

Ottimizzazione delle prestazioni
ad urto frontale di un cofano
automobilistico mediante
simulazioni agli elementi finiti
espliciti e mesh morphing

LAUREANDO

MANUEL VOLPONI

RELATORE

MARCO EVANGELOS BIANCOLINI

CORRELATORE

LEONARDO GERONZI



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

«Il progetto di un nuovo modello di automobile è il risultato di un lavoro complesso che vede coinvolte professionalità diverse. Un iter metodologico articolato che ha inizio sin dalle prime fasi di impostazione e non si esaurisce nemmeno nell'assemblaggio finale sulle linee di produzione.»

(Roberto Giolito, Centro Stile Fiat)

La prima fase della progettazione di un veicolo avviene all'interno di centri stile dove architetti e designer attraverso disegni tecnici e **studi di bellezza** danno una prima idea del prototipo automobilistico che dovrà essere costruito. Soltanto dopo, gli ingegneri vanno a valutare **la funzionalità e la fattibilità costruttiva** del prodotto.



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

Problema
Iniziale

- **Progettare a crash il cofano di un pick-up di cui conosciamo la geometria.**

Come Agire

- **Conservando gli studi effettuati in precedenza sul cofano di un'altra auto, ovvero un Honda Accord.**

Mezzi
necessari

- **Fare uso di tecniche di morphing per adattare la griglia computazionale e ottimizzarla.**

Scopo

- **Confrontare i risultati ottenuti a crash del cofano originale e del cofano aggiornato della Accord.**



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

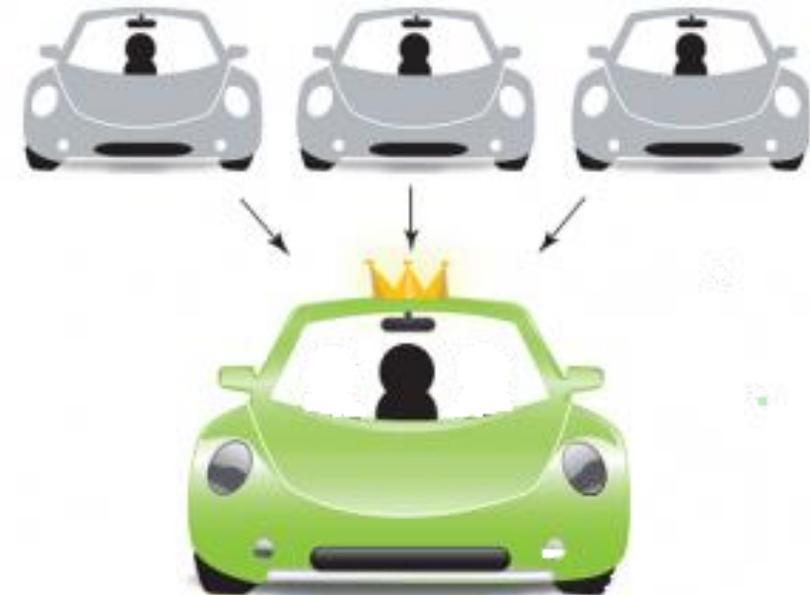
Risultati

Conclusioni

Finalità

Dimostrare che con tale procedimento si possono avere dei risultati in termini di **energia**, **decelerazione e stress** simili per il cofano della Silverado originale e della Honda aggiornato.

Dimostrare che la tecnica di morphing nell'ambiente automotive sia una tecnica valida per **condividere e conservare** gli studi effettuati già su modelli precedenti ed avere **risultati rapidi** di come si comporta il nuovo componente.

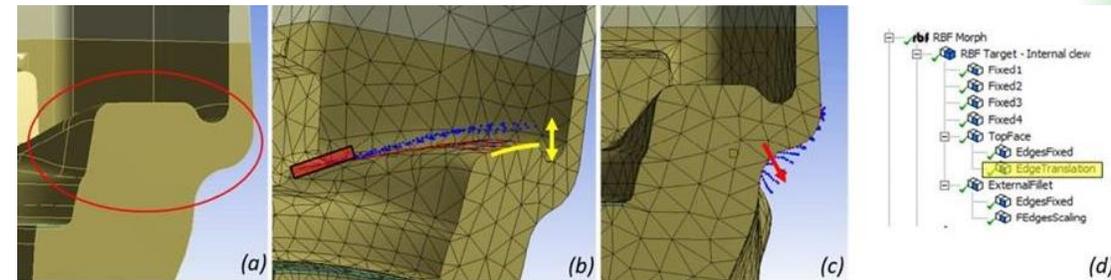
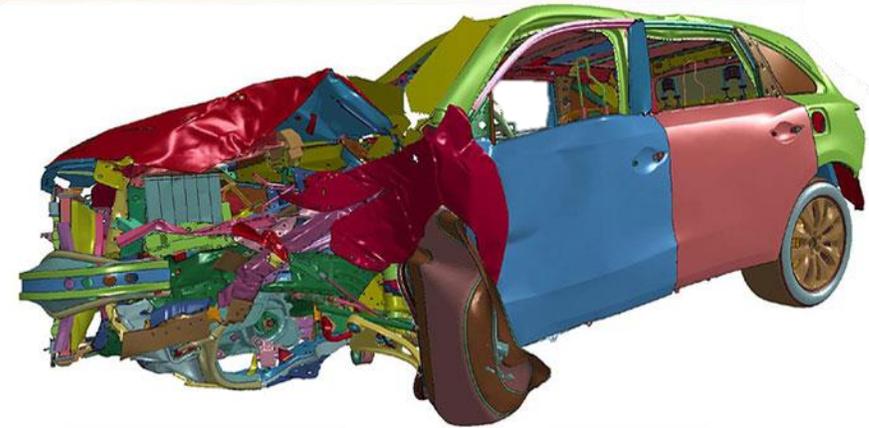


Strumenti utilizzati

Gli strumenti CAE (Computer-Aided Engineering) utilizzati sono principalmente 3:

- **Ansys Workbench** programma che per mezzo degli **elementi finiti** e utilizzando il **solutore esplicito LS-DYNA**, è in grado di risolvere problemi altamente non lineari e simulare la risposta dei materiali a sollecitazioni forti di breve durata.
- **LS-PrePost** un pre e post-processore avanzato compatibile con LS-DYNA.
- **RBF Morph** estensione di Ansys Mechanical che permette modifiche di griglie computazionali, semplicemente aggiornando le posizioni nodali.

Simulation Postprocessor



Introduzione

Morphing

LS- DYNA

Simulazioni

Primi risultati

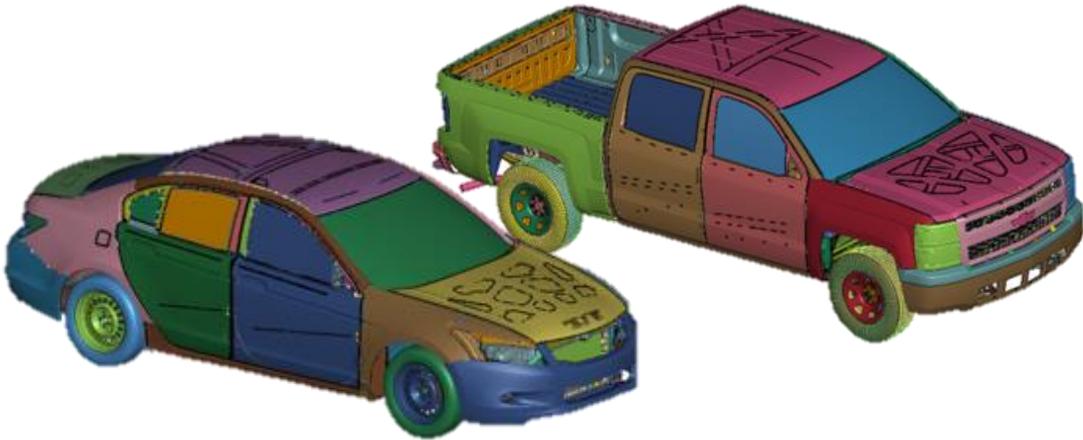
Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

Primi Passi

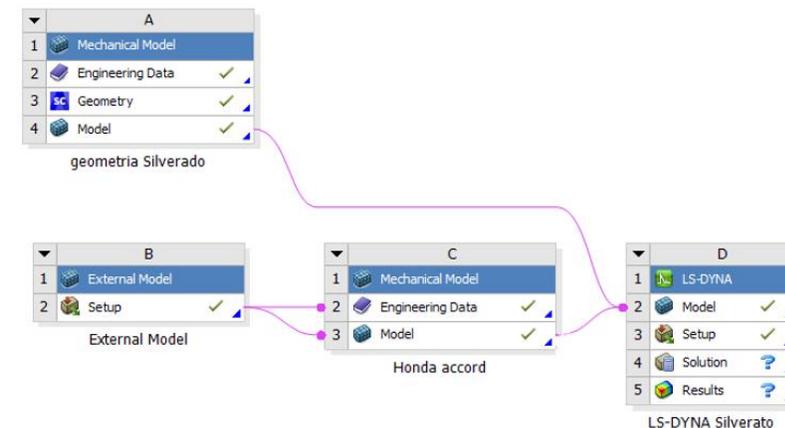
- **Reperire** dal sito di NHTSA i file della Silverado e della Honda necessari per estrarre i cofani usando LS-PrePost.
- **Creazione** della geometria del cofano esterna della Silverado con SpaceClaim.





Requisiti per il morphing

- La geometria della Honda dopo il morphing deve combaciare perfettamente con la geometria creata della Silverado.
- Le ossature interne devono mantenere le stesse proporzioni per i 2 cofani.
- I vincoli geometrici e di produzione devono essere mantenuti.
- Non sono accettate deformazioni discontinue.





Source e Target

RBF Morph ACT Extension agisce come un operatore matematico che gestisce due nuvole di punti RBF: da una parte la nuvola “Target” dei cui punti vogliamo determinare lo spostamento e, dall’altra parte, la nuvola “Source” in cui il campo di spostamento è noto e le RBF sono calcolate.

Nel nostro caso i **Target** sono tutti i corpi appartenenti alla mesh dell’Honda, i **Source** invece sono le superfici e le curve i cui punti hanno un moto imposto.

Target

Details of "RBF Target"	
Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	918 Faces
Definition	
Transformation	Translation
Translation Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Delta x	0 m
<input type="checkbox"/> Delta y	0 m
<input type="checkbox"/> Delta z	0 m
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Undeformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	No
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	15416
<input type="checkbox"/> Target	46854

Source

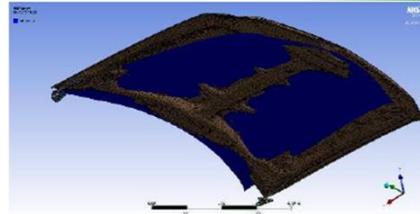
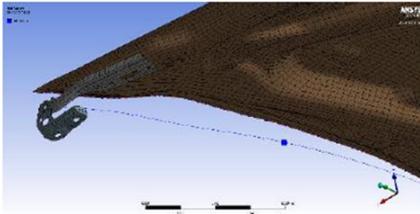
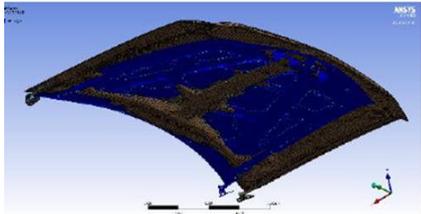
Curve Targeting

Details of "RBF Source"	
Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Edge
Definition	
Transformation	Curve Targeting
<input type="checkbox"/> Percentage	1
Invert	No
Method	Parametric
Vertex refinement	Yes
Geometry Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Edge
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Undeformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	No
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	0
<input type="checkbox"/> Target	157

Source

Surface Targeting

Details of "RBF Source"	
Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Transformation	Surface Targeting
<input type="checkbox"/> Percentage	1
Targeting behaviour	Along Target Normal
Geometry Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Deformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	No
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	521
<input type="checkbox"/> Target	15416



Introduzione

Morphing

LS- DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

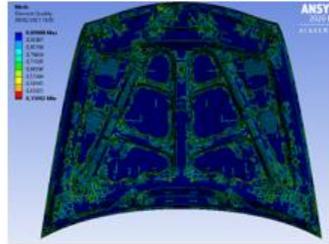
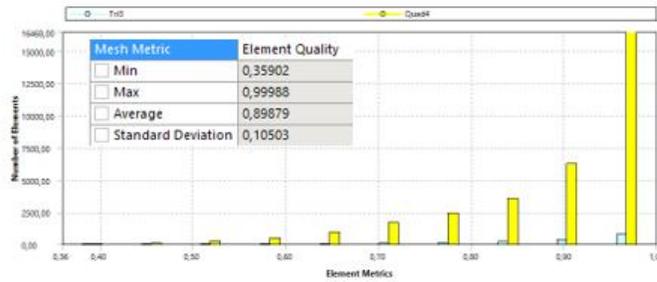
Risultati

Conclusioni

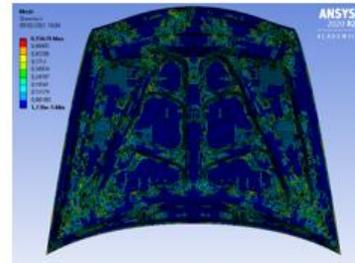
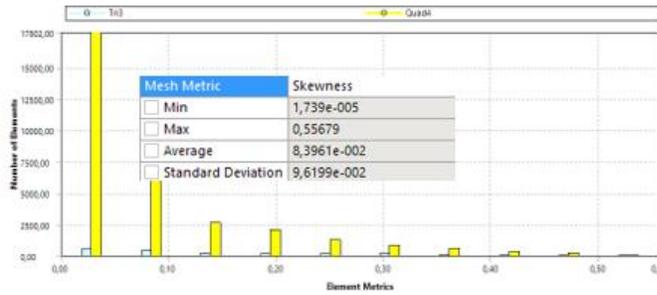


Mesh Honda

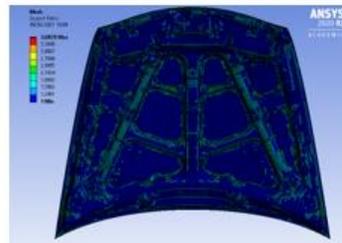
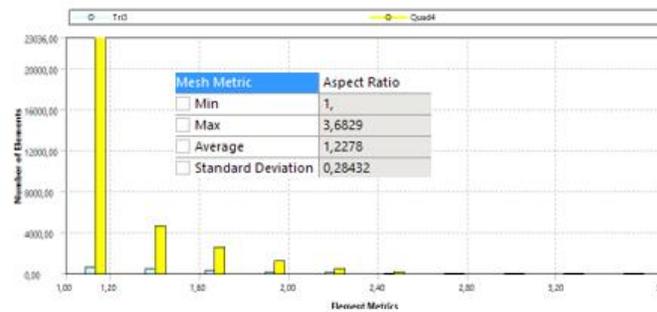
- Element quality



- Skewness

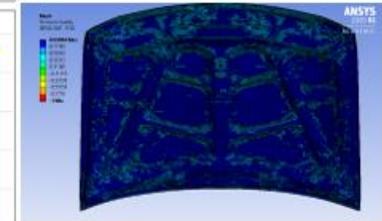
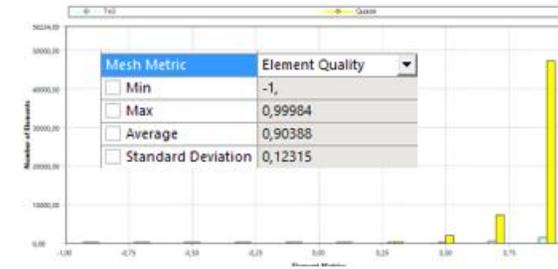


- Aspect ratio

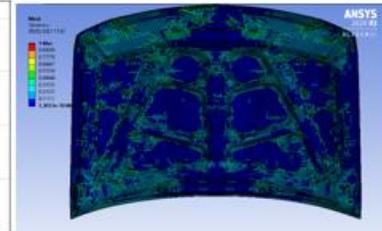
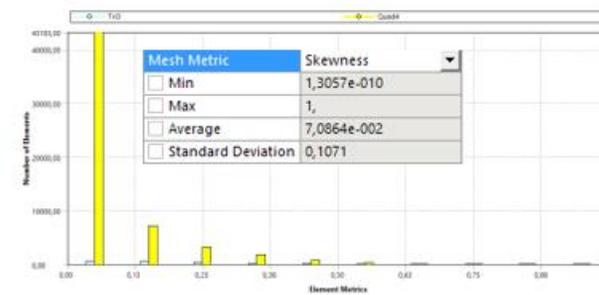


Mesh Honda aggiornata

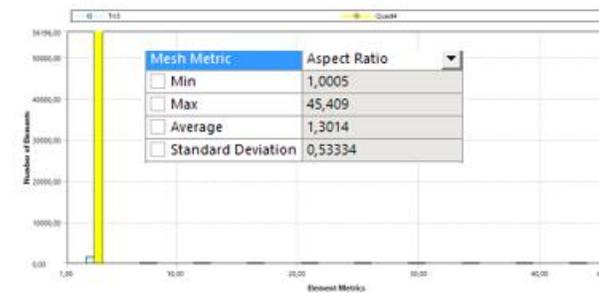
- Element quality



- Skewness



- Aspect ratio



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

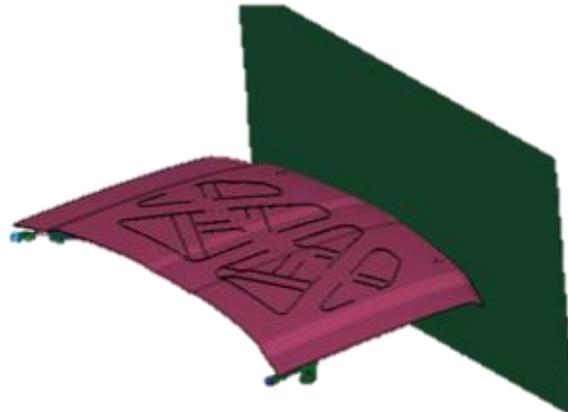
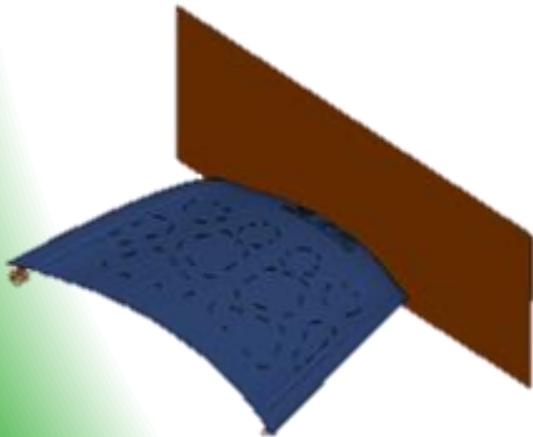
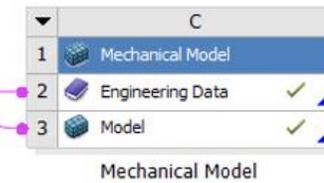
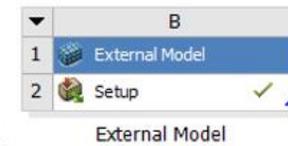
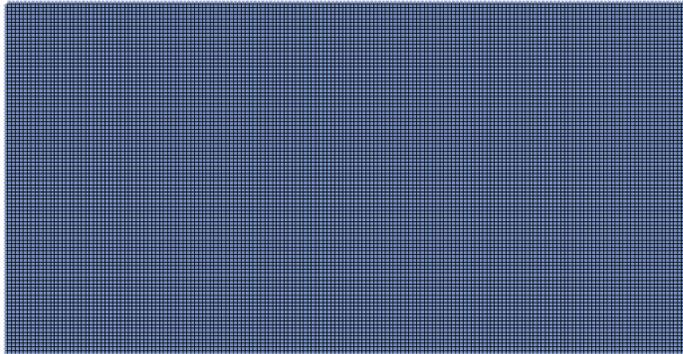
Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

ESECUZIONE SIMULAZIONI

Creazione del muro con LS-PrePost



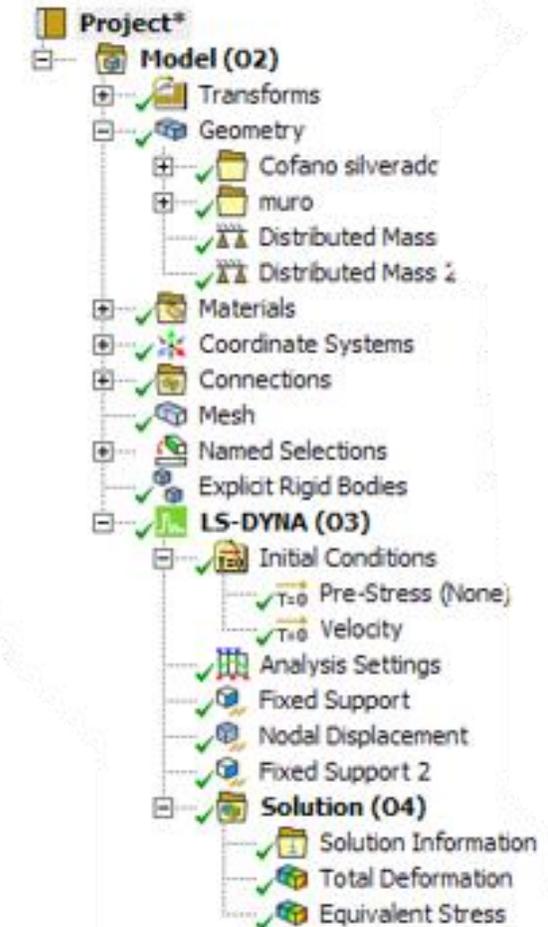
Impostazioni dell'analisi con LS-DYNA

Condizioni al contorno necessarie per svolgere la simulazione:

- Velocità del cofano di 50 km/h.
- Corpi rigidi con la funzione « Explicit Rigid Bodies».
- Traslazione e rotazione del muro vincolata.
- Massa battente da rallentare durante l'impatto uguale al 10% del peso dell'auto.

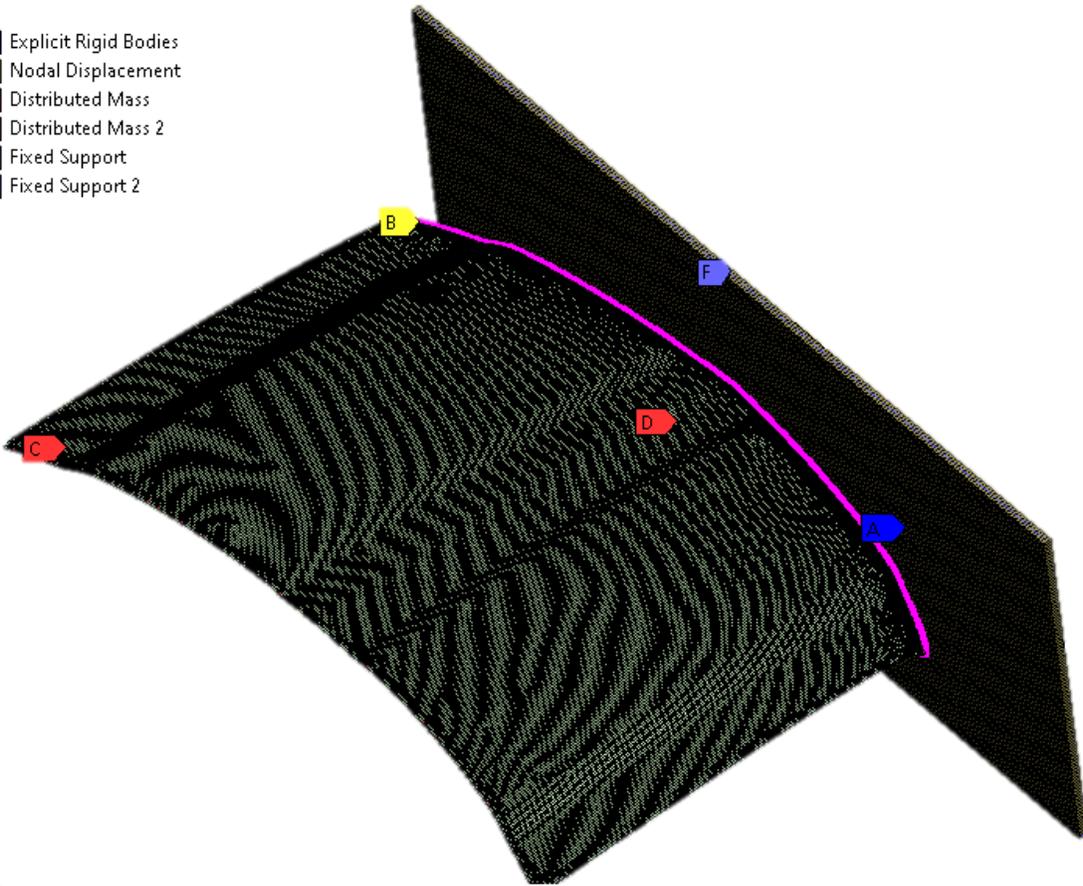
Impostazioni di analisi per il solutore esplicito:

- End time di 0,05 s.
- Time step scale factor (TSSFAC) di 0,7.
- Max numero di cicli di 10000000.



Simulazione del cofano originale Silverado

- A** Explicit Rigid Bodies
- B** Nodal Displacement
- C** Distributed Mass
- D** Distributed Mass 2
- E** Fixed Support
- F** Fixed Support 2



C: LS DYNA SILVERADO ORIGINALE

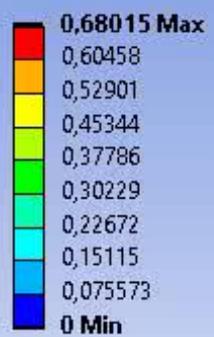
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 5,e-002

10/02/2021 16:48



ANSYS
2020 R2
ACADEMIC

Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

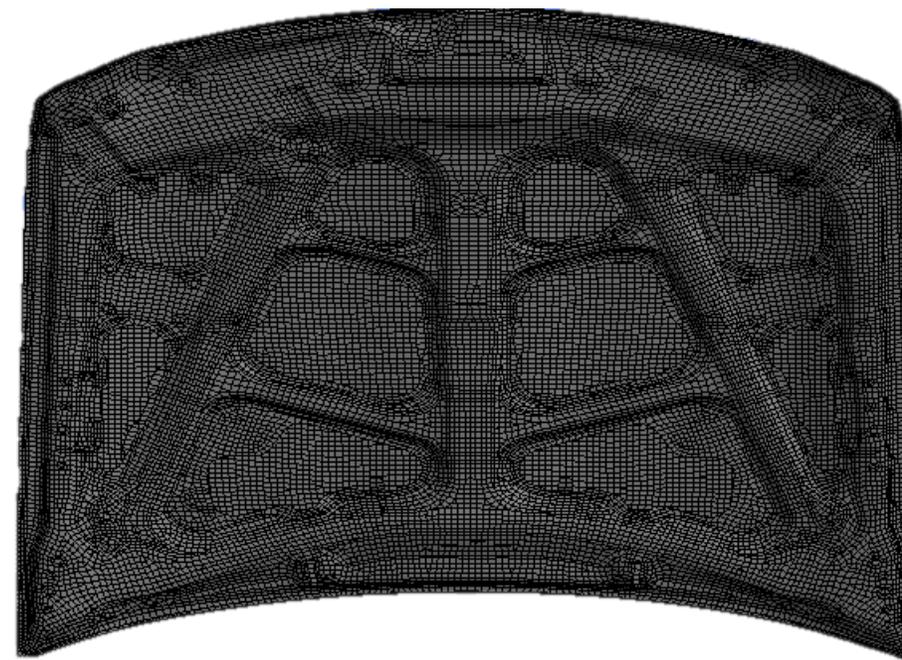
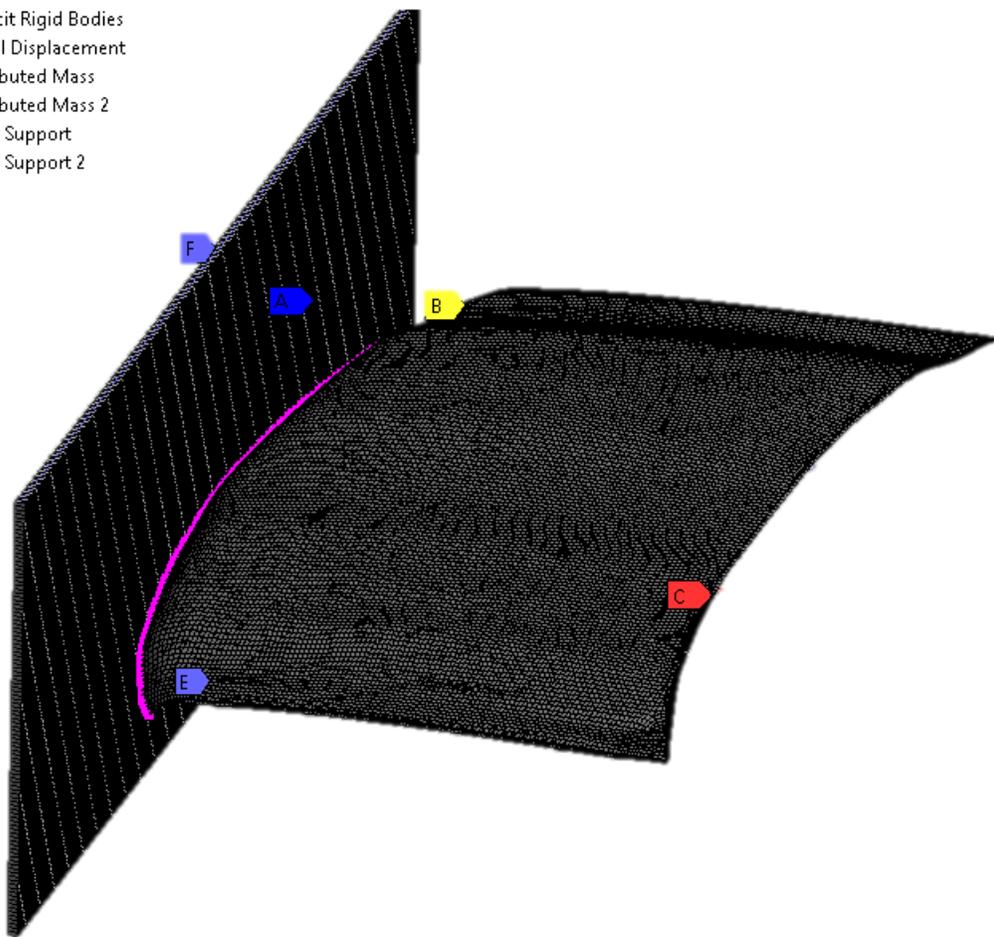
Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

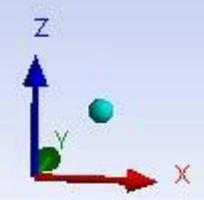
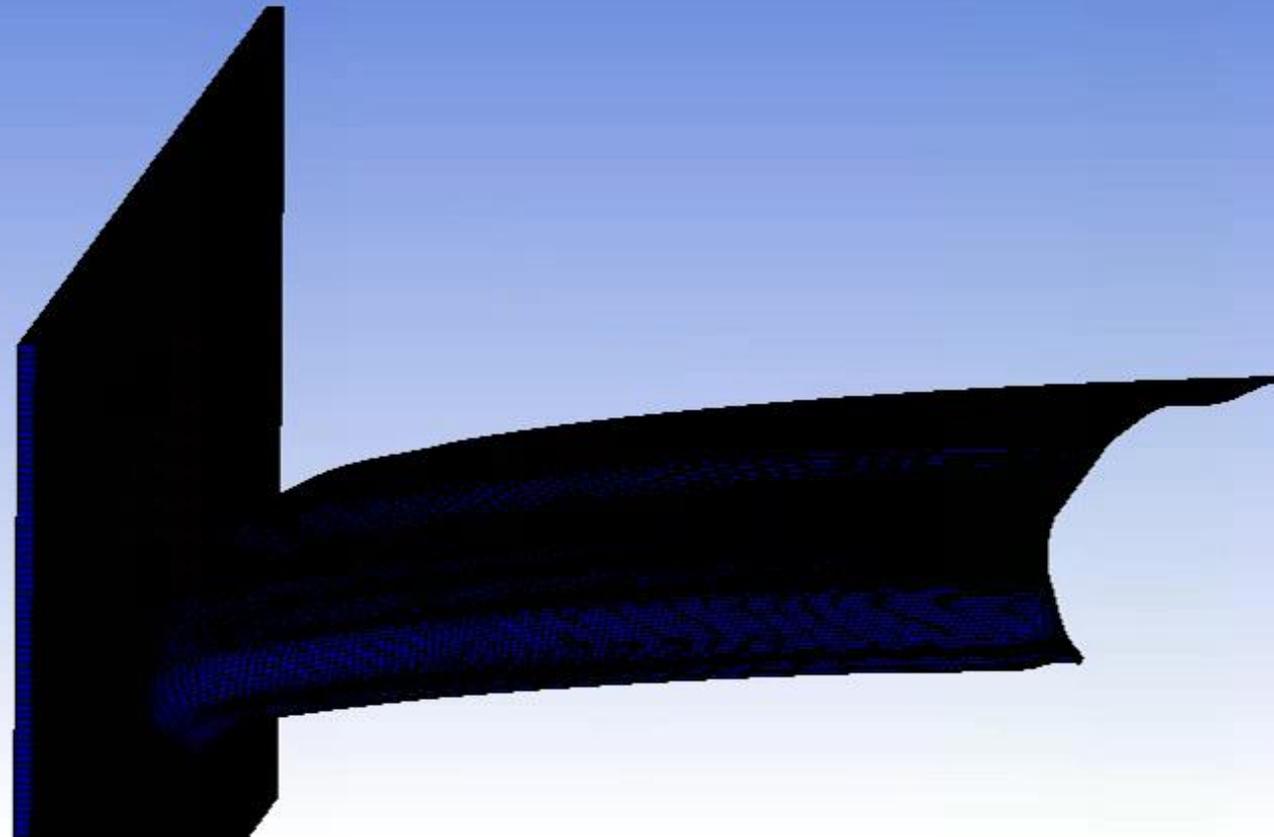
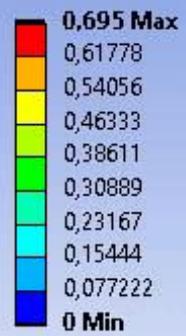
Simulazione del cofano ottenuto per morphing

- A** Explicit Rigid Bodies
- B** Nodal Displacement
- C** Distributed Mass
- D** Distributed Mass 2
- E** Fixed Support
- F** Fixed Support 2



J: LS-DYNA cofano morphato

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1,0101e-003
10/02/2021 16:38



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

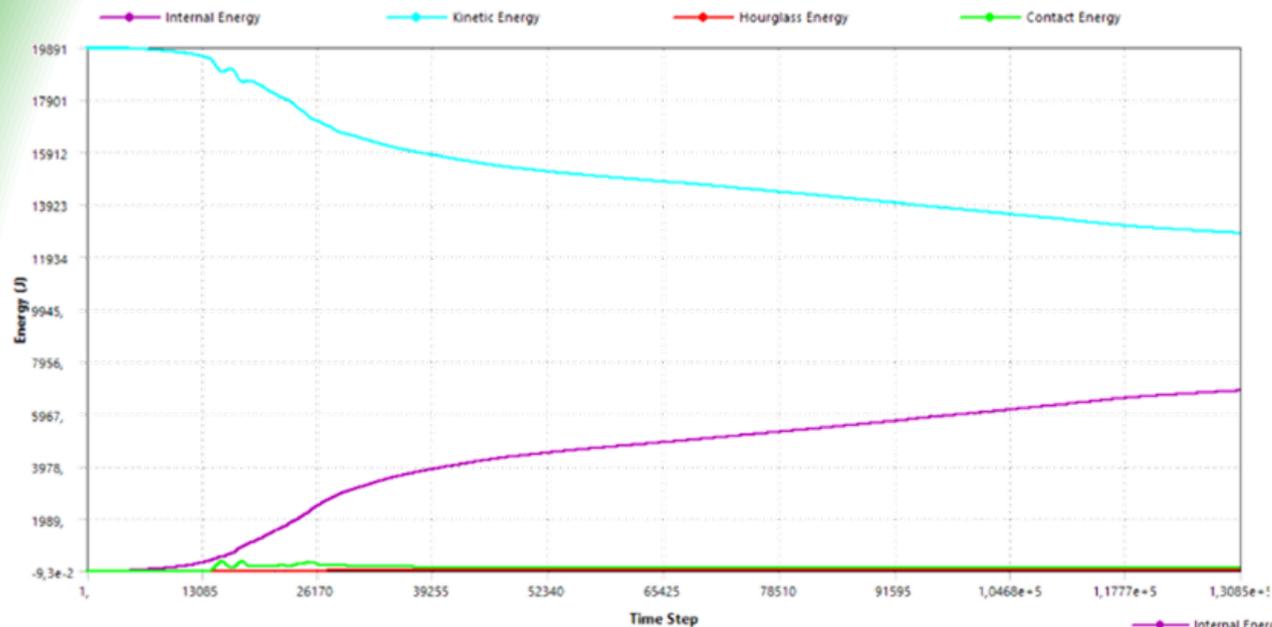
Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

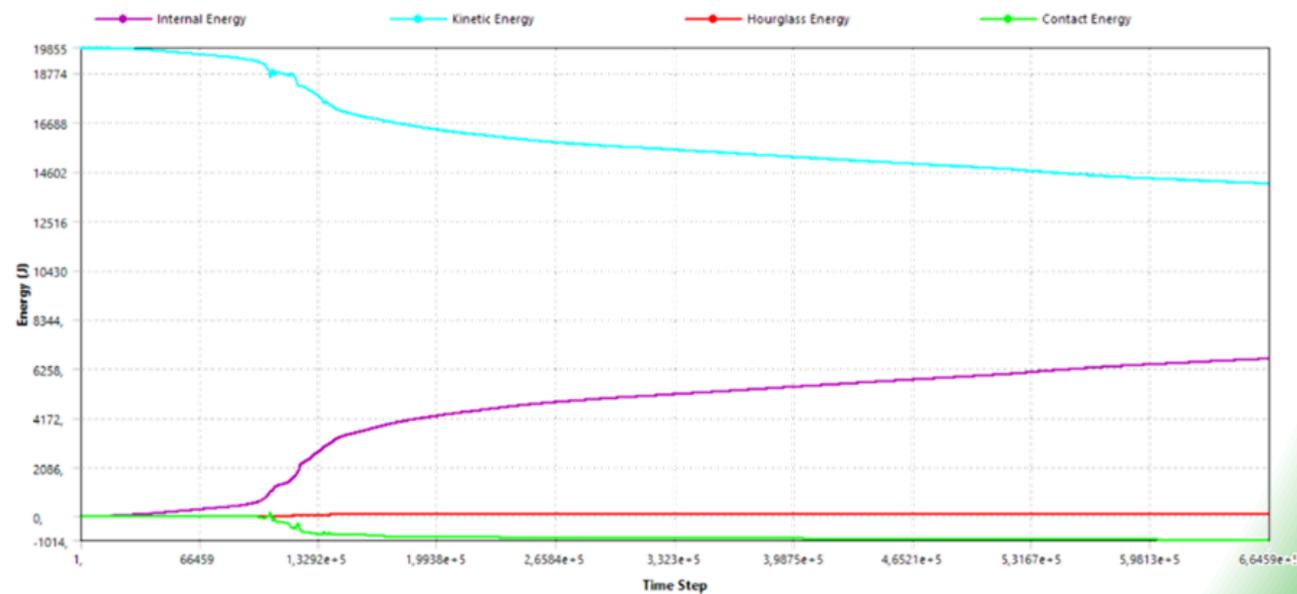


Cofano originale

Energia cinetica dissipata è di 6900J

Cofano Honda aggiornato

Energia cinetica dissipata è di 5350J



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

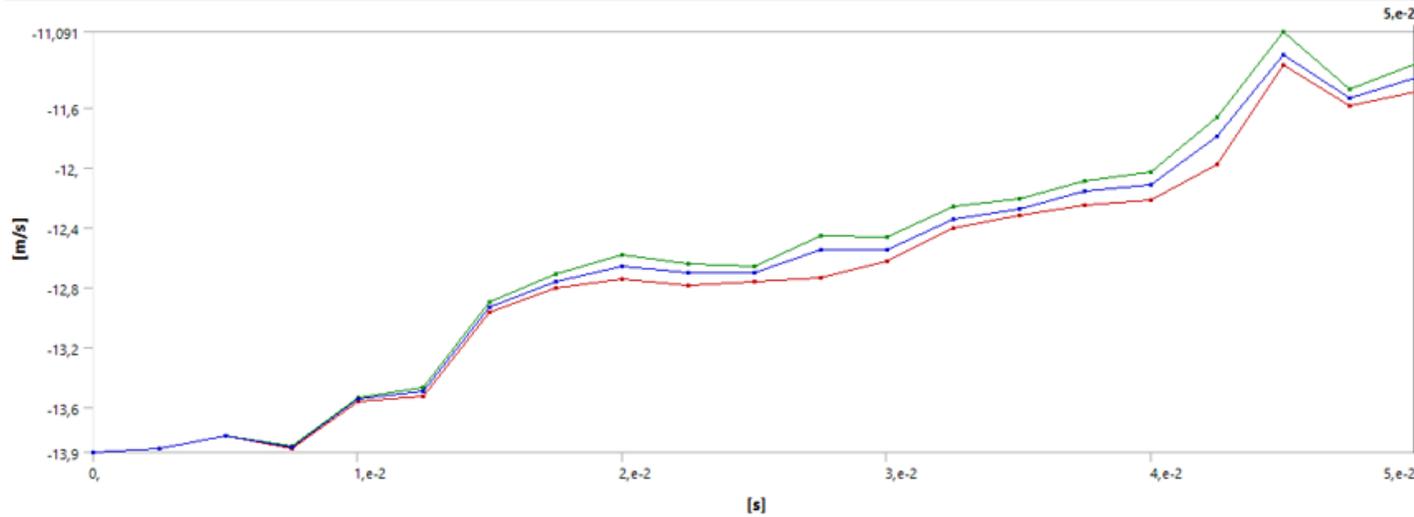
Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

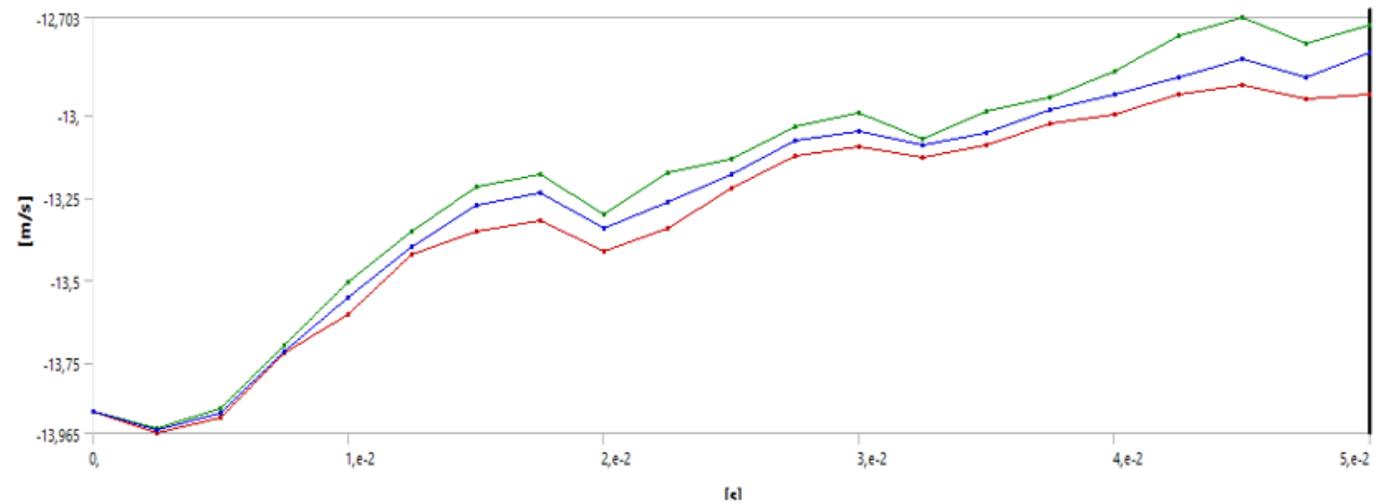
Risultati

Conclusioni



Cofano originale

Cofano Honda aggiornato



Si può osservare nel cofano originale una pendenza diversa che indica un cambiamento di velocità diverso e quindi una decelerazione diversa.

Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

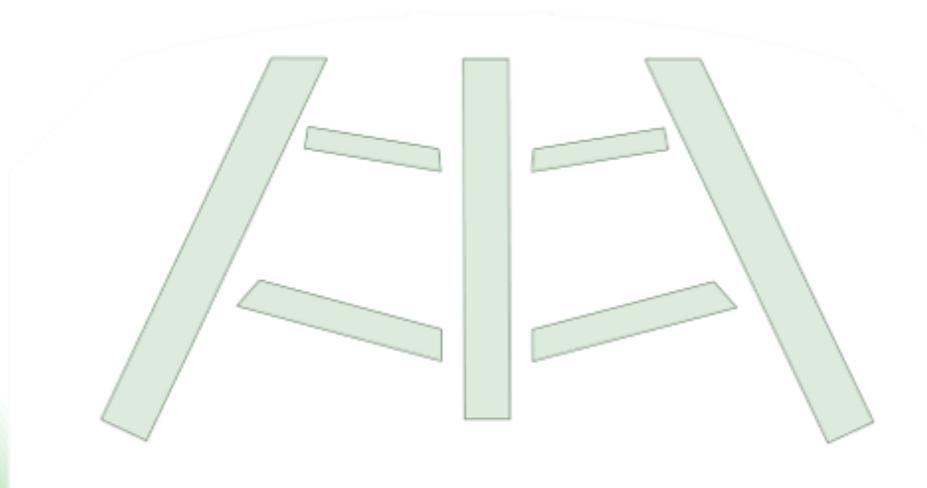
Conclusioni

Ottimizzazione

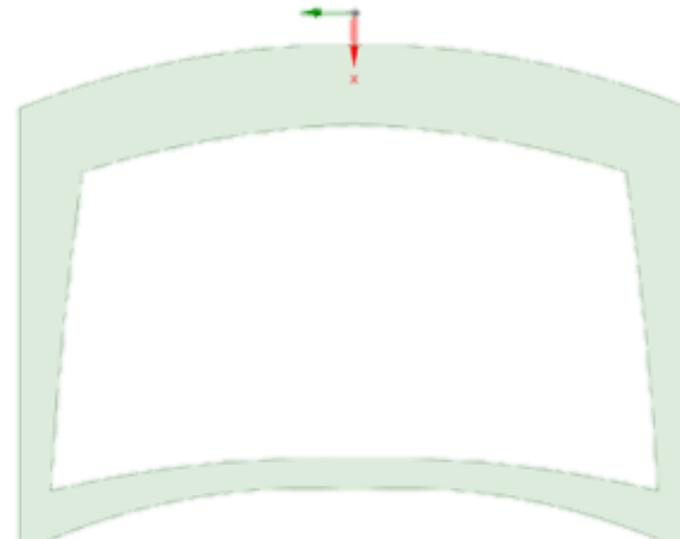
Anche per l'ottimizzazione si è fatto uso della estensione RBF ma questa volta utilizzando il comando di morphing **curve offset**.

La scelta di tale comando è dovuta al fatto che non si vuole ottimizzare solamente il corpo ma sperimentare una tecnica di morphing poco usata che permette di controllare geometrie con mesh di complicata forma attraverso delle semplici superfici guida 2D.

- Creazione superficie guida 1



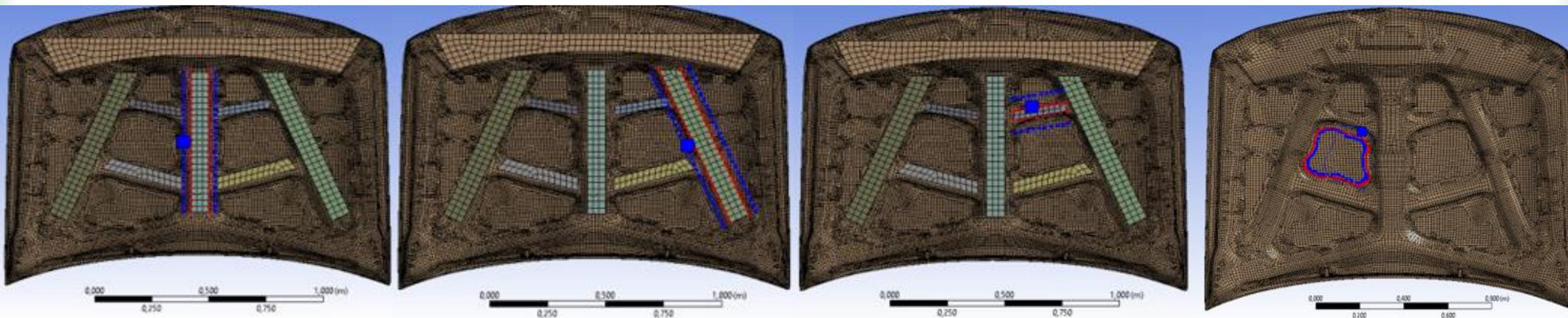
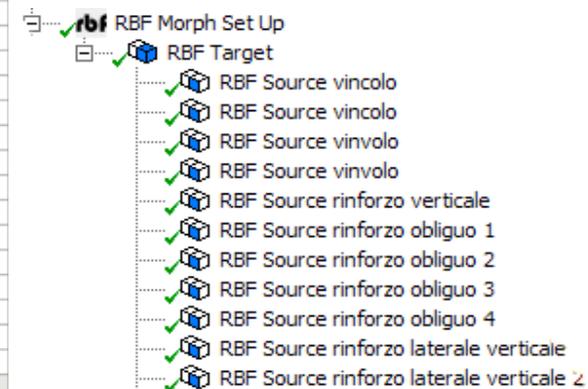
- Creazione superficie guida 2



Creazione Albero RBF

- Come **Target** è stata selezionata la mesh dell'Honda morphato in Silverado.
- Come **Source** sono stati selezionati gli angoli della superficie guida da spostare per mezzo del comando curve offset e le parti che non si vogliono deformare.

Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Edges
General	
Transformation	Curve Offset
<input type="checkbox"/> Curve Offset	0,035 m
Geometry Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Undeformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	No
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	0
<input type="checkbox"/> Target	55





Procedimento

Parametrizzazione

- Si parte da un valore di curve offset negativo e gradualmente si aumenta.

Valutazione ottimizzazione

- Per ogni ottimizzazione ottenuta si esegue una simulazione e si valuta l'energia cinetica dissipata, lo stress e la decelerazione.

Ottimizzazione extra

- Trovata la miglior ottimizzazione si applicano ulteriori miglioramenti ad esempio l'inserimento di bugne.

Cofano ottimizzato 1



Cofano ottimizzato 2



Cofano ottimizzato 3



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

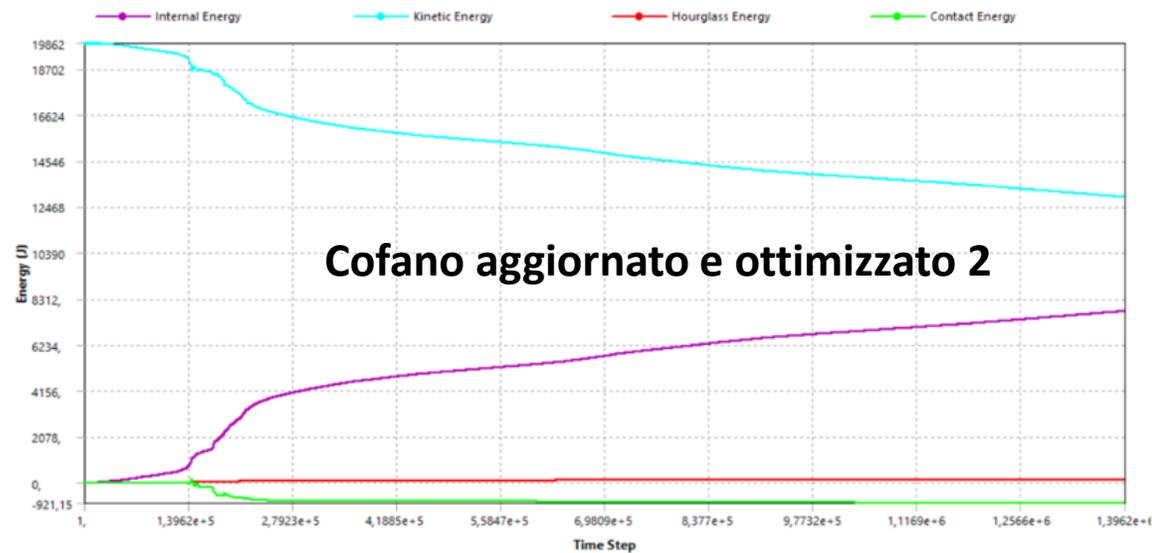
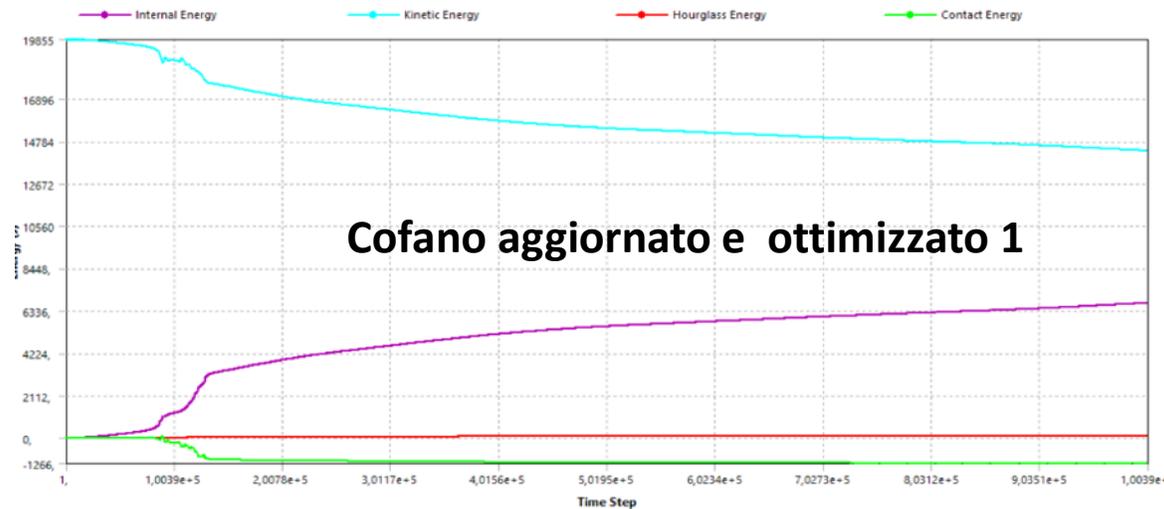
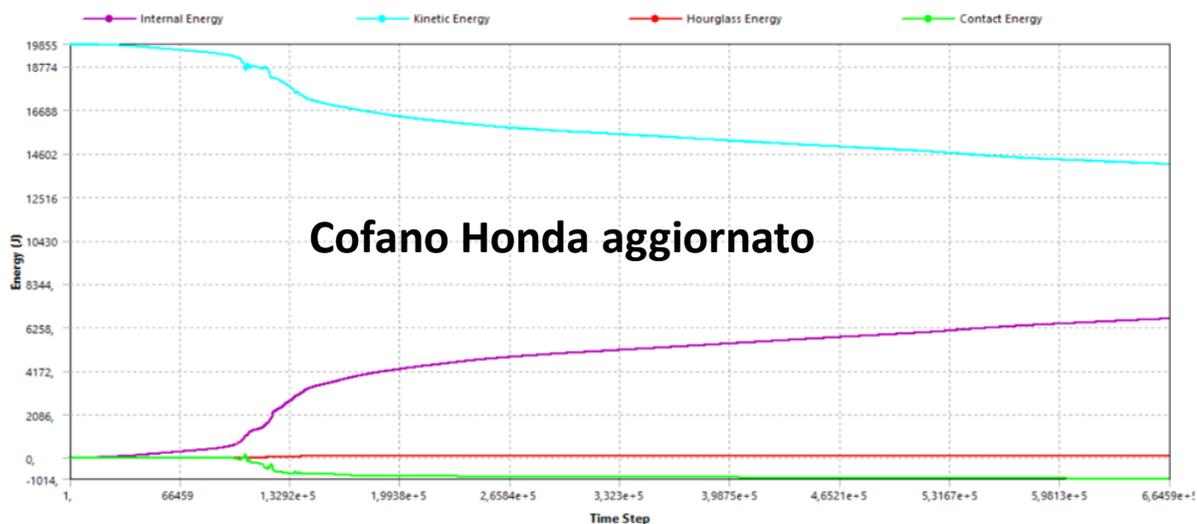
Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

Scelta dell'ottimizzazione

- Tra i grafici dell'energia si può osservare la mancanza del grafico dell'ottimizzazione 3, questo perché aumentando il valore di curve offset in modo eccessivo si arriva ad avere una soluzione che non converge in quanto la degradazione della qualità della mesh è eccessiva.

Confrontando i grafici si può notare un correlazione tra l'aumento di rigidità del corpo e l'energia dissipata dal corpo dopo 0,05 secondi, infatti:

Cofano morphato
non ottimizzato

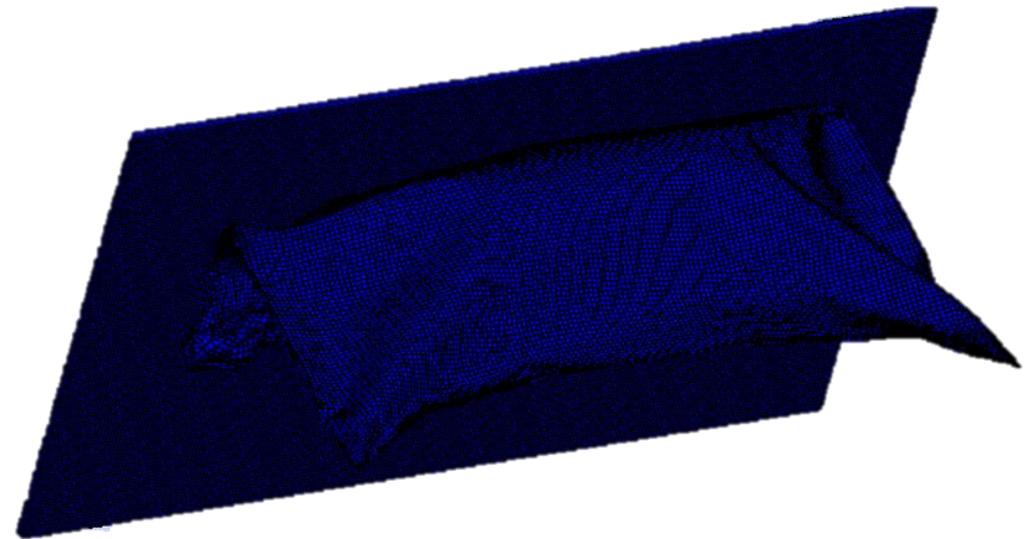
- Energia dissipata è di 5250J

Cofano ottimizzato
1
(diminuzione dei
supporti)

- Energia dissipata è di 5200J

Cofano ottimizzato
2
(ingrandimento dei
supporti)

- Energia dissipata è di 7355J



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

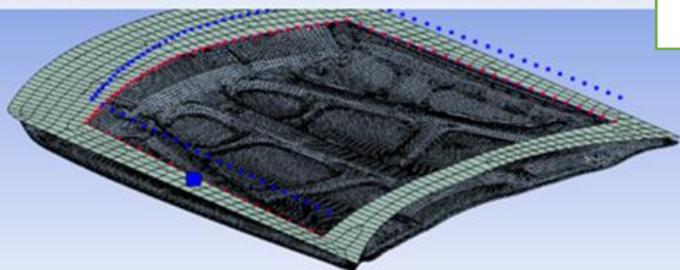
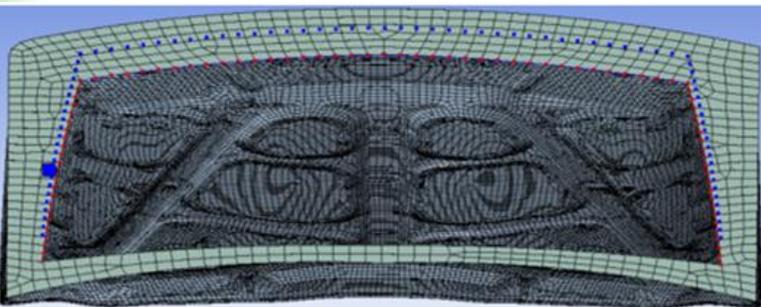
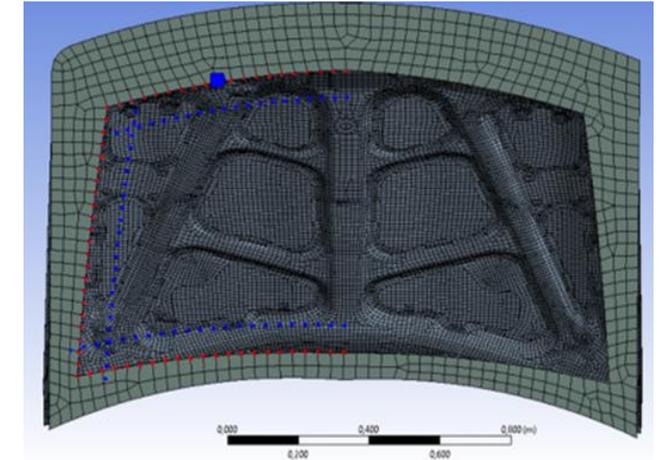
Conclusioni

Ottimizzazione 2

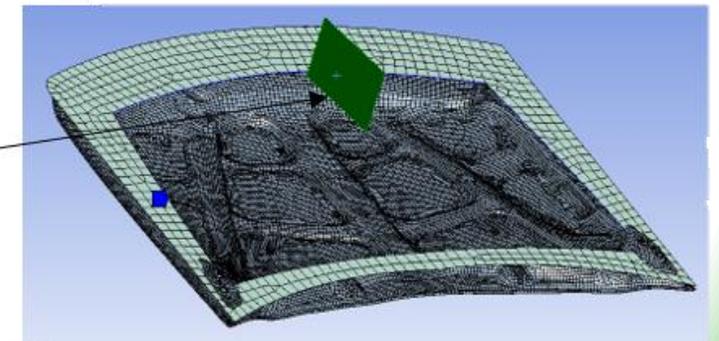


Ottimizzazione 4

Lo step successivo a partire dall'ottimizzazione 2 è stato proseguire con il rinforzare del cofano, agendo sulla cornice esterna per mezzo della superficie guida 2 e successivamente creando delle bugne.



Details of "RBF Source"	
Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	4 Edges
General	
Transformation	Curve Offset
<input type="checkbox"/> Curve Offset	0,07 m
Geometry Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	Apply
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Undeformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	No
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	0
<input type="checkbox"/> Target	86



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

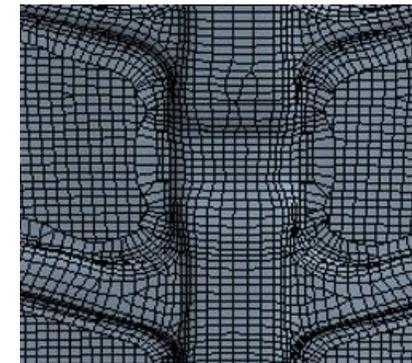
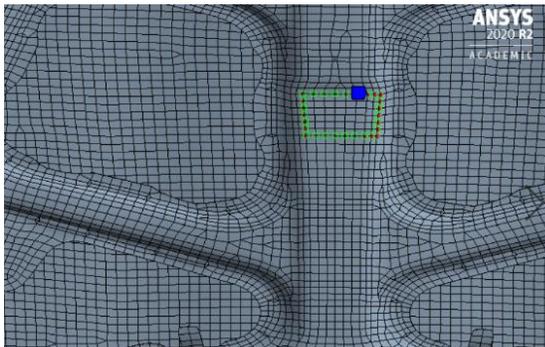
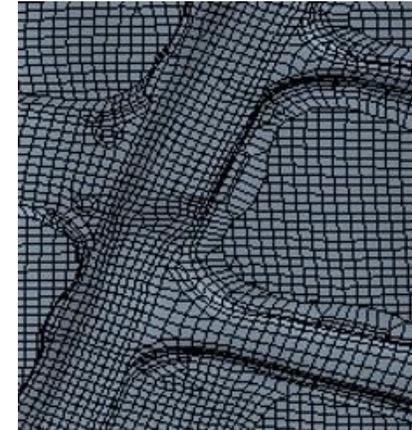
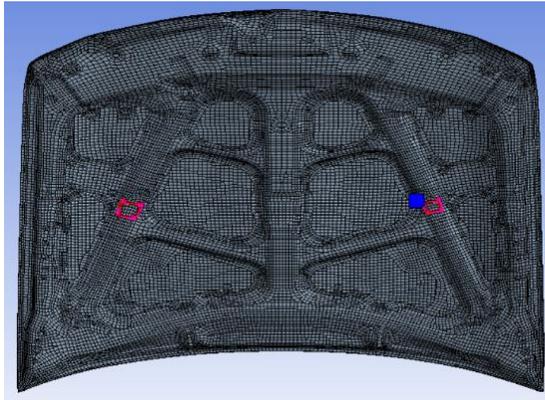
Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

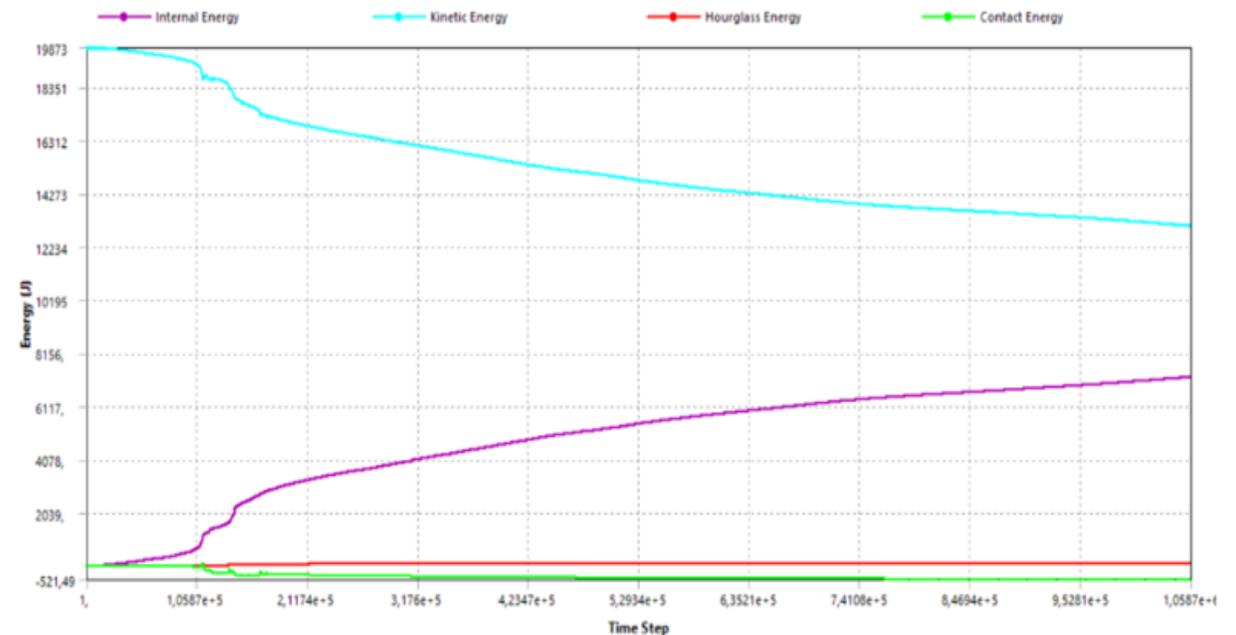
Per la creazione delle bugne si è fatto uso del comando di morphing traslazione ottenendo il seguente risultato.





Come si può vedere dal grafico seguente, l'ottimizzazione 4 non ha portato grandi risultati, infatti l'energia dissipata cambia di poco poiché l'aumento eccessivo di rigidità comporta un aumento della energia interna assorbita dal corpo ma una minore energia dissipata nel contatto.

Inoltre avere un corpo troppo rigido non è buon segno di ottimizzazione poiché comporta decelerazioni brusche che possono danneggiare i conducenti del veicolo.



L: Is dyna ottimizzato1

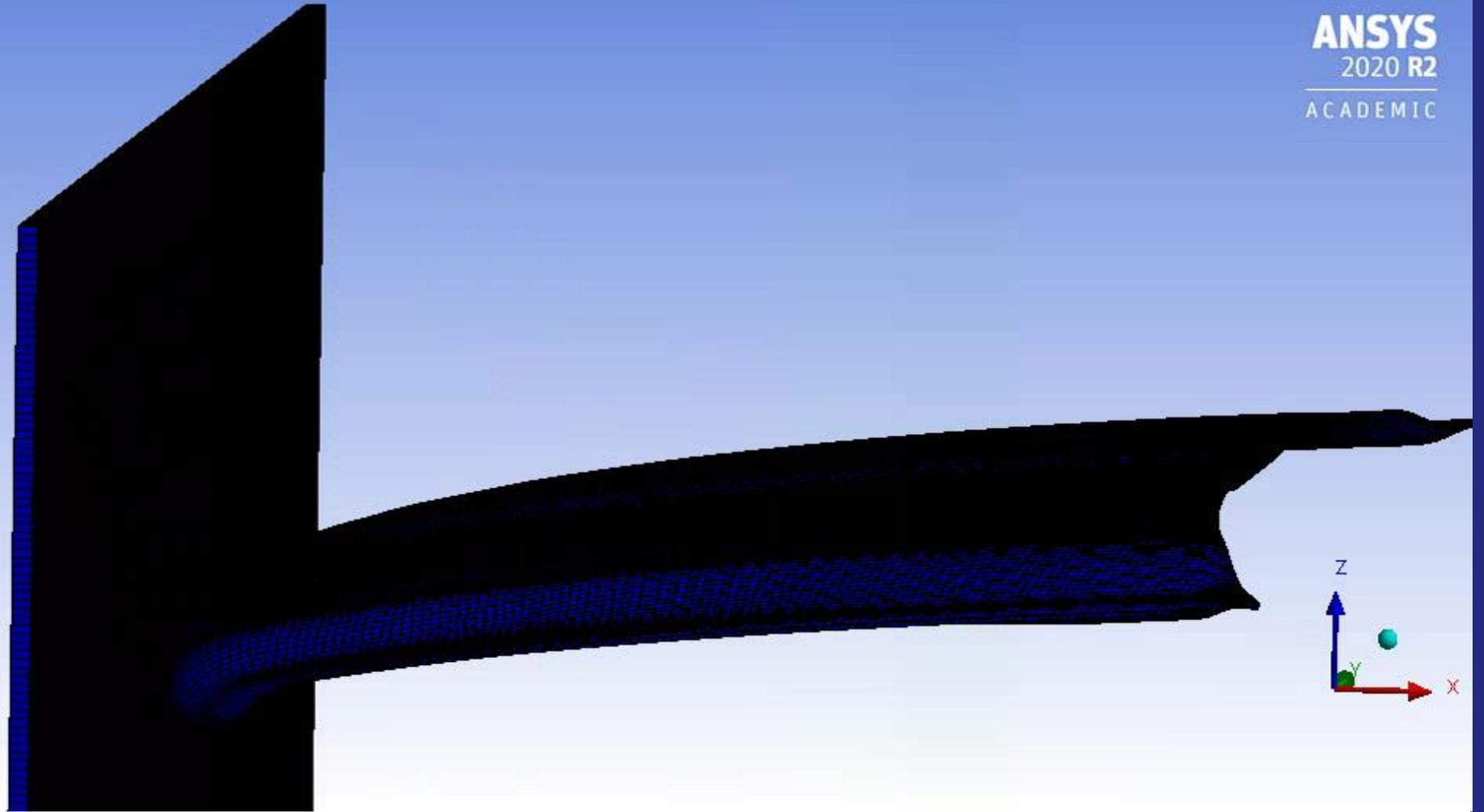
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 5,0505e-004

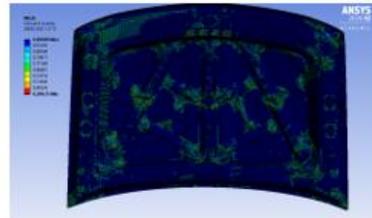
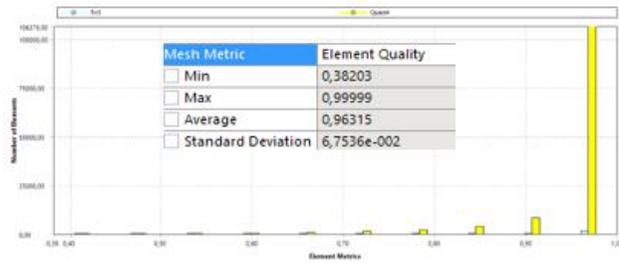
10/02/2021 16:35



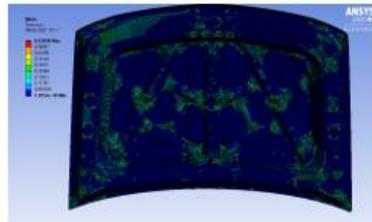
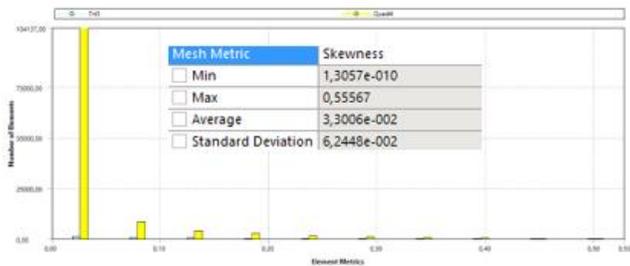
Mesh

Cofano Silverado

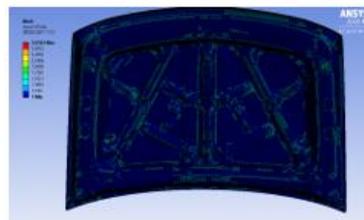
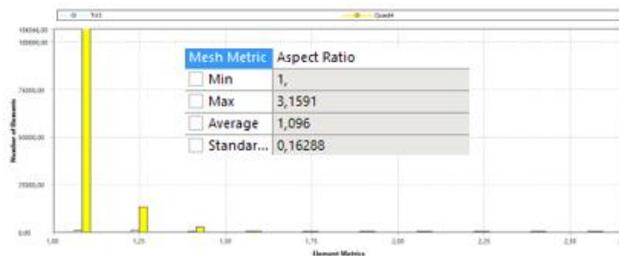
- Element quality



- Skewness

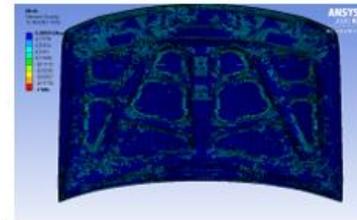
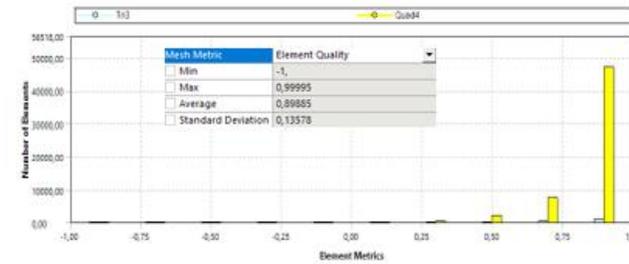


- Aspect ratio

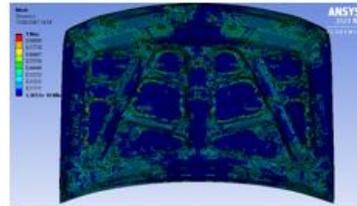
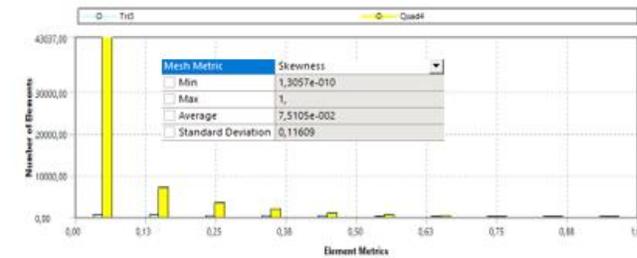


Cofano Honda aggiornato e ottimizzato

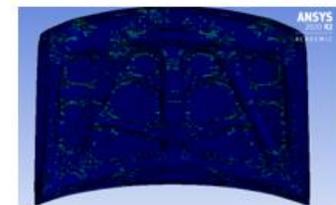
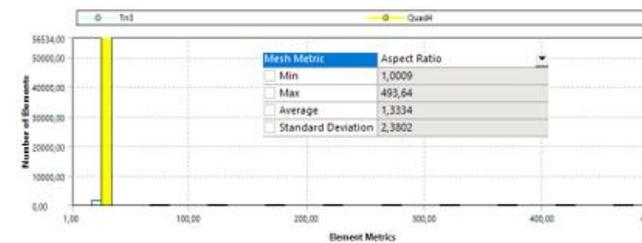
- Element quality



- Skewness



- Aspect ratio

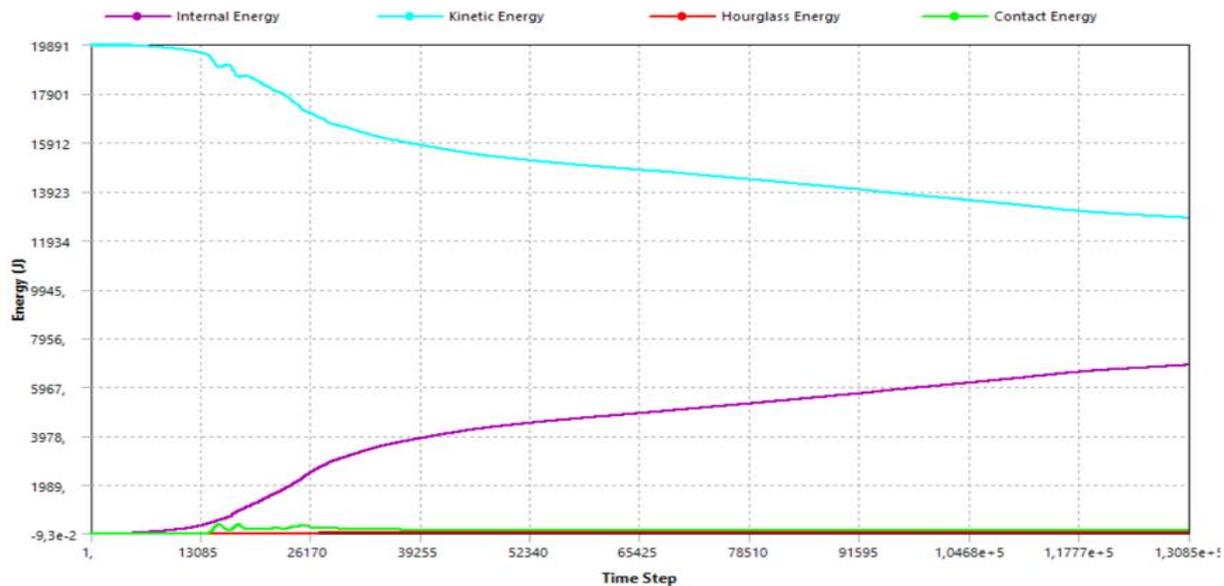




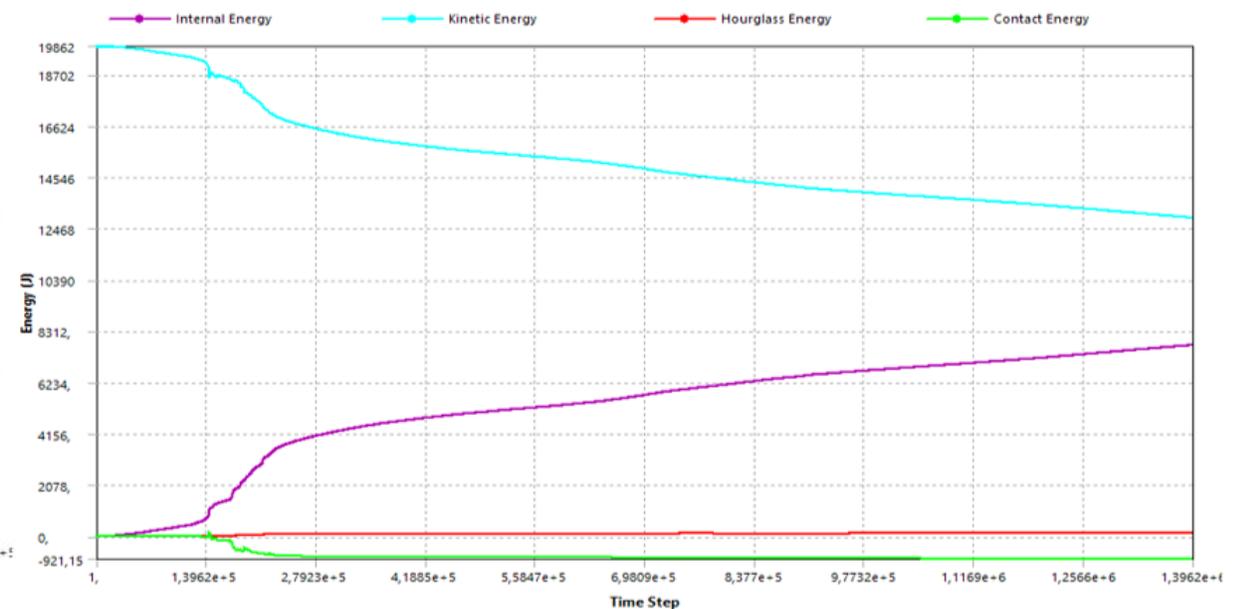
Energia

Molto simile è l'energia cinetica dissipata nel crash dei 2 cofani, infatti il cofano originale dissipa 6900J mentre il cofano ottimizzato leggermente di più, ovvero 7355J. Tale risultato può essere considerato come indice di una buona ottimizzazione.

Cofano originale



Cofano Honda aggiornato e ottimizzato



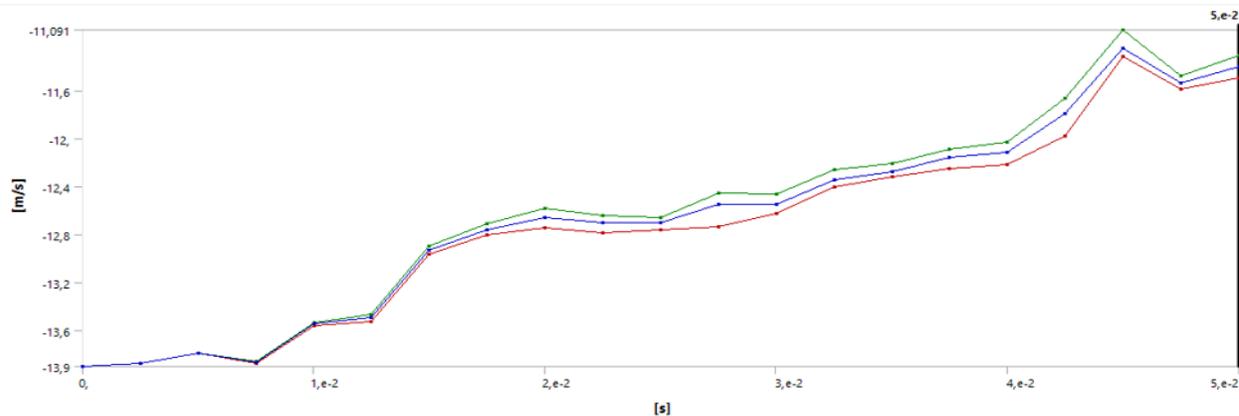


Velocità finale

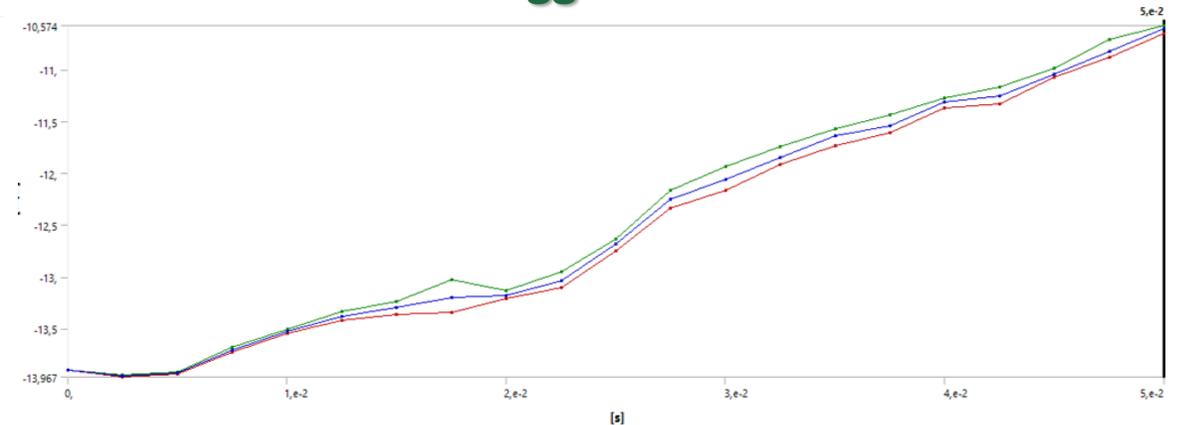
La diminuzione dell'energia cinetica è strettamente legata alla variazione delle velocità del corpo, infatti come si può osservare nei grafici seguenti il corpo ottimizzato dopo 0,05 secondi arriva ad una velocità finale di 10,5m/s mentre il cofano originale ad una velocità di 11 m/s.

Questa piccola differenza è dovuta al fatto che l'energia dissipata dal cofano della Honda aggiornato e ottimizzato è maggiore.

Cofano originale



Cofano Honda aggiornato e ottimizzato



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

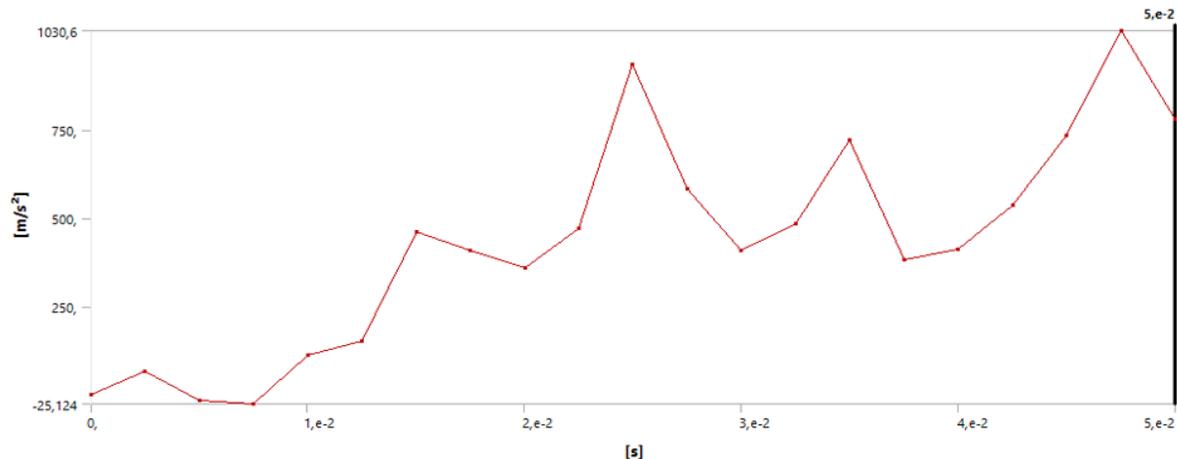
Decelerazione

Requisito fondamentale da soddisfare per la sicurezza dei passeggeri e molto utile per capire se il cofano non ha anomalie durante il crash è l'accelerazione. Infatti, una decelerazione molto brusca può comportare anche la morte dei passeggeri.

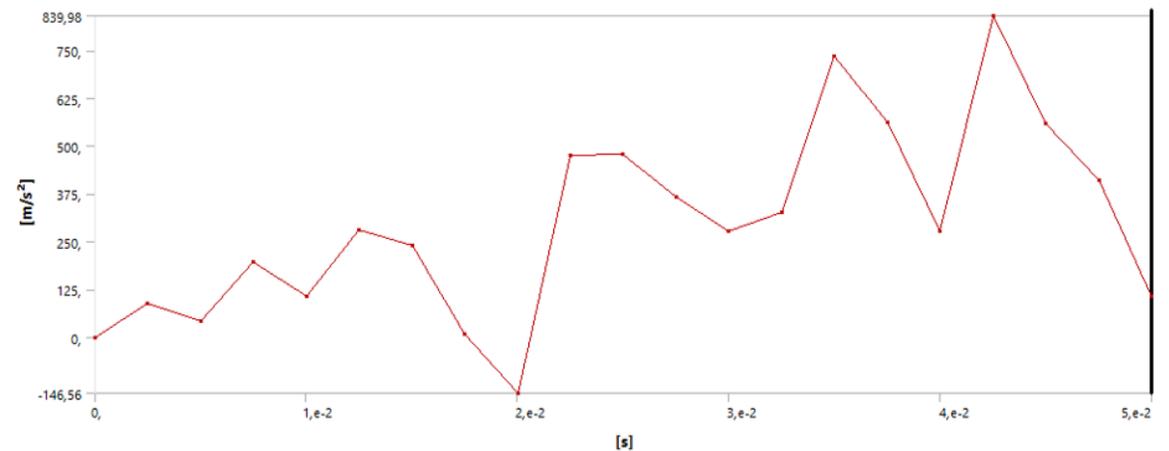
Come si osserva nel seguente grafico il cofano ottimizzato anche diminuendo maggiormente la velocità dopo 0,05 s ha un'accelerazione istantanea minore del cofano originale, questo comporta una decelerazione più lineare e meno pericolosa per i passeggeri.

In questo caso non ci aspettiamo di avere decelerazioni confrontabili con quelle dell'abitacolo di un'automobile ovvero inferiore a 15g ma si avranno decelerazioni più grandi date dal fatto che stiamo considerando solo il cofano.

Cofano originale



Cofano Honda aggiornato e ottimizzato



Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

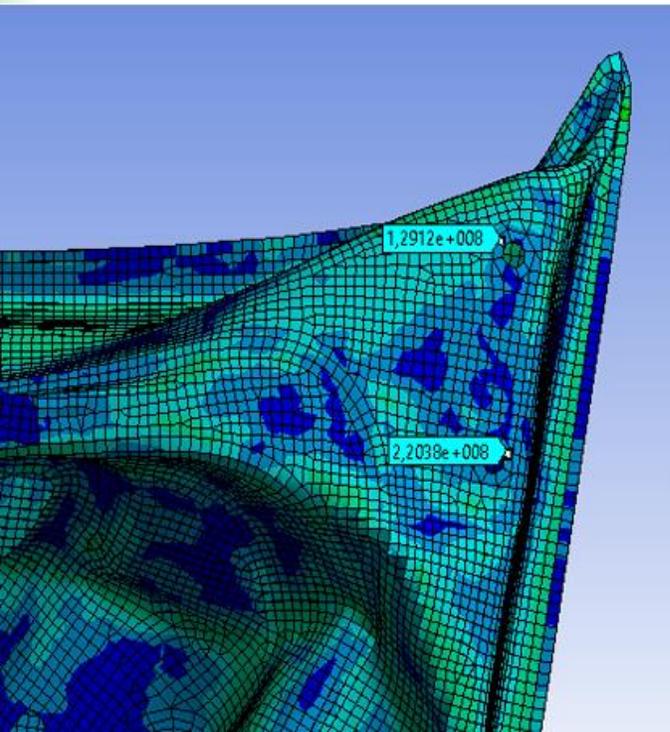
Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

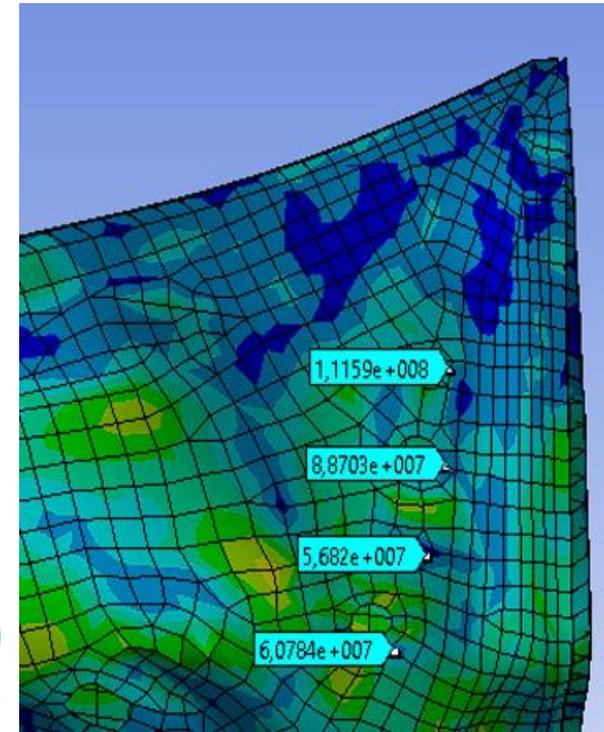
Stress

Requisito finale da tenere bene in mente consiste nel fatto che il cofano rimanga ben collegato al telaio dell'auto. Per garantire che questo requisito sia soddisfatto, si va a valutare lo stress nei punti di collegamento del cofano con il telaio, ovvero nelle cerniere.



Originale

Ottimizzato





Introduzione

Morphing

LS-DYNA

Simulazioni

Primi risultati

Ottimizzazione

Risultati

Conclusioni

Conclusioni

Lo studio svolto ha dimostrato che la tecnica di morphing è molto valida in ambito automotive per avere rapidi risultati e una conservazione degli studi fatti precedentemente su altri modelli.

L'ingegnere può così concentrarsi principalmente sulla sola ottimizzazione del componente da progettare.

Nel caso analizzato è possibile affermare che attraverso il morphing e delle piccole ottimizzazioni si sono riusciti ad ottenere, tra 2 cofani molto differenti sia di dimensioni che di forma, dei risultati in termini di energia, decelerazione e stress molto simili.

Ottimizzazione delle prestazioni
ad urto frontale di un cofano
automobilistico mediante
simulazioni agli elementi finiti
espliciti e mesh morphing

LAUREANDO

MANUEL VOLPONI

GRAZIE PER L'ATTENZIONE