da 16 T per la configurazione adrone-adrone di FCC. Questo lavoro è parte del Conceptual Design Report (CDR), che è stato presentato alla Comunità Europea nei primi mesi del 2019. Il magnete superconduttore è in Nb₃Sn e di tipo cos θ, ha un diametro d'apertura di 50 mm e un campo magnetico di 16 T. Recentemente è stato siglato un accordo CERN-INFN per la costruzione di un modello corto.

Obiettivi

1. Il campo magnetico nelle aperture deve essere il più vicino possibile a un campo di dipolo perfetto ($B_y = 16 \text{ T}, B_x = 0$) (qualità di campo).
2. Le forze magnetiche sui conduttori sono dell'ordine di 10^6 N m^{-1} e quindi è necessario progettare una struttura che regga gli elevati stress meccanici.

Qualità di campo

Il campo magnetico all'interno dell'apertura di un magnete per acceleratore, lontano dalle teste in modo da poter trascurare la componente assiale ($B_z = 0$), può essere descritto in termini di armoniche:

$$B = B_y + iB_x = 10^{-4} B_1 \sum_{n=1}^{\infty} (b_n + ia_n) \left(\frac{y + ix}{R_{ref}} \right)^{n-1}, \quad (1)$$

dove R_{ref} è un raggio di riferimento scelto solitamente come 2/3 del raggio di apertura, B_1 è la componente principale del campo, pari a 16 T, e i coefficienti a_n e b_n sono chiamati armoniche cilindriche skew e normali, rispettivamente. Ogni componente di ordine n rappresenta la componente di $2n$ -polo. In coordinate polari le armoniche cilindriche sono espresse come

$$a_n = \frac{10^4 n}{\pi R_{ref} B_1} \int_0^{2\pi} A_z(R_{ref}, \theta) \sin n\theta d\theta, \quad (2)$$

$$b_n = -\frac{10^4 n}{\pi R_{ref} B_1} \int_0^{2\pi} A_z(R_{ref}, \theta) \cos n\theta d\theta, \quad (3)$$

dove $A_z(R_{ref}, \theta)$ è il potenziale vettore calcolato al raggio di riferimento.

Design elettromagnetico

Table 1: Parametri di design.

Diametro dell'apertura	50 mm
Distanza tra i fasci	250 mm
Diametro del giogo di ferro	660 mm
Materiale superconduttore	Nb ₃ Sn
Corrente operativa	11441 A
Temperatura operativa	1.9 K
Campo magnetico nell'apertura	16 T
Armoniche cilindriche (geo/sat) $\leq 3/10$ units	

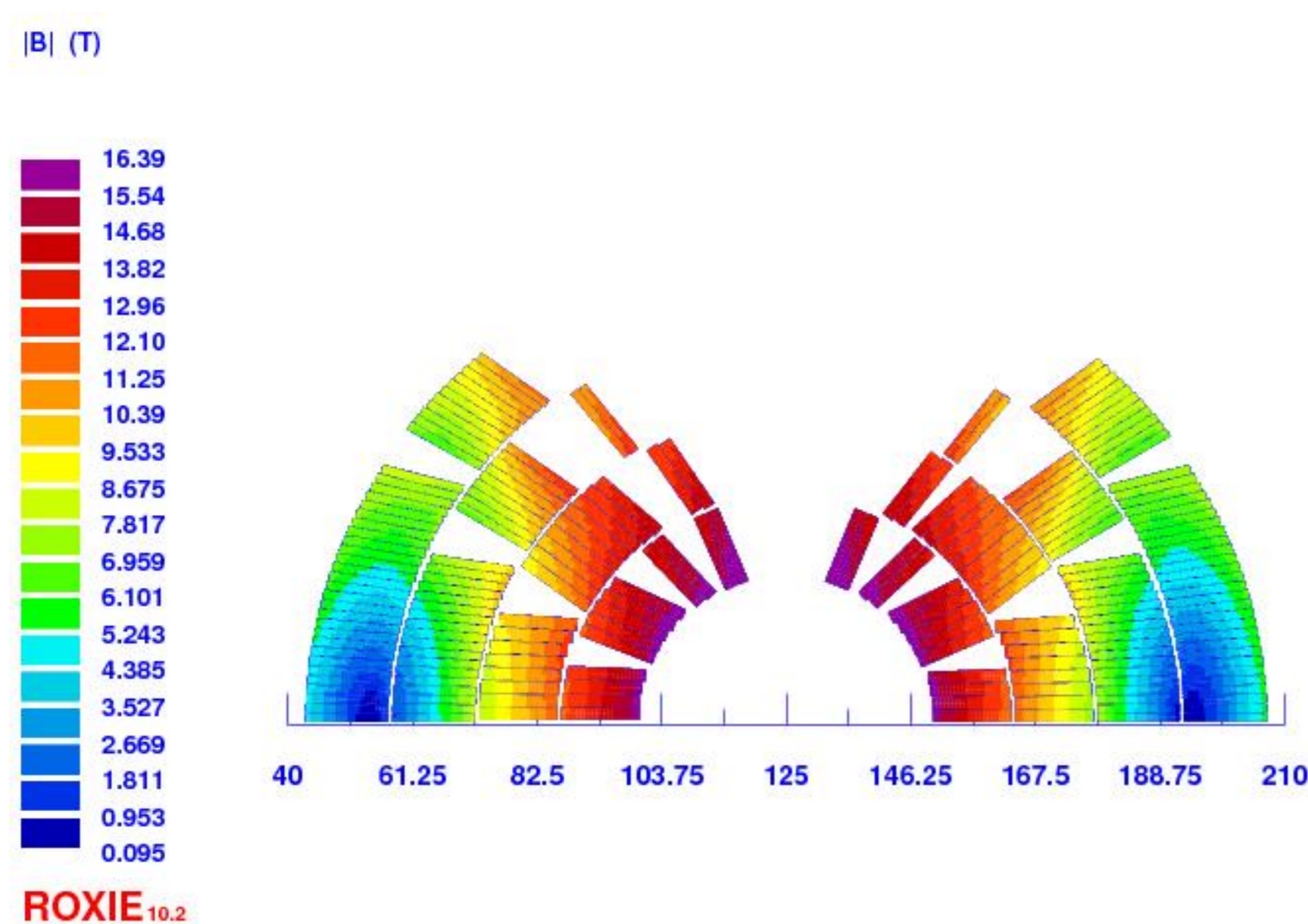


Figure 1: Configurazione della bobina e campo magnetico nel piano xy.

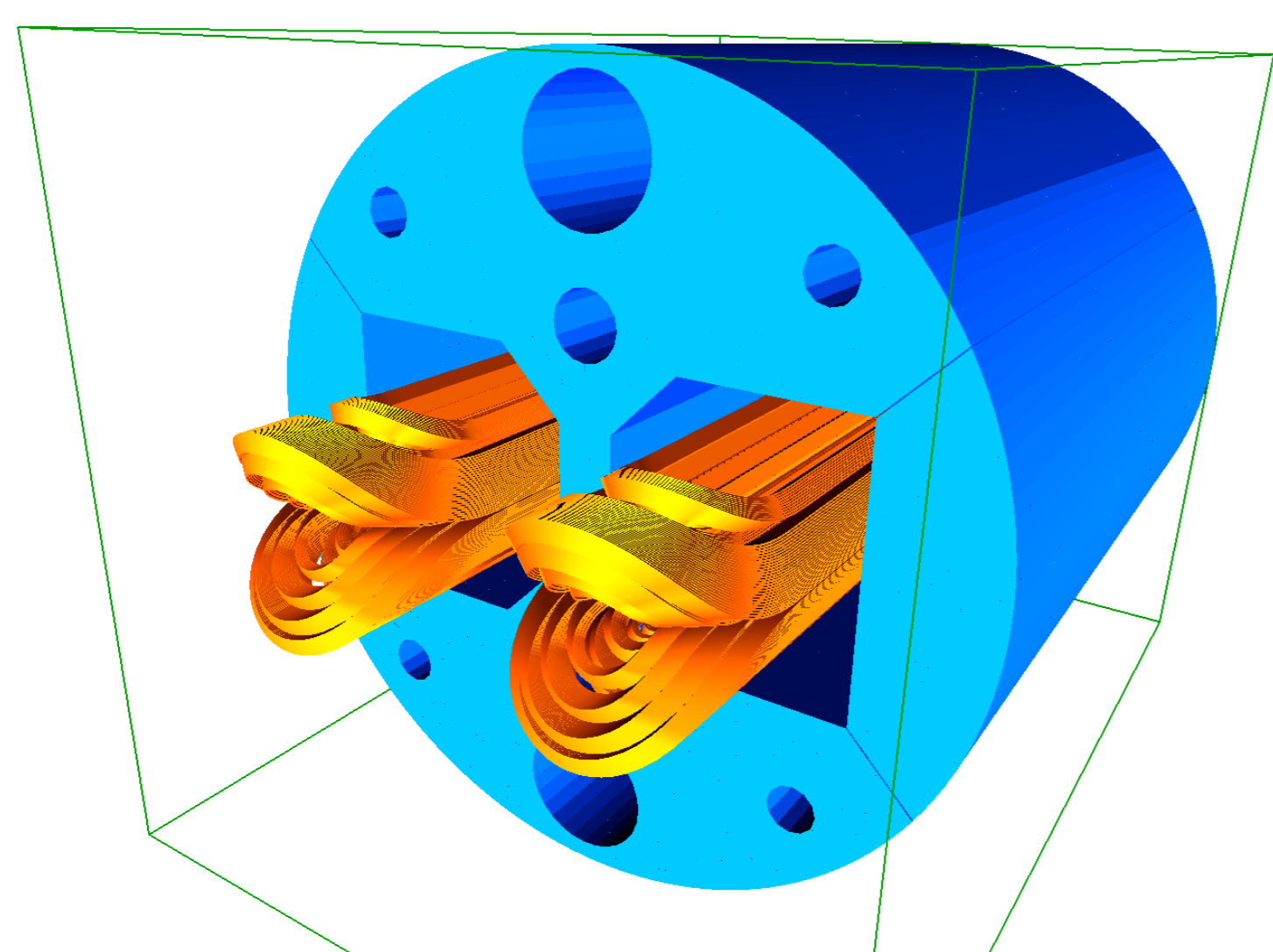


Figure 2: Modello 3D: la lunghezza magnetica richiesta è 14.3 m.

Table 2: Armoniche cilindriche integrate sulla lunghezza magnetica alla corrente nominale.

\bar{b}_2	\bar{b}_3	\bar{b}_4	\bar{b}_5	\bar{b}_6	\bar{b}_7	\bar{b}_8
-0.87	-0.75	0.32	0.17	0.35	0.18	0.37

Design meccanico

La struttura meccanica è basata sulla tecnologia Bladder & Keys per mantenere lo stress sui conduttori sotto i 150 MPa durante l'assemblaggio e sotto i 200 MPa dopo il raffreddamento e l'energizzazione. Questo consente di evitare la degradazione del cavo dovuta allo stress meccanico.

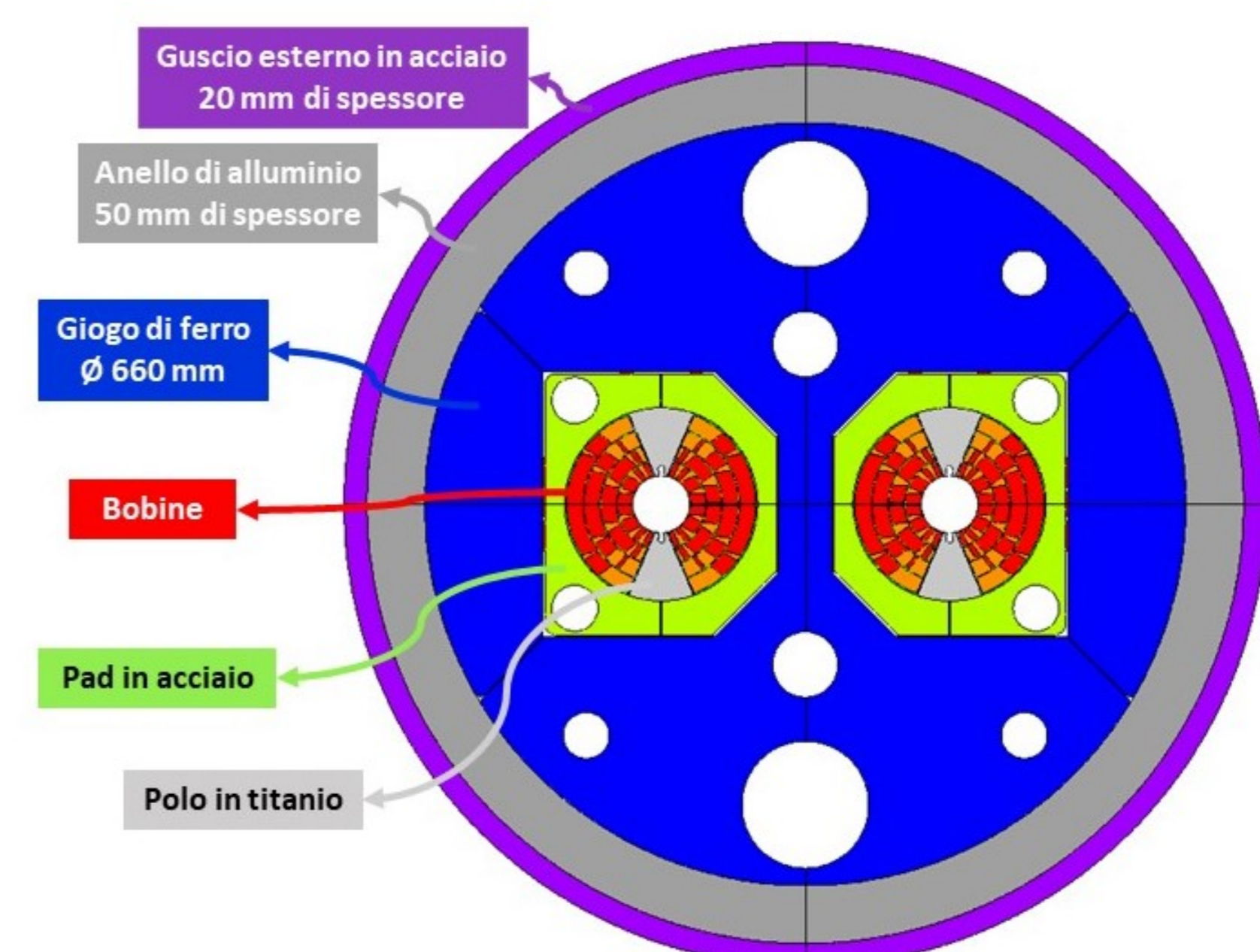


Figure 3: Struttura meccanica nel piano xy.

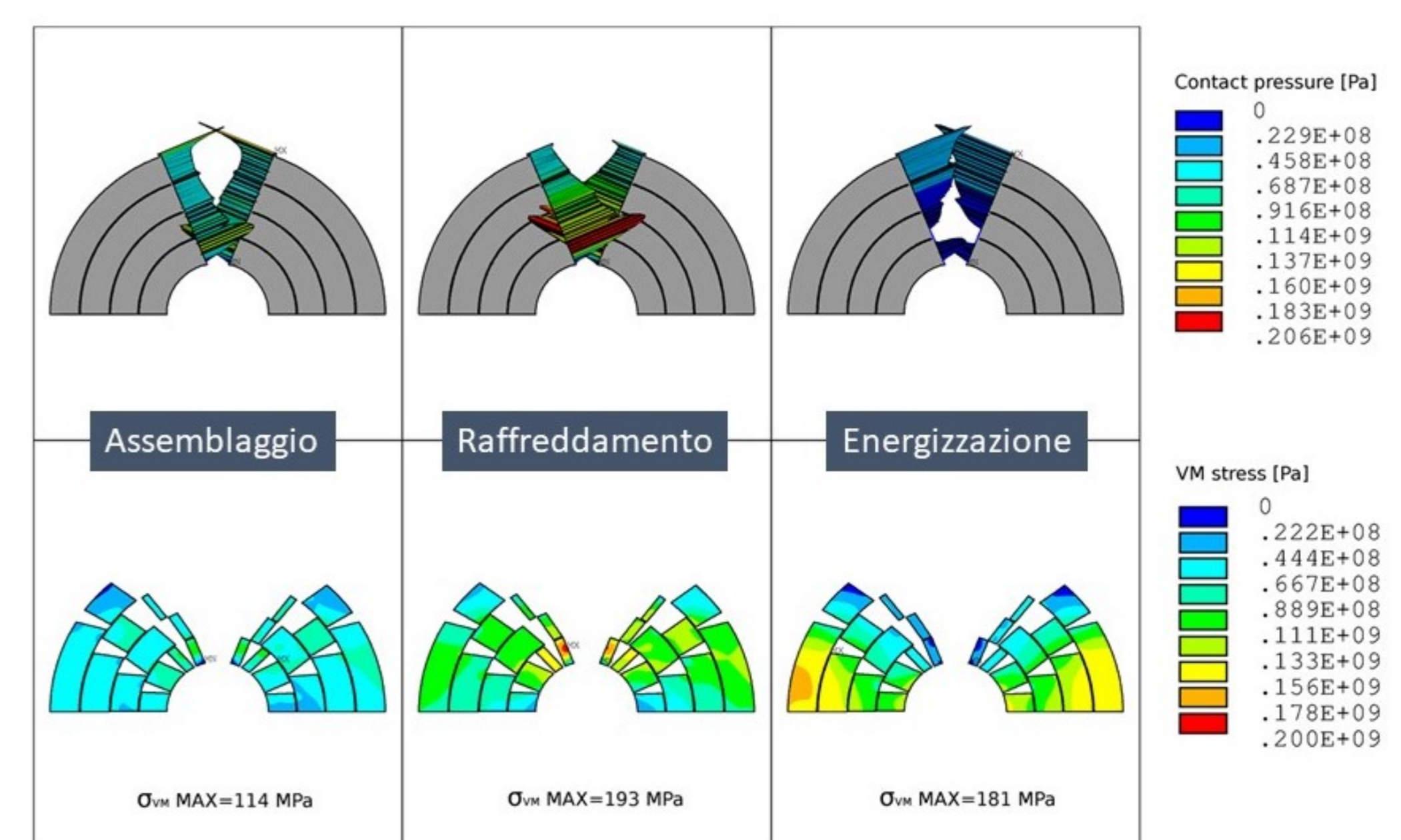


Figure 4: Pressione di contatto e stress di von Mises sui conduttori durante le tre fasi: assemblaggio, raffreddamento ed energizzazione.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato supportato dal programma Horizon 2020 dell'Unione Europea sotto il grant No 654305, progetto EuroCirCol.

