

Osservando il ct-scan è stato ipotizzato un danneggiamento causato dal superamento del carico limita radiale delle cgem

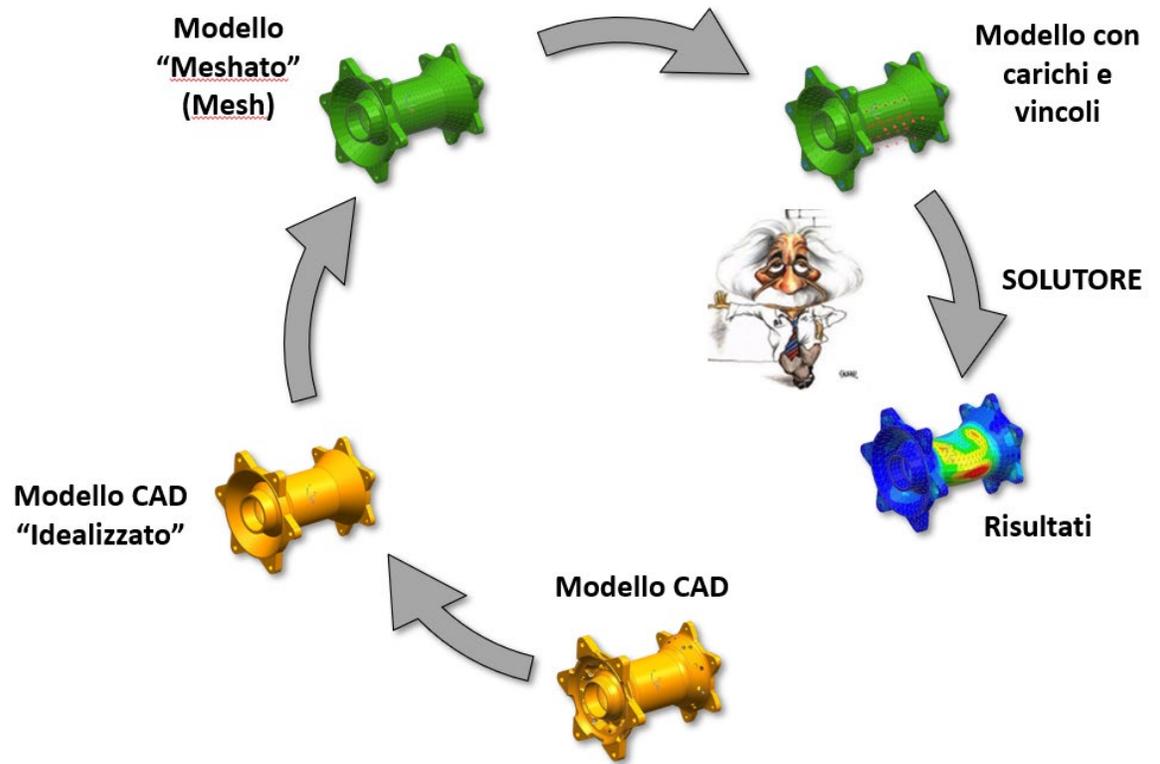


Rapporto di Prova Test Report	21-02930-01 Pag. 6 di 12	Data Date	27/04/2021	Committente Customer	ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA Via P. Giuria 1 10125 TORINO - TO
----------------------------------	-----------------------------	--------------	------------	-------------------------	---



Immagine ricavata dal ct-scan che mettono in evidenza il danneggiamento CGEM Layer_3

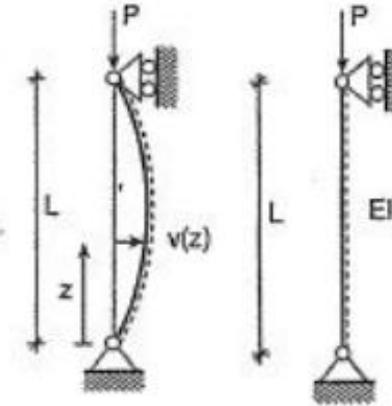
FEM - workflow



- L'instabilità si verifica quando una struttura si deforma improvvisamente con solo una leggera variazione del carico

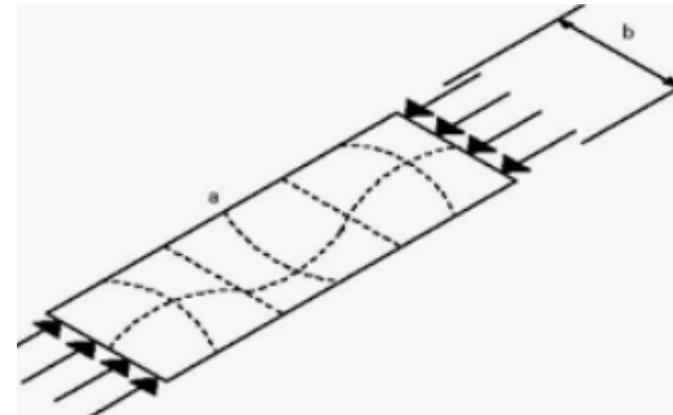
Buckling primario elastico

Strutture di forma allungata prevalentemente aste. Applicando un carico di compressione ad una trave oltre una certa soglia di forza applicata la deformata non è più rettilinea ma si inflette raggiungendo una configurazione stabile. È importante tenere conto che il carico critico non è un carico di rottura della struttura e che al raggiungimento di tale valore limite continua ancora a sopportare il carico applicato.

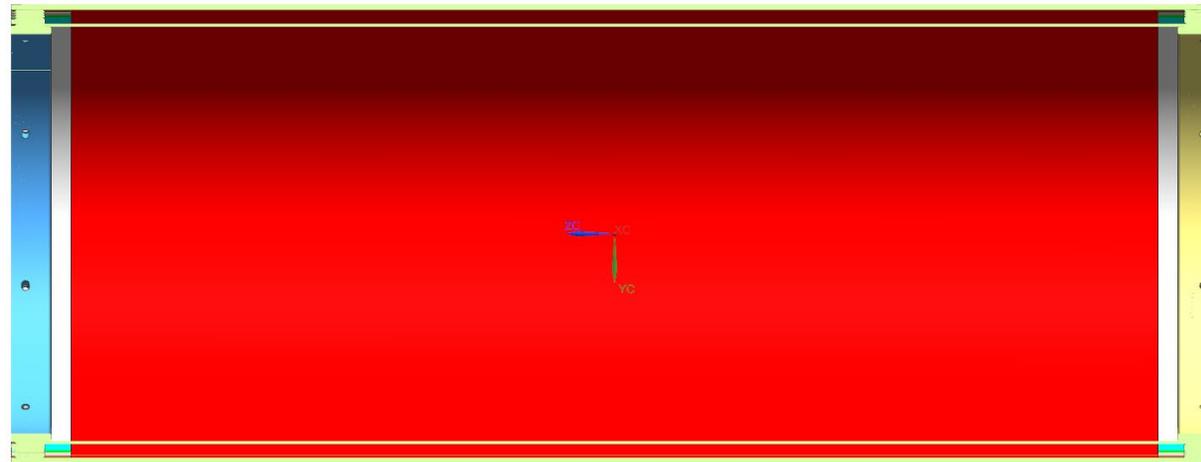


Buckling secondario elastico

Una piastra sottile può essere soggetta al *buckling* in molti modi differenti, in base alle sue dimensioni, al carico applicato e alle condizioni di vincolo e, generalmente, il carico critico è al di sotto del carico di rottura del materiale.



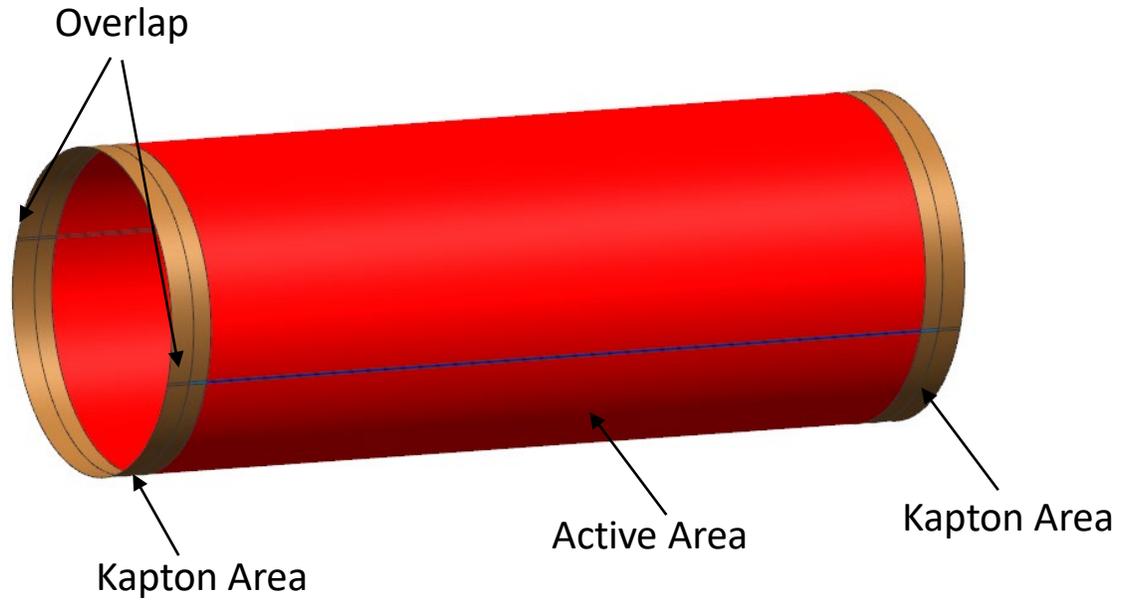
Le strutture cilindriche in parete sottile sono ampiamente utilizzate in quanto forniscono un elevato rapporto tra rigidità e peso. Hanno però l'intrinseca debolezza dell'essere particolarmente soggette a problematiche di instabilità dell'equilibrio sfociando in fenomeni di *buckling* dannosi per la funzionalità della struttura. Il valore finale del carico critico è molto sensibile alle condizioni al contorno e alle imperfezioni sia geometriche che delle proprietà del materiale.



Sezione longitudinale del Layer_3

La struttura di L3 è composta da un pannello sandwich circolare rigido e autoportante. Il danneggiamento riguarda solo le cgem la cui superficie risulta deformata in diverse zone. Per capire meglio il problema si sceglie di studiare una singola cgem valutando il carico limite radiale.

Modello della Gem3 del Layer_3



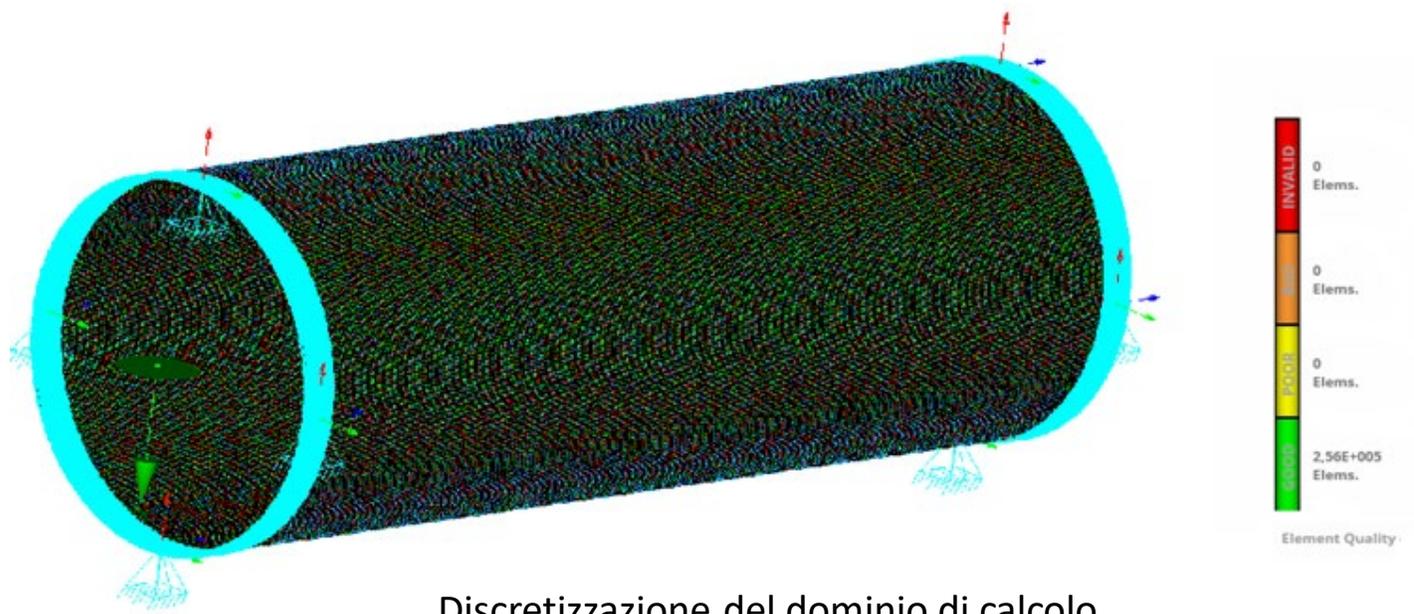
La cgem viene modellata come un cilindro con un ID = 346mm una Ltot = 940mm e una Laa=847mm **privo di imperfezioni**. L'area attiva della Gem viene modellata come un foglio di kapton bi-ramato con la **massa distribuita su tutta la superficie**. Le proprietà meccaniche della cgem rappresentate in tabella sono state ricavate sperimentalmente da Lina Quintieri e pubblicate in una nota interna dei Laboratori: LNF-09/12(IR) November 11, 2009. L'overlap viene modellato trascurando lo spessore della colla.

Component	Mass [Kg]	Thickness [μm]	Equivalent density[kg/m ³]	Linear El. Modulus [GPa]	Poisson Coefficient
Active Area GEM-3	0,1273	50 (K) + 10 (Cu)	2291	4,8	0,335
<u>Kapton</u> Area GEM-3	7,2*10-3	50 (K)	1420	3,1	0,34

Verifica 1g Gem3_Layer_3

Software FEM:
 Pre and Post processing MSC Apex 2020 & Patran 2020.
 Solver MSC/NASTRAN 2020.

Il cilindro viene vincolato su tutti i gradi di libertà alle estremità in corrispondenza della superficie incollata sugli anelli.



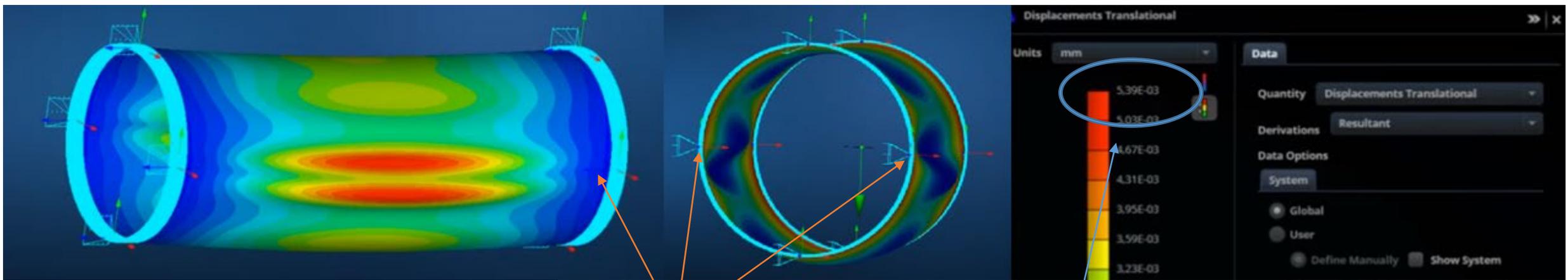
Discretizzazione del dominio di calcolo

L3_Gem3 Structural Model Size	
Mesh Model	SHELL
Mesh Method	Mapped
Mesh Type	CQUAD4
Mesh Size	2 mm
No. Element	256000

Principali parametri della Mesh
 (NASA SP-8007 – 1968)

Dal punto di vista dell'analisi FEM si cerca di trovare il fattore di moltiplicazione più basso per il carico 1g che farà deformare la struttura della cgem.

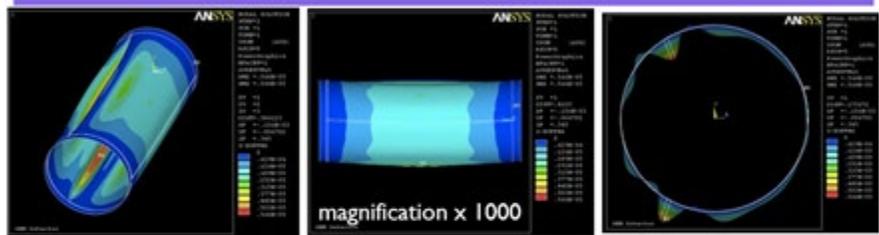
Verifica 1g Gem3_Layer_3



Static under gravity: Gem1 of Cgem
(clumped at 1 end and free to move in axial direction at the other end)

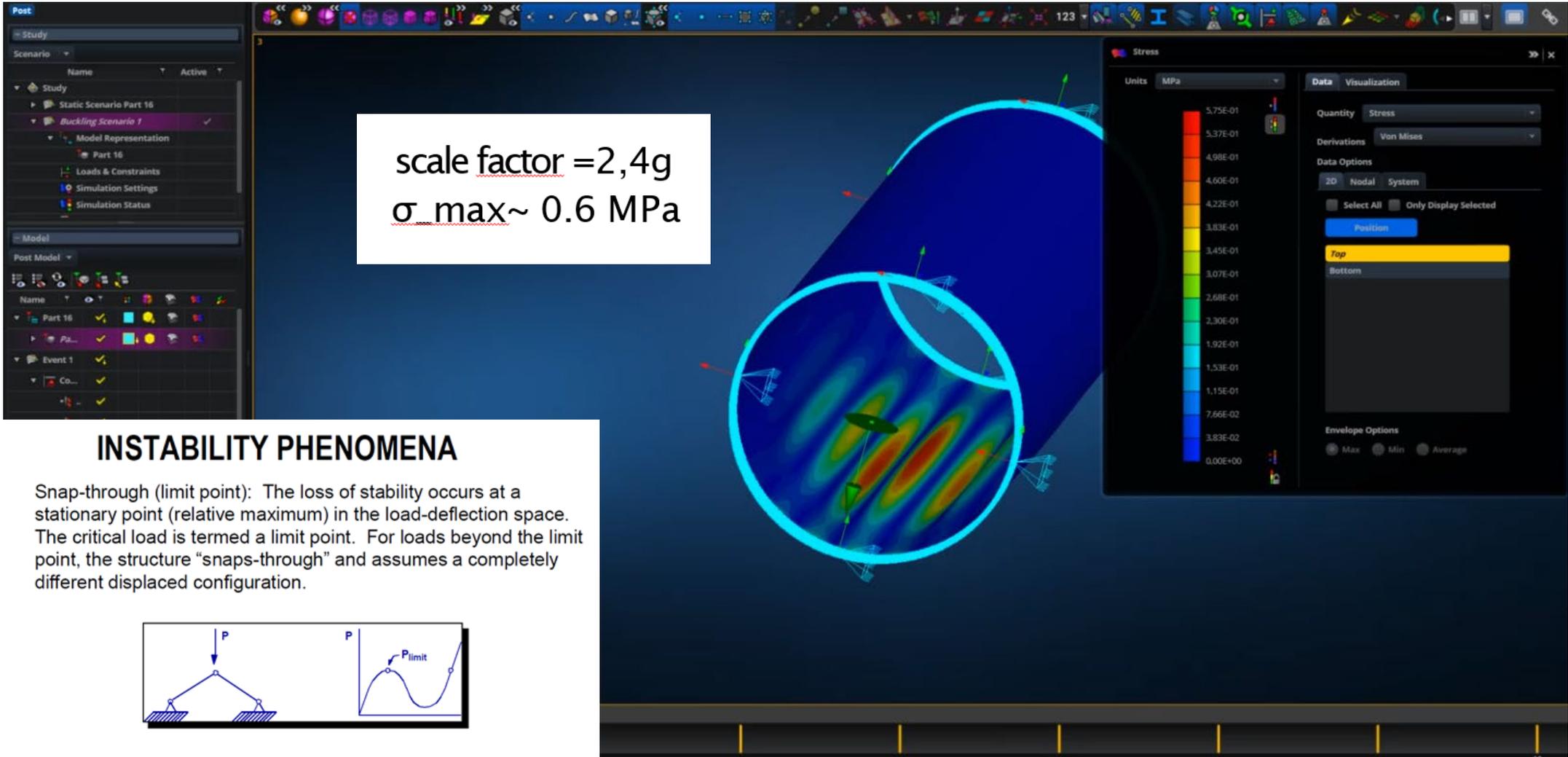
overlap

Viene applicato un carico radiale di 1g per valutare la deformata dovuta al peso proprio. I risultati sono in linea con quelli osservati da Lina Quintieri. Si notano delle increspature nei pressi dell'overlap che si ripercuotono smorzandosi sulla superficie del cilindro.



$L_{act}=0.7 \text{ m}$; $R_{g1}=0.153 \text{ m}$
 $U_{sum_max} = 5.7 \text{ E-6 m}$
 $\sigma_{max} = 0.3 \text{ MPa}$

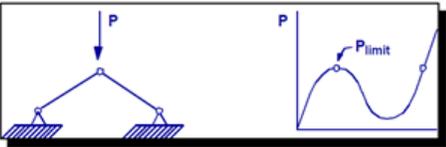
L.Quintieri,S.Cerioni,G.Morello



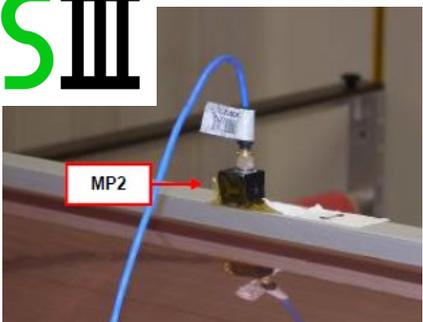
scale factor = 2,4g
 $\sigma_{\text{max}} \sim 0.6 \text{ MPa}$

INSTABILITY PHENOMENA

Snap-through (limit point): The loss of stability occurs at a stationary point (relative maximum) in the load-deflection space. The critical load is termed a limit point. For loads beyond the limit point, the structure “snaps-through” and assumes a completely different displaced configuration.



Verifica sperimentale: test di caduta



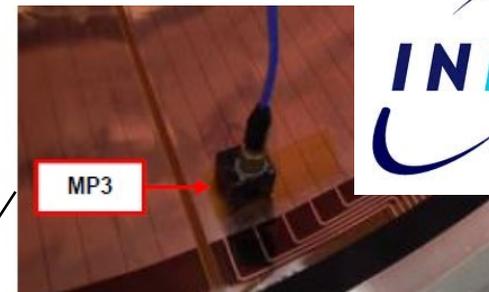
POWERFLEX
ADVANCED MEASURING SOLUTIONS

QUALIFICATION TEST REPORT

TITLE
BES III
Drop Test

DOC 21037_00_TR
REV 00
DATA 26/09/2021
INT. ORD. 21182
PAGINE 27 / 27

POWERFLEX ENVIRONMENTAL TEST LABORATORY



Test 6	Asse X	H=3 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 X	15.7	-12.4
MP2 X	15.5	-18
MP3 X	8.4	-17.6
MP4 X	3.1	5.6

Test 7	Asse X	H=5 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 X	Overload	Overload
MP2 X	Overload	Overload
MP3 X	13.50	-25.5
MP4 X	4.9	-12.5

Tabella 5: Drop Test – Asse X

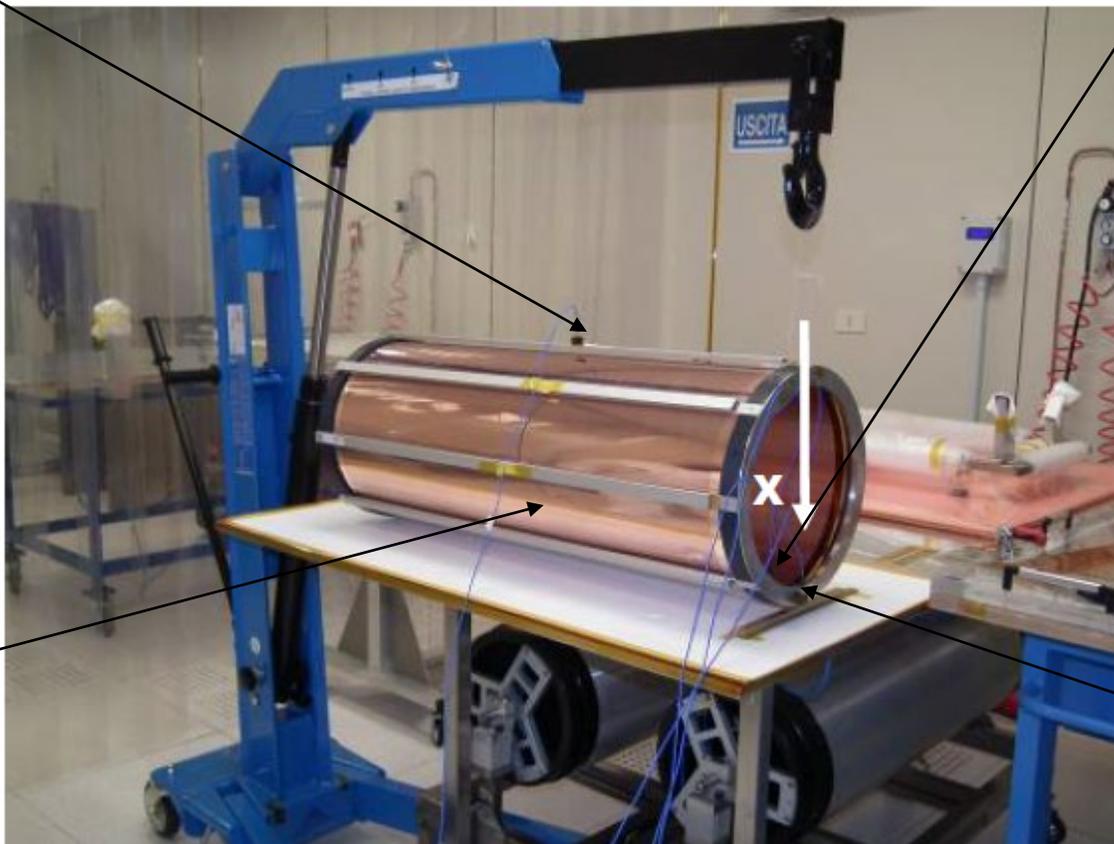
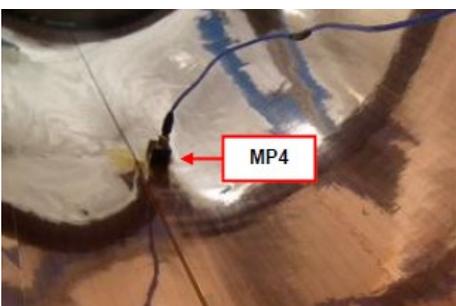


Figura 3: BES III – Asse X.

Test 3	Asse X	H=1cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 X	Overload(*)	Overload
MP2 X	5.8	-7.8
MP3 X	6.6	-12
MP4 X	1.4	-3.3

Test 4	Asse X	H=1.5 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 X	4.2	-11.4
MP2 X	10.2	-8.0
MP3 X	6.6	-9.5
MP4 X	2.5	-4.9

Test 5	Asse X	H=2 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 X	4.9	-12.1
MP2 X	7.5	-13
MP3 X	6.1	-11
MP4 X	2.3	-4.2

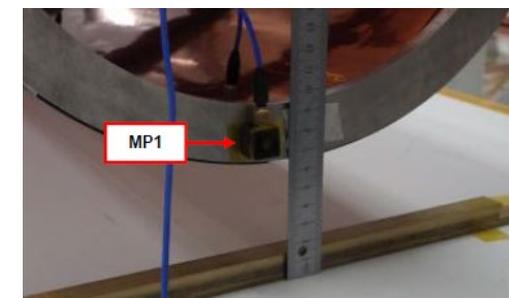




Figura 20: Configurazione di prova Asse Z

Test 8	Asse Z	H=1 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 Z	Overload	Overload
MP2 Z	Overload	Overload
MP3 Z	23.4	-29.3
MP4 Z	-7.3	-23.3

Test 9	Asse Z	H=2 cm
Punto Misura	Max Accelerazione (g)	
	Positive	Negative
MP1 Z	13.1	-37.5
MP2 Z	6.0	-19.3
MP3 Z	13.3	-32.5
MP4 Z	6.7	-25.7

Tabella 6: Drop Test – Asse Z

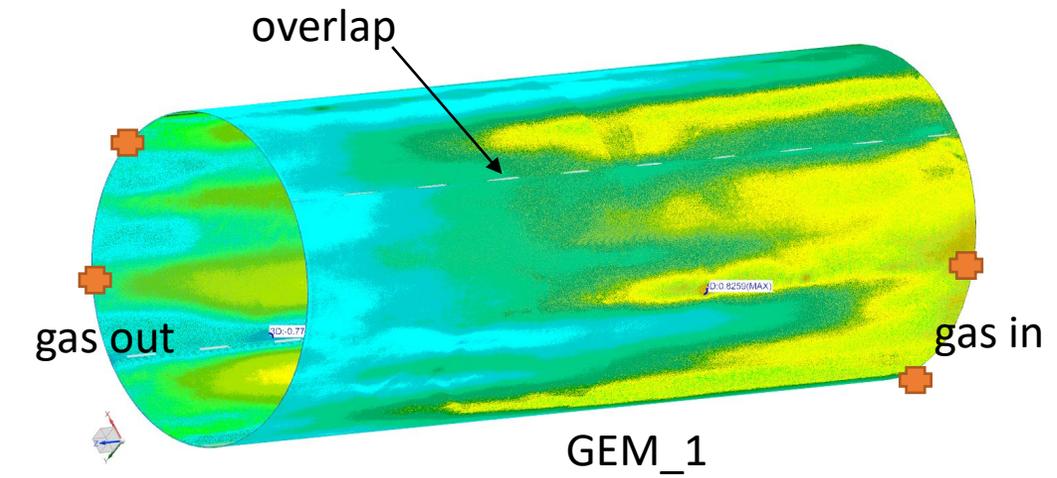
CONCLUSIONI

I drop test hanno lo scopo di verificare che il BES III sia in grado di sostenere senza danni, piegature e/o imbozzamenti strutturali gli urti meccanici provocati con varie cadute da altezze differenti misurando il livello di sollecitazione trasmesso. Il drop test è stato eseguito in due configurazioni :

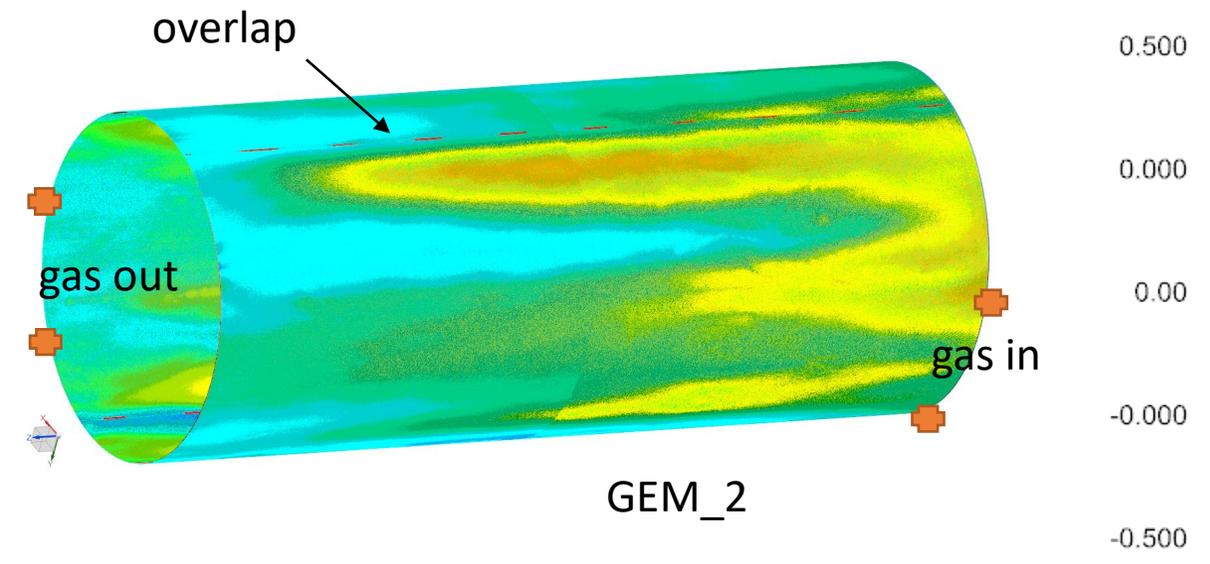
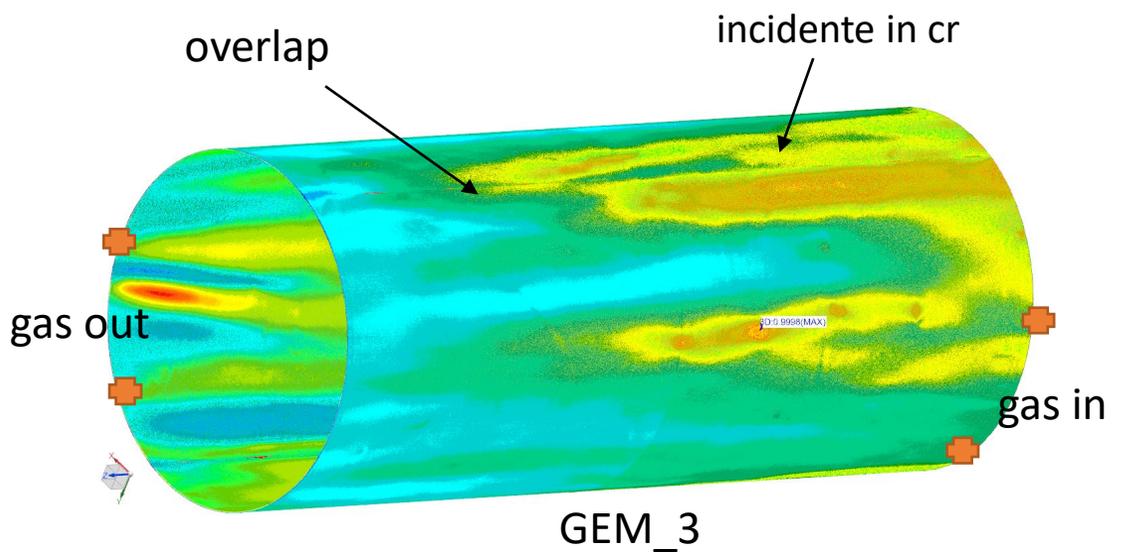
Asse X: l'oggetto di prova è stato posizionato longitudinale e fatto cadere su un punto dell'anello esterno.

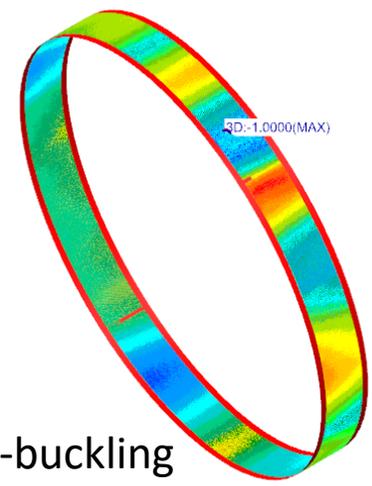
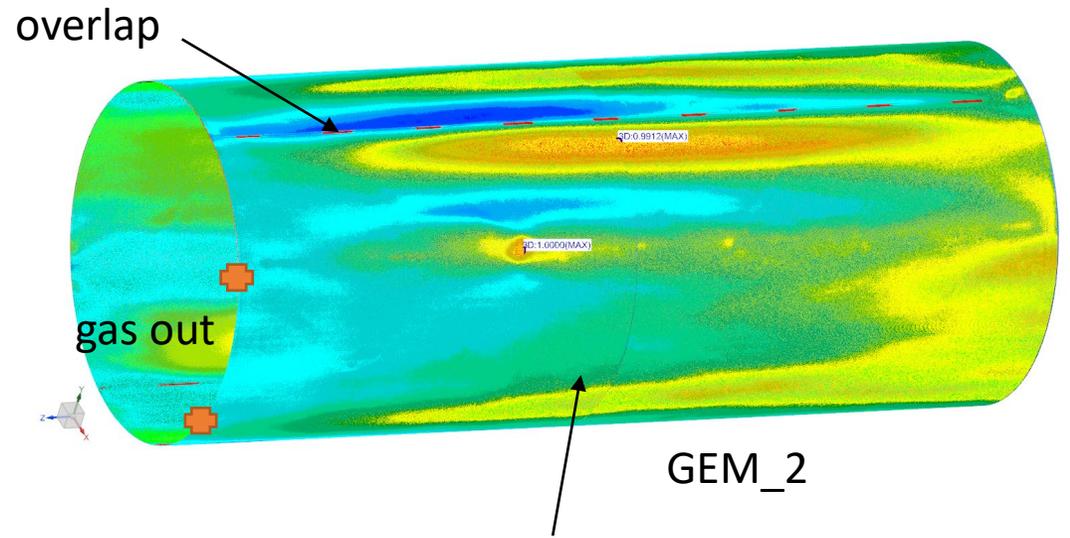
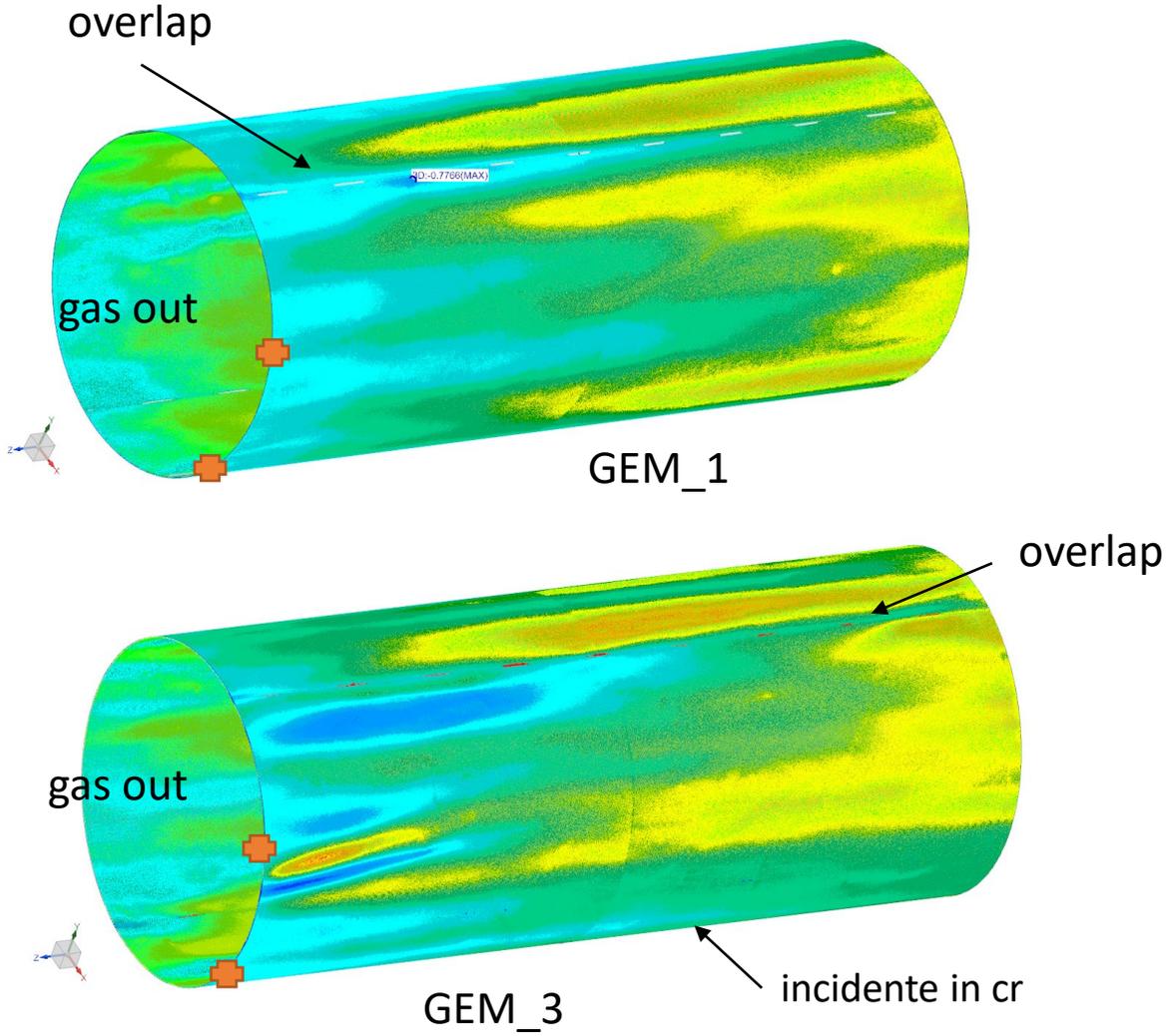
Asse Z: l'oggetto di prova è stato posizionato verticale e fatto cadere su tutto l'anello esterno.

Per ogni asse X e Z sollecitato, il personale di Powerflex e di INFN ha eseguito numerose ispezioni visive del BES III durante e dopo ogni drop test; tali ispezioni visive hanno evidenziato delle anomalie come pieghe, strigliature e bozze del CGEM che compaiono e scompaiono in maniera randomica da un test ad un altro. Probabilmente durante il test n.7 si sono generate deformazioni plastiche e/o permanenti del CGEM. Sono necessarie ulteriori prove per confermare questo dato. Mentre è risultato evidente, durante gli altri test, che non si sono generate deformazioni plastiche e/o permanenti del CGEM qualsiasi sia stato l'asse sollecitato.



Nelle immagini viene mostrato lo scostamento tra la dimensione nominale e la dimensione della superficie deformata. Viene sovrapposto il cilindro con dimensioni nominali al cilindro ricostruito dal file vgl generato dal ct-scan.





- L'analisi FEM ha messo in evidenza una criticità sulla struttura della cgem.
- La verifica sperimentale ha misurato il carico limite radiale della cgem che si attesta attorno i 3g.
- Il modello CAD ricostruito dal file generato dal ct-scan mostra le deformate post-buckling sui tre cilindri che risultano leggermente «aperti» sul lato gas-in dove vengono incollati gli anelli spaccati.
- Si deve stimare un valore di buckling limite per mettere in sicurezza il rivelatore.