

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE, NUCLEARI,  
AERONAUTICHE E DI METALLURGIA*

**TESI DI LAUREA**

In

*DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE*

**STUDIO E OTTIMIZZAZIONE DELLA CARROZZERIA DELLA  
VETTURA ASTURA**

CANDIDATO

*Simone Marcoppido*

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Ing. *Luca Piancasteli*

Correlatori

Prof.Ing.Gianni Caligiana  
Prof.Ing.Alfredo Liverani  
Dott.Ing.Cristina Renzi

Anno Accademico 2008/09  
Sessione I

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE, NUCLEARI,  
AERONAUTICHE E DI METALLURGIA*

**TESI DI LAUREA**

In

*DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE*

**STUDIO E OTTIMIZZAZIONE DELLA CARROZZERIA DELLA  
VETTURA ASTURA**

CANDIDATO

*Simone Marcoppido*

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Ing. *Luca Piancasteli*

Correlatori

Prof. Ing. Gianni Caligiana  
Prof. Ing. Alfredo Liverani  
Dott. Ing. Cristina Renzi

Anno Accademico 2008/09  
Sessione I

# INDICE

## Capitolo 1: La vettura

1.1 Lancia Astura	p. 1
1.2 La nuova Astura	p. 5
1.3 Il design esterno	p. 6
1.4 Tecniche di modellazione	p. 7
1.5 Il disegno	p. 8
1.6 Il sistema d'accesso	p. 9
1.7 Il rendering	p.11

## Capitolo 2: La nuova Astura

2.1 Introduzione al problema	p.12
2.2 Inclinazione massima superabile	p.20
2.3 Test di impatto con il pedone	p.21
2.4 Simulazione della visuale interna	p.25
2.5 Gli interni	p.27
2.6 Alcune immagini renderizzate	p.28
2.7 Prime conclusioni	p.30

## Capitolo 3: Il sedile dell'Astura

3.1 Il sistema di salita e discesa dal veicolo	p.31
3.2 Le guide	p.32
3.3 Il sedile	p.38
3.4 Gli azionamenti	p.40
3.5 Verifica della struttura - Calcolo agli elementi finiti	p.42

## Capitolo 4: Il telaio

4.1 Il telaio	p.47
---------------	------

## **Capitolo 5: La componentistica utilizzata**

5.1 Introduzione	p.51
5.2 Pneumatici	p.52
5.3 Gruppo sterzo	p.53
5.4 Sospensioni	p.54
5.4.1 Modo in cui le sospensioni sono vincolate al telaio	p.57
5.4.2 Cosa significa ‘‘Quadrilatero deformabile alto?’’	p.59
5.5 Impianto frenante	p.65
5.6 Propulsione ibrida	p.65
5.6.1 Il motore termico	p.67
5.6.2 L’impianto a metano	p.77
5.6.2.1 Il serbatoio	p.78
5.6.2.2 Dal serbatoio al riduttore	p.79
5.6.2.3 Verso il motore	p.79
5.6.2.4 La presa di carica e il commutatore	p.80

## **Capitolo 6: L’assemblaggio della Astura**

6.1 Introduzione- L’ambiente Assembly Design	p.81
6.2 Assemblaggio delle varie parti al telaio	p.82

## **Capitolo 7: Studio della ripartizione dei pesi e considerazioni sull’assetto della vettura**

7.1 studio della ripartizione dei pesi	p.87
7.2 Considerazioni	p.93

## **Capitolo 8: Real Time Rendering**

p.95

## **Conclusioni**

## **Bibliografia**

## PREMESSA

Lo scopo del ‘progetto ASTURA’ era realizzare una vettura dal design accattivante che coniugasse l’impiego sportivo alle esigenze funzionali di un’auto concepita per utenti con ridotta capacità motoria e/o diversamente abili.

La prima versione dell’Astura aveva dimensioni ridotte ed era caratterizzata da un aspetto aggressivo e nel contempo elegante, ma non era funzionale, non riusciva ad alloggiare al suo interno un individuo di taglia media, e la percezione dell’ambiente esterno dall’abitacolo era pessima.

Le tesi successive avevano cercato di sistemare l’ergonomia dell’auto, ma si erano allontanate dalle specifiche di progetto, e l’Astura finì con assomigliare più a un monovolume piuttosto che a un’auto sportiva.

Scopo di questa tesi è stato la riprogettazione generale della vettura, che ha comportato una rivisitazione del design ottenendo linee filanti e gradevoli consoni ad una vettura sportiva, conservando le caratteristiche del progetto originale.

L’obiettivo centrale dell’elaborato è stato quello di ottenere un’elevata abitabilità interna, un’ottima visibilità grazie ad ampie superfici vetrate e un facile accesso che ottimizzi l’accessibilità al veicolo per persone con vari handicap fisici, senza voler creare una vettura “diversa” o per “diversi”, ma adottando una soluzione stilistica che valorizzi ancor di più il prodotto, nel rispetto di quel che è realmente il significato di design: progettare oggetti di effettiva utilità.

# Capitolo 1

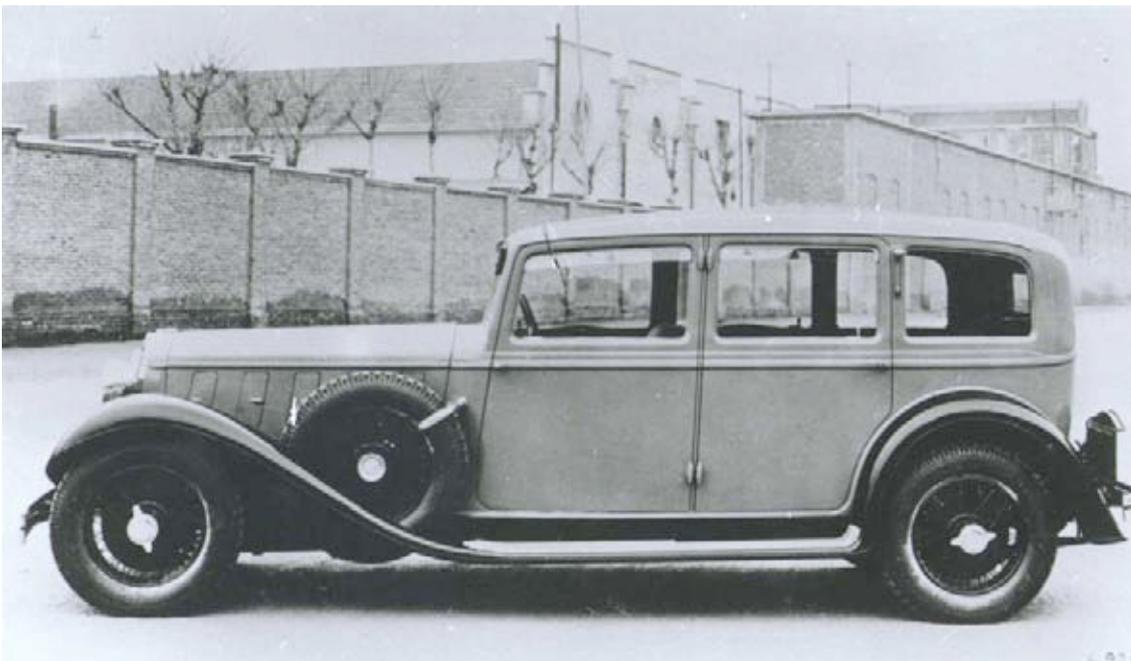
## La vettura

### 1.1 Lancia Astura

La Lancia Astura, un'automobile prodotta dalla casa torinese dal 1931 al 1939, fu la prima a non adottare un nome greco e prese il nome da uno storico castello nelle vicinanze della città romana di Nettuno.

Il primo esemplare, derivato dalla Dilambda, era prodotto con carrozzeria berlina e divenne ben presto la "regina delle fuoriserie" grazie ad un ottimo rapporto peso/potenza ed al prestigioso stile, che fu scelto per la realizzazione di automobili uniche dai più grandi carrozzieri del tempo.

Presentata per la prima volta al Salone di Parigi nel 1931, l'Astura prima serie presentava un motore longitudinale anteriore 8 cilindri a V di 2600 cc di cilindrata e dimensioni molto generose: lunga 4,5 m e larga 1,6 m poteva raggiungere i 125 km/h e aveva un prezzo dalle 38.000 alle 47.000 Lire.



**Fig.1** *L'Astura berlina 4 porte, prima serie.*

La produzione dell'Astura prima serie iniziò praticamente nel 1932 e tutti i 496 esemplari della prima serie furono ultimati nell'estate dello stesso anno, quando uscì, in sordina, la seconda serie. Poche le variazioni che contraddistinguevano la seconda serie, e, riguardavano dettagli del telaio (tra cui l'applicazione di silentbloc alle balestre) e dei freni; furono anche modificati gli attacchi della carrozzeria al telaio.

Nel 1933 fu presentata l'Astura terza serie, disponibile con due differenti telai, a passo corto e a passo lungo, caratterizzati dal passaruota posteriore mobile che ospitava, tra l'estremità della carrozzeria e la ruota di scorta, un baule. In assenza di questo la ruota di scorta era inclinata, mentre con il baule risultava essere in posizione verticale. La cilindrata passò a 3000 cc e le dimensioni diventarono sempre più generose; infine l'ultima serie nel 1937 con passo ancora più lungo, circa 3,5 m, è stata la base per creazioni talvolta prestigiose da parte di carrozzieri italiani come Pininfarina.



**Fig.2** Lancia Astura terza serie.



**Fig.3** Lancia Astura Spider disegnata da Pinin Farina nel 1938.

Queste fuoriserie erano favorite dal fatto che l'Astura non presentava una carrozzeria portante e veniva venduta anche soltanto la parte telaistica e meccanica, che poteva essere “vestita” dai carrozzieri secondo il loro stile caratteristico, senza alcun vincolo.

Per questo motivo l'Astura è stata l'auto forse più personalizzata dai carrozzieri dell'epoca: bicolore, Mille Miglia, cabriolet tipo “Bocca”, sono solo alcune versioni di questa vettura.



**Fig.4** *Lancia Astura bicolore con motore a V da 2600 cc.*



**Fig.5** *Lancia Astura cabriolet tipo "bocca".*

Nel 1947 gli Stabilimenti Farina volevano stupire il mondo con una vettura dalle dimensioni esagerate, il “*magnifico dinosauro*”, la Lancia Astura cabriolet.

Massiccia, faraonica ed irrazionale, in mancanza di un telaio adatto venne recuperato un telaio di una vecchia Astura 233L costruita negli anni '30, dove “L” stava ad indicare la tipologia di telaio a passo lungo.



*Fig.6 Vista frontale del modello proposto dagli Stabilimenti Farina nel 1947*



*Fig.7 Vista laterale della Lancia Astura cabriolet*

Le soluzioni stilistiche proposte da questa automobile erano molto interessanti: i parafranghi anteriori si allungavano all'indietro verso il basso fino a cingere la coda e a richiudersi nel paraurti posteriore; il "movimento" della carrozzeria nella fiancata e nel posteriore snellivano la massiccia carenatura; i parafranghi chiusi facevano sì che la linea rientrasse perfettamente nell'ideale del "monolito levigato" che si stava facendo strada nel mondo dell'auto; infine, il contrasto dato dai materiali utilizzati per l'interno conferivano un'idea di leggerezza contrapposta alla pesante materialità dell'esterno.

Si presentò a Villa d'Este nello stesso anno e vinse il prestigioso concorso d'eleganza, ma presto venne definita "orribilmente bella" e nessuno ne seguì lo stile; non era certo la vettura più adatta nel dopoguerra.

Negli anni Settanta venne però riscoperta e, riconosciuta la sua bellezza, fu utilizzata come modello di eleganza e prestigio.

## **1.2 La nuova Astura**

Le linee stilistiche della nuova Astura sono ispirate dalla bellezza di quelle della Lancia Astura

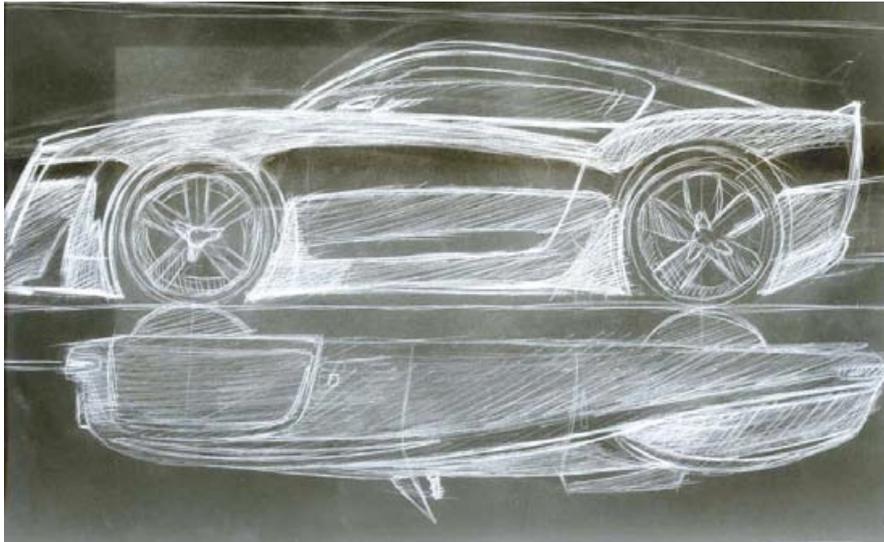
cabriolet, progettata negli Stabilimenti Farina. In particolar modo si è ripresa la linea della fiancata attualizzandola, mentre, l'anteriore ed il posteriore sono stati ridisegnati, poiché lo stile originale risultava al giorno d'oggi, forse troppo anticonvenzionale. Si è cercato comunque di non rimanere troppo legati al design della Lancia Astura originale per non avere vincoli e per conferire alla vettura uno proprio stile.

E' rimasto il passo allungato, questo infatti ben si adattava alle linee guida del nostro progetto iniziale che doveva prevedere una porta anteriore di grandi dimensioni e quindi favorire l'accesso alla vettura anche alle persone portatrici di handicap. Lo studio per il design complessivo dell'autovettura, sia della parte interna che di quella esterna, si è mosso su due linee ben distinte in modo da definirne da una parte un sistema di accesso comodo, dall'altra non avere vincoli troppo stringenti. Infatti si è voluto creare un'auto che non apparisse marcatamente solo per disabili; quindi si è ricercata una soluzione che fosse integrabile con qualsiasi tipologia di autovettura. La nuova Astura vuole rivolgersi non solo ad utenti diversamente abili, ma anche a persone normodotate che apprezzino lo stile e la comodità di una vettura con grande abitabilità.

### **1.3 Design esterno**

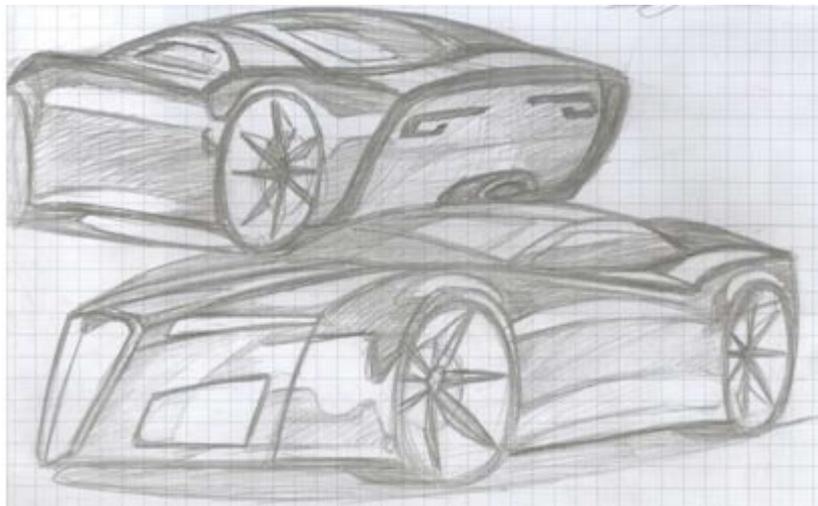
Il design di questa vettura è stato sviluppato in una precedente tesi che andiamo ora a descrivere sinteticamente.

Per il design esterno si è partiti da bozzetti che riprendessero le linee stilistiche retrò della Lancia Astura del '47. In particolare si è recuperata la marcata linea della fiancata che si interrompe all'altezza della portiera, mentre al posteriore è stato conferito un aspetto decisamente retrò tramite l'utilizzo di linee tondeggianti. Inoltre si è voluta un'autovettura dal cofano allungato, con una coda corta e rotonda, dalle linee pulite e semplici, dall'alta abitabilità e con una portiera di grandi dimensioni che ne agevolasse ancor più l'accesso. Definite le specifiche di progetto, con successivi bozzetti, tali linee sono state attualizzate in successivi passaggi, tendendo alla semplicità delle soluzioni e all'effettiva realizzabilità dell'intero progetto. Il punto principale da cui si è partiti è che l'autovettura non dovesse sembrare un'auto destinata esclusivamente a disabili, ma avesse un aspetto di un'auto sportiva, adatta ad ogni utenza. In seguito, dai bozzetti si è passati ai disegni in scala ed in proiezione ortogonale, studiando l'abitabilità interna e le dimensioni necessarie per il comodo accesso di persone diversamente abili.



**Fig.8** *Primi bozzetti.*

Questi disegni sono serviti per la modellazione tridimensionale al Pc, tramite specifici programmi. Per la modellazione 3D è stato utilizzato il software 3D Studio Max. Il design esterno è stato costruito, oltre che sulla linea dell'Astura cabriolet del '47, attorno ad innovazioni tecnologiche, in modo che l'autovettura fosse un connubio tra tecnologie particolarmente avanzate ed elementi retrò. Infatti il frontale e la fiancata riprendono l'andamento dell'Astura, mentre il posteriore è stato completamente ridisegnato. Alle linee retrò sono stati abbinati dei fanali, sia anteriori che posteriori, con tecnologia innovativa, a led. Infine si è utilizzata una verniciatura bicolore come nella Lancia Astura originaria.



**Fig.9** *Bozzetti a matita della vista frontale e posteriore.*

## **1.4 Tecniche di modellazione**

Le tecniche di modellazione al Pc sono fondamentalmente tre: il Box Modelling, lo Spline Cage e l'Estrusione Poligonale.

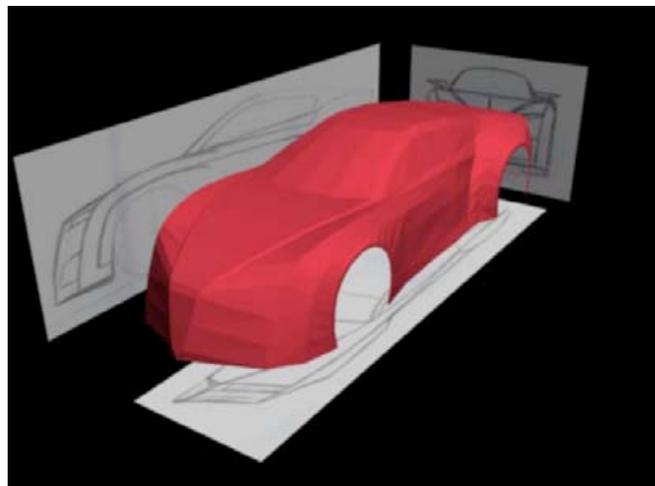
Il Box Modelling è una tecnica tramite la quale si ha come base di partenza una semplice curva primitiva a forma di scatola, che viene convertita poi in una poligonale editabile, per ottenere un oggetto 3D composto da quadrilateri. Il vantaggio è che l'oggetto disegnato è costituito da un considerevole numero di poligoni, di conseguenza si raggiunge una notevole efficienza ed un'alta definizione nel disegno stesso.

La tecnica Spline Cage ha come vantaggio l'elevata flessibilità nell'ottenere le superfici: consiste nel creare una gabbia, a maglie a tre o quattro vertici, che ripercorra il profilo dell'oggetto da modellare al fine di ottenere una superficie schematizzata.

L'Estrusione Poligonale permette all'utente di "coprire" lo spazio con poligoni orientati secondo le linee guida del bozzetto di partenza, rifinando la mesh ottenuta mediante i modificatori del programma. Questa è la tecnica più utilizzata e quella che presenta le migliori caratteristiche per il disegno di autovetture.

## 1.5 Il disegno

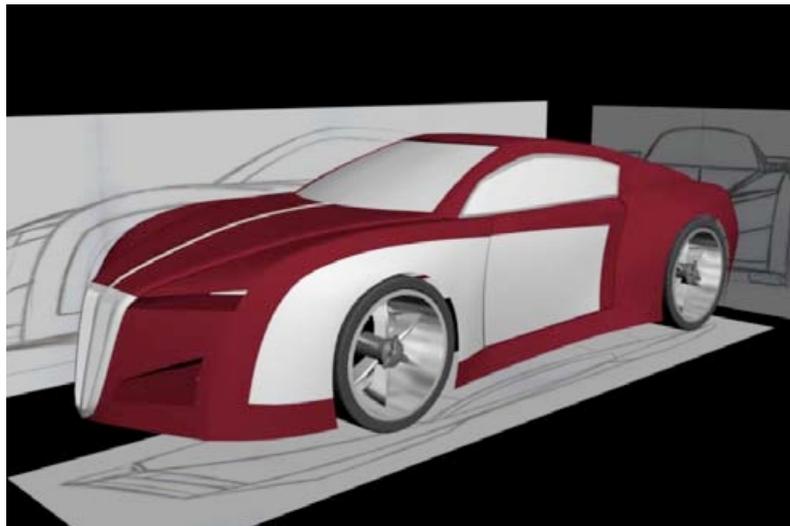
Per creare un modello in 3D Studio Max si inizia modellando una versione a bassa risoluzione ,per poi aggiungere tutti i dettagli e i modificatori per generarne una ad alta risoluzione.



*Fig.10 Modellazione delle prime superfici.*

Per i particolari si sono usati specifici comandi, i cosiddetti modificatori di smusso, che consentono, ad ogni successivo passaggio, di aumentare la risoluzione del modello. Questi sono: il MeshSmooth, che aumenta la risoluzione aggiungendo facce sugli angoli e lungo i lati del modello unendoli, il TurboSmooth, analogo al precedente ma più veloce, l'HSDS per la rifinitura, il Tassellate, che rifinisce la geometria suddividendo i poligoni e il Subdivide che suddivide la

geometria in facce triangolari. Per definire l'esterno della vettura si è suddivisa la superficie iniziale in vari componenti, creando per ciascuno un modello detto a mesh separate, ogni elemento poi è stato singolarmente ridefinito. Partendo dal modello iniziale dell'autovettura si è ottenuto quello definitivo riunendo i vari elementi e dotando l'Astura di una carrozzeria bicolore. La vettura, come già detto, è stata caratterizzata da linee che richiamassero quelle della fiancata della Lancia Astura, mentre le restanti parti della carrozzeria sono state disegnate con uno stile retrò.



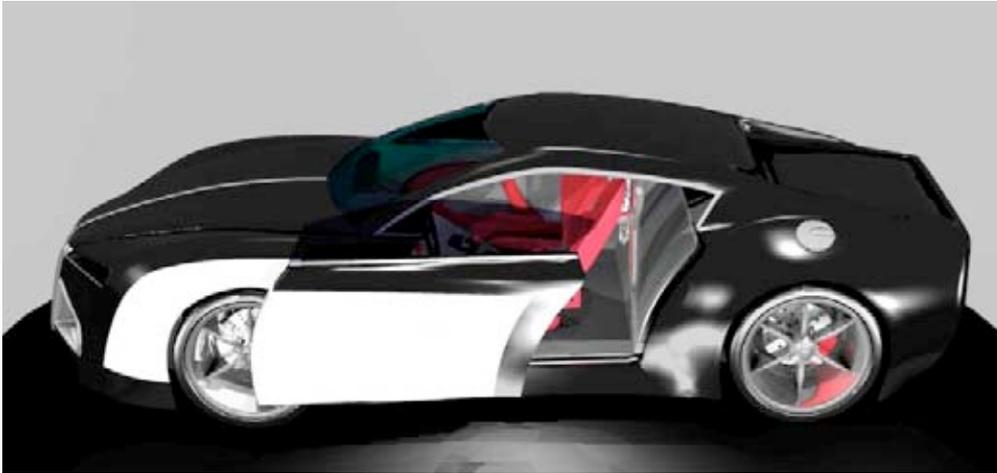
*Fig.11 Risultato ottenuto tramite modellazione al Pc.*

Il frontale ha, al centro, un grande stemma cromato che si protrae sul cofano fino al vetro; i fari sono stati incassati nel frontale e sono allo xeno invece che a led, come nell'idea iniziale; le prese d'aria al fianchi dello stemma sono state riprese dal modello originario. L'attaccatura del tetto forma due pinne che si allungano verso l'estremità posteriore della vettura. Il retro della vettura è caratterizzato da fari posteriori a led dal design ricercato e dalla forma che richiamasse una cornice. I cerchi in lega sono, come nel modello originario, a razze sottili. Infine si è ricercata una soluzione originale per il sistema di accesso adatto a persone disabili.

## **1.6 Il sistema d'accesso**

L'abitacolo è stato concepito per facilitare l'accesso a persone disabili. A questo fine si sono utilizzati particolari sistemi elettronici e meccanici. Per quanto riguarda le componenti meccaniche si è dotata l'Astura di un sistema automatizzato per l'apertura della portiera, la quale viene fatta

scorrere in avanti e parallelamente alla vettura, su una guida rettilinea montata sulla carrozzeria. In questo modo, come si può vedere in figura, l'area d'accesso all'abitacolo è completamente sgombra.



**Fig.12** Vista laterale del sistema d'accesso.

Il sedile è montato su una guida rettilinea trasversale che consente allo stesso di traslare fino al bordo della portiera; la seduta è montata su una piattaforma rotante solidale al telaio del sedile che sorregge anche lo schienale.

Per quanto riguarda i controlli elettronici la vettura è dotata di un sistema che, a motore spento, indietreggia il volante in una posizione più agevole per la salita e la discesa del guidatore; una volta reinserita la chiave, i comandi riprendono la posizione precedentemente memorizzata dall'utente. La particolare apertura della portiera consente realmente di ottenere un ampio spazio per l'accesso nell'abitacolo dell'auto. Internamente tutti i comandi sono stati concentrati sul volante per facilitare la guida, mentre è stato previsto un joystick, posizionato nel centro della plancia, di facile utilizzo per i sistemi secondari come eventuale impianto stereo e/o navigatore.



*Fig.13 Rendering dell'abitacolo originale.*

## **1.7 Il rendering**

Il rendering è il processo di generazione di un'immagine a partire dal modello di una scena tridimensionale, interpretata mediante algoritmi che definiscono il risultato attraverso la diffusione della luce e dei colori in ogni punto dell'immagine. Inizialmente è stato utilizzato il software 3D Studio Max, in seguito Flamingo, Penguin e gli applicativi di Rhinoceros. Flamingo utilizza le principali tecniche di rendering. Radiosity collega la matematica del modello tridimensionale agli elementi finiti, mentre Ray Tracing il modello alla matematica probabilistica.

Ray Tracing genera una geometria ottica in base al percorso della luce secondo l'interazione fra i raggi luminosi e le superfici del modello. Flamingo effettua un'operazione simile al modificatore MeshSmooth, è necessario quindi avere un modello a mesh separate, questo per evitare di vedere stravolta la geometria del oggetto disegnato. soprattutto se il livello di dettaglio è elevato. E' stato utilizzato anche Subdivide per suddividere le superfici del modello nella fase di importazione dei file. Una volta terminato il rendering tramite 3D Studio Max i risultati sono quelli delle due figure seguenti.



*Fig.14 Vista frontale del prototipo.*



*Fig.15 Vista posteriore del prototipo.*

# Capitolo 2

## La nuova Astura

### 2.1 Introduzione al problema

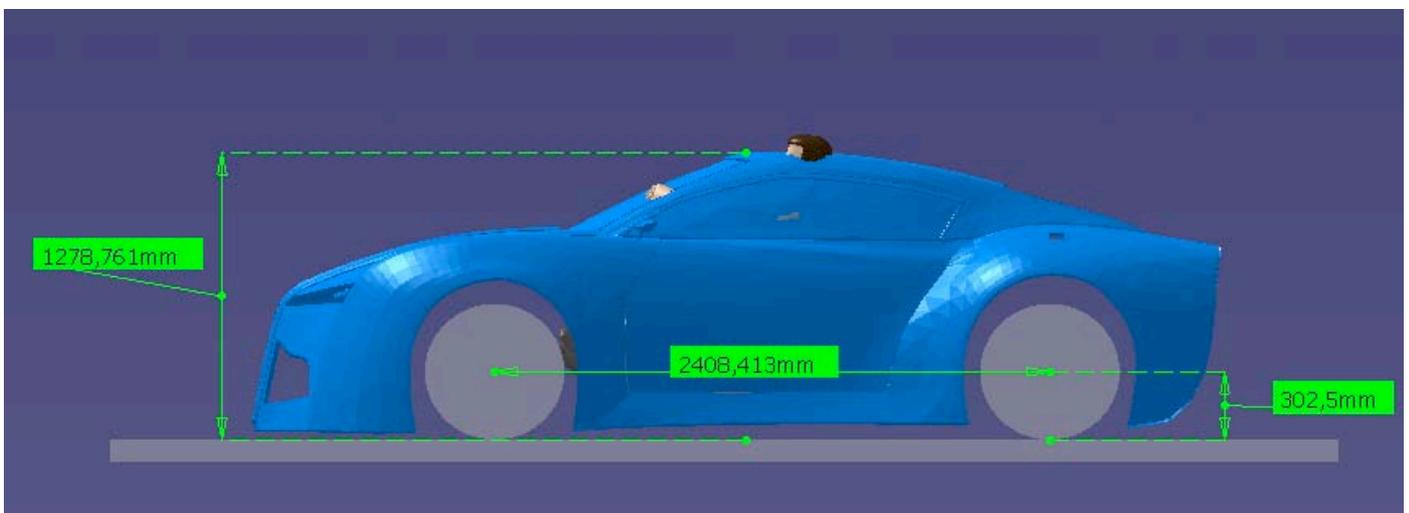
Le forme che caratterizzano un'automobile rivestono una fondamentale importanza nel decretarne il successo sul mercato, inoltre, determinano la distribuzione dei volumi utili da sfruttare. La delineazione di tali forme rappresenta quindi una fase molto delicata e cruciale all'interno della fase di progettazione e deve tener conto di un giusto compromesso tra il fattore estetico e quello pratico, cercando di sacrificare il meno possibile l'uno a discapito dell'altro. L'obiettivo è quello di garantire una buona abitabilità ai passeggeri mantenendo un design accattivante, infatti chi acquista questa tipologia di automobili cerca una vettura che sia immediatamente distinguibile dalle auto tradizionali, quindi va ricercata anche una certa originalità nelle linee.

Per prima cosa i file originali in formato .3dm (estensione con cui salva il programma Rhinoceros) sono stati convertiti in formato .igs ed importati in Catia.

La vecchia Astura aveva un design accattivante, ma una scarsa abitabilità: guidatore e passeggero avevano poco spazio a disposizione nell'abitacolo sia in direzione trasversale che in altezza, come si può notare dalla fig.16; questo ha portato a riprogettare la carrozzeria tenendo conto:

- dell'abitabilità;
- dell'accessibilità;
- della visibilità;

il tutto senza penalizzare le linee filanti che contraddistinguono un'auto sportiva.



**Fig.16** Astura importata in Catia.

CATIA è organizzato in ambienti ,molti dei quali sono fra loro comunicanti per poter esportare la geometria e i dati che servono a far procedere il progetto e portarlo a termine senza difficoltà.

La nuova carrozzeria è stata disegnata utilizzando due ambienti di Catia:l'ambiente Wireframe and Surface Design  e l'ambiente FreeStyle .

In generale,lo stesso risultato lo si può ottenere in entrambi gli ambienti,ciò che cambia è il numero di comandi richiesti per ottenere quel risultato,ecco perché sono stati utilizzati due ambienti per disegnare le superfici della carrozzeria.

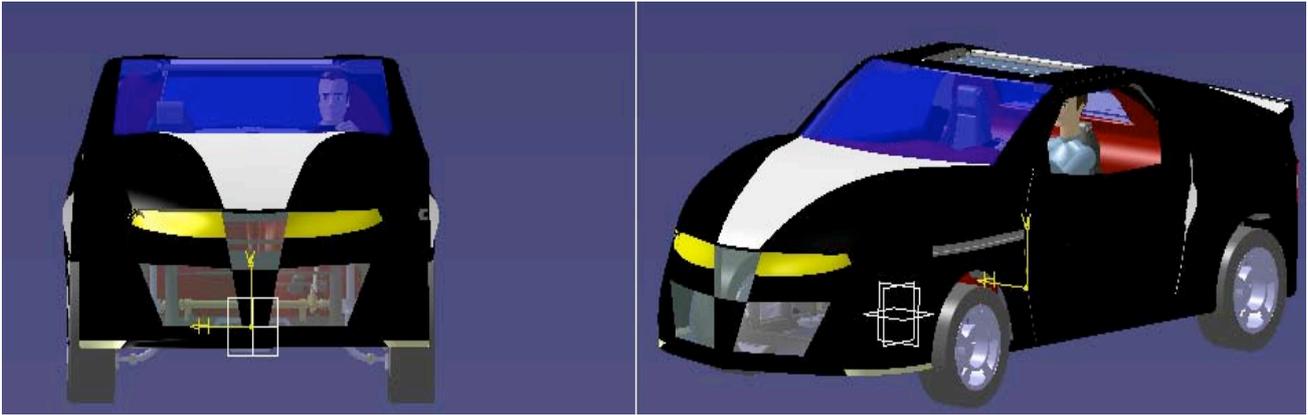
Fissati i vincoli ergonomici:

- un utente alto 1,90 [m] deve alloggiare comodamente all'interno dell'abitacolo
- altezza da terra del piano di seduta 447 [mm] :  
valore in linea con auto sportive del medesimo segmento,in più è un'altezza che facilita la salita e la discesa di un disabile in quanto l'altezza da terra del piano di seduta della carrozzina varia tra 445[mm] e 500 [mm]
- aumento delle superfici vetrate cercando di mantenere lo stile originale :

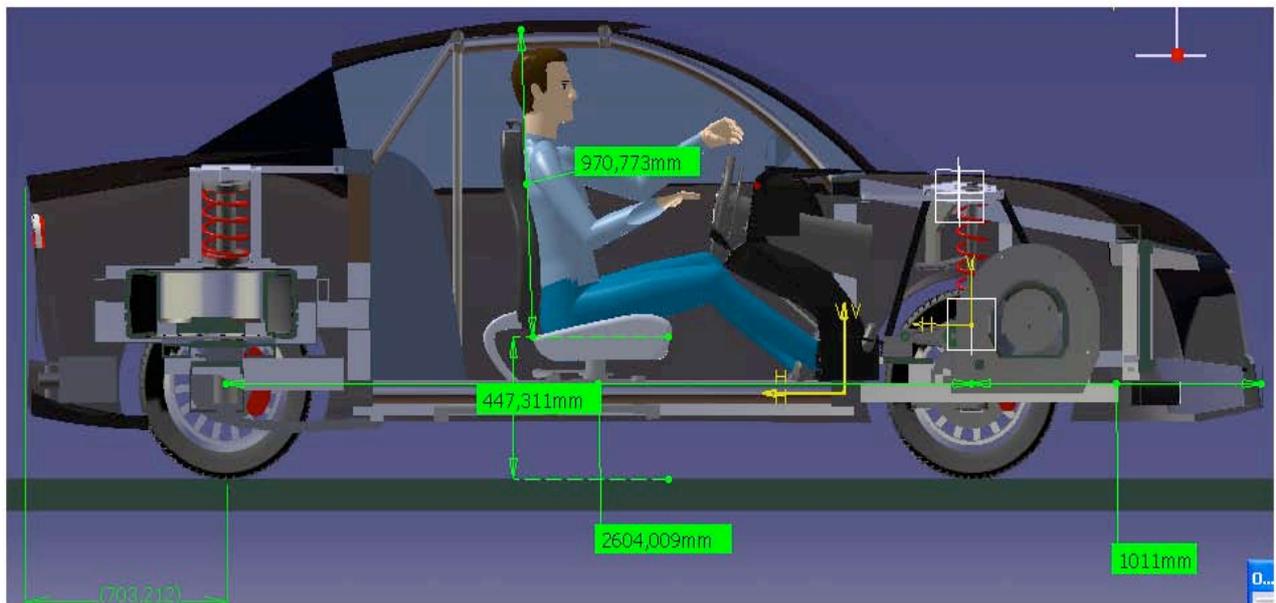
le successive modifiche al progetto di Ercolani avevano aumentato la percezione visiva dall'interno dell'abitacolo,ma l'Astura finì con l'assomigliare più a un monovolume che un auto sportiva.(vedi fig.17)



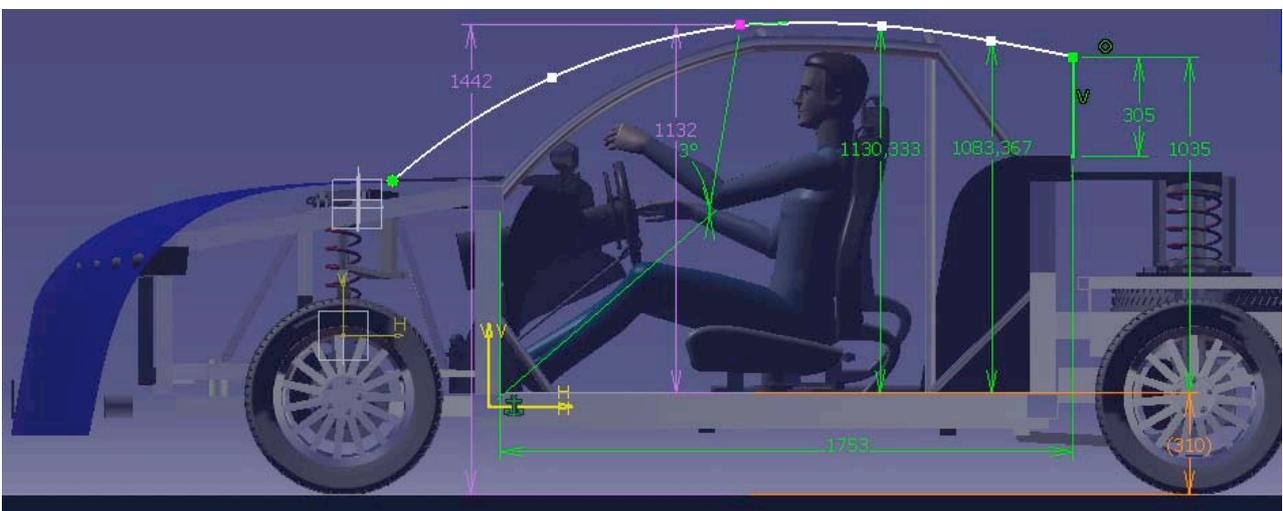
**Fig.17-a**



**Fig.17-b** Prime modifiche al progetto di Ercolani da parte di altri laureandi



**Fig.18** Ingombri di massima della nuova Astura

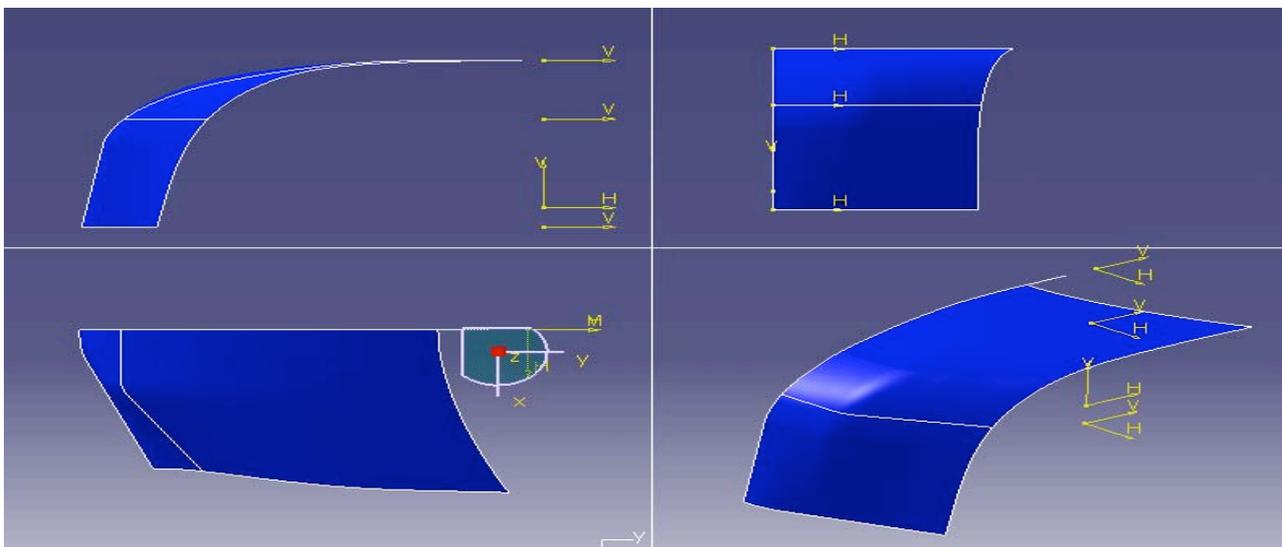


**Fig.19** Quote in [mm] dell'abitacolo.

Ora si procede con la generazione vera e propria delle superfici. Per praticità è stata disegnata solo metà carrozzeria, con il comando Simmetria Visuale  nell'ambiente FreeStyle è possibile vedere come sarà la superficie completa senza operare la duplicazione, così facendo si ottiene un file più leggero e questo permette di disegnare più velocemente; l'operazione di specchiatura è così rimandata alla fine del disegno.

Poter vedere la superficie completa è fondamentale per essere sicuri di rispettare la tangenza dei punti finali delle curve, i punti che intersecano l'asse di simmetria devono avere tangente ortogonale al piano di simmetria, altrimenti la superficie completa presenterà uno spigolo in corrispondenza del piano di simmetria.

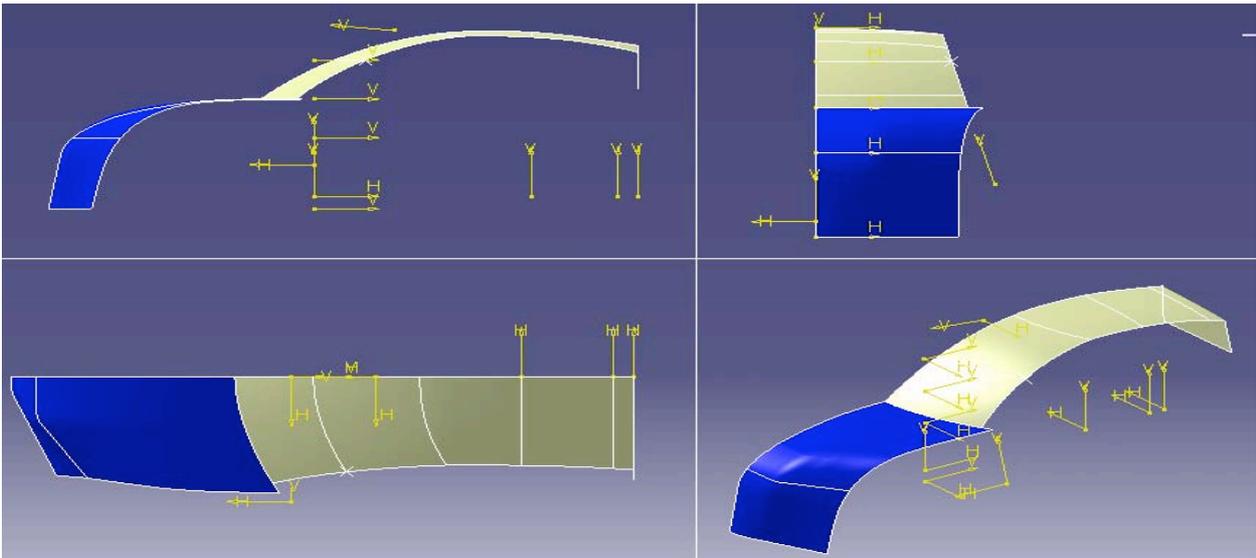
Si disegnano le curve che delimitano la parte anteriore dell'auto.



**Fig.20** Cofano e paraurti. Le linee bianche rappresentano le guide e i profili.

Con il comando Superficie Reticolare  si edita la superficie anteriore selezionando due guide e tre profili. (Fig.19)

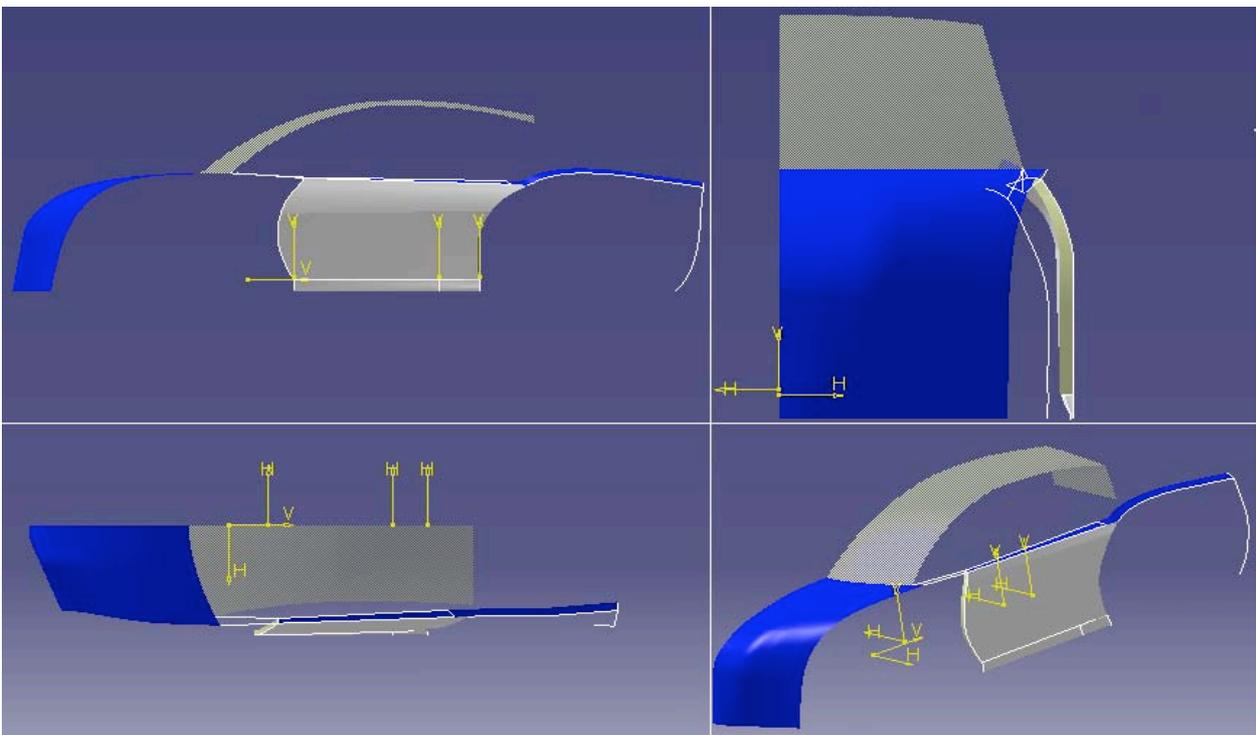
Si disegnano le curve del tetto e del montante, essendo il tetto una superficie piuttosto estesa, con parti a diversa curvatura, sono necessarie più sezioni (fig20). Le superfici sono editate sempre con il comando Superficie Reticolare.



**Fig.21** Parabrezza tetto e lunotto. Le linee bianche rappresentano sempre le guide e i profili.

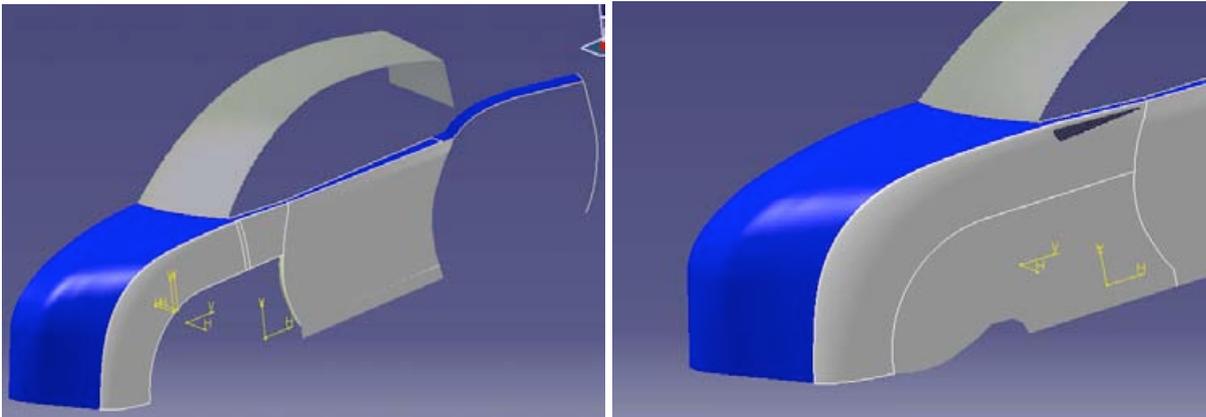
La fiancata dell'Astura non è stata realizzata in un'unica soluzione ,a causa della sua particolare forma ,è stata divisa in tre parti: anteriore, centrale e posteriore;ciascuna parte è stata a sua volta divisa ,questo per realizzare le particolari curvature che contraddistinguono le singole parti.

Prima è stata tracciata la linea che separa i vetri laterali dal bordo superiore della fiancata,successivamente le linee che definiscono la portiera e la minigonna;infine con il comando Superficie reticolare si edita la portiera e il bordo di separazione vetri fiancata.



**Fig.22** Portiera.

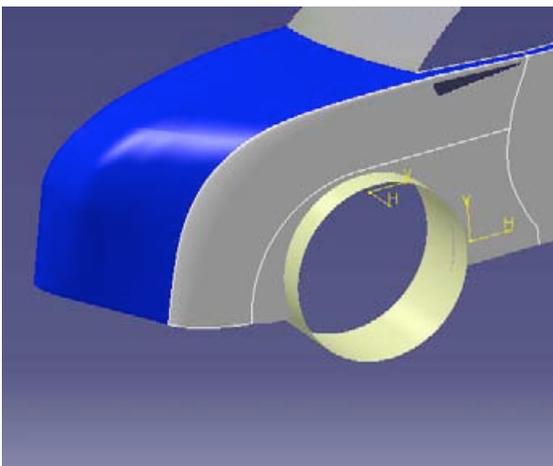
La parte anteriore della fiancata è stata realizzata in due parti: al solito si disegnano prima le linee guida e i profili, successivamente la superficie.



**Fig.23** Fiancatina anteriore.

Per eseguire la presa d'aria sulla fiancata si disegna lo schizzo  su di un piano verticale lo si proietta in direzione normale alla fiancata  e si esegue il taglio . Per rendere più realistico l'effetto delle prese d'aria si estrude verso l'interno della superficie il bordo appena tagliato.

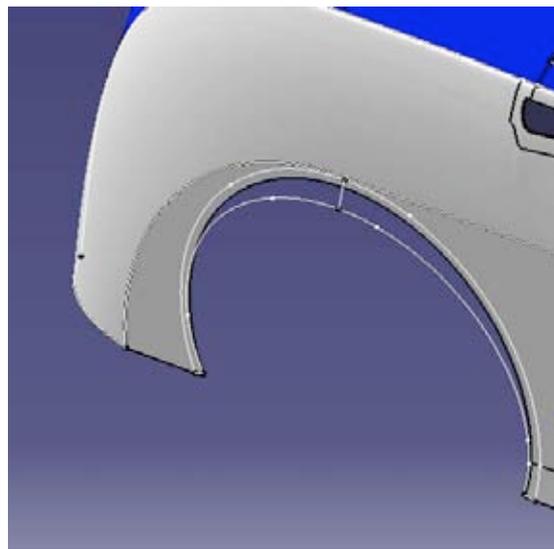
Il lato inferiore della superficie laterale risulta deformato, questo non deve preoccupare in quanto si eseguirà il taglio per la ruota ed il passaruota.



Su di un piano verticale si disegna una circonferenza, la si estrude in direzione orizzontale, con il comando estrudi , fino ad intersecare la superficie laterale dell'auto; successivamente si esegue il taglio e si nasconde la superficie cilindrica.

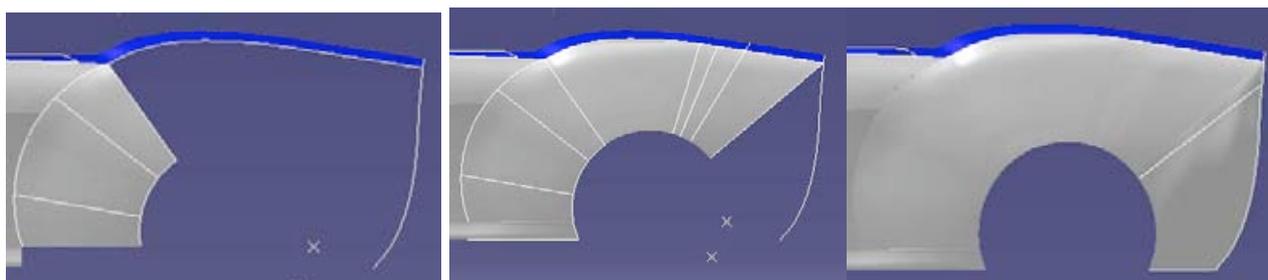
**Fig.24** Taglio per il passaruota.

Per eseguire il passaruota si disegnano i due contorni circolari che fungeranno da guide e tre sezioni: una all'inizio, una alla fine ed una centrale; infine con il comando superficie reticolare si edita la superficie.



**Fig.25** Passaruota.

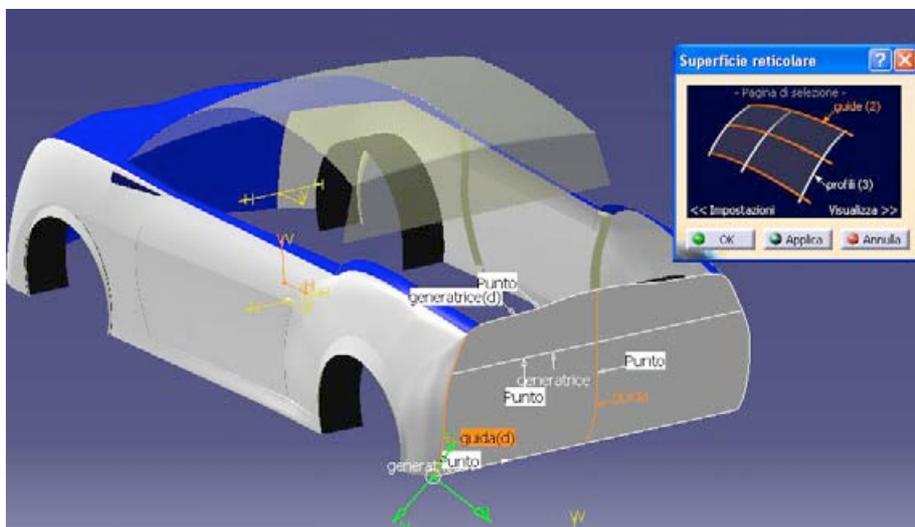
L'ultima parte della fiancata dell'auto è stata eseguita in tre passaggi, con le medesime procedure descritte sopra.



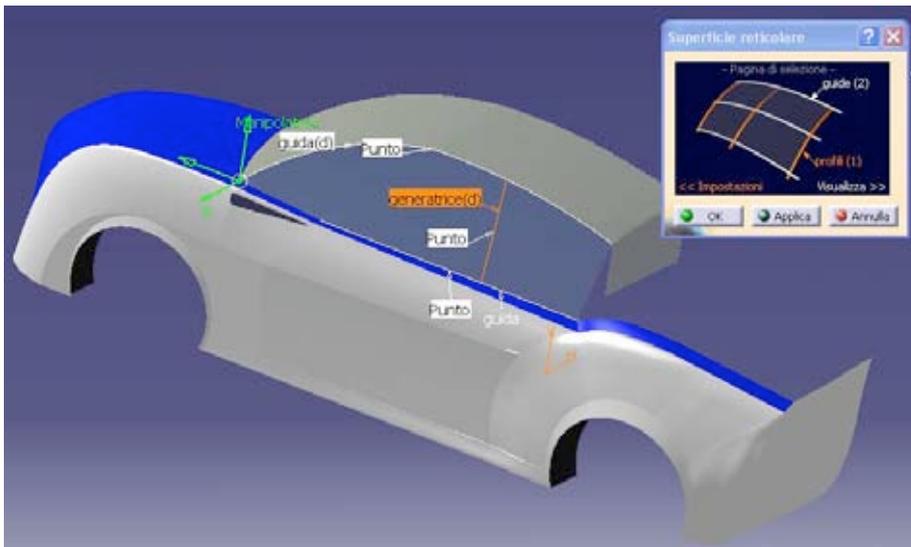
**Fig.26** Ultima parte della fiancata laterale.

Il procedimento per disegnare il passaruota posteriore è analogo a quello del passaruota anteriore.

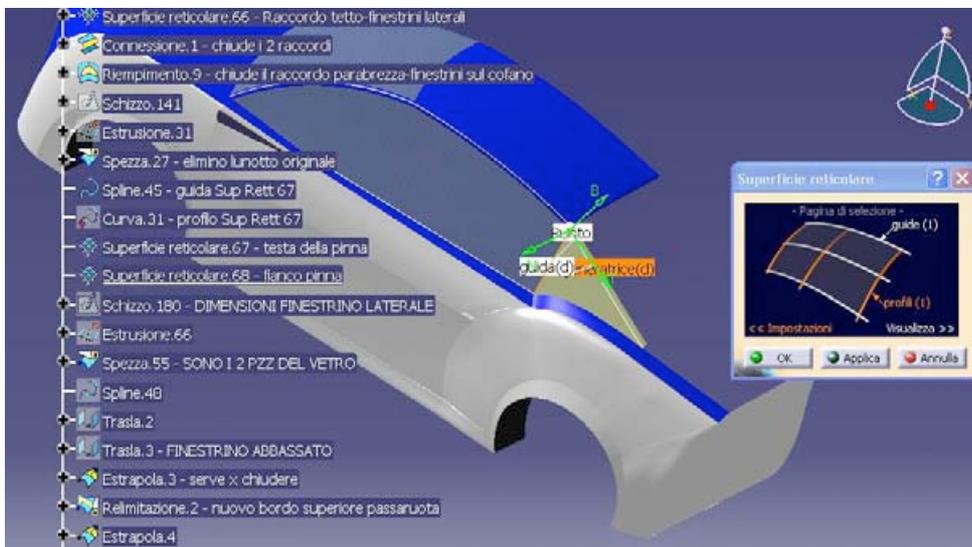
I passi successivi per completare la carrozzeria vengono esposti solo con immagini perché identici a quelli che hanno permesso di disegnare il cofano e tutte le parti successive.



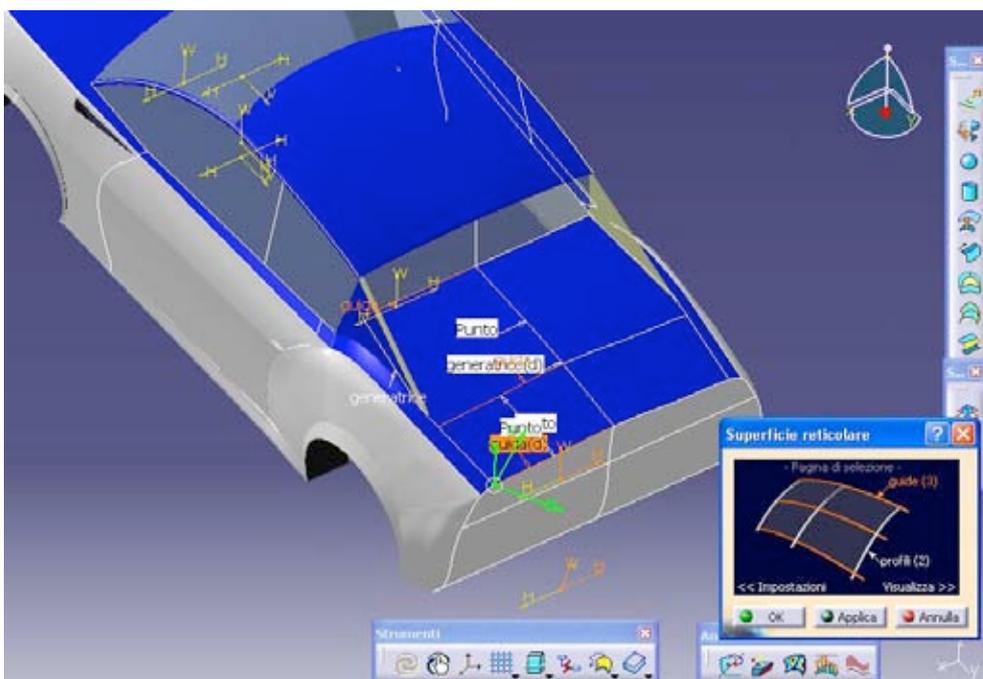
**Fig.27**  
Superficie posteriore dell'auto.



**Fig.28**  
*Finestrini laterali.*

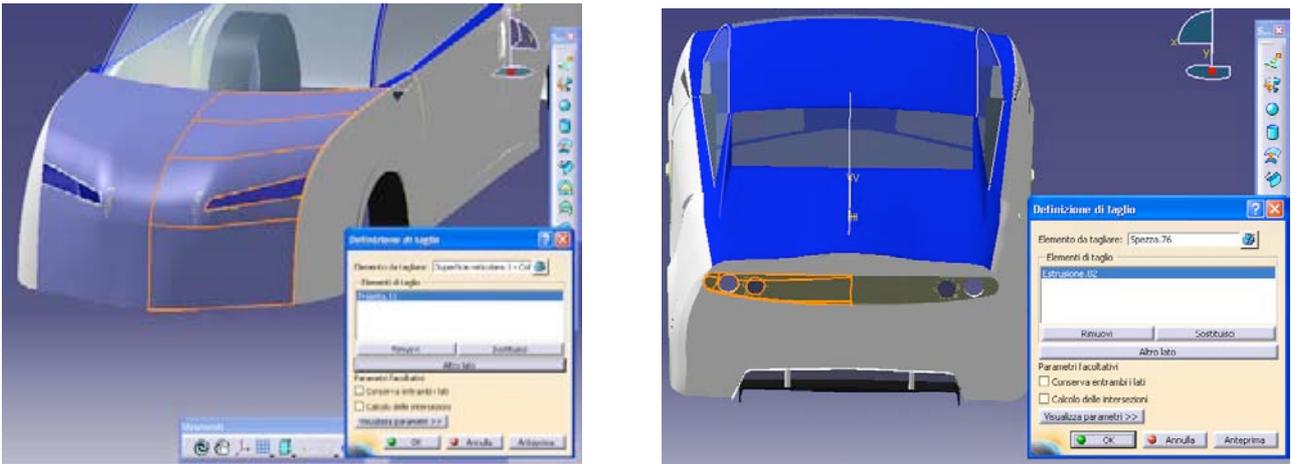


**Fig.29**  
*Superficie laterale  
che slancia la vettura.*



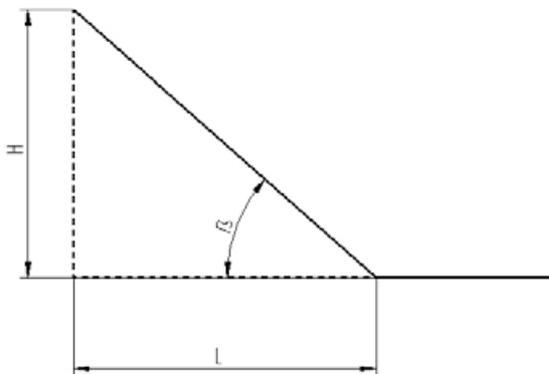
**Fig.30**  
*Cofano posteriore.*

Infine si eseguono i tagli per i proiettori anteriori e posteriori.(Fig.31)



## 2.2 Inclinazione massima superabile

Si considera che il dislivello H venga superato solo con due tratti rettilinei, uno orizzontale ed uno inclinato dell'angolo  $\beta$ .

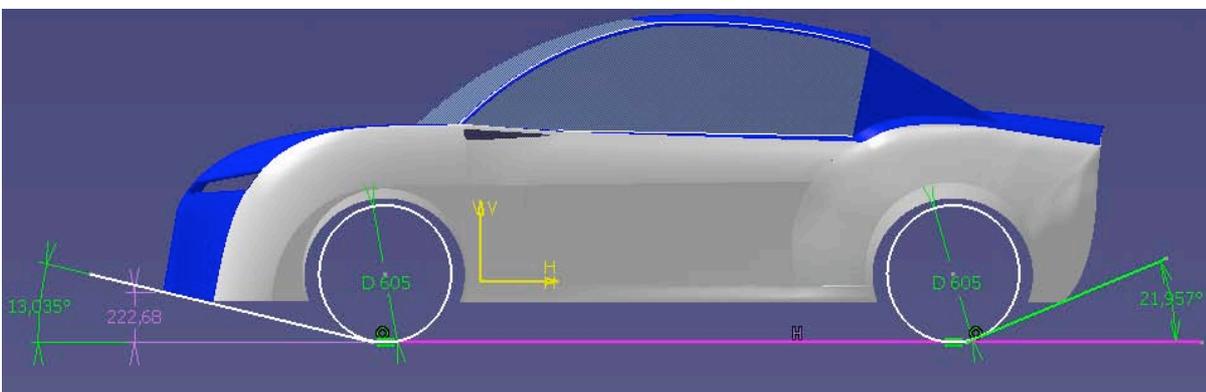


Dalle formule trigonometriche:

$$H = L \cdot \tan \beta \Rightarrow \tan \beta = \frac{H}{L}$$

$$\text{inclinazione percentuale } i\% = \tan \beta \cdot 100$$

Nel caso in esame l'inclinazione stradale massima che l'auto può superare:



**Fig.32** Angoli formati con il piano stradale.

anteriore:  $i\% = \tan(13.035^\circ) \cdot 100 \Rightarrow i\% \approx 23\%$

posteriore:  $i\% = \tan(21.957^\circ) \cdot 100 \Rightarrow i\% = 40,30\%$

Tali valori sono a favore della sicurezza, in quanto le norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade redatte dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fissano la pendenza massima superabile su strade locali urbane ed extra-urbane pari al 10%.

Per quanto riguarda i dossi artificiali il Regolamento di Attuazione del Codice della Strada (DPR 495/1992, come modificato dal DPR 610/96) All'Art. 179. (Art. 42 Cod. Str.) prescrive per i dossi realizzati in opera caratteristiche geometriche e costruttive:

- limite di velocità di 30 km/h, altezza 70 mm
- limite di velocità di 40 km/h, altezza 50 mm
- limite di velocità di 50 km/h, altezza 30 mm.

## **2.3 Test d'impatto con il pedone**

Il test d'impatto col pedone viene preso in considerazione poiché pone alcuni vincoli sulla progettazione e sul relativo design della vettura .Al contrario dei test effettuati sui passeggeri, è molto difficile prevedere le conseguenze di un impatto sul pedone e fino ad ora i passi in avanti sono stati fatti modellando le forme dell'anteriore in modo da eliminare sporgenze pericolose in caso di impatto.

Il test per replicare gli investimenti di bambini ed adulti, viene eseguito alla velocità di 40 Km/h. Viene controllato il modo in cui le varie parti del corpo colpiscono l'autovettura ed in base a questa analisi si determina il rischio di lesioni. Questo test si basa sulle linee guida dell'European Enhanced Vehicle Safety Committee.

Il test di impatto con il pedone non è stato eseguito,tuttavia, si analizzano le varie fasi della prova per trarre informazioni da applicare al progetto dell'Astura:



**Fig.33** Il mezzo giunge nei pressi del pedone alla velocità di 40 km/h ed un metro prima dell'impatto il manichino viene sganciato dalle funi che lo sorreggono.



**Fig.34** Avviene l'impatto.

I legamenti delle ginocchia sono impossibili da salvare ma si cerca di ridurre al minimo i rischi di lesioni al femore.



**Fig.35** Il danneggiamento della testa è limitato grazie all'imbottitura del cofano e ai perni collassabili dei tergicristalli.



**Fig.36** L'auto inizia a frenare la sua corsa.

Il manichino inizia scivolare al suolo.



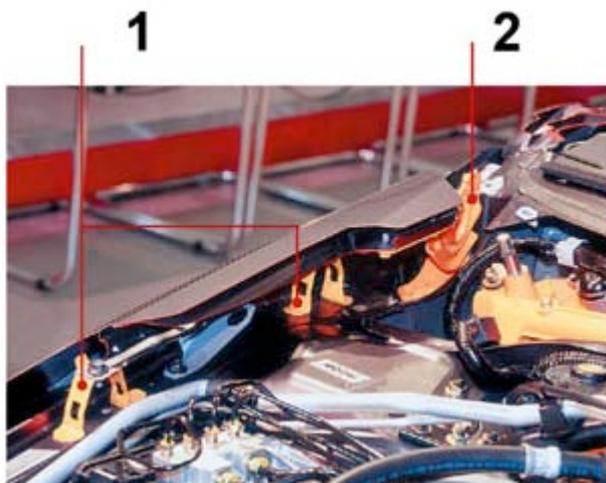
**Fig.37** L'auto è ferma.

Il manichino cade su un materassino appositamente sistemato a pochi metri dal punto d'impatto.



**Fig.38** Vista frontale della vettura e del pedone dopo l'impatto. Si nota bene la deformazione del cofano appositamente progettato per deformarsi in quel modo.

Gli accorgimenti per salvaguardare il pedone dall'impatto con l'autovettura nello specifico sono:

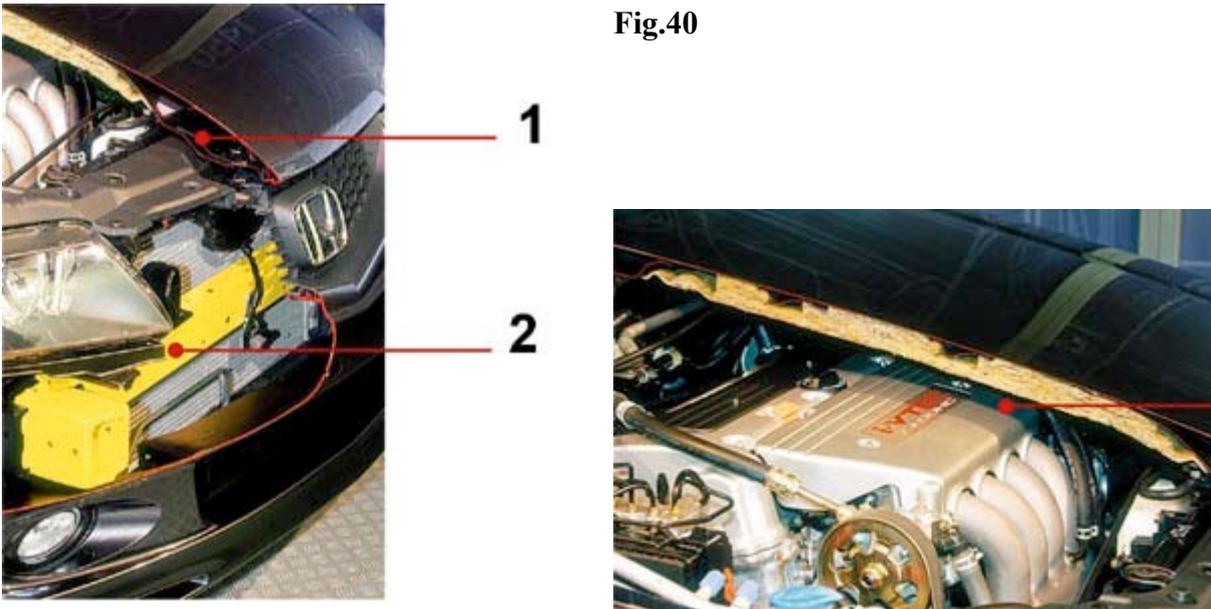


**Fig.39** Le zone in giallo sono tutte collassabili durante l'urto per ammortizzare l'impatto del pedone.

*1- Distanziali che allontanano il cofano dagli attacchi delle sospensioni;*

*2- Cerniere del cofano e dei perni dei tergicristalli collassabili;*

**Fig.40**



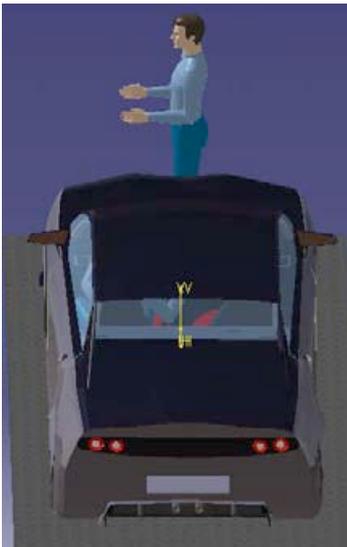
*1- Sopra la calandra c'è uno spazio vuoto per cercare di evitare le fratture alle gambe.*

*2- La traversa frontale viene distanziata per ammortizzare l'impatto con le ginocchia.*

L'imbottitura in schiuma del cofano e la distanza tra questo ed il motore deve essere tale da allontanare il più possibile la testa dalle parti rigide

L'obbiettivo è stato conciliare le linee filanti che si addicono ad un'auto sportiva con la sicurezza del pedone in caso di urto. Per allontanare il rischio che la testa del pedone urti le parti più rigide dell'anteriore, ovvero, la fascia perimetrale del cofano più robusta con caratteristiche strutturali, la zona del parabrezza vicino ai montanti e la zona vicino gli attacchi delle sospensioni, si è fatto un muso allungato e si è creato una sorta di invito tra il paraurti e la parte centrale del cofano con la funzione di distribuzione dei carichi in caso di urto.

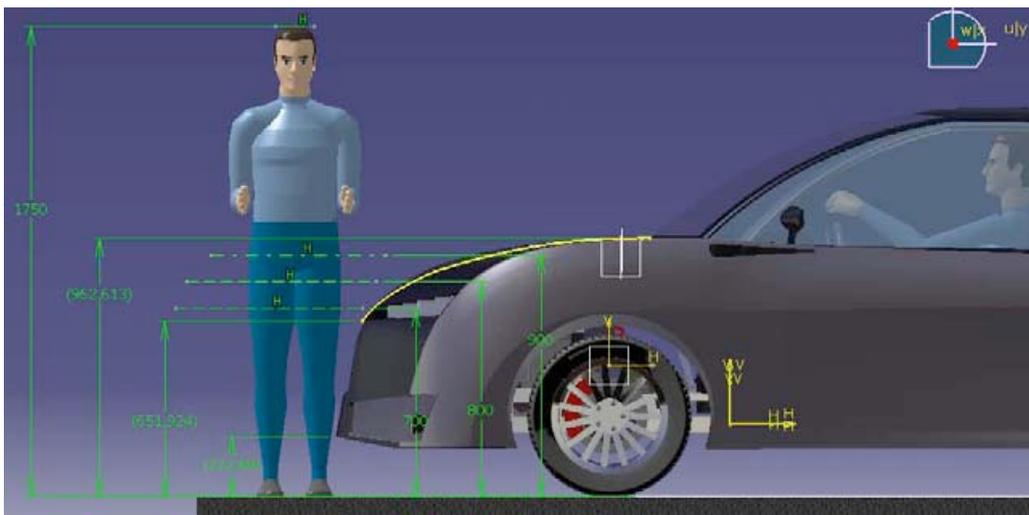
Si prevede che con questo accorgimento più l'utilizzo di una imbottitura in schiuma nella parte interna del cofano l'Astura abbia una buona valutazione nel test di impatto con il pedone.



**Fig.41** Vista in prospettiva della particolare curvatura nella parte centrale della giunzione tra cofano e paraurti.



**Fig.42** Vista di fronte.



**Fig.43** Altezze da terra dell'anteriore, quote in [mm]

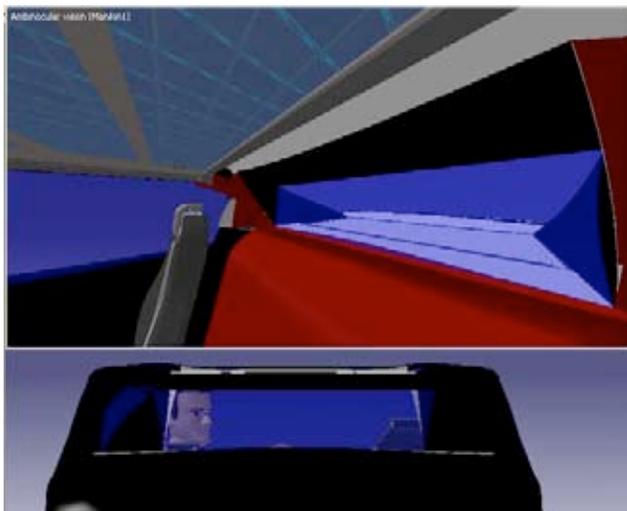
## 2.4 Simulazione della visuale interna

Terminata la fase di modellazione tridimensionale della carrozzeria e disposto il manichino virtuale al volante dell'Astura si valutano le dimensioni degli spazi che circondano il pilota e la sua percezione visiva dell'esterno.

L'ambiente di CATIA utilizzato per inserire il manichino al posto di guida è Human Builder.

Per sapere dove guarda e cosa vede il manichino si utilizza il comando Open Vision Window  utilizzando le impostazioni di default relative ad un campo di visione ambi oculare, i parametri medi per il rapporto focale, le limitazioni angolari, ecc...

Ecco come si presenta la posizione di guida al manichino:



**Fig.44** Vecchio progetto.

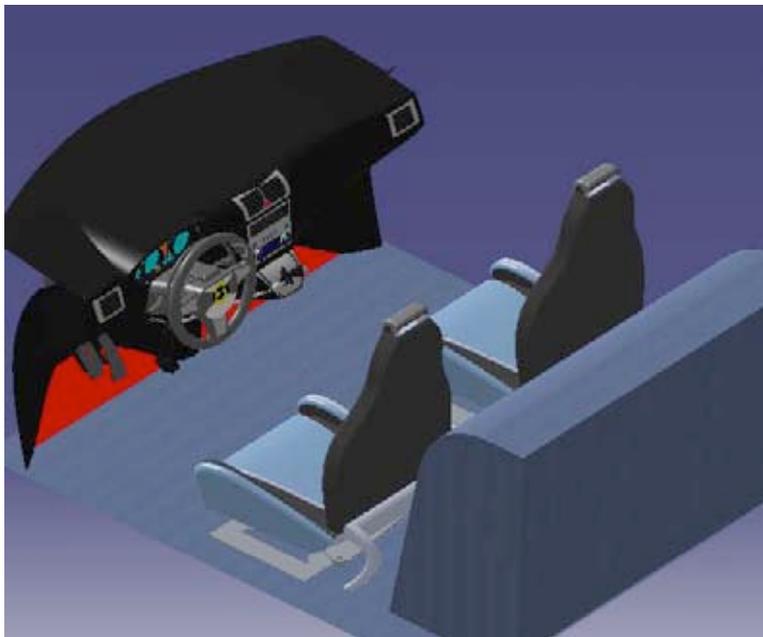
**Fig.45** Nuovo progetto.

Le immagini nella colonna a sinistra rappresentano il vecchio progetto, nella colonna a destra il nuovo progetto. Come si può osservare dalle immagini la visuale dall'interno dell'abitacolo è nettamente migliorata in quanto ridisegnando i montanti si è riuscito ad aumentare la superficie vetrata del parabrezza e dei finestrini laterali, senza penalizzare il design dell'automobile.

Per sottolineare il carattere sportivo dell'Astura viene lasciato il telaio all'interno dell'abitacolo in vista, come se fosse il roll-bar di un'auto da corsa gruppo N.

## 2.5 Gli interni

Da un'auto sportiva ci si aspetta interni semplici, sobri, con i comandi facilmente raggiungibili e ben visibili. Il colore degli interni deve creare poi contrasto con la carrozzeria, per questo motivo si è pensato ad interni bicolore: plancia di colore nero, che conferisce eleganza e qualità nel materiale, con inserti in alluminio satinato che danno quel tocco di sportività, sedili bicolore nero-azzurro, ed il resto della tappezzeria in azzurro.



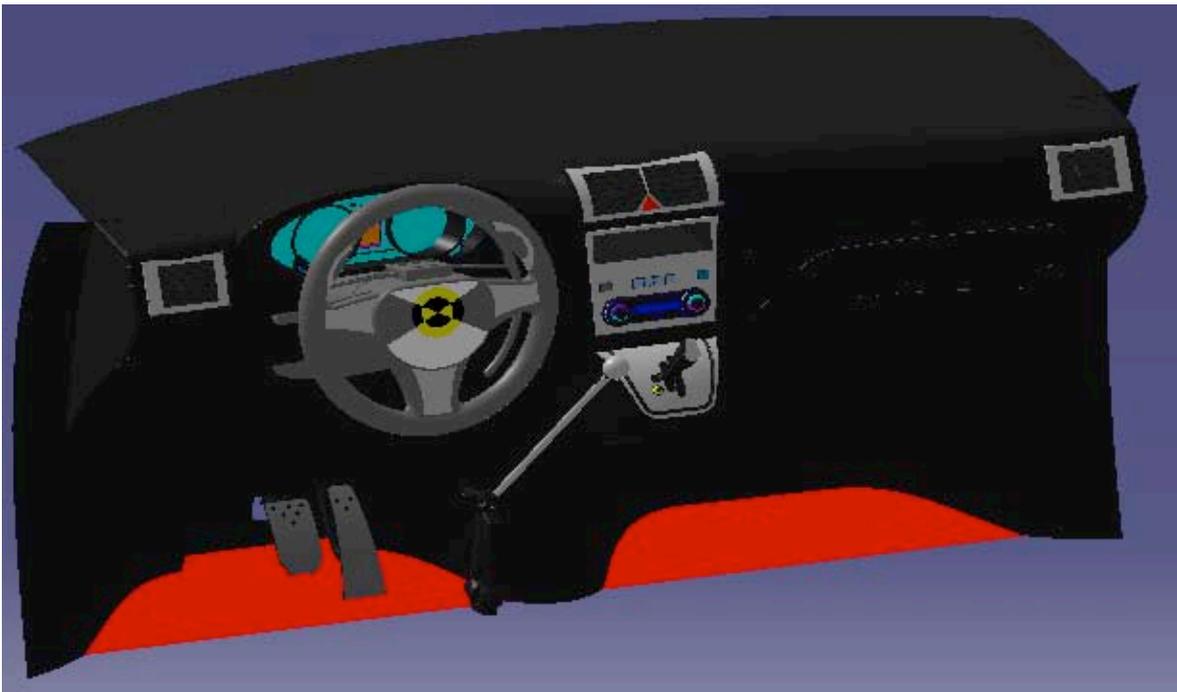
**Fig.46** Interni

Normalmente dalla plancia di una autovettura si diparte il canale centrale in cui vengono posizionati la leva del cambio, il freno di stazionamento ed eventuali braccioli di appoggio e/o portaoggetti a scomparsa in cui riporre cellulari, chiavi, monete e quant'altro. Bisogna ricordare che una delle specifiche di progetto è che questa auto deve poter essere guidata da persone con ridotta mobilità motoria (da persone con infiammazioni croniche al nervo sciatico a paraplegici), e qualora la portiera a scorrimento dal lato del guidatore non si aprisse, a causa di un guasto oppure a causa di un incidente, sarebbe necessario scavalcare il canale centrale per appoggiarsi sul sedile del passeggero

ed uscire dalla portiera opposta a quella di guida, incernierata classicamente al telaio, e questo potrebbe risultare pericoloso.

Per questo motivo si è pensato di eliminare completamente il tunnel centrale inserendo la leva del cambio e la plancia dei comandi accessori (climatizzatore, radio, un eventuale navigatore satellitare, ecc...) direttamente nella zona centrale del cruscotto, come visto nella nuova Fiat 500.

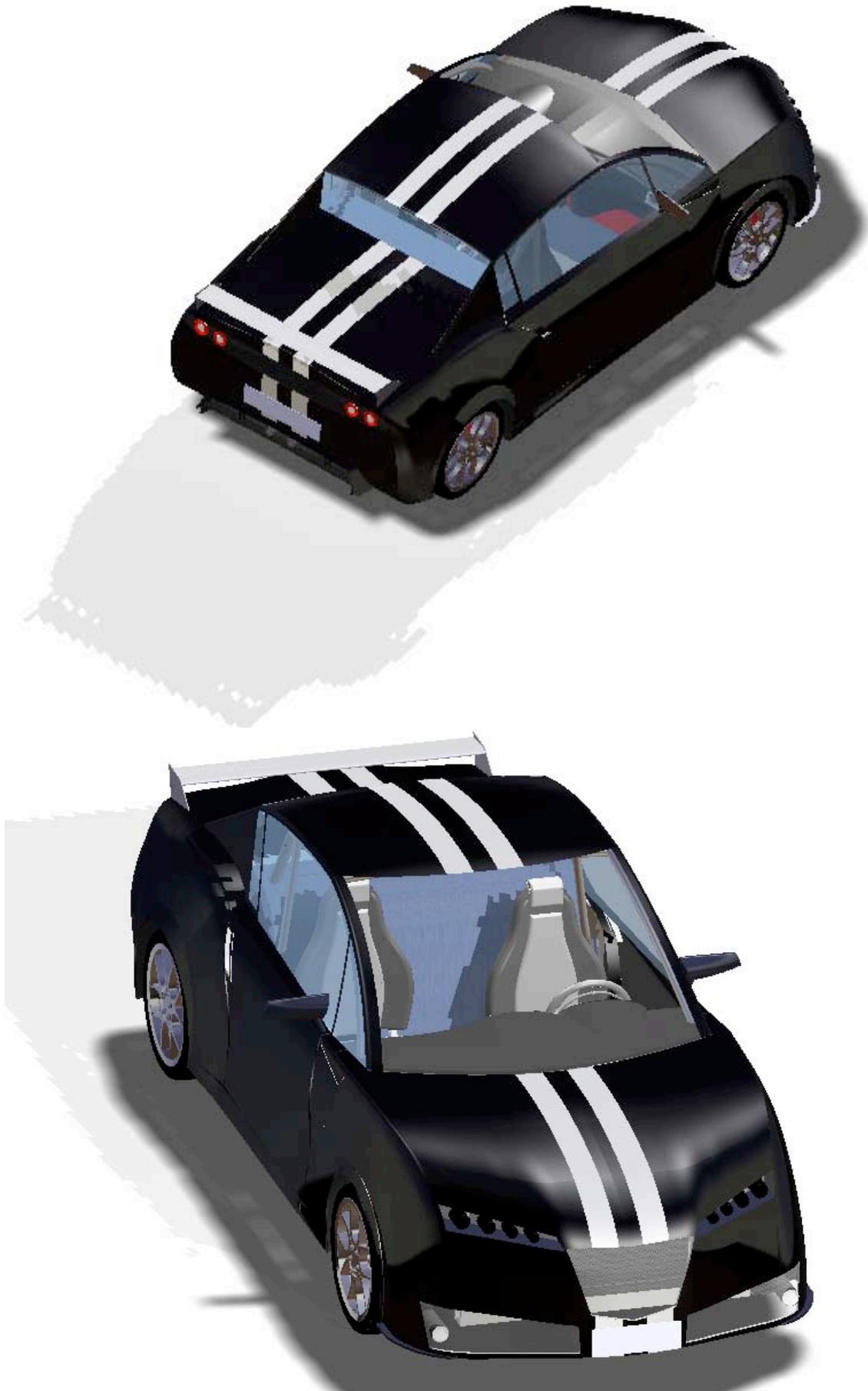
Inoltre si potrebbe inserire un cambio a bilancieri al volante, potendo scegliere tramite un pulsante situato sempre sul volante l'uso della trasmissione automatica o sequenziale. Così si avrebbe un "centro di comando" completamente situato tra volante e plancia centrale.



*Fig.47 Plancia senza canale centrale*

## 2.6 Alcune immagini renderizzate





## 2.7 Prime Conclusioni

Si è riusciti a conciliare un design accattivante che caratterizza un'auto sportiva con

- l'abitabilità e la comodità ,grazie ad un ampio abitacolo
- l'accessibilità ,grazie a grandi portiere ed altezza di seduta da terra non eccessivamente bassa ,447[mm]
- la visibilità ,con la riprogettazione dei montanti si è riusciti ad aumentare le superfici vetrate

in più questa auto può essere guidata da disabili o persone con problemi motori,in quanto la portiera dal lato del guidatore è scorrevole in avanti e lascia completamente libera l'area di accesso all'abitacolo,ed il sedile di guida è montato su di un sistema meccanico che gli permette di uscire completamente dall'abitacolo in direzione trasversale.

Per motivi di sicurezza, la portiera dal lato del passeggero si apre nel classico modo a bandiera, perché nel caso sia impossibile riallineare le ruote, per una qualunque causa esterna, deve essere possibile uscire velocemente dall'auto (è da notare che la plancia non presenta un tunnel centrale tra i due sedili).

# Capitolo 3

## Il sedile della Astura

### 3.1 Il sistema di salita e discesa dal veicolo

Una delle particolarità dell'automobile è quella di avere uno speciale sportello che presenta una apertura a scorrimento in avanti e permette di usufruire di un più ampio spazio per accedere all'abitacolo anche da parte di persone diversamente abili, fornendo maggiori comodità per l'accesso. Per completare il sistema di ingresso nella vettura era necessario un sedile che rispondesse alle esigenze di questa particolare utenza.

I requisiti richiesti erano:

- robustezza;
- rigidità;
- semplicità di realizzazione.

La robustezza e la rigidità sono stati i due punti fondamentali sui cui è stata focalizzata l'attenzione. Tale sistema infatti deve garantire la massima sicurezza alla persona che lo utilizzava, proprio perché, il passaggio dalla carrozzina al sedile è uno dei momenti più critici per un disabile: si tratta infatti di passare da una posizione di sicurezza (la carrozzina) a una di insicurezza (il sedile). Per questo fondamentale era riuscire a realizzare una struttura il più possibile solida, trascurando i problemi di peso e focalizzando l'attenzione proprio sulla rigidità del telaio.

Oltre al semplice movimento longitudinale, per garantire la regolazione del sedile rispetto al volante, questo sistema doveva permettere un più facile accesso alla vettura. Era quindi necessario predisporre un movimento ortogonale rispetto alla vettura, che facilitasse l'uscita del sedile e la salita dell'utente. Per completare e agevolare ulteriormente tale operazione, si doveva pensare ad un sedile che fosse in grado di ruotare di 90° per far in modo che la persona vi si potesse affiancare con la carrozzina e salire agevolmente.

Per prima cosa sono state prese le misure dell'abitacolo, era infatti necessario controllare gli ingombri e poter quindi stabilire di quanto far scorrere il sedile.

Da una prima analisi si è verificato che lo spazio a disposizione per l'escursione longitudinale era di 688 mm, quindi il problema da risolvere era quello di creare una struttura semplice e al tempo

stesso funzionale. Per semplificare al massimo il sistema d'accesso sono state create delle guide che scorrono fra loro perpendicolarmente, in modo tale da potersi muovere sia longitudinalmente sia ortogonalmente e dare la possibilità al sedile di uscire dall'abitacolo.

Utilizzando delle guide circolari il problema da risolvere era quello agevolare la scorrevolezza del movimento: si è pensato quindi di utilizzare degli anelli in teflon applicati all'interno degli appoggi.

Il teflon presenta una serie interessante di caratteristiche peculiari :

- la completa inerzia chimica per cui non viene aggredito dalla quasi totalità dei composti chimici;
- la completa insolubilità in acqua e in qualsiasi solvente organico;
- ottime qualità di resistenza al fuoco: non propaga la fiamma;
- ottime proprietà di scorrevolezza superficiale: il coefficiente di attrito risulta il più basso tra i prodotti industriali.

### **3.2 Le guide**

Avendo preso le dimensioni delle guide, il passo successivo è stato quello di scegliere il diametro dei tubi. La prima scelta è stata quella di creare dei tubi lunghi 688 mm con un diametro di 40 mm e con uno spessore di 4 mm. Dovevano rispettare il requisito di flettere il meno possibile per dare la sensazione di sicurezza.

Le due guide sono state poste ad una distanza di 400 mm e sono state vincolate al telaio della vettura tramite delle piastre a sezione tubolare in modo da poter incastrare i due tubi e rendere solidale la guida al telaio stesso.

Volendo fare in modo che la guida si muova perpendicolarmente alla prima se ne è realizzata una seconda con le medesime caratteristiche (tubi del diametro di 40 mm e dello spessore di 4 mm).

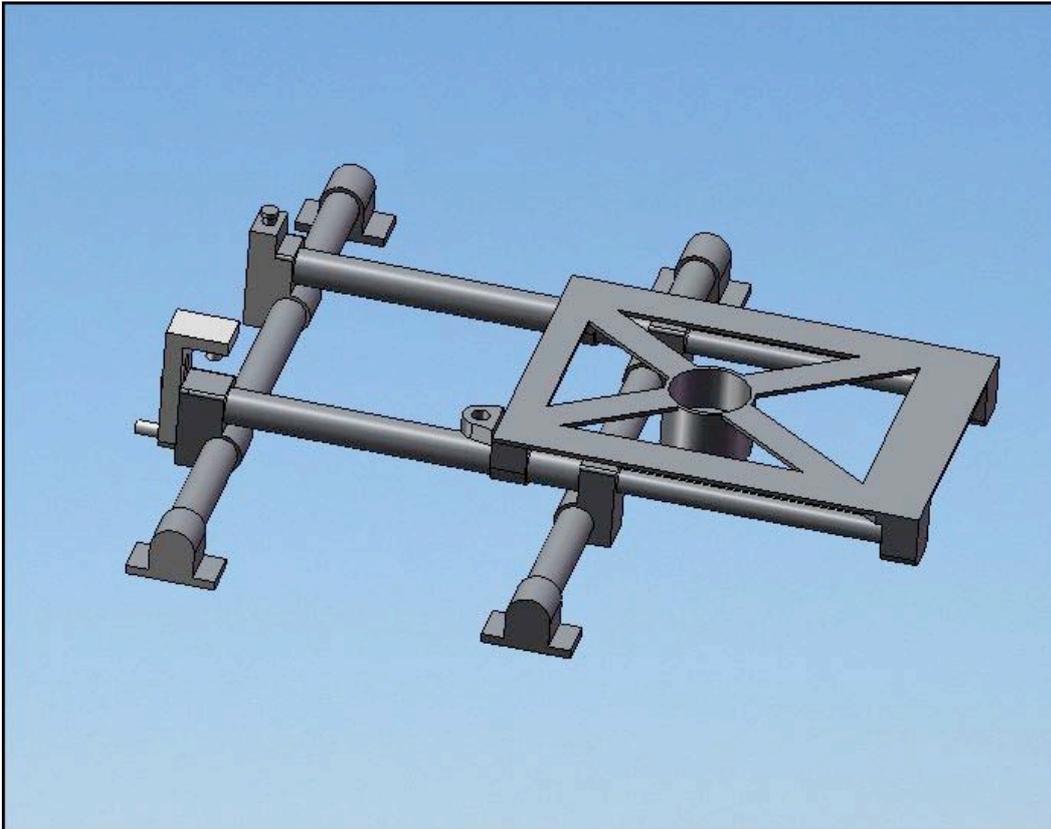
Infine, per completare il sistema di accesso, è stato modellata una staffa telescopica che ha lo scopo di rendere possibile l'uscita del sedile con un escursione pari a 400 mm.

Per rendere il tutto solidale, è stata realizzata un'intelaiatura che sarà poi utilizzata come base per il sedile. Questa intelaiatura ad x è stata allineata con la guida inferiore, in modo che il sedile risultasse poi in linea con il volante.

Nell'intento di far in modo che la slitta superiore non fosse svincolata da quella inferiore, si è predisposto un apposito blocco che ha la duplice funzione di garantire il posizionamento del sedile

potendo scegliere la distanza dal volante e al tempo stesso quello di impedire il movimento trasversale del sedile una volta saliti sull'auto.

Questo sistema di bloccaggio ha la possibilità di muoversi in due posizioni, la prima svincola il sedile solamente nella direzione longitudinale, la seconda permette di liberare le due slitte e dà la possibilità al sedile di uscire. Verranno poi collegati degli appositi switch in modo tale da automatizzare tutta la struttura.

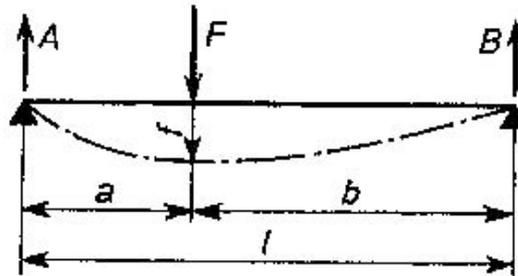


**Fig.48** *Assieme guida inferiore, guida superiore.*

Prima di continuare lo studio della struttura è stato necessario verificare preliminarmente lo spostamento massimo della trave.

Inizialmente si è considerato la guida inferiore come una trave appoggio-appoggio. Lo scopo principale era quello di andare a calcolare la rigidezza alla traslazione  $k_t$ , per cui è stato necessario schematizzare tutta la struttura e mettersi nella condizione più sfavorevole, quella in cui le guide sono completamente estese e il carico è applicato alla sua estremità.

Per calcolare il  $k_t$  ho preso in considerazione la guida inferiore supponendo che il carico puntuale fosse applicato nel punto medio rispetto alla guida superiore ed ho supposto che la forza applicata fosse pari a 980 [N].



**Fig.49** Semplificazione guida inferiore.

I dati a disposizione erano:

$$l=688 \text{ [mm]}$$

$$a=625,5 \text{ [mm]} \quad , \quad b = 62,5 \text{ [mm]}$$

$$F=980 \text{ [N]}$$

$$D= 40 \text{ [mm]} \quad , \quad d = 32 \text{ [mm]}$$

sapendo che per una forza concentrata ovunque disposta su una trave la freccia corrisponde a

$$y = \frac{F \cdot a \cdot b(a^2 + b^2 - l^2)}{6EI} = -32,3 \text{ [mm]}$$

dove il momento di inerzia vale:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad , \quad \text{espresso in [mm}^4\text{]}$$

considerando che la forza è direttamente proporzionale alla freccia e al coefficiente di rigidezza possiamo andarci a calcolare  $k_t$

$$K_t = \frac{F}{y} = 30.35 \text{ [N/mm]}$$

Conoscendo il valore del coefficiente di rigidità è possibile quindi andare a calcolare il cedimento della struttura semplificando sempre il telaio e considerando i vincoli della guida inferiore come delle molle, in modo tale da poter quantificare l'abbassamento delle singole guide e, sovrapponendo gli effetti, avere la freccia totale che mi indica di quanto si è abbassata la struttura. In questo modo si ha un ordine di grandezza che ci dice se le dimensioni prese in considerazione vanno bene o necessitano di un eventuale cambiamento.

Per prima cosa è necessario andare a considerare le reazioni vincolari che si vengono ad instaurare in questa situazione. Si tiene conto di un'ulteriore semplificazione, considerando che solo metà del carico venga applicata sulla singola guida e anche in questo caso la forza è tutta applicata all'estremità.



**Fig.50** Forze applicate sulla guida superiore.

$$\begin{cases} \sum F = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_1 + F_2 + F_M = 0 \\ F_{1b} + F_2(a + b) = 0 \end{cases}$$

Tenendo presente che in questo caso i dati noti sono :

$$a=400 \text{ [mm]}$$

$$b=400 \text{ [mm]}$$

$$F_m= 490 \text{ [N]}$$

si possono ricavare agevolmente i valori di  $F_1$  e  $F_2$  tramite dei semplici passaggi matematici che ci portano a :

$$\begin{cases} F_1 = 460 \text{ [N]} \\ F_2 = -980 \text{ [N]} \end{cases}$$

In questo modo è possibile calcolare i cedimenti vincolari nei punti 1 e 2

$$\delta_1 = \frac{F_1}{K_t} = 16,1 [mm]$$

$$\delta_2 = \frac{F_2}{K_t} = 32,3 [mm]$$

Pensando la parte terminale della guida superiore come una trave a sbalzo e sapendo che la freccia in questo caso risulta pari a

$$\delta_m = \frac{Fl^3}{3EI} = 4,4 [mm]$$

essendo un tubo pieno e non vuoto il valore del momento di inerzia vale

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

Con :

$$D=26 [mm]$$

$$l=400 [mm]$$

$$F=490 [N]$$

Sovrapponendo gli effetti si ha un abbassamento totale pari a

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_m = 11,7 [mm]$$

Che risulta un valore più che accettabile.

Per concludere il cinematismo necessario al funzionamento del sedile e dare la possibilità al sedile stesso di ruotare di 90° è stato necessario creare due staffe collegate una al telaio, l'altra al sedile.

Tramite il movimento della guida superiore verso l'esterno, queste due staffe vengono messe in trazione, in modo tale che essendo il sedile libero di girare attorno al proprio asse, questo può ruotare dell'angolo previsto.

Vi è una prima biella caratterizzata dalle seguenti dimensioni:

Lunghezza = 435 [mm]

Altezza = 10 [mm]

Diametro fori = 15 [mm]

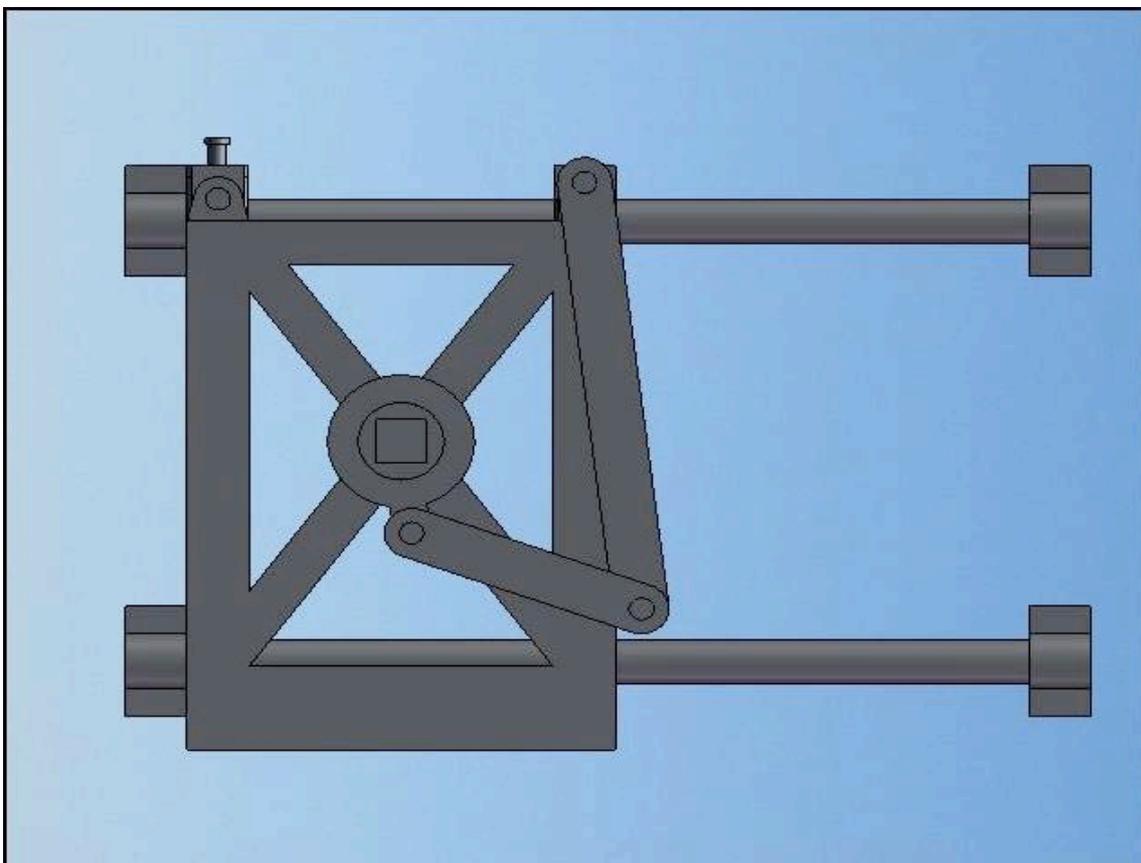
La seconda biella invece ha come dimensioni:

Lunghezza = 245 [mm]

Altezza = 10 [mm]

Diametro fori = 15 [mm]

Tramite queste due staffe è stato possibile rendere girevole il sedile e fare in modo che si posizionasse perpendicolarmente all'auto rendendo l'accesso e la discesa molto più semplici per le persone con mobilità motoria ridotta.



**Fig.51** Vista superiore delle guide.

### 3.3 Il sedile

A completamento del sistema d'accesso si è preso in considerazione il sedile dando importanza sia all'ergonomia che alla funzionalità. Anche per questo elemento vi erano dei vincoli dimensionali dati dagli ingombri dell'abitacolo.

Rifacendomi ai normali sedili delle vetture sportive sono partito dalla seduta, facendo molta attenzione al fatto che questa dovrà girare di 90° e quindi non dovrà interferire con lo schienale. Al tempo stesso la seduta è vincolata alla guida inferiore mediante un pistoncino pneumatico che comandato elettricamente, dà la possibilità al passeggero di scegliere l'altezza di guida in modo semplice ed efficace.

La seduta è stata conformata in modo tale da garantire una buona ergonomia e dare il necessario supporto laterale ai fianchi e alle gambe garantendo il massimo confort al guidatore nell'affrontare le curve.

Lo schienale, diversamente dalla seduta, deve rimanere solidale alla slitta inferiore e quindi non può girare assieme al guidatore. Anche questa parte del sedile ha un accentuata forma ergonomica e, con la creazione di specifici laterali di supporto, si è cercato di fornire un buon appoggio per la schiena, rendendo la guida il più confortevole possibile.

Sotto il rivestimento, verrà poi predisposto un cuscino d'aria, azionato da un piccolo compressore, e ideato specificatamente per garantire una maggior comodità alla fascia lombare.

Infine, per completare lo schienale, è stato predisposto l'alloggiamento del poggiatesta, elemento che ha la possibilità di essere regolato in altezza e al tempo stesso di ruotare. In questo modo, oltre a venire incontro alle esigenze di persone di altezza elevata, può assolvere alla funzione protettiva in caso di tamponamento.

Lo schienale è saldamente vincolato alla guida inferiore mediante un piccolo telaio che ha lo scopo di permettere il corretto posizionamento e fare in modo che la seduta possa ruotare agevolmente.



**Fig.52** *Il sedile assemblato.*



**Fig.53** *Il sedile completamente aperto*

### 3.4 Gli azionamenti

Questo sistema d'accesso è stato studiato appositamente per garantire un facile utilizzo della vettura da parte di persone diversamente abili. Un fattore quindi che non poteva essere trascurato era l'automazione del meccanismo in modo tale che tramite un comando, all'apertura del veicolo, il sedile potesse uscire automaticamente e si potesse posizionare correttamente perpendicolare alla vettura.

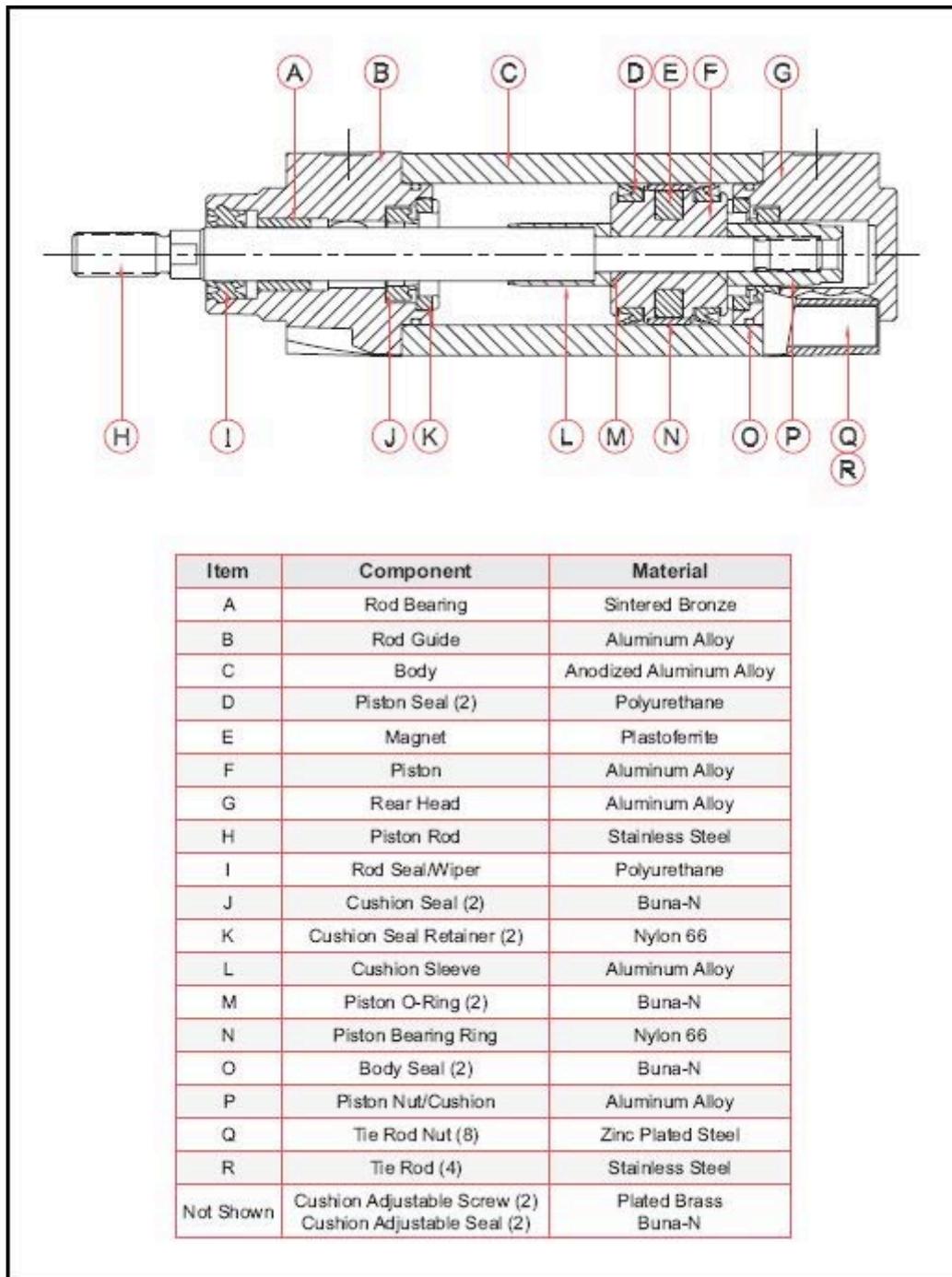
Al fine di rendere possibile quest'esigenza, si è pensato di utilizzare dei semplici cilindri ad aria alimentati da un piccolo compressore.

In questo caso sono necessari due pistoncini disposti ortogonalmente fra di loro, uno collegato alla guida inferiore, l'altro alla guida superiore, comandati da una centralina che ne garantisce l'azionamento a seconda delle esigenze.

Infatti, il cilindro ad aria inferiore, oltre a servire a spingere il sedile nella sua posizione di fine corsa, servirà all'utente della vettura anche al momento di selezionare la posizione corretta di guida. Diversamente, il cilindro ad aria collegato alla slitta superiore, permetterà la rotazione del sedile e la traslazione verso l'esterno.

Per rendere automatizzabile il tutto, verranno anche inseriti degli appositi switch: uno proprio a fine corsa della slitta inferiore che servirà ad azionare il pistoncino della guida superiore e a far uscire il sedile; un altro sarà poi inserito nel sistema di bloccaggio delle slitte: questo, quando si sposterà di un primo scatto, permetterà solo lo spostamento longitudinale senza arrivare a fine corsa e, nel caso in cui si voglia far uscire il sedile, il blocco potrà muoversi verso il secondo scatto dando via a tutti i controlli.

I pistoncini ad aria sono prodotti dalla Bimba e hanno la seguenti specifiche di costruzione:



*Fig.54 Sezione del pistone pneumatico.*

### 3.5 Verifica della struttura - Calcolo agli elementi finiti

L'analisi agli elementi finiti (FEA) è una tecnica numerica affidabile per analizzare progetti di natura tecnica.

Il software Cosmos Works, parte integrante di SolidWorks 2007, si presenta in una veste grafica del tutto uguale all'ambiente "part". Grazie a questo applicativo è possibile verificare la deformazione della struttura e al tempo stesso verificarne lo spostamento.

Aperto il file delle guide assemblate, precedentemente salvato, si può così procedere allo studio della struttura. Dal menù in alto si seleziona *COSMOS Works -> Studio*; sulla sinistra dello schermo si apre un menù dove si può inserire il nome dello studio.

Prima di procedere alla verifica delle guide è stato necessario scegliere il tipo di materiale da applicare alle diverse componenti. La scelta è ricaduta sull'acciaio AISI 304, un acciaio al Cr-Ni a basso tenore di C, austenitico, non temperabile, resistente alla corrosione, amagnetico allo stato ricotto, leggermente magnetico se lavorato a freddo con buone caratteristiche di saldabilità e discreta resistenza alla corrosione intercristallina.

Nome della proprietà	Valore	Unità
Modulo elastico	1.9e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0.29	NA
Modulo di taglio	7.5e+010	N/m <sup>2</sup>
Densità di massa	8000	kg/m <sup>3</sup>
Resistenza alla trazione	5.1702e+008	N/m <sup>2</sup>
Carico di snervamento	2.0681e+008	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente di espansione termica	1.8e-005	/Kelvin
Conducibilità termica	16	W/(m.K)
Calore specifico	500	J/(kg.K)

**Fig.55** Specifiche tecniche del materiale utilizzato.

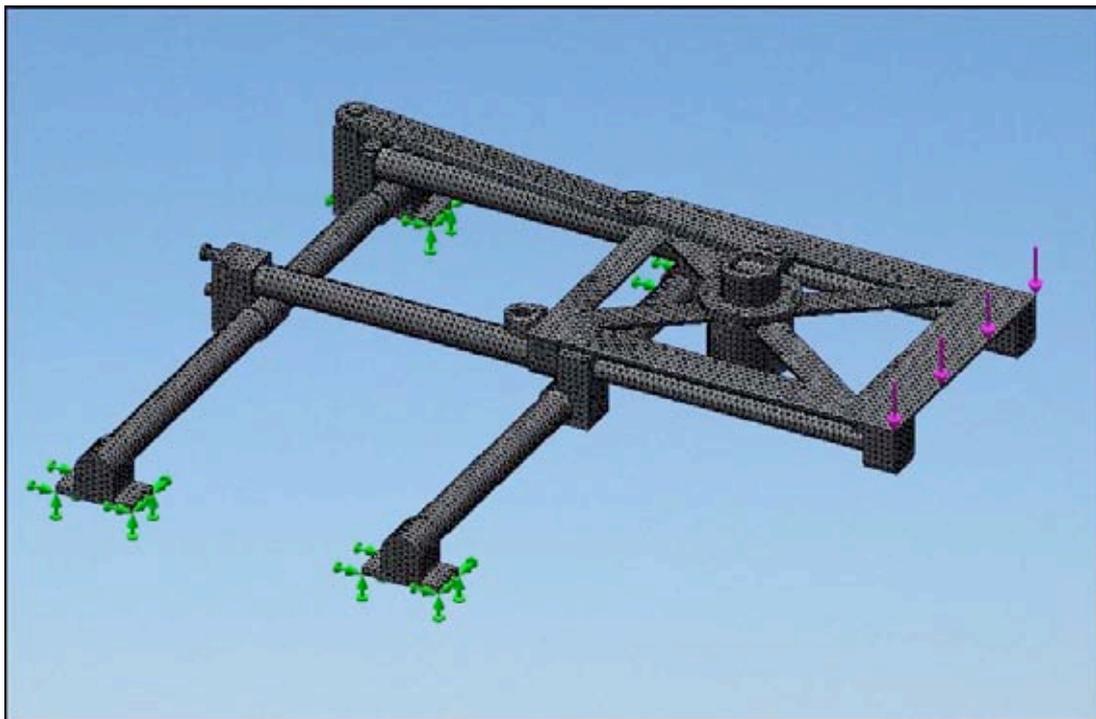
Successivamente bisogna decidere il tipo di analisi da effettuare sulla struttura. Nel nostro caso dovendo capire se le guide si deformano troppo, è stato scelto mesh di elementi solidi; bisogna poi determinare i vincoli e le forze applicate alla struttura. La scelta è molto semplice, infatti, nel nostro caso, i vincoli sono gli attacchi delle guide al telaio e la forza da applicare deve essere posta sul bordo esterno della guida superiore quando questa è completamente estesa.

Una volta scelto il tipo di studio si apre il Cosmos Works Menager che ci dà la possibilità di interagire con il programma e modificare la varie opzioni per personalizzare al massimo il proprio studio.

Il processo inizia con la creazione di un modello geometrico. Il software suddivide quindi il modello in piccoli costituenti di forma semplice chiamati "elementi" e collegati tra loro ai punti comuni chiamati "nodi". Il processo di suddivisione del modello in elementi è chiamato creazione di mesh. I programmi di analisi agli elementi finiti guardano al modello come ad una rete di elementi interconnessi.

La creazione della mesh è una fase fondamentale nell'analisi di un progetto. Il software consente di creare una mesh solida di elementi solidi e shell. La mesh solida è appropriata per i modelli 3D grandi e complessi. Gli elementi shell sono adatti per le parti sottili (come lamiere).

In questo modo il programma fa la verifica della struttura e da come output un risultato come quello della fig.56.



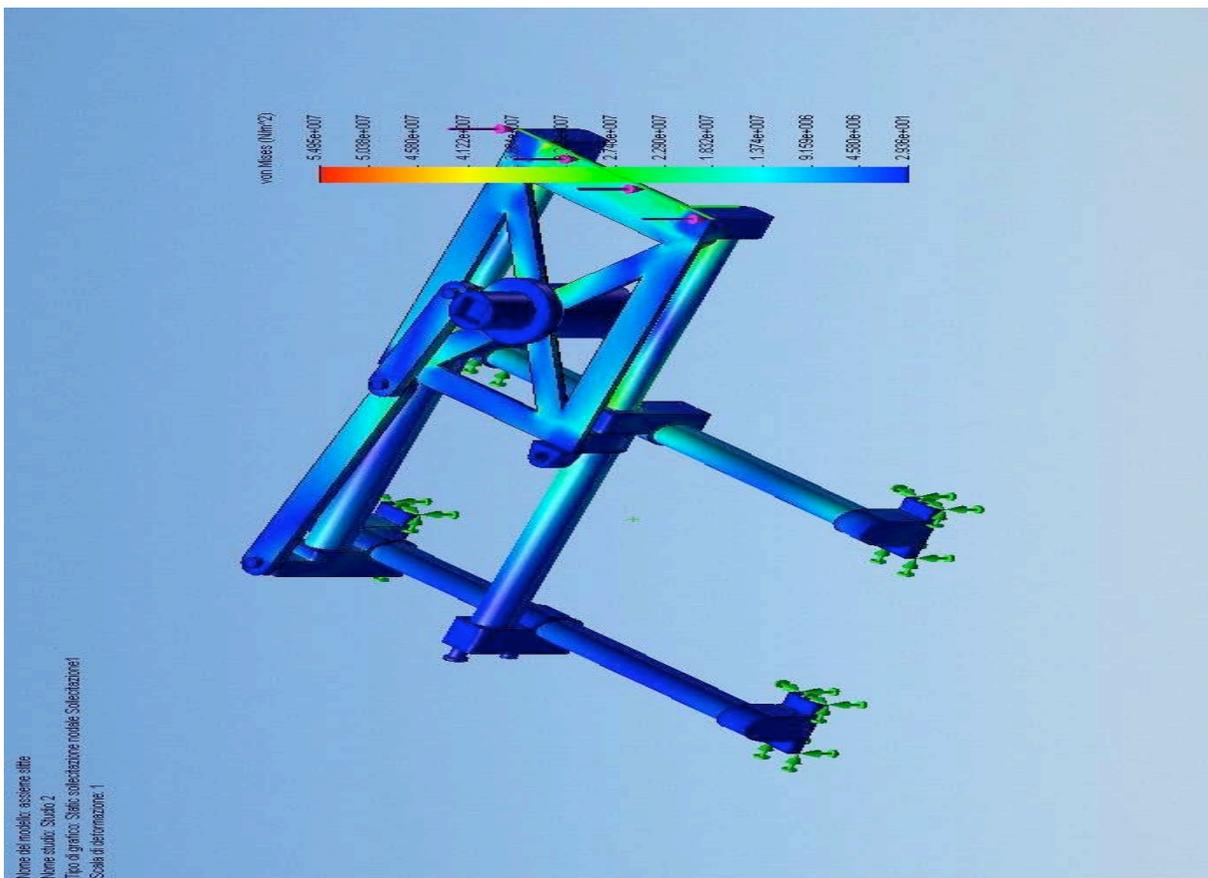
**Fig.56** *Disposizione dei vincoli (in verde) e delle forze (in viola), con relative mesh.*

Per concludere lo studio si fa partire nuovamente il programma tramite il tasto esegui posto nella finestra COSMOSWorks per ottenere i diagrammi delle sollecitazioni, delle deformazioni e degli spostamenti.

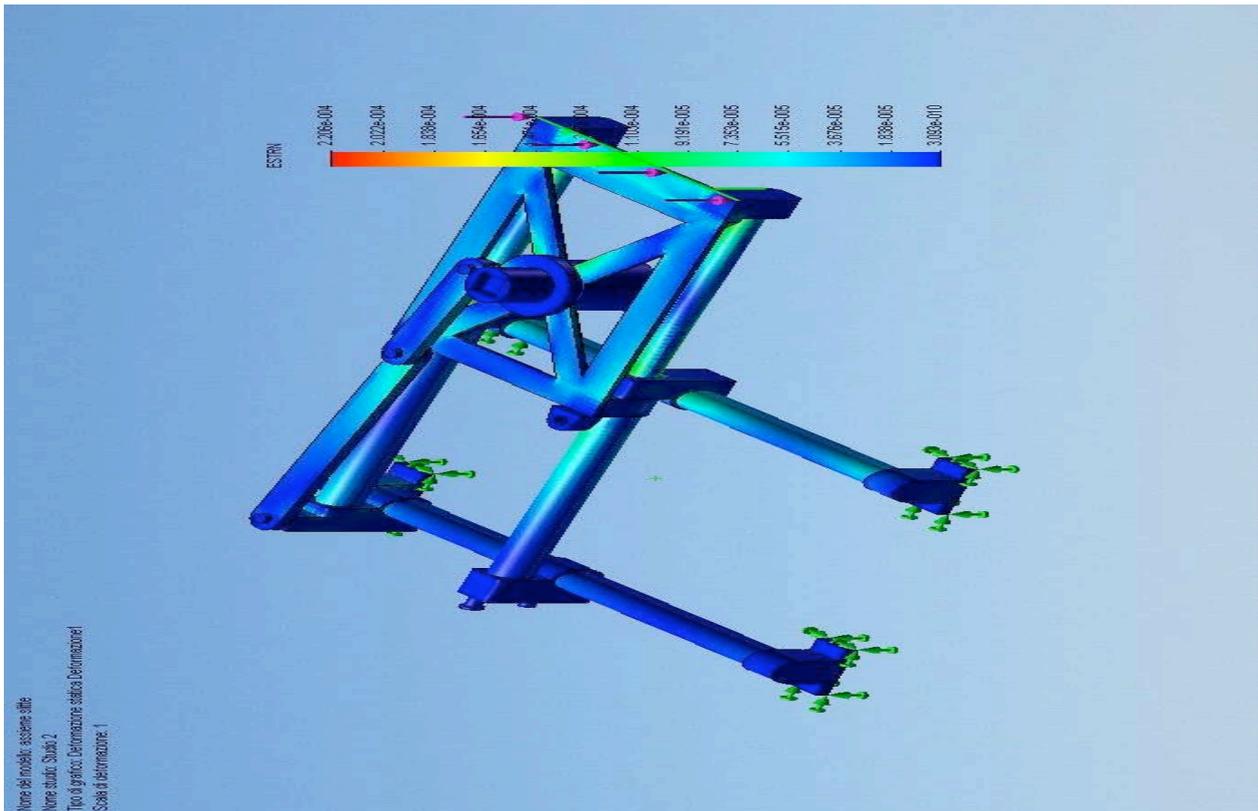
Al fine di ottenere un grafico il più reale possibile, facendo sempre tasto destro sui relativi risultati, si seleziona la funzione “scala vera” all’interno delle opzioni; inoltre, per capire l’entità dello spostamento delle guide nel grafico degli spostamenti, è stato selezionato “deformazione lungo l’asse y”, proprio per comprendere se la struttura soddisfa i requisiti impostati all’inizio del progetto.

È inoltre possibile definire altri grafici facendo clic con il pulsante destro del mouse su una cartella dei risultati e selezionando “definisci”. Quando si definiscono i grafici, è possibile utilizzare i sistemi di coordinate di riferimento. Ad esempio, è possibile visualizzare le sollecitazioni radiali e tangenti selezionando un asse quando si definiscono i grafici di sollecitazione.

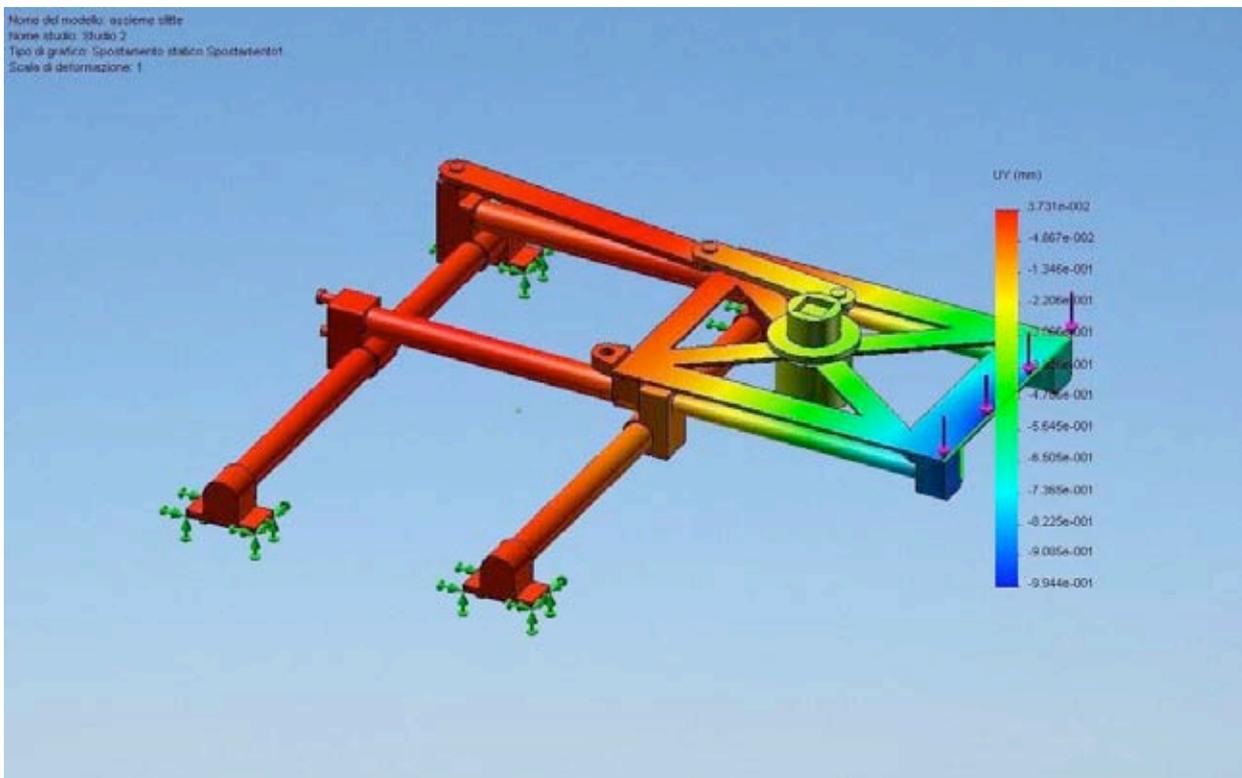
Come si può notare dai grafici finali, il risultato è del tutto centrato, in quanto lo spostamento lungo l’asse verticale è minimo e quindi soddisfa appieno le caratteristiche impostate all’inizio della progettazione.



**Fig.57** Grafico delle sollecitazioni.



**Fig.58** Grafico delle deformazioni.



**Fig.58** Grafico degli spostamenti.



# Capitolo 4

## Il telaio

Il telaio della vettura è in alluminio Al6061 T6 ed è stato progettato da un laureando precedente con l'obiettivo di avere pesi contenuti e rendere allo stesso tempo la vettura sicura in caso di urto; il telaio è stato testato seguendo le norme dell' EuroNCAP (New Car Assessment Programme).

Sono stati utilizzati diversi tipi di sezione a seconda della componente del telaio:

- Culla centrale: trave in alluminio di sezione rettangolare con dimensioni 100x80 [mm] e spessore 4 [mm].
- Travi dedicate ad impatto frontale: dimensioni 80x40 [mm] e spessore 3 [mm].
- Travi dedicate ad impatto laterale: dimensioni 80x100 [mm] e spessore 4 [mm].
- Telaio secondario composto da tubi:  $\Phi=35$  [mm] e spessore 4 [mm].
- Telaio per strutture di contorno, composto da tubi a sezione quadrata 40x40 [mm] e spessore 2.5 [mm].

I tubi a sezione circolare sono stati utilizzati proprio per la loro minore resistenza, quindi sfruttando la loro maggiore deformabilità si è riusciti a creare zone a maggiore cedevolezza proprio per attutire e smorzare l'impatto ed evitare che si deformasse l'abitacolo, esigenza di vitale importanza per l'incolumità dei passeggeri. Le dimensioni scelte per gli estrusi in alluminio sono quelle individuate in un catalogo di una azienda fornitrice di estrusi.

Il materiale utilizzato, l'alluminio 6061 T6, rappresenta un ottimo compromesso per quanto riguarda la telaistica. È infatti una lega molto resistente e leggera, con proprietà meccaniche interessanti.

Dalla tabella sotto riportata si possono leggere le caratteristiche dell'alluminio 6061 T6.

### Alluminio Al6061 T6

Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico E [MPa]	Coefficiente Poisson $\nu$	Tensione di snervamento [MPa]	Modulo di elasticità Tangenziale G [MPa]
2700	$69 \cdot 10^3$	0.33	255	$26 \cdot 10^3$

Le peculiarità positive dell'alluminio sono sicuramente la leggerezza, la resistenza a corrosione sia in atmosfera sia in acqua dolce e marina, l'elevata conducibilità elettrica e termica nonché le eccellenti caratteristiche di formabilità. Presenta inoltre ottima tenacità e duttilità mantenute anche a basse temperature ed è facilmente riciclabile fondendo il materiale vecchio per ottenere un prodotto dalle ottime caratteristiche confrontabili con quelle del materiale d'origine.

Lo svantaggio più eclatante è sicuramente la resistenza meccanica molto modesta; a tale inconveniente è possibile rimediare introducendo elementi leganti quali rame, magnesio, manganese, silicio, zinco che da soli o combinati tra loro migliorano le caratteristiche resistenziali dell'alluminio puro.

Altri elementi quali cromo, zirconio, vanadio sono usati come correttivi (affinazione grano, bloccaggio di impurità ecc.). Una prima classificazione dei prodotti di alluminio e sue leghe si riferisce alla destinazione:

- leghe da lavorazione plastica per la produzione di laminati, estrusi, fucinati;
- leghe da fonderia per la fabbricazione di getti (di secondaria importanza).

Si ricorda che sono saldabili i getti in alluminio di purezza commerciale e le leghe alluminio-silicio. Condizione per una buona riuscita è che non ci siano difetti di fonderia, ad esempio porosità diffusa.

Le leghe sono suddivise in serie secondo i principali elementi in lega:

- Alluminio 99% 1XXX
- Rame 2XXX
- Manganese 3XXX
- Silicio 4XXX
- Magnesio 5XXX
- Magnesio-Silicio 6XXX
- Zinco 7XXX
- Altri elementi 8XXX

Serie 1XXX: le ultime due cifre individuano il grado di purezza dell'alluminio.

Altre serie: le ultime due cifre identificano la lega all'interno della serie stessa.

Seconda cifra: definisce eventuali varianti della composizione originaria a cui corrisponde lo zero.

Le varianti nazionali di una lega sono rappresentate da una lettera di serie che segue le cifre.

Vi è una ulteriore designazione che indica lo stato di trattamento della lega. Il sistema americano è stato integralmente adottato dalla norma italiana UNI 8278.

Ogni stato fisico è individuato da una lettera maiuscola che segue la sigla del materiale.

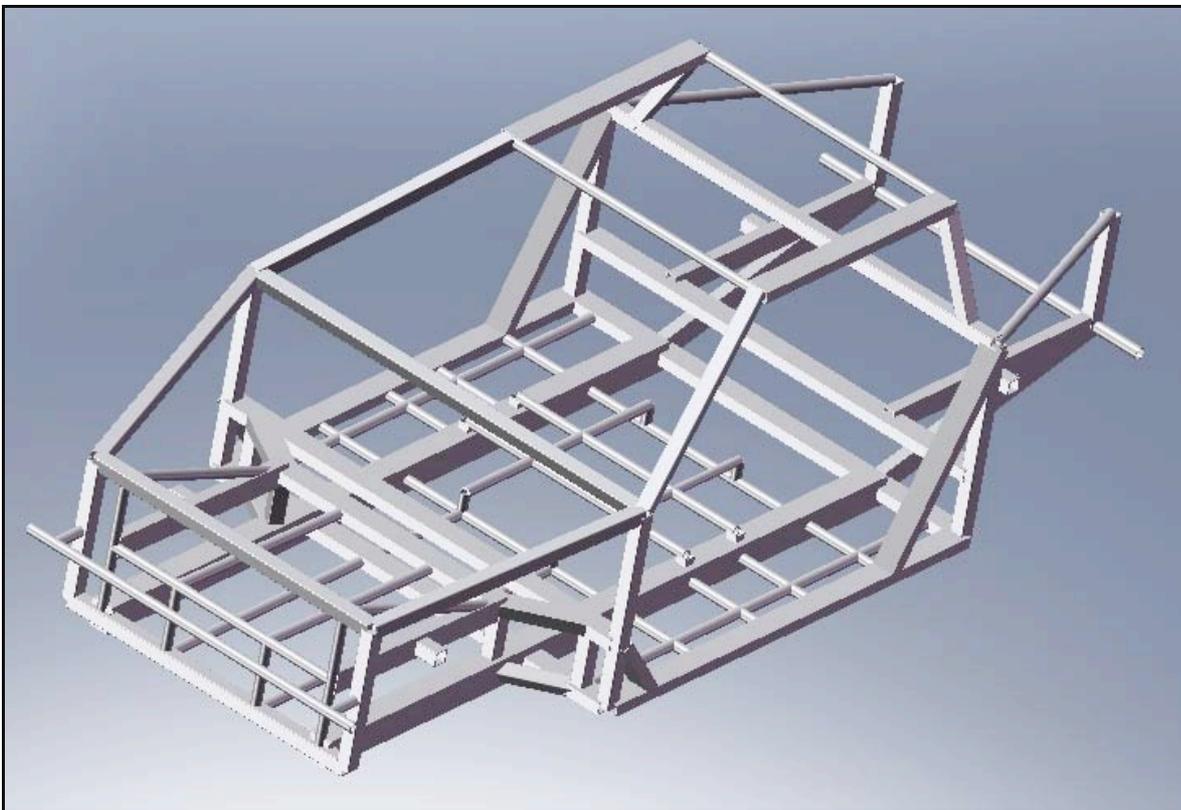
- F grezzo di fabbricazione

- R ricotto
- H incrudito
- W solubilizzato
- T trattamento termico per ottenere stato stabile diverso da F, o, H.

### **SERIE 6000 (alluminio-magnesio-silicio)**

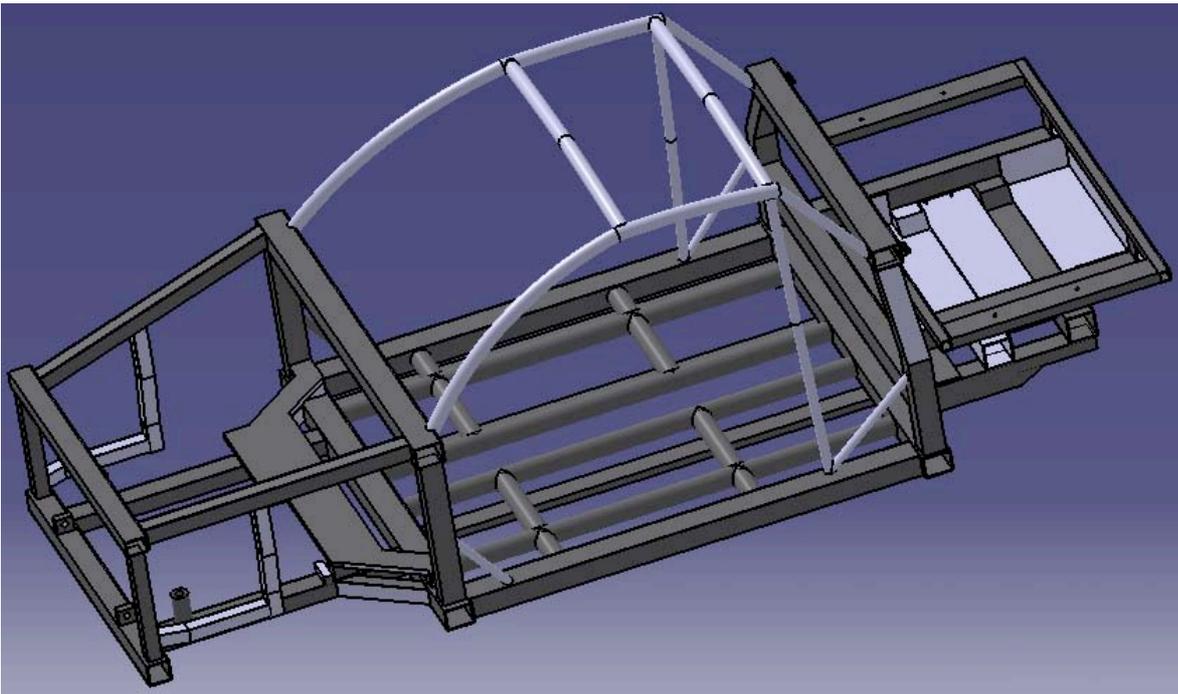
In questo caso, il telaio è composto da barre estruse di alluminio della serie 6000 (alluminio-magnesio-silicio). Questa lega è caratterizzata da una elevata lavorabilità, elevata velocità di estrusione, buona conducibilità elettrica, discrete caratteristiche meccaniche, elevate doti di finitura superficiale, elevata resistenza a corrosione. Proprio per queste caratteristiche, gli impieghi ricoprono la maggior parte del volume di produzione di estrusi, serramenti, finiture d'auto, connessioni elettriche, scambiatori di calore, ponteggi, alberi per imbarcazioni, applicazioni decorative. La lega 6061 (Al-Mg-Si-Cu) presenta le migliori caratteristiche meccaniche e una elevata saldabilità.

Complessivamente il telaio finale si presenta come in figura 59.



**Fig.59-a** Telaio in alluminio Al6061 T6.

Nel corso del tempo il telaio ha subito vari aggiustamenti eseguiti dai laureandi precedenti, anche io ho dovuto eseguire delle modifiche, in particolare ho ridisegnato i montanti al fine di aumentare le superfici vetrate della carrozzeria, ed ho modificato la parte posteriore al fine di poter vincolare nel modo più corretto il pianale posteriore delle sospensioni.



*Fig.59-b Nuovo telaio.*

# Capitolo 5

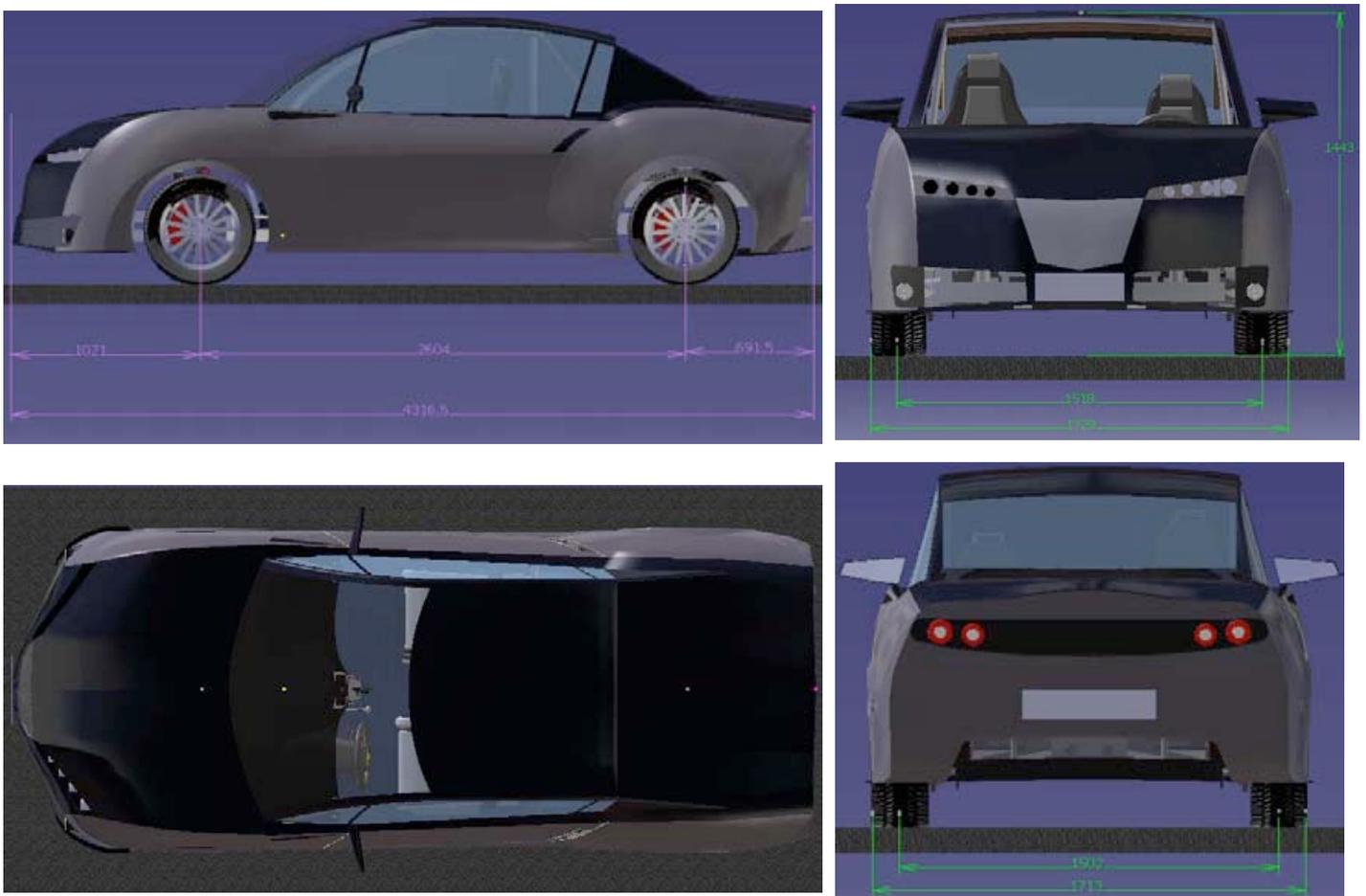
## La componentistica utilizzata

### 5.1 Introduzione

In questo capitolo verranno mostrate le principali componenti montate dal coupé Astura.

In generale, la scelta dei componenti è stata orientata il più possibile verso parti commerciali perché sono facilmente reperibili, ben collaudate e riducono i costi di produzione e gestione dei ricambi.

Le dimensioni principali esterne della vettura, in mm, sono le seguenti:



**Fig.60** Misure carrozzeria, quote in [mm].

N.posti	2
N.porte	3
Lunghezza/Larghezza [mm]	4316.5 / 1729
Altezza [mm]	1443
Passo [mm]	2604
Carreggiata anteriore/posteriore [mm]	1518 / 1502

Dati tecnici dell'automobile:

1. Motorizzazioni previste: motore diesel 1900 [ $cm^3$ ] JTD nella versione da 150 [cv] oppure 170 [cv] è un 4 cilindri in linea montato in posizione trasversale anteriore
2. Trazione anteriore , cambio a 6 rapporti per entrambe le motorizzazioni
3. Pneumatici: 215/45 R 17'' - 215/40 R 18''
4. Scatola sterzo a cremagliera con idroguida
5. Sospensioni anteriori a ruote indipendenti a quadrilatero deformabile alto e barra stabilizzatrice montata su giunti sferici.
6. Sospensioni posteriori a ruote indipendenti, tipo McPherson con leve laterali inferiori ed aste di reazione, barra stabilizzatrice articolata su giunti sferici
7. Freni a disco: anteriore  $\Phi = 284$  [mm] autoventilanti , posteriore  $\Phi = 251$  [mm]

Sospensioni, scatola sterzo, gruppo frenante sono quelli in dotazione alla Alfa Romeo 147, mentre il motore e cambio sono quelli comunemente montati da Fiat ed Alfa Romeo.

8. Serbatoio del metano fornito dalla FABER.
9. Autotelaio in alluminio.

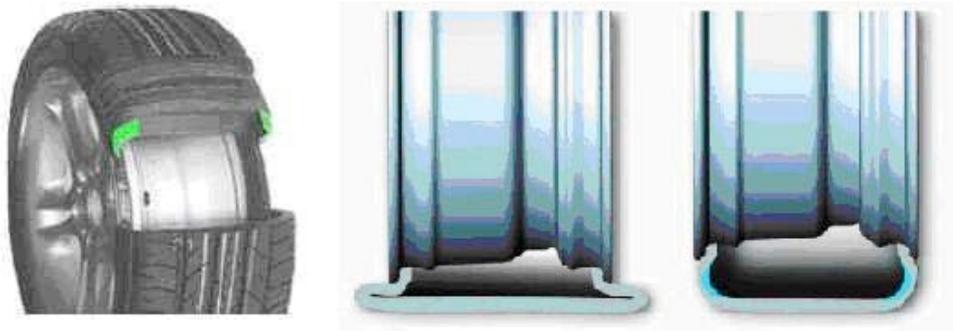
## 5.2 Pneumatici

Per quanto riguarda la scelta dei pneumatici, si è cercata una soluzione che potesse dare qualcosa in più rispetto ad una normale dotazione di serie.

Per tale ragione sono stati scelti pneumatici RUN-FLAT, pneumatici di ultima generazione che hanno la sorprendente proprietà di non afflosciarsi in seguito ad una foratura.

Ciò è possibile grazie ad una speciale geometria del fianco del cerchione (Extended Hump) che evita lo scivolamento del pneumatico nel canale in caso di perdita d'aria, insieme ad uno strato rinforzato interno al pneumatico stesso.

In dotazione c'è anche un sistema di avviso di perdita di aria (RDW) che sorveglia costantemente le ruote ed emette un allarme quando la perdita di pressione è superiore al 50%. Grazie al principio Extended Hump, anche a questo livello d'aria il pneumatico resta nel cerchione, così da poter arrestare l'automobile senza pericolo, in più è possibile percorrere fino a 150 km con velocità massima di 80 km/h, con la possibilità quindi di raggiungere in tutta tranquillità la prima officina per la riparazione o la sostituzione del pneumatico.

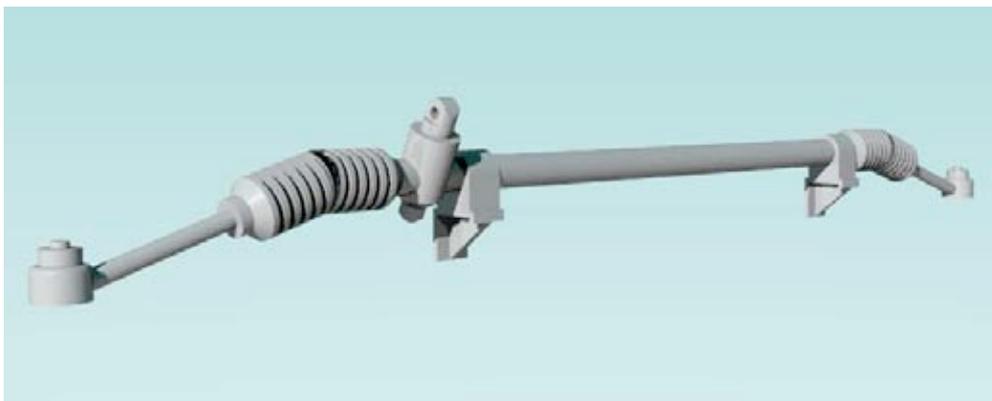


**Fig.61** Sezione Run-flat - la parte verde rappresenta lo strato di materiale che si oppone allo sgonfiaggio; è possibile notare il differente comportamento tra pneumatico normale (figura centrale) ed un run-flat (figura a destra) in caso di foratura: nel primo caso il pneumatico si sgonfia immediatamente, nel secondo invece la speciale geometria dello strato di materiale a contatto con il cerchione (zona in azzurro) evita lo sgonfiaggio.

### 5.3 Gruppo Sterzo

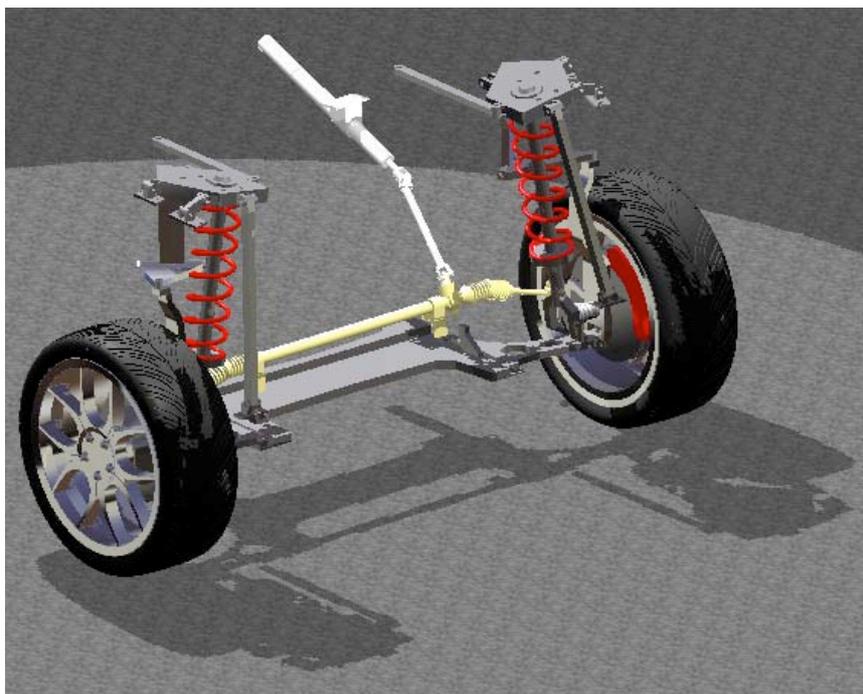
Viene montata la scatola sterzo completa in dotazione all'Alfaromeo 147: piantone snodato con due giunti cardanici, comando a cremagliera auto assistita, tiranti di comando simmetrici ed indipendenti per ciascuna ruota, snodi a lubrificazione permanente.

Il diametro di sterzata tra marciapiedi è di 11,5 metri.



**Fig.62** Piantone snodato.

Interessante notare che proprio l'organo a cardano permette al piantone dello sterzo di deformarsi opportunamente in caso di urto frontale, garantendo la sicurezza necessaria al conducente, che in passato rischiava di venire trafitto in caso di urto, non deformandosi il piantone e quindi penetrando nell'abitacolo.

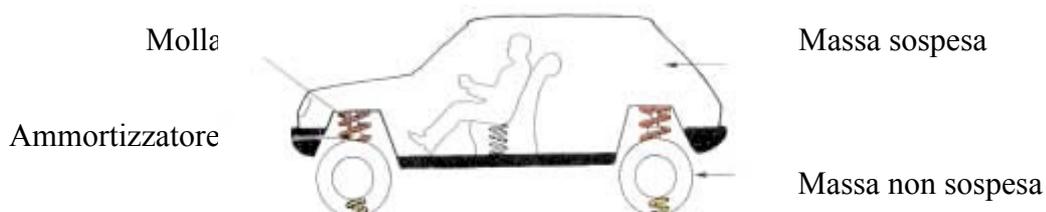


**Fig.63** Assieme sospensioni , gruppo, sterzo ruote.

## 5.4 Sospensioni

L'Astura ha dimensioni esterne e peso praticamente identici a quelli dell'Alfaromeo 147, quindi si è deciso di utilizzare i pianali delle sospensioni all'avantreno ed al retrotreno montati sulla 147.

Se una vettura fosse sprovvista di sospensioni, subirebbe sollecitazioni elevate dalle asperità ed irregolarità del terreno su cui si muove. Il comfort di marcia sarebbe inesistente e in alcuni casi addirittura le ruote si staccerebbero dal terreno, annullando la tenuta di strada e cioè la capacità di seguire la traiettoria impostata dal conducente. Le sospensioni assorbono dunque le irregolarità del terreno ed oltre ad isolare l'abitacolo dalle sollecitazioni trasmesse dalle ruote, fanno sì che queste ultime rimangano sempre appoggiate al terreno stesso, garantendo l'indispensabile direzionalità. In sintesi si può definire l'abitacolo della vettura, il telaio e il gruppo motopropulsore con il termine di **massa sospesa**, mentre le ruote (cerchio, gomma, impianto dei freni e parte della trasmissione) sono la **massa non sospesa**.



**Fig.64** La massa sospesa è data dall'abitacolo, dal telaio e dal gruppo motopropulsore (motore – cambio), quella non sospesa è data dalla ruota e da una parte della trasmissione e cioè: dal

*pneumatico, dal cerchio, dall'impianto dei freni (disco o tamburo), da una parte di semiassse e da una parte degli elementi ce della sospensione.*

L'unione tra queste due parti è garantita dalla sospensione composta da un sistema elastico (il pneumatico, l'aria con il quale è gonfiato, la molla o la balestra o la barra di torsione in funzione dello schema impiegato) e da un elemento smorzatore (l'ammortizzatore). Quando una ruota supera una irregolarità del terreno si solleva e l'elemento elastico della sospensione si comprime immagazzinando energia. In una seconda fase l'elemento elastico si estende facendo alzare la massa non sospesa. Segue poi una ulteriore compressione causata dal peso della struttura del veicolo.

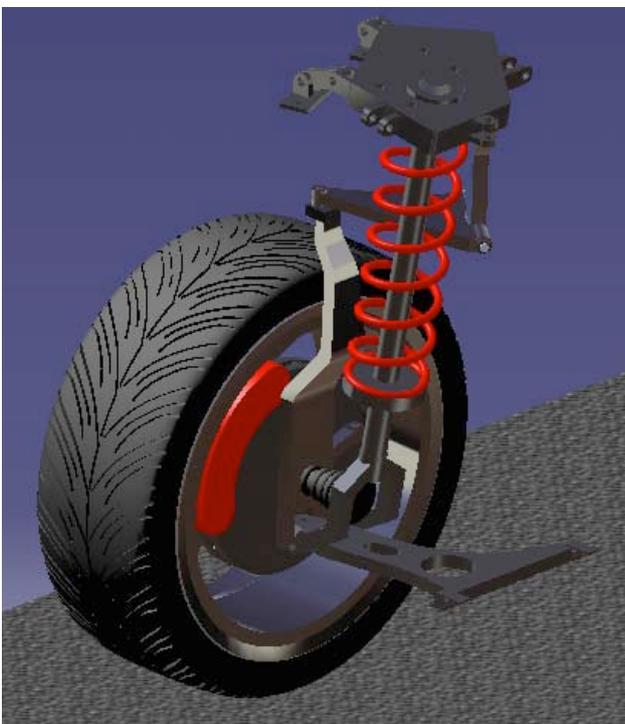
Il processo continua con un andamento ondulatorio, fino a quando gli inevitabili attriti lo fanno lentamente terminare. L'ammortizzatore deve controllare e smorzare queste oscillazioni che si ripetono con una precisa frequenza ed ampiezza stabilita dai parametri fisici della sospensione. In questo modo è perciò possibile modulare e modificare il lavoro dell'elemento elastico.



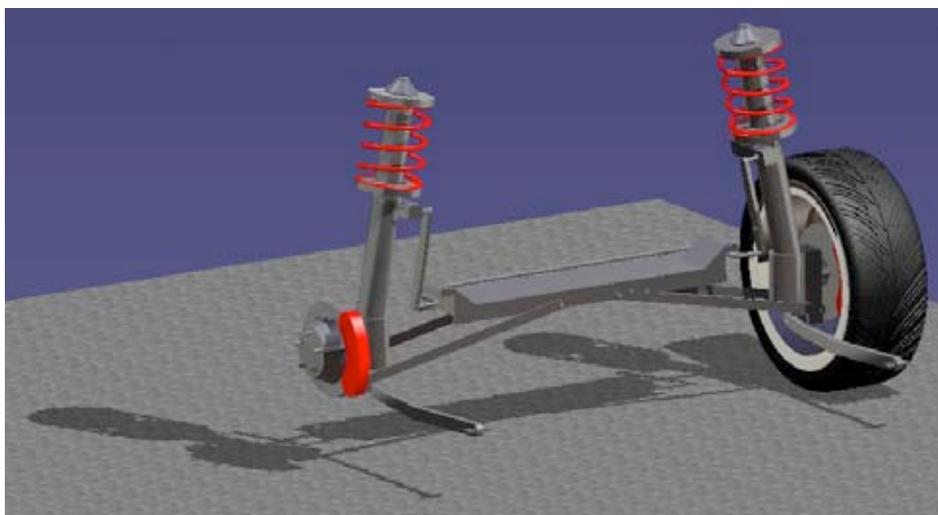
**Fig.65** *Quando il veicolo sale su un ostacolo presente sul paio stradale, la sospensione inizia ad oscillare con una frequenza ed una ampiezza stabilite dalle caratteristiche fisiche del sistema meccanico. L'ammortizzatore viene utilizzato per controllare e smorzare queste oscillazioni.*

*La vettura si muove su un paio perfettamente orizzontale, sale sull'ostacolo e la sospensione viene compressa, la sospensione si estende, la sospensione si comprime ancora per effetto del peso della vettura.*

Esistono diversi tipi di ammortizzatori ma quelli maggiormente utilizzati in campo automobilistico sono telescopici ed idraulici. Una estremità dello smorzatore (l'ammortizzatore) è collegato al braccio della sospensione e cioè alla massa non sospesa, mentre l'altra estremità è collegata ad un supporto specifico ,il duomo, ricavato sulla massa sospesa e cioè sul telaio del veicolo. L'ammortizzatore assorbe e dissipa l'energia immagazzinata dalla molla, sfruttando l'azione di un dispositivo idraulico posizionato nel suo involucro circolare (tubo) che contiene olio. Più è veloce il movimento dello stelo dell'ammortizzatore, maggiore sarà il lavoro che occorre compiere per spostarlo ,il suo movimento diventa più difficoltoso. L'Astura all'anteriore monta sospensioni a ruote indipendenti a quadrilatero deformabile alto,al posteriore sospensioni a ruote indipendenti, tipo McPherson.



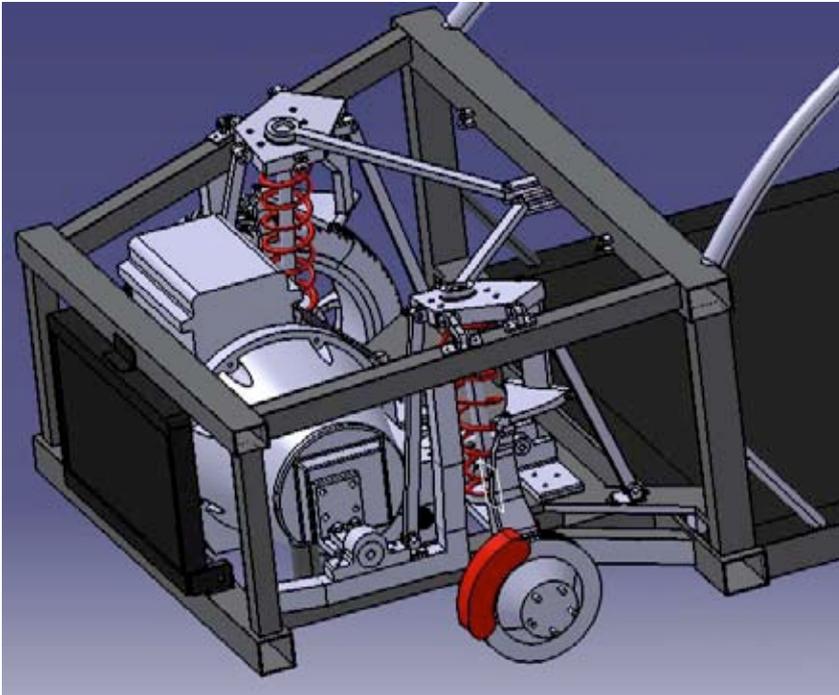
*Fig.66 Sospensioni ed ammortizzatori anteriori.*



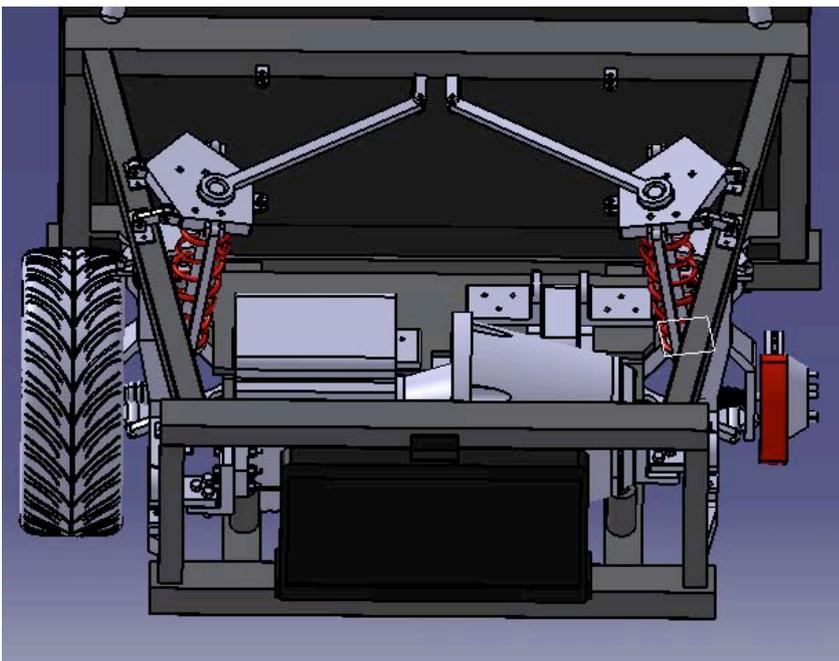
*Fig.67 Sospensioni ed ammortizzatori posteriori.*

### 5.4.1. Modo in cui le sospensioni sono vincolate al telaio

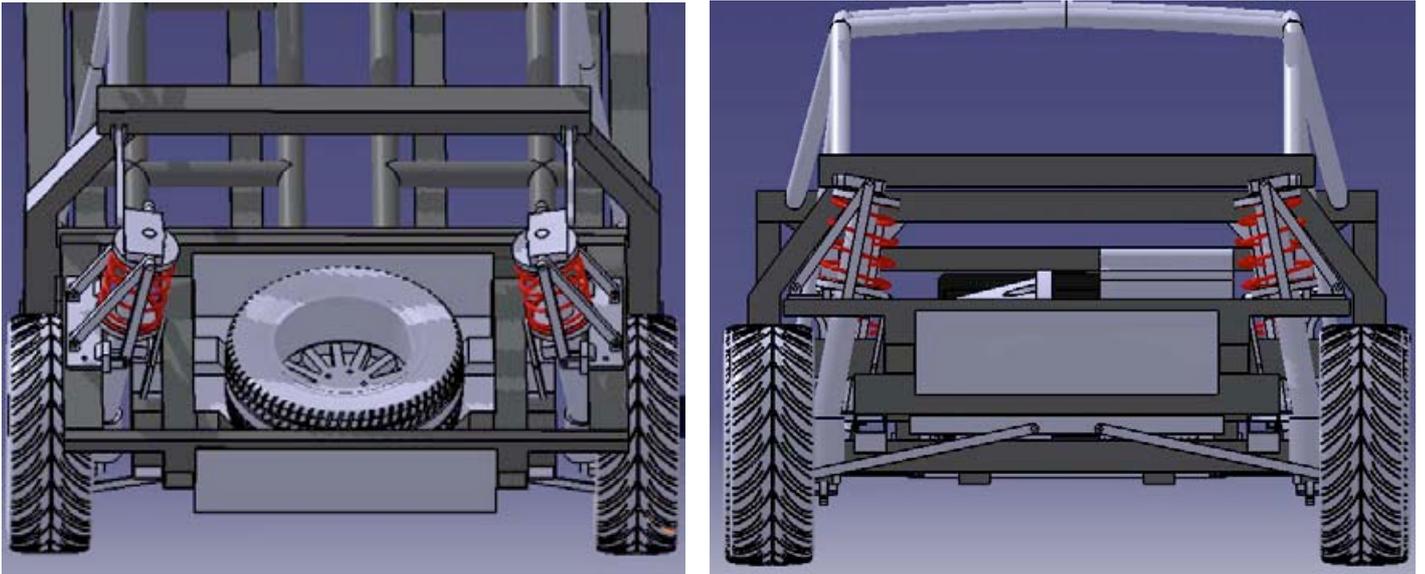
Come già detto i pianali delle sospensioni anteriori e posteriori sono parti commerciali, ciò in cui l'Astura differisce dall'Alfaromeo 147 è il modo in cui i duomi sono vincolati al telaio.



**Fig.68** Fissaggio duomi anteriori al telaio. Si notano i tiranti verticali disposti sul piano che contiene l'asse verticale dell'ammortizzatore, su tali tiranti si scarica la forza della molla.



**Fig.69** Vista dall'alto del fissaggio duomi anteriori al telaio.



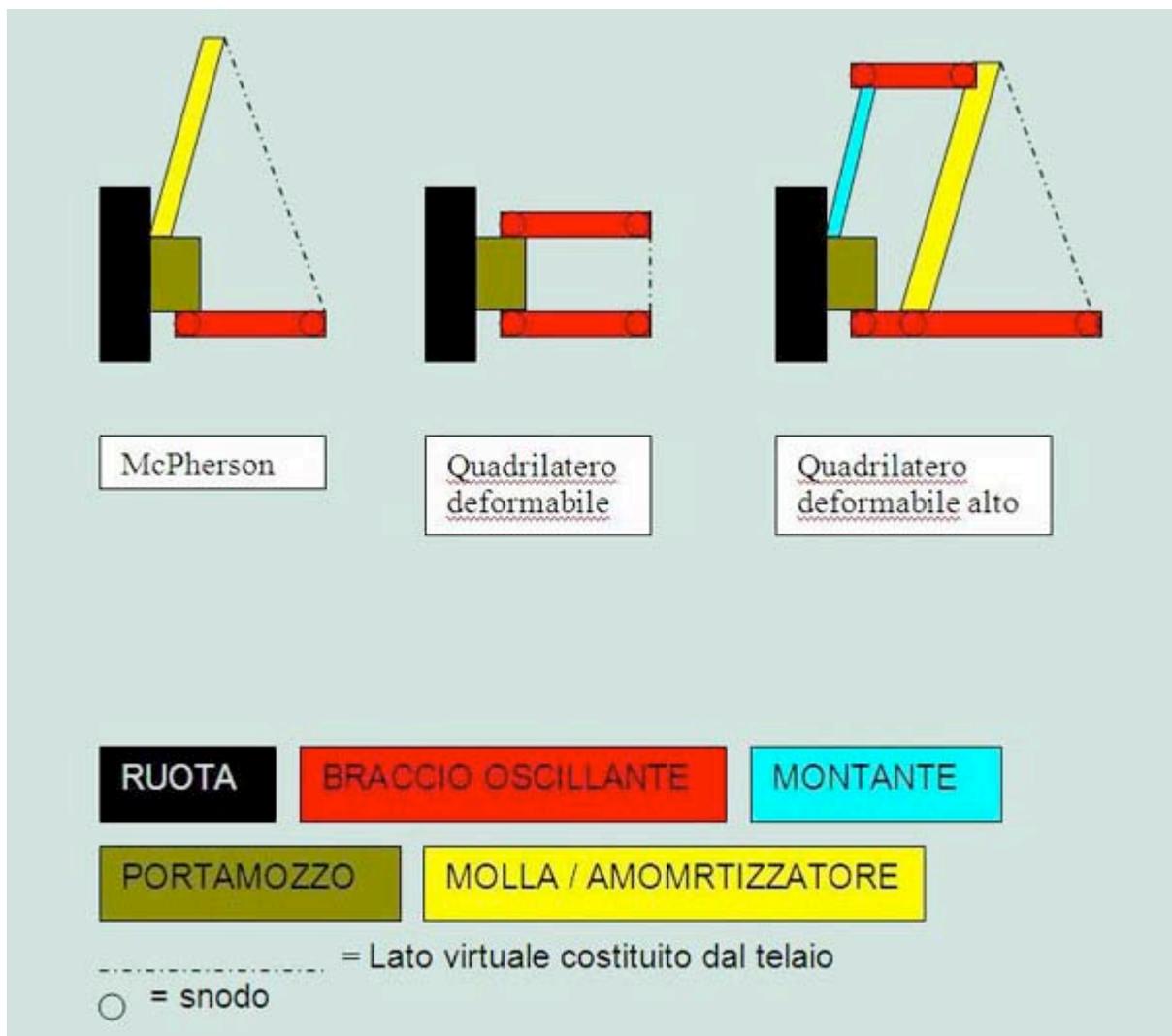
**Fig.70** Fissaggio duomi sospensioni posteriori. Si noti che è stato ricavato tra il telaio ed il pianale delle sospensioni un vano per alloggiare una ruota di scorta di dimensioni regolari.

Sia i duomi anteriori che quelli posteriori sono vincolati al telaio tramite aste, che hanno il vantaggio di essere di facile realizzazione e progettazione; le aste sono state disposte in modo da bloccare i movimenti lungo i tre assi: quello longitudinale, quello trasversale e quello verticale.

## 5.4.2 Cosa significa "Quadrilatero Deformabile Alto"?

Questo schema viene utilizzato per dare una semplice spiegazione delle differenze tra sospensioni McPherson ed il sistema a quadrilatero.

Il termine 'deformabile' è utilizzato in modo improprio, perché se le sospensioni non fossero deformabili è come se ci fosse un collegamento rigido tra telaio e ruote, quindi si sobbalzerebbe su ogni asperità del terreno. Con le sospensioni le asperità possono essere "assorbite" dall'elemento elastico. Aumenta in questo modo il confort e i pneumatici restano sempre aderenti al suolo.



**Fig.71** schema utilizzato per le spiegazioni.

Dove non sono rappresentati i cerchietti si consideri una connessione rigida, mentre dove ci sono i cerchietti c'è un' articolazione o snodo di deformazione (silent-block o uniball).

## **McPherson:**

Lo schema di sospensione McPHERSON è stato inventato dall'omonimo ingegnere dell'Illinois Earl S. MacPherson. Questo tipo di sospensioni, particolarmente semplici ed efficaci, ebbero un'enorme diffusione a partire dagli anni 60 specie per le sospensioni anteriori. La genialità, si nascondeva nel fatto di aver unito in un'unica struttura gli ammortizzatori e le molle elicoidali che confluiscono nei duomi posti in alto, in modo da guidare la corsa verticale delle ruote e rendere ogni ruota indipendente dall'altra. La prima vettura ad adottare questo schema era conosciuta come Cadet. Per comprendere meglio la modernità del progetto, basti pensare, che lo stesso schema era adottato anche al retrotreno, oltre che all'avantreno.

Nel caso del McPherson come si vede dalla figura precedente non si ha un quadrilatero ma un triangolo, i cui lati sono costituiti dai seguenti elementi:

- braccio oscillante in basso
- insieme portamozzo e molla/ammortizzatore
- linea tratteggiata che rappresenta il telaio, al quale sono ancorati gli attacchi dell'ammortizzatore e del braccio oscillante.

Il triangolo geometricamente non sarebbe una figura deformabile; ma in questo caso si può deformare perché uno dei lati è a lunghezza variabile (il gruppo molla/ammortizzatore).

I vantaggi del McPHERSON sono il ridotto ingombro e la possibilità di calibrare le variazioni d'assetto della sospensione sotto carico. Questo permette di stabilire, in sede di progettazione, il miglior compromesso possibile per ogni vettura.

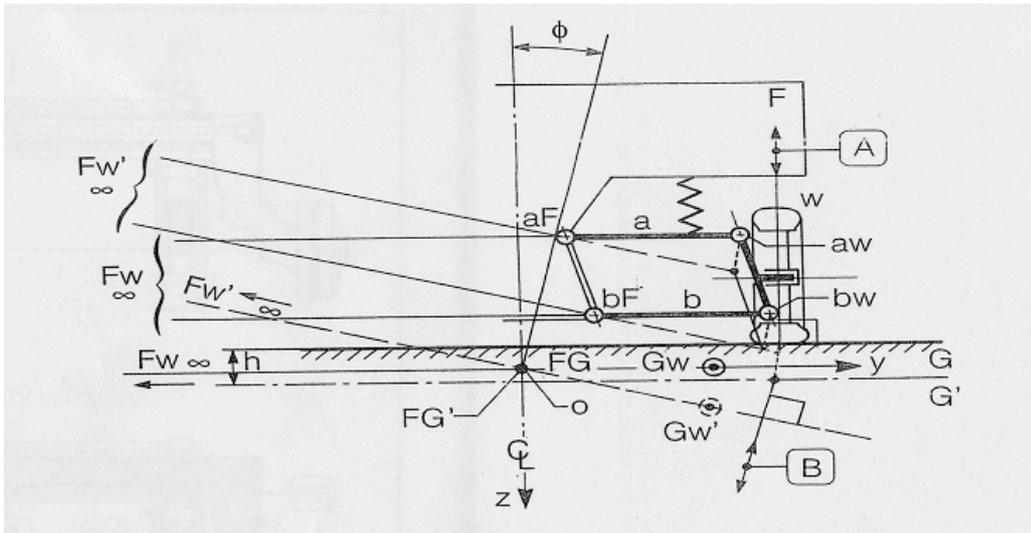
## **Quadrilatero deformabile:**

Nel secondo caso abbiamo un quadrilatero, i cui lati sono costituiti dai seguenti elementi:

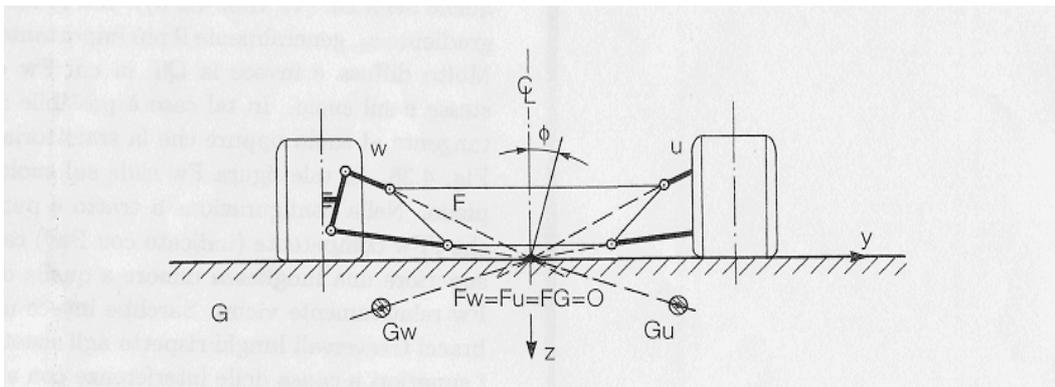
- braccio oscillante superiore
- braccio oscillante inferiore
- portamozzo
- linea tratteggiata che rappresenta il telaio al quale sono vincolati i bracci oscillanti.

Il quadrilatero è di per sé deformabile e permette alla ruota di salire e scendere, mentre la molla tende a riportare la ruota a contatto con il manto stradale.

La sospensione a quadrilatero ha due configurazioni limite: quella a parallelogramma trasversale (PT) e quella a quadrilateri trasversali "limite" (QT*limite*).



**Fig.72** Schema sospensione a parallelogramma trasversale PT. A:direzione di scuotimento (o molleggio) con bracci paralleli al suolo; B:direzione di scuotimento con bracci nella configurazione tratteggiata.

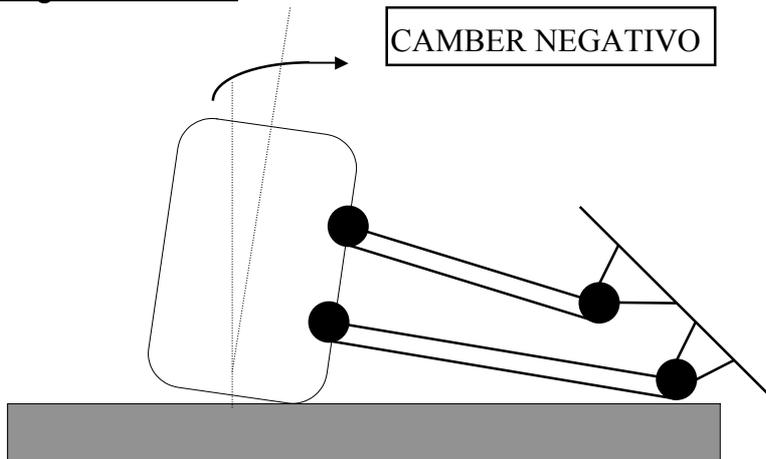


**Fig.73** Schema sospensione a quadrilateri trasversali "limite" QTlimite. Con F si indica la cassa o telaio, w e u indicano le ruote, G il suolo,  $\phi$  è l'angolo di rollio Fw indica il centro di istantanea rotazione del telaio rispetto la ruota, in modo analogo le altre coppie di lettere indicano i centri di istantanea rotazione.

In figura 72 e 73 sono rappresentate le due configurazioni estreme: quella a **Parallelogramma Trasversale PT**, dove i bracci oscillanti sono paralleli al suolo e la variazione di CAMBER è nulla con il molleggio (o scuotimento in direzione verticale) ma vi è variazione di carreggiata, e quella a **Quadrilateri Trasversali "limite" QTlimite**, dove i bracci oscillanti hanno lunghezze diverse, in particolare quello superiore è più corto di quello inferiore, e sono disposti in modo che i centri di istantanea rotazione del telaio F rispetto le ruote w, u Fw, Fu coincidono con il centro del rollio FG (che è il centro di istantanea rotazione del telaio F rispetto al suolo G), per cui la variazione di CAMBER è nulla al variare dell'angolo di rollio  $\phi$ .

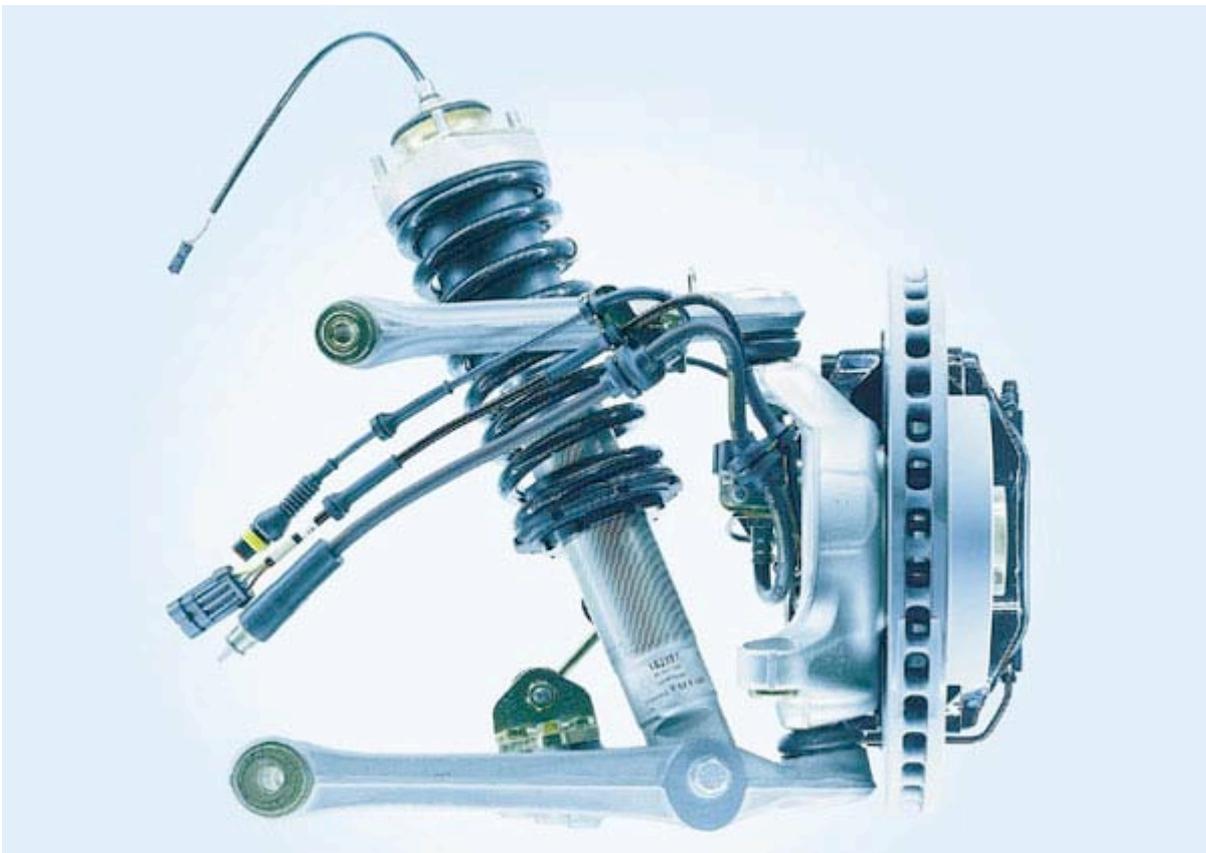
Di solito, nella pratica si sceglie una soluzione intermedia tra PT e QTlimite, al fine di minimizzare le variazioni dell'angolo di camber per rollio.

Angolo di Camber



Assume sempre più importanza con l'aumentare della larghezza dei pneumatici. Con lo scuotimento delle gomme l'angolo varia rispetto al valore iniziale : questa variazione deve essere la minima possibile per fare lavorare nel modo corretto le gomme.

Per semplicità nello schema non è stata disegnata ne la molla ne l'ammortizzatore.



**Fig.74** Questo e' un esempio di quadrilatero deformabile presente su Maserati ed AlfaRomeo 8C.

### **Quadrilatero deformabile alto:**

Nel terzo caso, che è quello di interesse, salta subito all'occhio il motivo della parola "alto"!

Il quadrilatero ha i lati costituiti dai seguenti elementi:

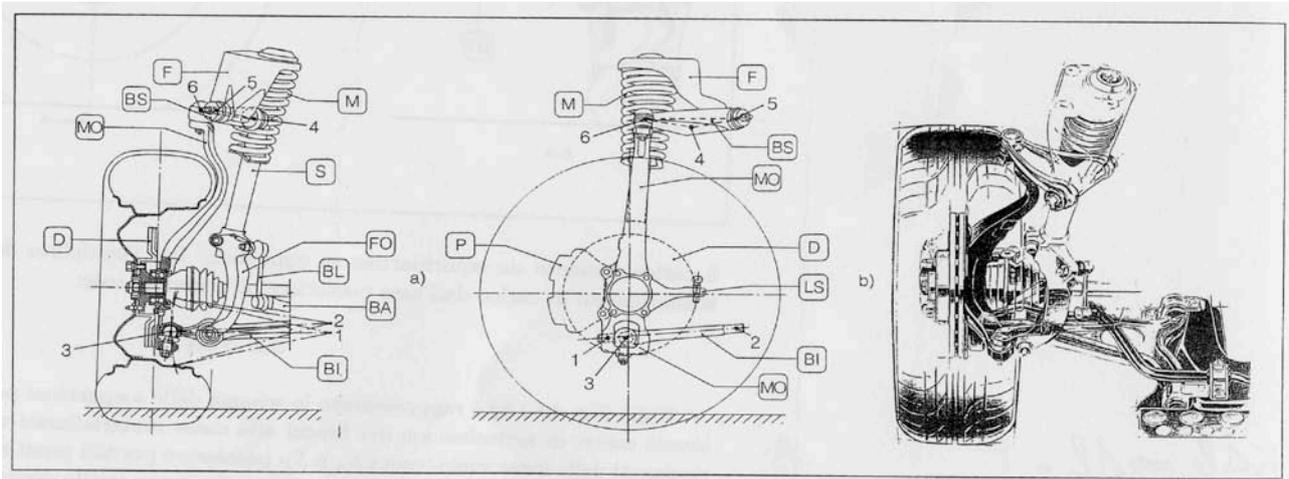
- braccio oscillante inferiore
- insieme portamozzo e montante ,in realtà come si può vedere dalla foto in basso questi sono un unico elemento
- braccio oscillante superiore
- linea tratteggiata che rappresenta il telaio al quale sono vincolati i bracci oscillanti e l'ammortizzatore

Come nel caso precedente, il gruppo molla/ammortizzatore non fa parte del quadrilatero vero e proprio,esercita solo una forza che si oppone alle rotazioni del quadrilatero.



**Fig.75** Sospensione anteriore a quadrilateri trasversali alto Alfaromeo 147

La fig.76 mostra la sospensione anteriore della Alfaromeo 147 che può essere considerata una variante del sistema a quadrilateri trasversali. Infatti il braccio superiore che vincola il montante al telaio è incernierato su un asse orizzontale ma obliquo. In tal modo si consegue anche un arretramento del vincolo superiore della sospensione al telaio con benefici di ingombro. Una soluzione simile è stata adottata anche da marche giapponesi: Honda e Nissan.



**Fig.76** Sospensione anteriore motrice Alfaromeo 147

- |   |   |
|---|---|
| <i>F</i> _testa ammortizzatore          | <i>BL</i> _ biella                      |
| <i>BS</i> _braccio oscillante superiore | <i>BA</i> _barra stabilizzatrice        |
| <i>MO</i> _montante                     | <i>BI</i> _braccio oscillante inferiore |
| <i>D</i> _freno a disco                 | <i>FO</i> _forchetta                    |
| <i>M</i> _molla                         | <i>S</i> _smorzatore (ammortizzatore)   |



**Fig.77** Un esempio più "lineare" di quadrilatero alto si trova sull'Alfaromeo 159 e Brera .

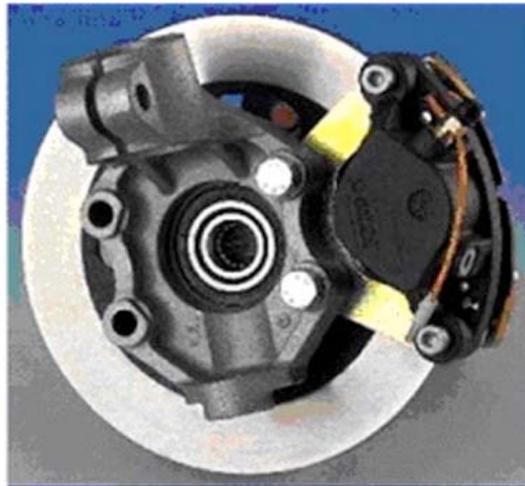
## 5.5 Impianto frenante

Per l'impianto frenante si è scelto l'utilizzo di quattro freni a disco. Questa soluzione, oltre a semplificare il magazzino ricambi, alza notevolmente il livello tecnologico/prestazionale della vettura. Nonostante questa tipologia di freni non sia delle più leggere ed economiche, non ha più rivali in termini di prontezza, potenza, progressività di frenata e sicurezza.

Gli ambiti in cui i freni a disco eccellono sono quello della manutenzione e della regolazione: infatti l'unica operazione di manutenzione è la sostituzione periodica delle pastiglie dei freni che hanno però una durata notevole e la cui sostituzione non presenta particolari difficoltà.

Sia i dischi dei freni anteriori che quelli dei freni posteriori sono a pinza flottante con un cilindretto di comando per ogni ruota.

Il diametro dei dischi anteriori, autoventilati, è di 284 mm, mentre quello dei dischi posteriori è di 251 mm. I circuiti idraulici dei freni sono indipendenti con recupero automatico del gioco di usura delle guarnizioni di attrito. L'impianto è dotato di servofreno a depressione mentre il freno di stazionamento è comandato a mano e agisce meccanicamente sulle ruote posteriori.



*Fig.78 Particolare del sistema frenante.*

## 5.6 Propulsione ibrida

Il progetto della vettura prevede che questa venga movimentata da un sistema di propulsione ibrido, in modo tale da ottenere un'auto dalle emissioni molto ridotte, per far fronte alle sempre più restrittive leggi in materia. A fronte di un costo iniziale sicuramente non trascurabile del veicolo, date le avanzate soluzioni tecniche che si intende utilizzare per la propulsione, si è quindi cercato di

privilegiare un basso impatto ambientale della vettura, nonché un ridotto costo di esercizio, legato principalmente al costo del carburante, che potesse rappresentare nei prossimi anni un vantaggio tale da giustificare appunto il prezzo della vettura.

La tecnica ibrida si prefigge di sfruttare al meglio i vantaggi di ogni tecnologia. Laddove il sistema di propulsione abbia dei problemi, quali ad esempio una riduzione del rendimento, essa viene sostituita con una tecnologia differente.

Un veicolo è definito “ibrido” quando utilizza differenti sistemi di conversione, accumulo e generazione dell’energia. Si ha un veicolo ibrido quando, ed esempio, vengono accoppiati un sistema di generazione basato su un convertitore primario, quali motore a combustione interna (MCI), turbina a gas (TG) e fuel-cell (FC), ed un sistema di accumulo a bordo di tipo reversibile, come le batterie ricaricabili.

L’ibridizzazione dei veicoli a batteria, ad esempio, con un generatore termico di energia elettrica di piccola taglia, è stata la prima risposta per risolvere e superare i problemi caratteristici di questi veicoli: scarsa autonomia e lunghi tempi di ricarica.

La storia degli ibridi, in realtà, inizia nei primi del Novecento quando la tecnologia automobilistica vedeva molte soluzioni tra loro radicalmente diverse in concorrenza sul mercato: vapore, elettricità, motori a combustione interna. Lo sviluppo dell’industria automobilistica ci ha poi insegnato che, affinché una soluzione si affermi occorre che siano soddisfatte tre condizioni: facilità e versatilità d’uso, disponibilità di infrastrutture e costi accettabili.

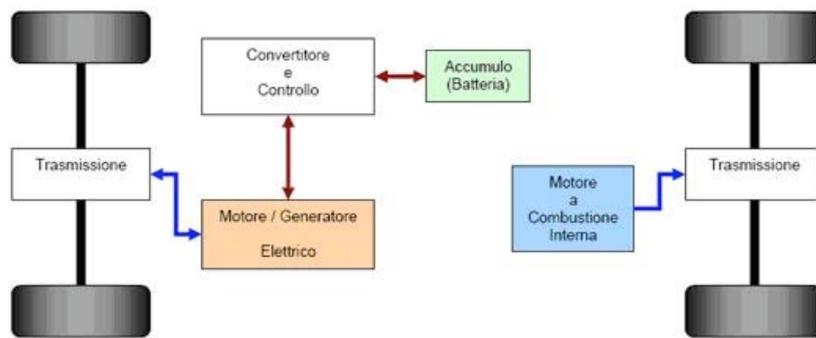
Come visto, il concorrere di tutte e tre le condizioni ha determinato il successo del motore a combustione interna alimentato con combustibili liquidi.

Negli ultimi anni, con l’introduzione delle normative antinquinamento e grazie alla spinta in avanti della tecnologia, lo studio di questi veicoli ha suscitato nuovo interesse. In realtà gli ibridi stanno avendo uno sviluppo del tutto autonomo che li configura come una possibilità tecnologica flessibile in termini di fonte energetica e sistemi di conversione.

La configurazione a propulsione ibrida permette di avere un veicolo a quattro ruote motrici, in quanto ci sono due sistemi di trazione indipendente: uno è costituito da un MCI e uno da un motore elettrico.

Il sistema ibrido Dual Mode, conosciuto anche come Split, è stato appunto scelto per i vantaggi offerti:

- elasticità e flessibilità
- possibilità di marciare con quattro ruote motrici
- trazione posteriore in partenza
- assenza di rumore, vibrazioni e emissioni nocive nel funzionamento con il solo motore elettrico



**Fig.79** Schema di funzionamento di un veicolo ibrido “dual mode”

Nell'esemplare che verrà messo sul mercato, questo propulsore verrà modificato per poter utilizzare il metano come combustibile.

La scelta del motore termico è ricaduta sul motore Diesel 1.9 JTD di derivazione Fiat. La scelta del motore elettrico è ricaduta sui motori a corrente continua a magneti permanenti, infatti, anche se molto costosi, questi hanno notevoli vantaggi rispetto ai motori asincroni, sia in termini di densità di potenza, che di controllo.

### 5.6.1 Il motore termico

Il motore scelto per questa applicazione è il 1.9 JTD, di derivazione FIAT, già installato con successo dal gruppo Fiat- Alfaromeo.

Multi-jet è la sigla con cui dal 2002 il gruppo Fiat commercializza i propulsori Diesel con iniezione Common Rail di seconda generazione.

La particolarità che ha distinto questo propulsore dai precedenti Diesel è la combustione Common Rail, più lenta e graduale a parità di gasolio bruciato all'interno del cilindro, ottenuta aumentando il numero delle iniezioni (da una - il precedente motore UniJet - a cinque) per ogni singola combustione; rispetto ai precedenti sistemi di iniezione Common Rail, il Multi-jet prevede appunto l'introduzione di altri tipi di iniezione (denominate Pre e Post) fino a un totale di cinque, che permettono rispettivamente il controllo del motore a freddo e la rigenerazione del filtro anti-particolato.

Questa evoluzione dell'iniezione diretta fa ottenere al motore un miglioramento delle prestazioni, in particolare ai bassi regimi e contemporaneamente ha permesso una diminuzione delle emissioni

acustiche e inquinanti.

È stato così possibile anche dimezzare i consumi, e coprire 20 [km] con un litro di combustibile nelle strade extraurbane anche con auto di dimensioni medie, a fronte dei 10 [km] di un motore tradizionale.

Le iniezioni vengono gestite da una sofisticata e "intelligente" centralina in grado di cambiare continuamente la logica di iniezione sulla base di tre parametri:

- il numero di giri del motore;
- la coppia richiesta in quel momento;
- la temperatura del liquido di raffreddamento.

Le pressioni di alimentazione del gasolio per il momento sono limitate a valori di 1400 bar (per il 70 CV) e di 1600 bar (per il 90 CV ed oltre), intese naturalmente come pressioni di set della centralina.

Attualmente la tecnologia Common Rail di seconda generazione è utilizzata dalla maggior parte delle Case automobilistiche. La Fiat è stata una delle prime case automobilistiche a installarlo su auto di grande diffusione, grazie anche al celeberrimo 1.3 Multi-jet, che è diventato il più importante motore per l'azienda torinese.

Di seguito vengono elencate le specifiche tecniche del motore 1.9 JTD nelle versioni a 8 valvole o 16 valvole:

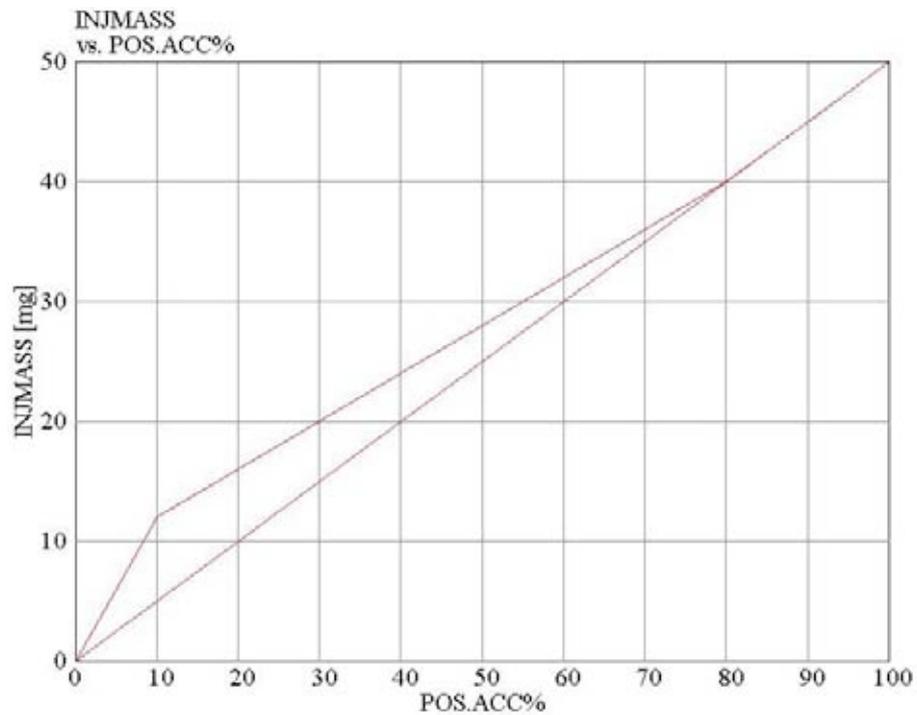
- Normativa antinquinamento: Euro 4 (fino a settembre 2005 Euro3)
- Massa: 181 [kg]
- Lunghezza: 470 [mm ]
- Altezza: 690 [mm]
- Volume cilindrata: 1910 [ $cm^3$  ]
- Numero di cilindri: 4 in linea
- Alesaggio: 82 [mm ]
- Corsa: 90,4 [mm]
- Numero di valvole: 2 o 4 per cilindro
- Potenza massima: fino a 125[kW] / 150 [cv] (16v) a 4000 [giri/minuto]
- Coppia massima: fino a 320 [Nm] (16v) a 2000 a [giri/minuto]
- Sovralimentazione con turbina a geometria variabile e Intercooler.

Di seguito sono riportate 2 tabelle riassuntive riguardanti i dati tecnici specifici riguardanti il motore 1.9 JTD.

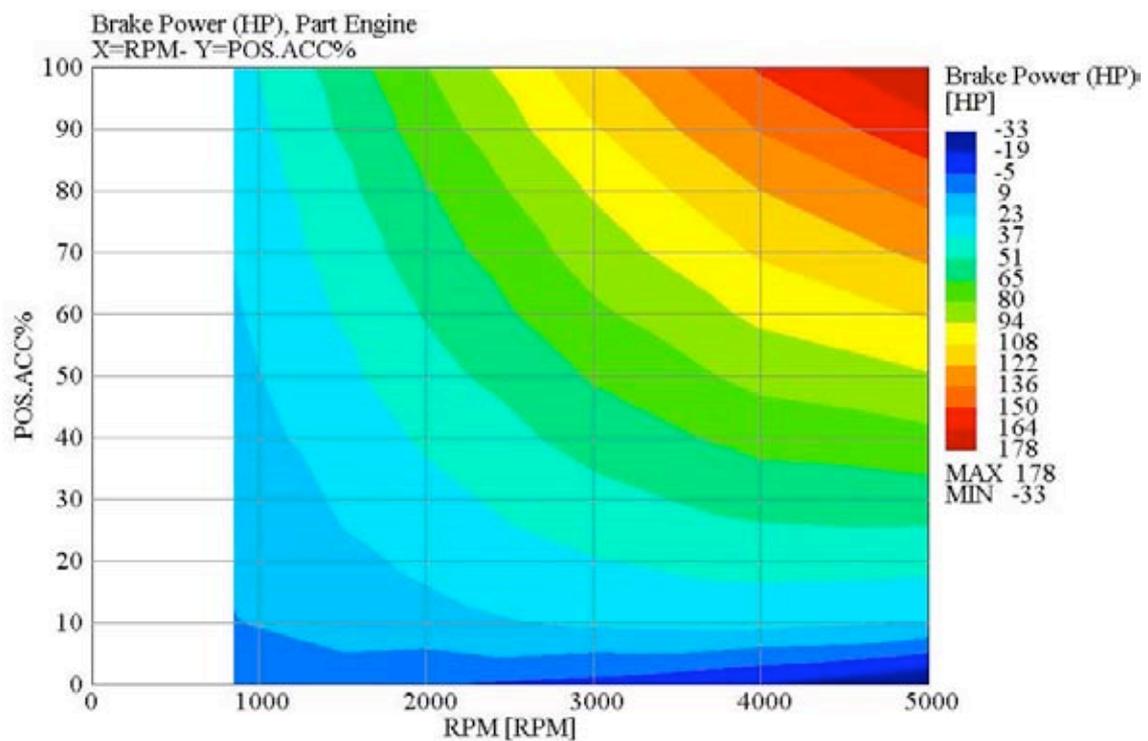
	1.8	1.9 JTS	2.2 JTS	3.2 JTS	<b>1.9 JTD 8V</b>	<b>1.9 JTD 16V</b>	2.4 JTD 20V
Posizione in vettura	Anteriore	Anteriore	Anteriore	Anteriore	<b>Anteriore</b>	<b>Anteriore</b>	Anteriore
Orientamento	Trasversale	Trasversale	Trasversale	Trasversale	<b>Trasversale</b>	<b>Trasversale</b>	Trasversale
N° cilindri	4	4	4	6	<b>4</b>	<b>4</b>	5
Posizione cilindri	In linea	In linea	In linea	a V di 60°	<b>In linea</b>	<b>In linea</b>	In linea
N° valvole per cilindro	4	4	4	4	<b>4</b>	<b>4</b>	4
Ciclo	Otto	Otto	Otto	Otto	<b>Diesel</b>	<b>Diesel</b>	Diesel
Distribuzione	2ACT	2ACT	2ACT	4ACT (2 per ogni bancata)	<b>1ACT</b>	<b>2ACT</b>	2ACT

	1.8	1.9 JTS	2.2 JTS	3.2 JTS	<b>1.9 JTD 8V</b>	<b>1.9 JTD 16V</b>	2.4 JTD 20V
Alesaggio (mm)	80.5	86	86	85.6	<b>82</b>	<b>82</b>	82
Corsa (mm)	88.2	80	94.6	89	<b>90.4</b>	<b>90.4</b>	90.4
Cilindrata totale (cm <sup>3</sup> )	1796	1859	2198	3195	<b>1910</b>	<b>1910</b>	2387
Potenza massima (kW CEE)	103	118	136	191	<b>88 85 (*)</b>	<b>110 100 (*)</b>	147
Potenza massima (CV CEE)	140	160	185	260	<b>120 115 (*)</b>	<b>150 136 (*)</b>	200
Regime di potenza max. (giri/1')	6300	6500	6500	6200	<b>4000</b>	<b>4000</b>	4000
Coppia massima (Nm CEE)	175	190	230	322	<b>280 275 (*)</b>	<b>320 305 (*)</b>	400
Regime coppia massima (giri/1')	3800	4500	4500	4500	<b>2000</b>	<b>2000</b>	2000
Regime minimo (giri/1')	850 ± 50	800 ± 50	800 ± 50	600 - 700	<b>850 ± 20</b>	<b>850 ± 20</b>	850 ± 20
Rapporto di compressione	10.5 : 1	11.3±0.15 : 1	11.3±0.15 : 1	11.25 : 1	<b>18±0.45 : 1</b>	<b>17.5±0.45 : 1</b>	17±0.45 : 1

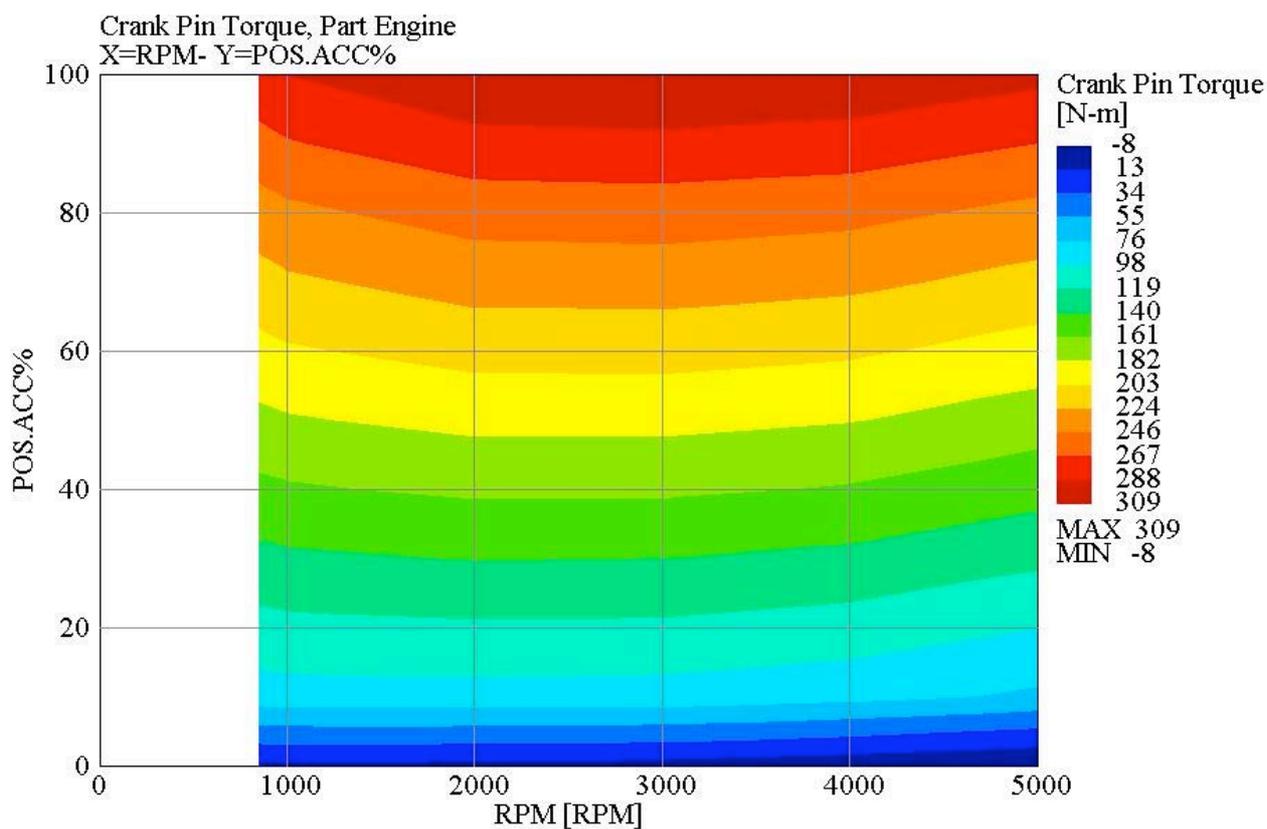
Grazie ad un altro laureando, Eugenio Morganti, che ha eseguito le simulazioni in GT-Power riportiamo le curve di prestazione del motore 1.9 JTD nelle versioni da 150 [cv] e 170 [cv].  
 Grafici relativi al motore 1.9 JTD 150 [cv].



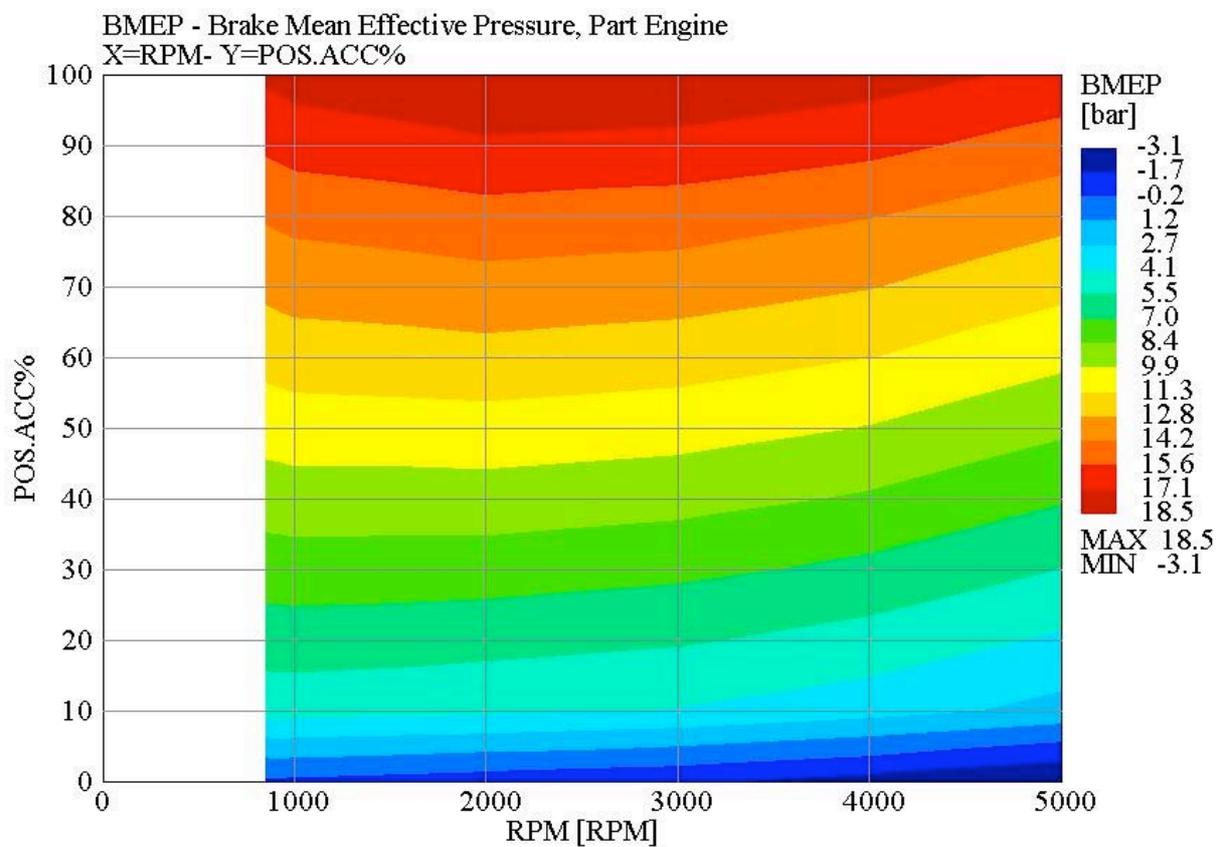
**Fig.80** Massa di combustibile inietta in funzione della posizione dell'acceleratore-motore 150[CV]



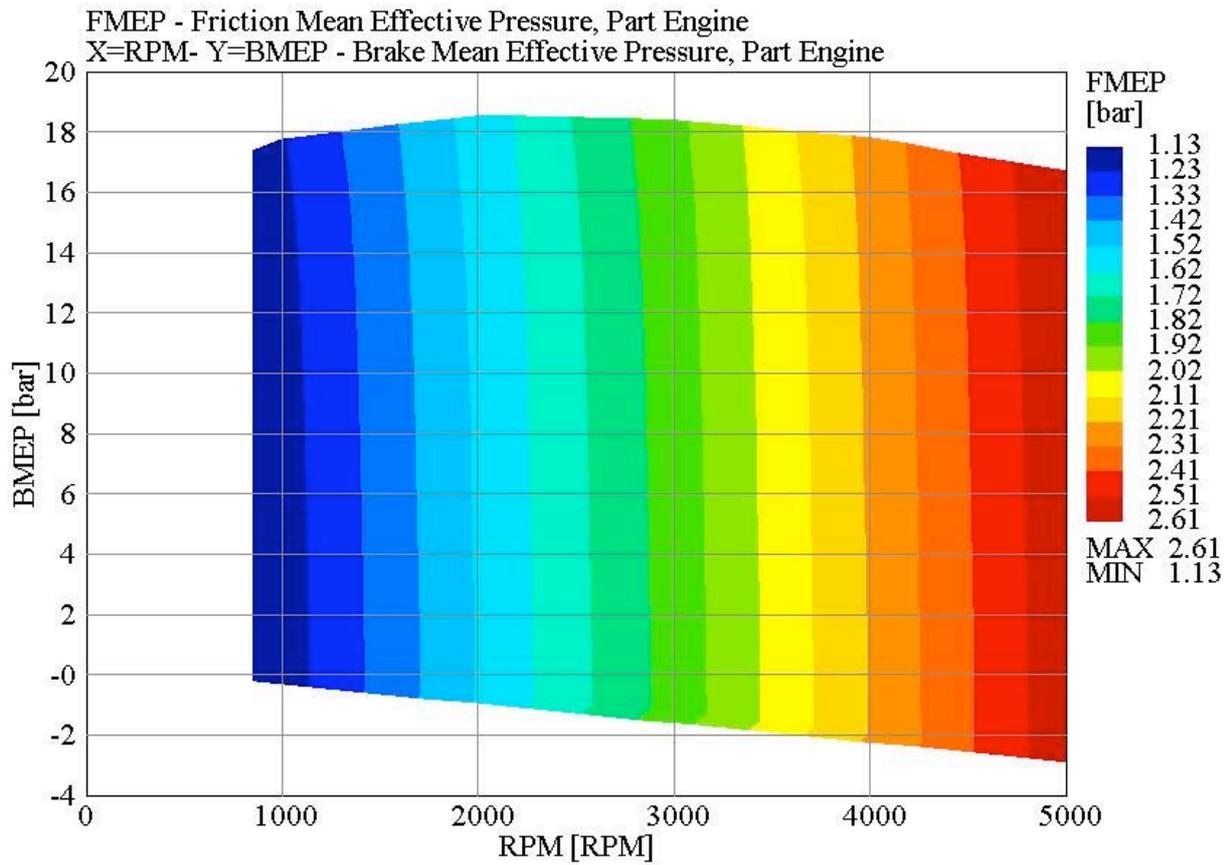
**Fig.81** Potenza in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore-motore 150[CV]



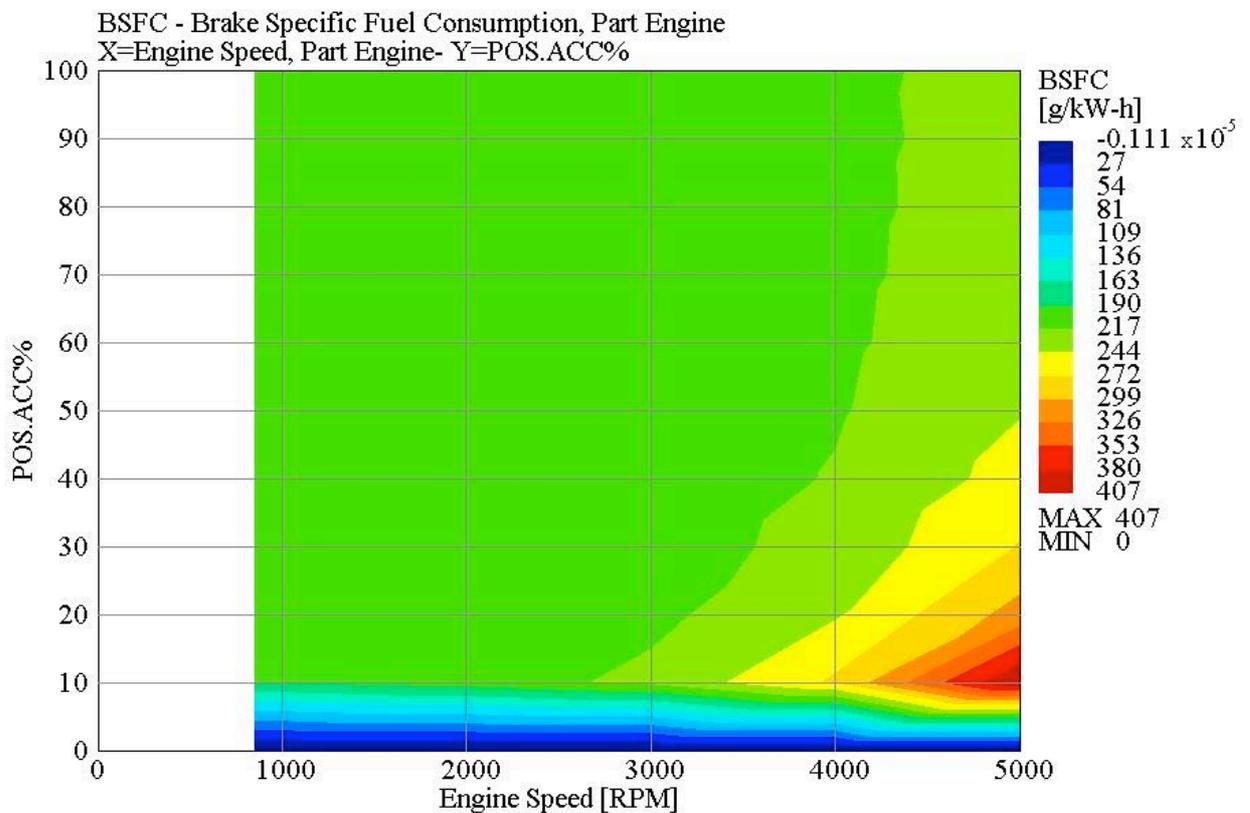
**Fig.82** *Diagramma di coppia in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore*  
Motore 150[ cv]



**Fig.83** *Pressione media effettiva in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore*  
Motore 150 [cv]

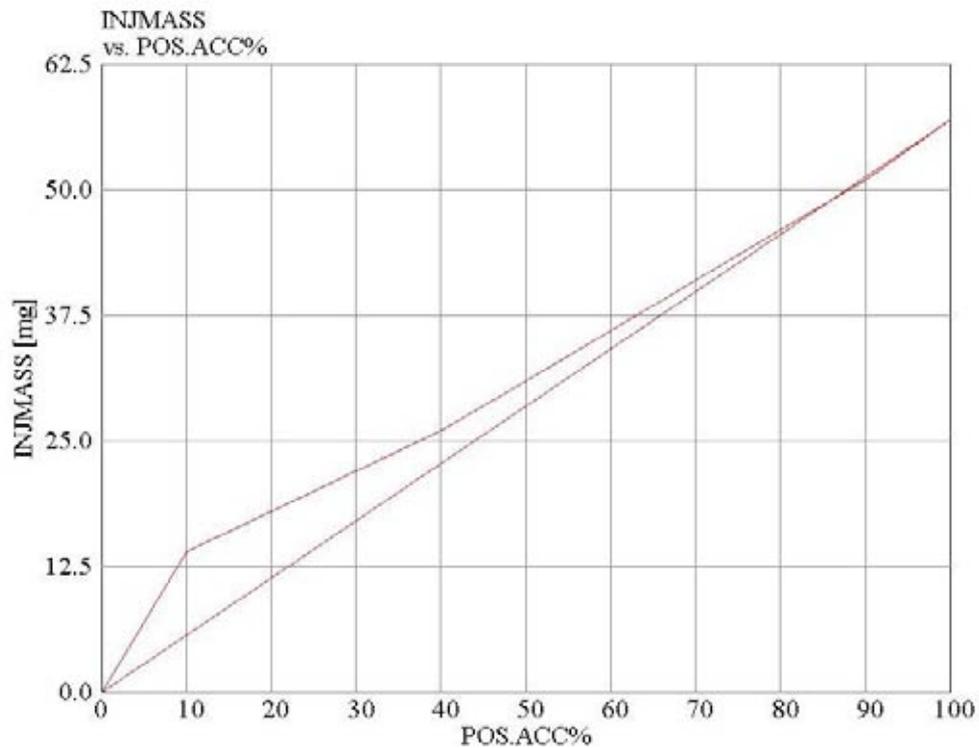


**Fig.84** Attriti interni al motore in funzione di numero di giri e pme -motore 150[CV]

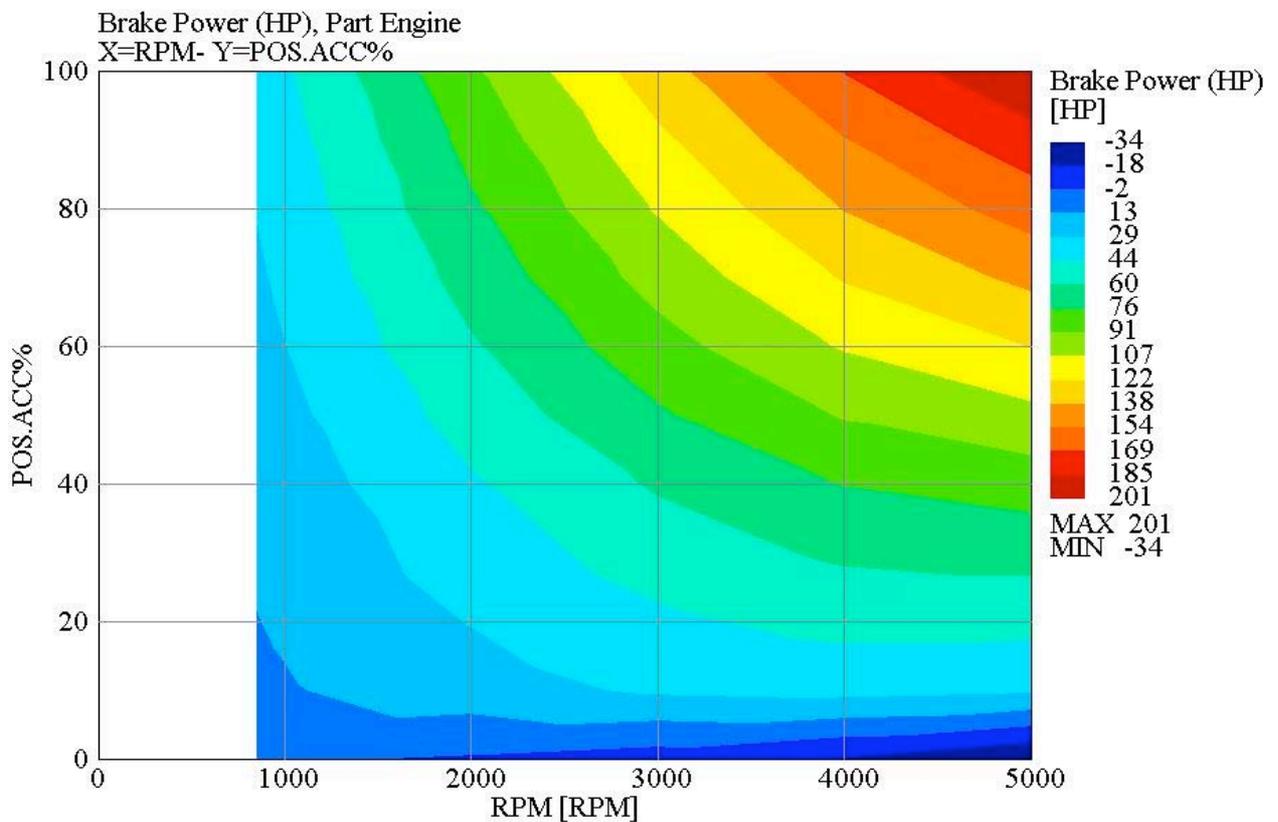


**Fig.85** Diagramma consumo specifico carburante in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore-motore 150[CV]

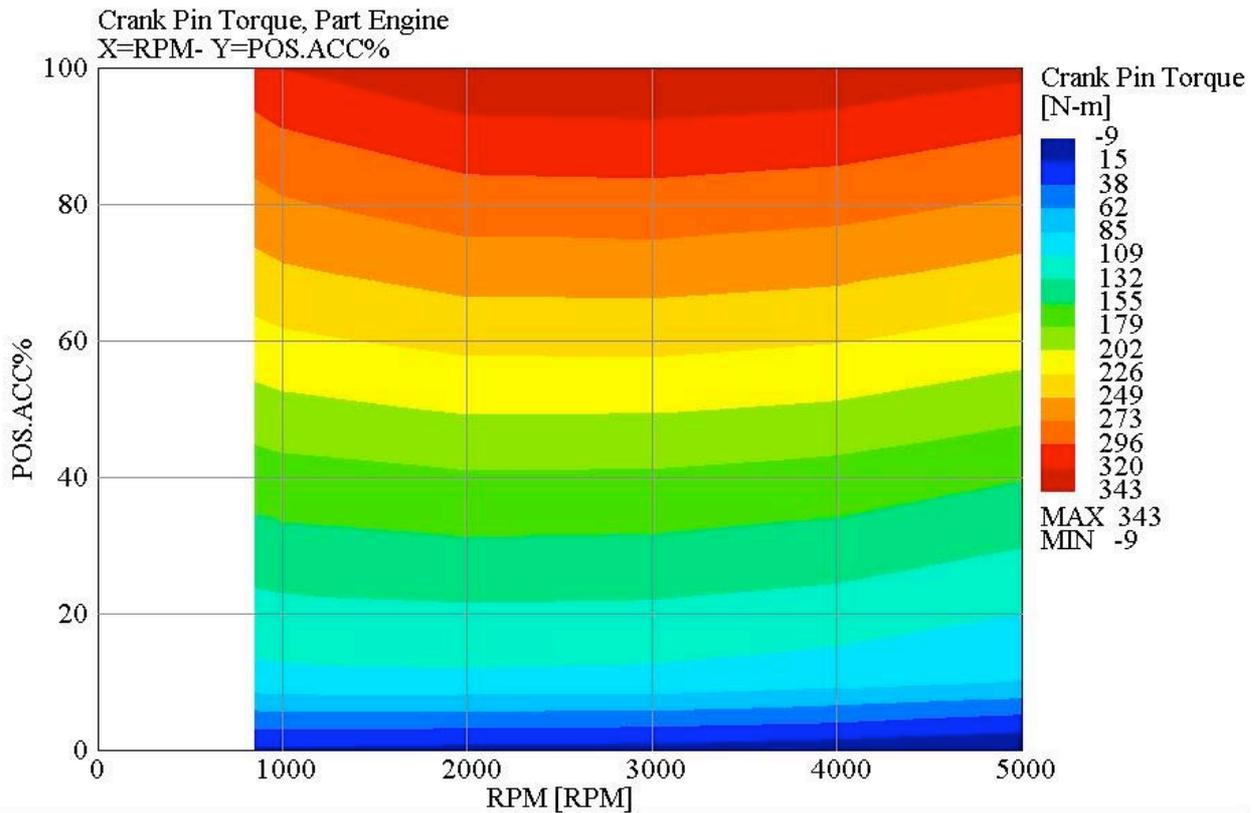
Grafici relativi al motore 1.9 JTD 170 [CV]



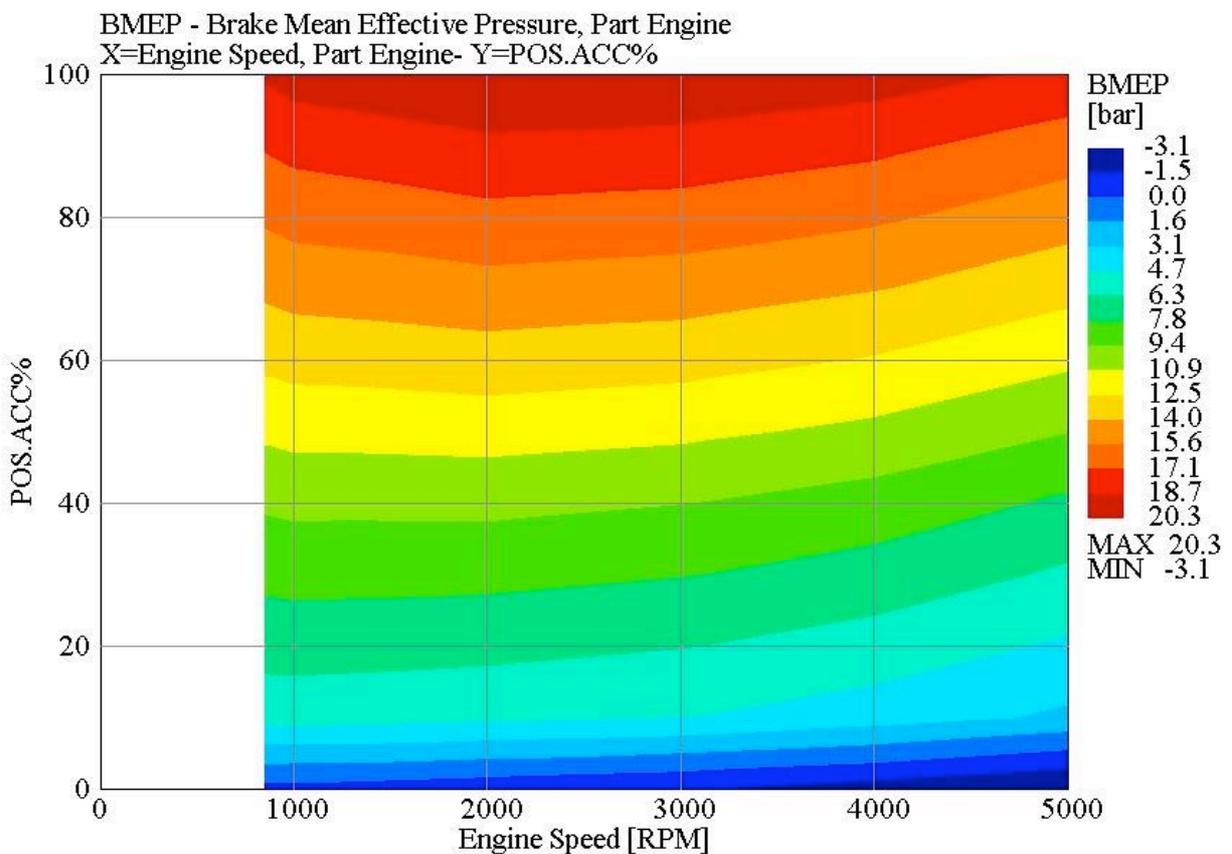
**Fig.86** Massa di combustibile iniettata in funzione della posizione dell'acceleratore-motore 170[CV]



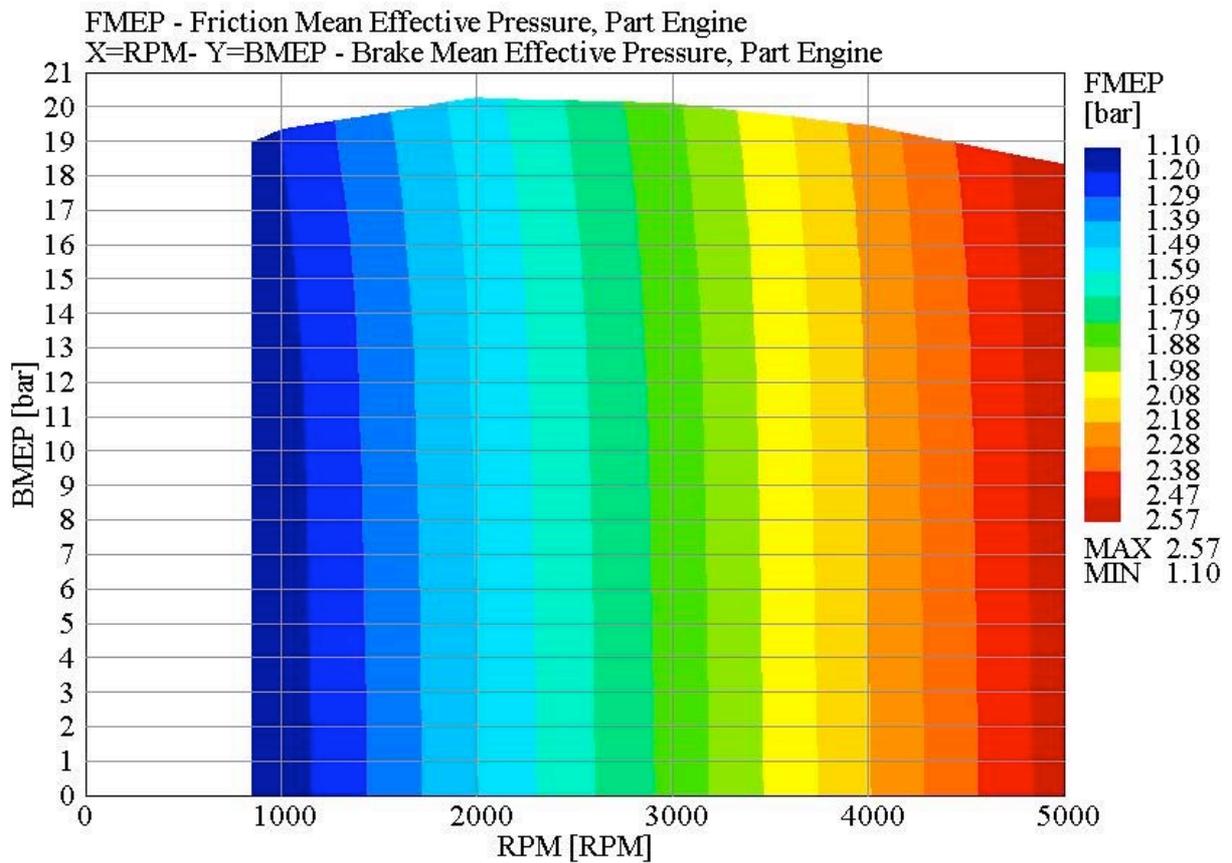
**Fig.87** Potenza in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore-motore 170[CV]



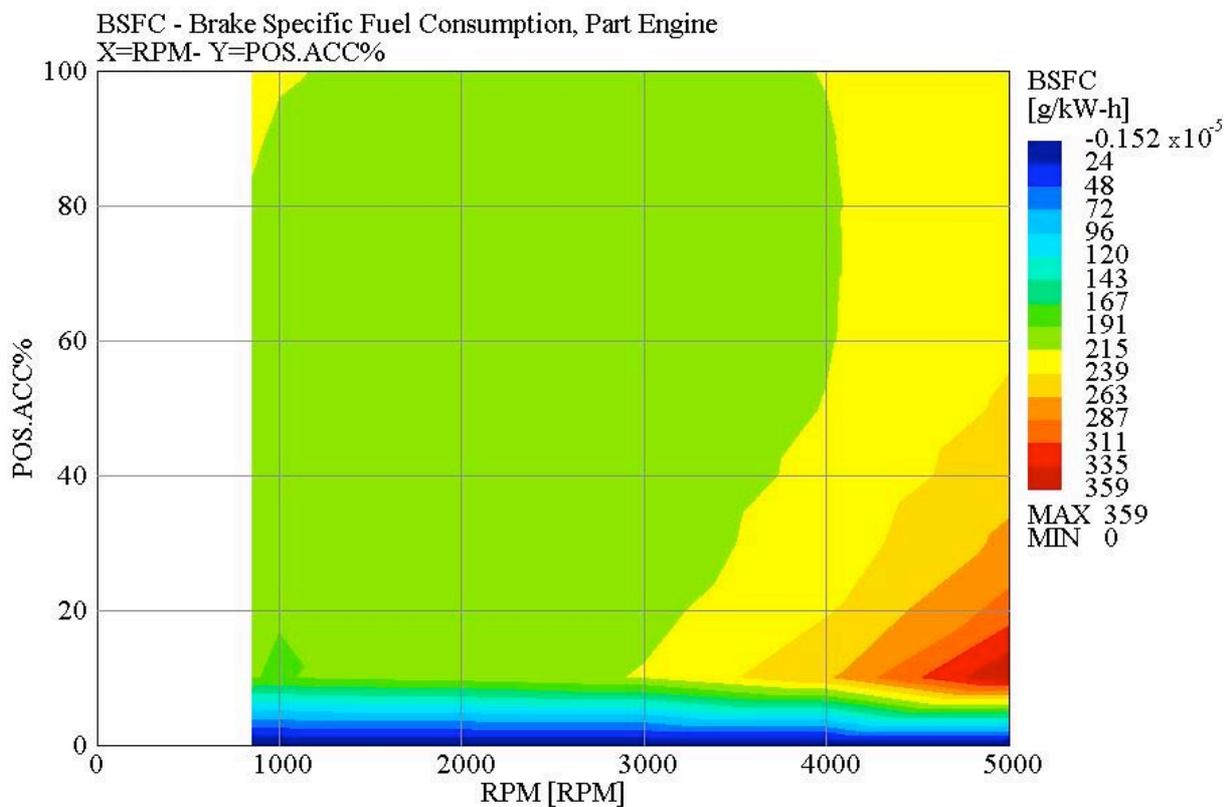
**Fig.88** Diagramma di coppia in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore Motore 170 [CV].



**Fig.89** Pressione media effettiva in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore Motore 170 [CV].



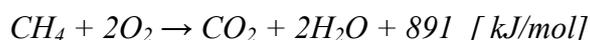
**Fig.90** Attriti interni al motore in funzione di numero di giri e pme -motore 170[CV]



**Fig.91** Diagramma consumo specifico carburante in funzione di numero di giri e posizione dell'acceleratore -motore 170[CV].

## 5.6.2 L'impianto a metano

Il metano è un idrocarburo semplice (alcano) formato da un atomo di carbonio e quattro di idrogeno, la sua formula chimica è  $\text{CH}_4$  e si trova in natura sotto forma di gas. La molecola ha forma tetraedrica; l'atomo di carbonio è al centro di un tetraedro regolare ai cui vertici si trovano gli atomi di idrogeno. Il metano è il principale componente del gas naturale, ed è un eccellente carburante poiché produce il maggior quantitativo di calore per massa unitaria. Bruciando una molecola di metano in presenza di ossigeno si forma una molecola di  $\text{CO}_2$  (anidride carbonica), due molecole di  $\text{H}_2\text{O}$  (acqua) e si libera una quantità di calore:



Dalla combustione di un metro cubo standard di metano si ottengono circa 36 MJ (8940 kcal). Il legame covalente carbonio-idrogeno nel metano è uno dei più forti tra tutti gli idrocarburi, per questo motivo il suo uso come materia prima in chimica è limitato. La ricerca di un catalizzatore che possa facilitare l'attivazione del legame C-H nel metano e negli altri alcani leggeri è un'area di ricerca con importanti risvolti industriali. Il metano è un gas serra presente in atmosfera in concentrazioni molto inferiori a quelle della  $\text{CO}_2$  ma con un potenziale di riscaldamento globale ben 23 volte superiore. La sua concentrazione in atmosfera è aumentata da 700 ppm (parti per miliardo) nel 1950 a 1750 ppm nel 2000, con un incremento del 150%. Il metano è responsabile del 20% dell'incremento dell'effetto serra, è il risultato della decomposizione di alcune sostanze organiche in assenza di ossigeno ed è quindi classificato anche come biogas.

Le principali fonti di emissione di metano nell'atmosfera sono:

- Decomposizione di rifiuti solidi urbani nelle discariche.
- Fonti naturali (paludi): 23%.
- Estrazione da combustibili fossili: 20%.
- Processo di digestione degli animali (bestiame): 17%.
- Batteri trovati nelle risaie: 12%.
- Riscaldamento o digestione anaerobica delle biomasse.

Il 60% - 80% delle emissioni mondiali è di origine umana. Esse derivano principalmente da miniere di carbone, discariche, attività petrolifere, gasdotti e agricoltura. Per rimozione di un atomo di idrogeno il metano forma il corrispondente radicale, il metile ( $\text{CH}_3\cdot$ ) mentre se gli idrogeni rimossi sono due il radicale formatosi prende il nome di metilene ( $\cdot\text{CH}_2\cdot$ ). Il metano è inodore, incolore ed

insapore, quindi per essere distribuito nelle reti domestiche deve essere "odorizzato" mediante un processo di lambimento di un liquido dal caratteristico "odore di gas", spesso si tratta del tetraidrotiofene. Questo procedimento si rende indispensabile in modo da rendere avvertibile la presenza di gas nell'ambiente e diminuirne la pericolosità.

L'impianto a gas con riduttore di pressione è il più collaudato sistema per trasformare la propria auto a diesel in una vettura a metano. Gli elementi basilari di questo tipo di impianto a gas sono tre:

- il serbatoio
- il riduttore
- il miscelatore.

### 5.6.2.1 Il serbatoio

Il serbatoio è una bombola realizzata con una spessa lastra in acciaio ad alta resistenza. Lo spessore del metallo influisce sul peso della stessa che, per una bombola da 85 [litri], supera i 50 [kg]. La sicurezza dello stivaggio è garantita: le bombole sono progettate per sopportare pressioni interne di oltre 700[bar] (in fase di collaudo si riempiono fino ad una pressione pari a 300[bar] ), mentre i distributori pompano gas fino al raggiungimento di un valore di 220[bar]. Rimangono perciò sempre almeno 230 [bar] di sicurezza in caso di surriscaldamento, ad esempio in seguito ad un incendio. I serbatoi più recenti, sono dotati di dispositivi di protezione contro la sovrappressione in caso di incendio. Inoltre le bombole sono collaudate anche in caso di tamponamento: infatti la loro struttura estremamente robusta le rende inattaccabili e certamente più sicure dei serbatoi di benzina montati su tutte le automobili. Ai fini della sicurezza è, ovviamente, importantissimo il fissaggio delle bombole stesse, che deve essere effettuato a regola d'arte, con componenti regolarmente omologati dal Dipartimento dei Trasporti. Generalmente, dopo aver installato una bombola nel proprio baule è bene rinforzare le molle posteriori per evitare agli elementi elastici originali di effettuare un "super-lavoro" continuo .

Il serbatoio selezionato viene prodotto dalla Faber e per garantire una buona autonomia la scelta è ricaduta su 4 bombole in lega dal volume di 18 [litri] l'una. Il peso complessivo risulta 47,6 [kg], l'autonomia stimata è di circa 600 [km].

Tipo	V [litri]	Ø [mm]	Lungh. [mm]	con Valvola [mm]	Peso [kg]		Capacità gas [m³]	Quantità di gas min [kg]	Quantità di gas max [kg]
					Acciaio	Lega			
A	18	171	955	1.015	17,00	11,90	4,50	2,71	3,15

### **5.6.2.2 Dal serbatoio al riduttore**

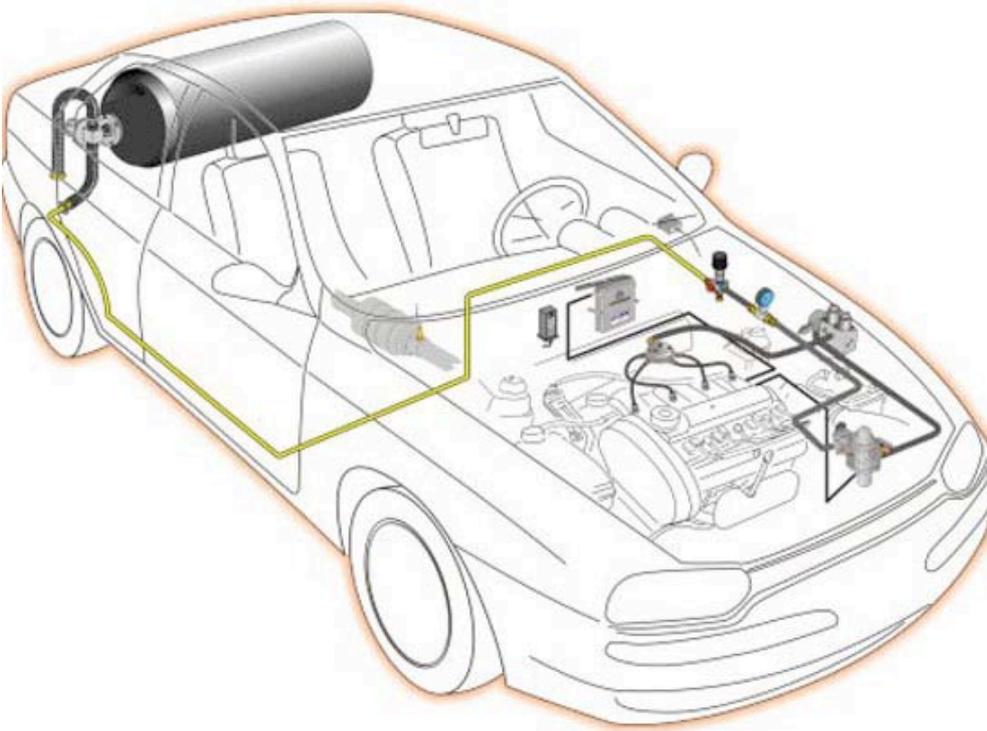
All'uscita della bombola è posta una valvola di sicurezza in grado di garantire, in caso di fuga di gas, che quest'ultimo venga espulso all'esterno dell'autovettura. Dalla valvola sul serbatoio (che in caso di avaria può essere chiusa anche manualmente) il gas passa attraverso delle tubazioni in rame, che garantiscono tenuta all'alta pressione e sufficiente elasticità in caso di incidente, arrivando al "cuore" dell'impianto ovvero il riduttore. All'interno di questo interessantissimo apparecchio, il gas subisce una brusca riduzione di pressione passando dai 220 [bar] iniziali alla pressione di alimentazione del propulsore. La riduzione di pressione avviene tramite il riscaldamento del riduttore stesso ottenuto attraverso il passaggio del liquido di raffreddamento del motore nei condotti interni al riduttore. Sul riduttore poi, è montata un'elettrovalvola di sicurezza che esclude, a motore fermo, il passaggio del gas e che si apre solo a propulsore in moto e commutatore sulla posizione "gas".

### **5.6.2.3 Verso il motore**

Dall'elettrovalvola del riduttore il gas è diretto, attraverso condotti in gomma rinforzati, al miscelatore e quindi al collettore di aspirazione. Prima di giungere a destinazione però, esistono una serie di componenti aggiuntive che sovrintendono alla corretta dosatura del carburante e al buon funzionamento del motore. Si tratta, nello specifico, di un rilevatore del fattore lambda che comunica con un computer il quale aziona uno o due attuatori incaricati di regolare la mandata del gas. Inutile precisare che, con l'alimentazione a gas inserita, gli iniettori (e a volte anche la pompa di iniezione) sono esclusi, così come, quando si circola a diesel, l'elettrovalvola sul riduttore esclude la mandata del gas.

#### 5.6.2.4 La presa di carica ed il commutatore

Altre due componenti comuni agli impianti descritti sono la presa di carica (che può essere sistemata esternamente o all'interno del vano motore) e il commutatore gas/diesel che, situato nell'abitacolo, permette di monitorare il livello del gas nel serbatoio e di passare da un tipo di alimentazione ad un altro premendo un pulsante. Il commutatore, inoltre, è l'apparecchio che permette di effettuare gli avviamenti con l'alimentazione a diesel, salvo poi cambiarla automaticamente una volta raggiunta la soglia dei 1500 giri/min. Questo non solo per rendere immediate le partenze, ma anche per evitare danni agli iniettori del diesel.



**Fig.92** Schematizzazione di un impianto a metano.

# Capitolo 6

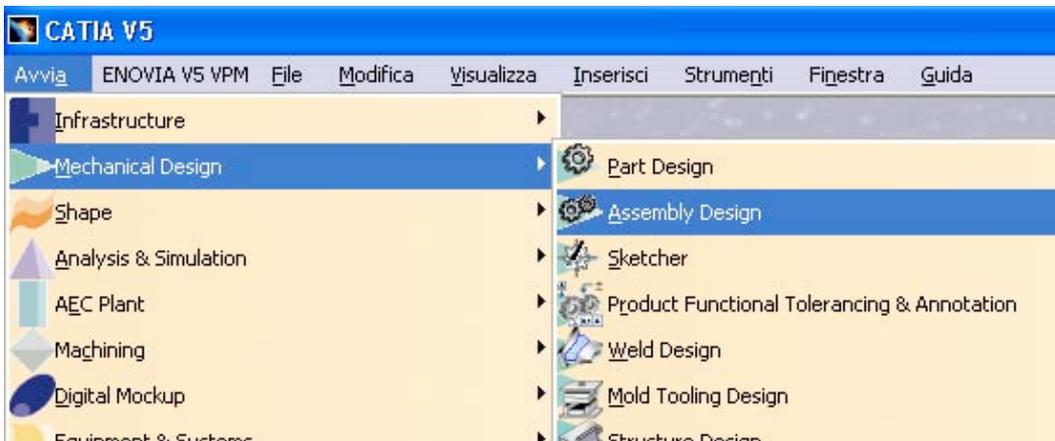
## Assemblaggio dell'Astura

### 6.1 Introduzione. L'Ambiente Assembly Design

Per assemblare un complessivo esiste l'ambiente Assembly Design. Ovviamente per fare questo occorre disporre dei "pezzi" con cui si vuole costruire (assemblare) il prodotto.

Partendo dalla schermata neutra di CATIA si clicca su

Avvia → Mechanical Design → Assembly Design



**Fig.93** Passaggi per avviare l'ambiente Assembly Design

La prima cosa da notare è che l'ambiente Assembly Design non presenta i piani e gli assi del sistema di riferimento. Ogni pezzo che sarà importato in questo ambiente infatti si porterà dietro il proprio riferimento.

Il primo oggetto importato nell'ambiente Assembly, nel caso in esame è stato il telaio, fungerà da base per le parti importate in seguito. In un primo momento il programma dispone a caso le parti nello spazio, sta all'utente definire volta per volta le relazioni di vincolo: fissare un componente a terra, allineare gli assi (vincolo di coincidenza), fare combaciare due facce (vincolo di contatto), affacciare due facce con offset, oppure vincolare angolarmente due facce.

Una volta introdotte nell'assieme più parti, non è più necessario continuare a riferirsi al componente di partenza per imporre i vincoli, ma è sufficiente farlo rispetto ad una qualunque delle parti già immesse.

Può capitare di richiedere al programma relazioni che sono in conflitto tra loro, il computer a quel

punto si limita ad avvisare con un comando di errore e a non eseguire l'ultimo comando.

Sono anche possibili alcune funzioni simili a quelle dell'ambiente part come la creazione di fori, di tasche, di riusare una matrice per eseguire il montaggio e la possibilità di specchiare le parti. Le modifiche effettuate risulteranno così esclusivamente nel file d'assieme.

Ogni singolo componente può essere però modificato direttamente nell'assemblaggio, ma in modalità "part". In questo modo viene modificato anche il file di origine, potendo però sfruttare il fatto di verificare in maniera continua il risultato d'assieme.

## **6.2 Assemblaggio delle varie parti al telaio**

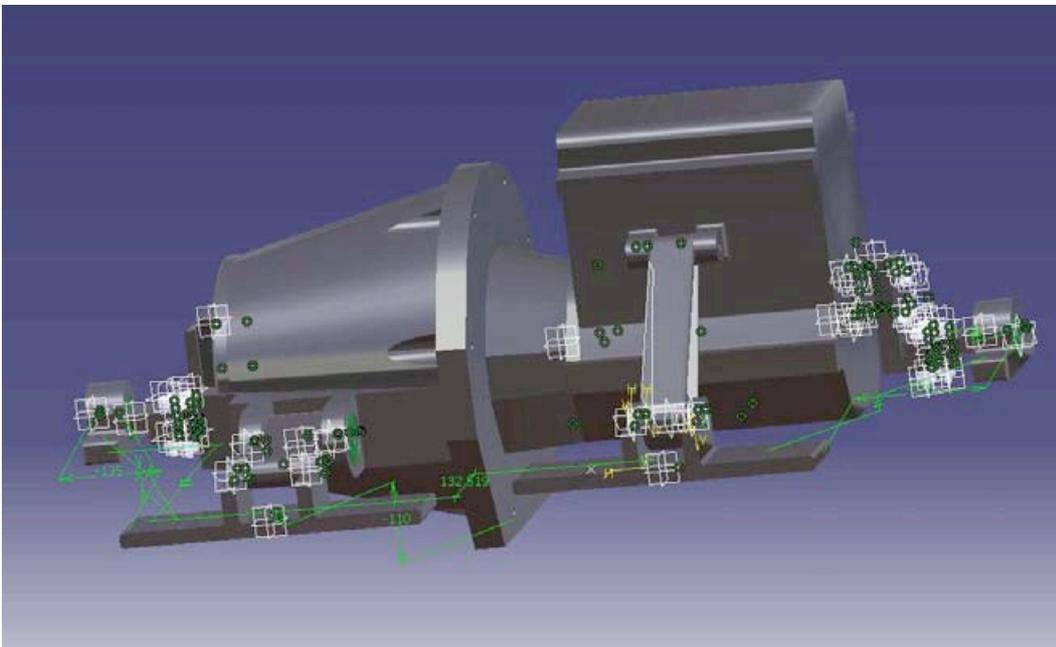
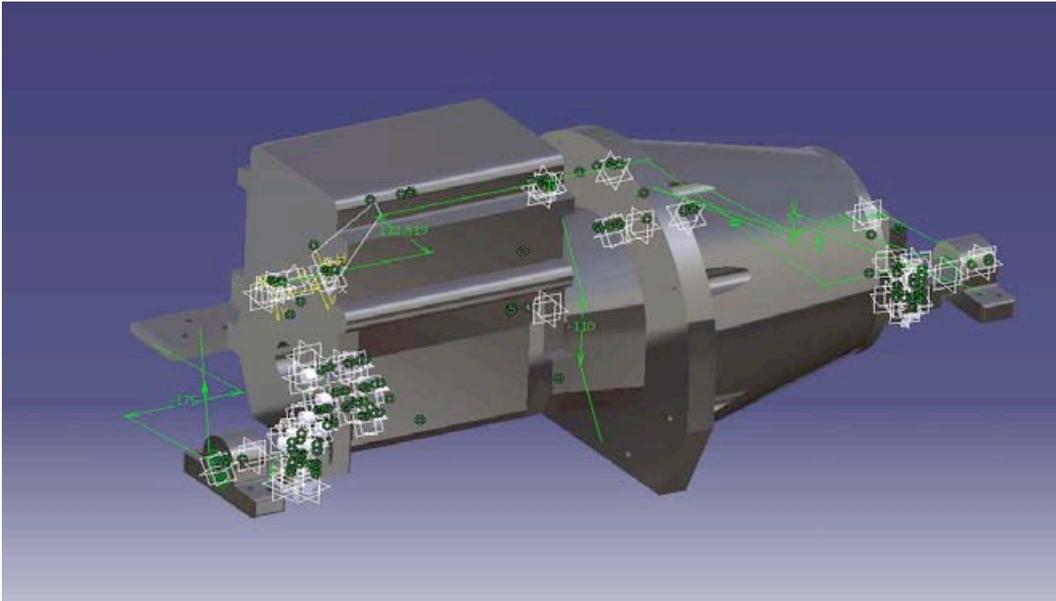
Il primo particolare ad essere stato importato nell'ambiente Assembly è stato il telaio, che è stato fissato a terra, successivamente il gruppo motore-frizione-cambio e i due pianali delle sospensioni anteriori e posteriori al fine di rendersi conto che le varie parti non interferissero tra loro.

Questa è stata la fase più delicata perché oltre a disegnare-modificare gli attacchi al telaio dei vari organi meccanici si è dovuto decidere la loro disposizione evitando interferenze.

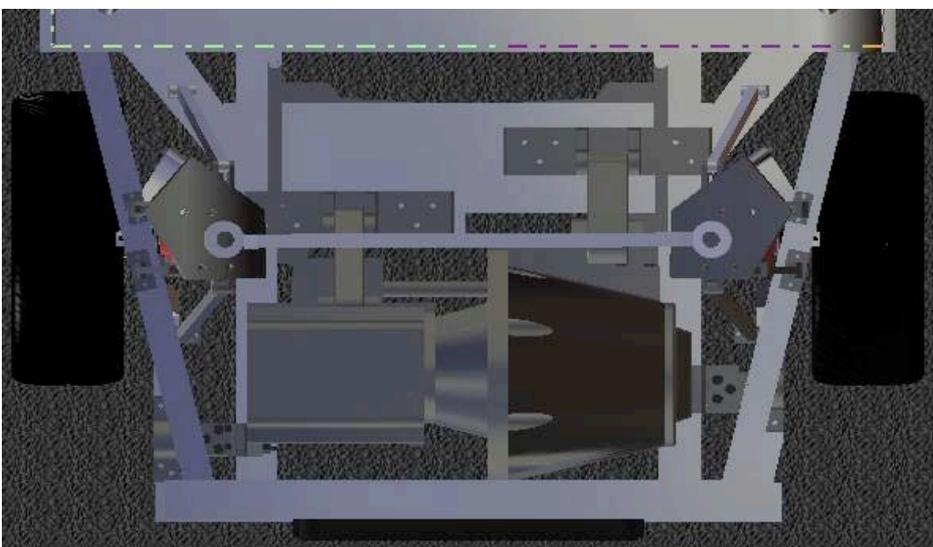
Trovata la giusta collocazione per il motore si è disposto il gruppo sospensioni anteriori in modo che rispettasse l'allineamento con il gruppo cambio-differenziale e allo stesso tempo mantenesse l'interasse prestabilito della vettura.

Il posizionamento del gruppo ruote/sospensioni è stata quasi una scelta obbligata in quanto tutte le parti in questione non dovevano assolutamente presentare interferenza fra loro, tanto meno con il telaio.

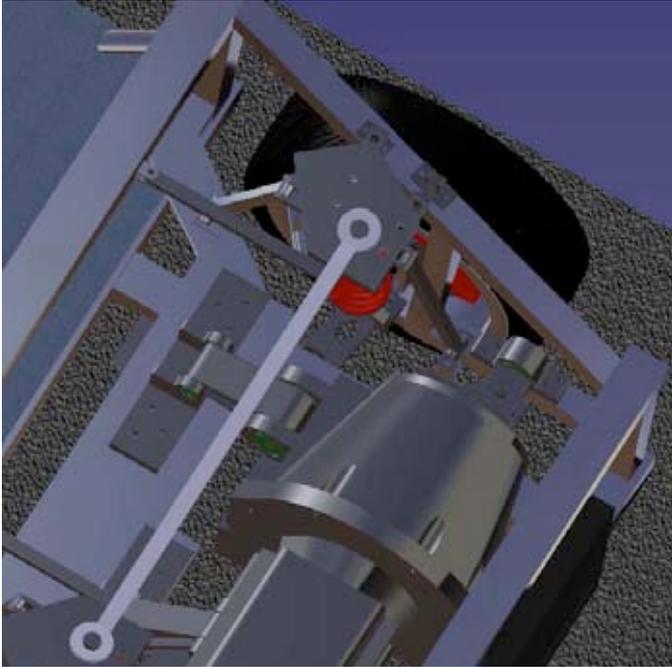
Per assicurarsi che non vi fosse nessun tipo di contatto tra le ruote e il telaio, conoscendo il diametro di sterzata della vettura che si attesta sugli 11 metri, sono state girate le ruote, si è tracciata la circonferenza sul piano orizzontale passante per il piano medio verticale delle ruote, e si è misurato il raggio di tale circonferenza, rendendosi conto che tale raggio di sterzata è compatibile con le misure dell'Astura.



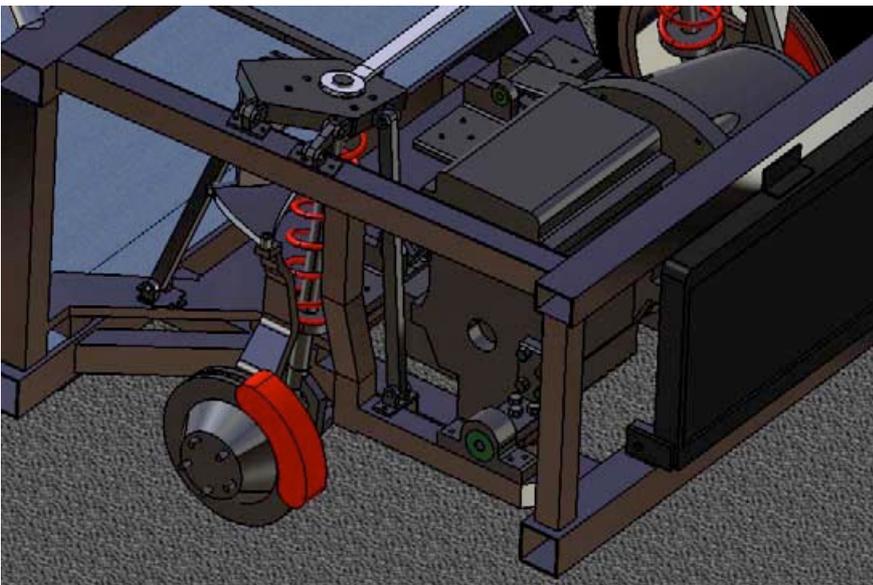
**Fig.94** *Viste laterali del motore.Si osservano gli ancoraggi.*



**Fig.95** *Vista dall'alto del vano motore*



**Fig.96** 1 Agganci laterale e centrale del cambio,il tutto integrato con la sospensione lato guidatore.



**Fig.97** Ancoraggio laterale motore.

Completato l'assemblaggio del motore e delle sospensioni, sono state inserite nell'assembly la carrozzeria completa di plancia ed interni, e controllato che tutti gli spazi fossero compatibili. Il passo successivo è stato scegliere dove collocare i serbatoi del metano e quali tipi di bombole utilizzare tenendo presente quale autonomia in [km] percorsi si volesse ottenere.

La scelta del posizionamento è stata vincolata da tre fattori:

- la sicurezza, è necessario trovare una posizione che potesse garantire la massima protezione delle bombole in caso di urto;
- tenere le bombole lontano da fonti di calore, come il catalizzatore e il tubo di scarico;

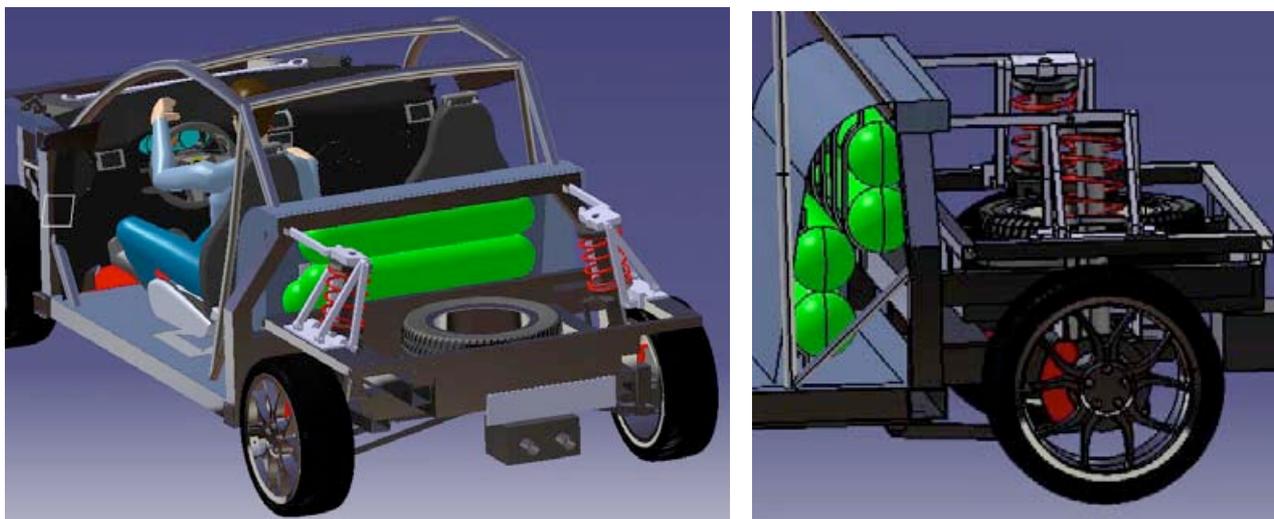
- la necessità di trovare una collocazione il più possibile centrale per non squilibrare la distribuzione dei pesi e che non interferisca con gli altri organi meccanici.

Avendo valutato questi tre aspetti e tenendo presente le dimensioni delle bombole, si è ricavato un vano tra l'abitacolo e il cofano posteriore.

Tipo	V [litri]	Ø [mm]	Lungh. [mm]	con Valvola [mm]	Peso [kg]		Capacità gas [m³]	Quantità di gas min [kg]	Quantità di gas max [kg]
					Acciaio	Lega			
A	18	171	955	1.015	17,00	11,90	4,50	2,71	3,15

La scelta è ricaduta sull'utilizzo di 4 bombole prodotte dalla Faber, della capacità di 18 [litri] ciascuna, con un peso complessivo massimo di:  $4 \cdot (11,90 + 3,15) = 60,2$  [kg].

Nel disporre le bombole è stato necessario tener conto anche dell'ingombro delle valvole dei singoli serbatoi e dell'eventuale collegamento di questi al motore, in modo tale che ci fosse abbastanza spazio per poter rendere agevole l'installazione dell'impianto.



**Fig.98** *Disposizione delle bombole del metano nel vano ricavato tra l'abitacolo ed il cofano posteriore.*



## Capitolo 7

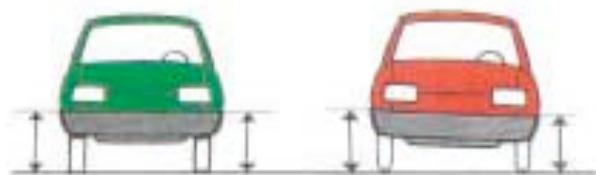
### Studio della ripartizione dei pesi e considerazioni sull'assetto della vettura

Conclusa la fase di disegno ed assemblaggio dei vari componenti si è verificato quale fosse la reale ripartizione dei pesi sull'asse delle ruote anteriori e posteriori e l'altezza da terra del veicolo.

Il dimensionamento delle sospensioni influisce sull'altezza da terra della vettura.

In condizioni statiche, cioè con vettura ferma, il sostentamento delle masse sospese è unicamente dovuto agli elementi elastici. Se questi sono stati correttamente progettati, la vettura è equilibrata, cioè su ogni asse grava una frazione specifica del suo peso complessivo, normalmente sull'asse motrice il peso è più elevato di quello presente sull'asse condotto.

Il peso sostenuto da ogni asse è a sua volta equamente diviso tra le due ruote dell'asse stesso. Nel caso in cui gli elementi elastici non siano stati correttamente dimensionati la vettura può essere troppo bassa, con il rischio di sfregamento sul suolo in presenza di ostacoli sporgenti, oppure sbilanciata troppo verso l'avantreno, o il retrotreno, oppure, verso uno dei due lati.



Sospensione simmetrica  
(equilibrata)

Sospensione  
asimmetrica  
(squilibrata)

**Fig.99** Se la sospensione è correttamente progettata e i pesi sulla vettura sono ben distribuiti, le altezze sono uguali tra gli estremi della carreggiata anteriore e posteriore. Diversamente il veicolo "pende" da un lato.



Altezza scocca  
corretta

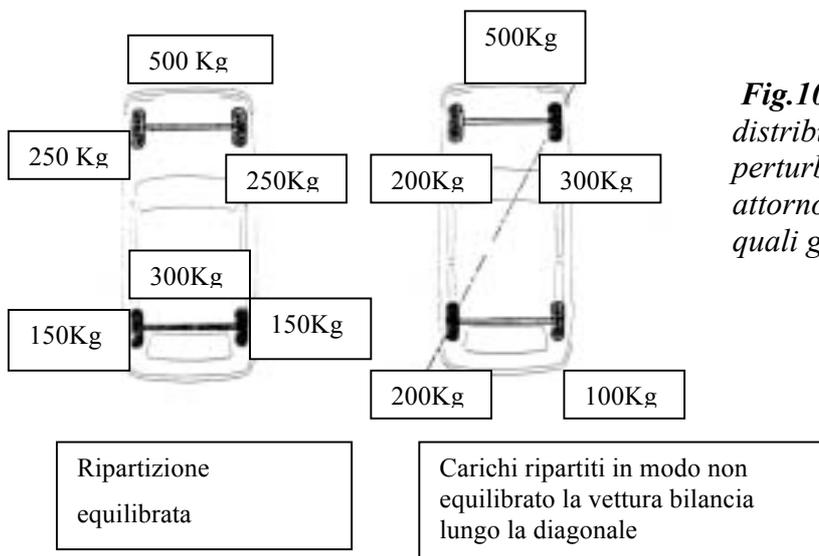
Altezza scocca  
Troppo bassa

**Fig.100** L'elemento elastico della sospensione influisce sulla altezza sottoscocca e cioè sulla distanza tra telaio della vettura e il terreno. Questa distanza viene stabilita dal costruttore, per garantire un utilizzo corretto del veicolo in tutte le condizioni.



**Fig 101** Se gli elementi elastici della sospensione anteriore o posteriore non sono conformi, allora la vettura picchierà (immagine destra con parte anteriore rivolta verso il basso) o cabrerà (immagine sinistra con parte anteriore rivolta verso l'alto).

In casi come questi se la vettura viene sollecitata ,cioè viene perturbato il suo stato di equilibrio, oscilla lungo la diagonale ideale che unisce i centri delle due ruote sulle quali grava il maggior carico.



**Fig.102** Quando i pesi non sono ben distribuiti su ogni ruota, se la vettura viene perturbata dal suo stato di equilibrio, oscilla attorno alla diagonale che unisce le ruote sulle quali grava la massa maggiore.

Per calcolare la ripartizione dei pesi l'auto è stata schematizzata come una trave appoggio-appoggio, caricata con il peso proprio dell'auto, del motore e delle bombole cariche di metano.

La massa complessiva dell'auto è stimata attorno ai 1300[Kg], di cui 300[Kg] è la massa del motore, 60,2[Kg] è la massa delle bombole cariche di metano, ed i restanti 939,8[Kg] sono ripartiti tra telaio, carrozzeria, interni ed il gruppo sospensioni-freni-pneumatici.

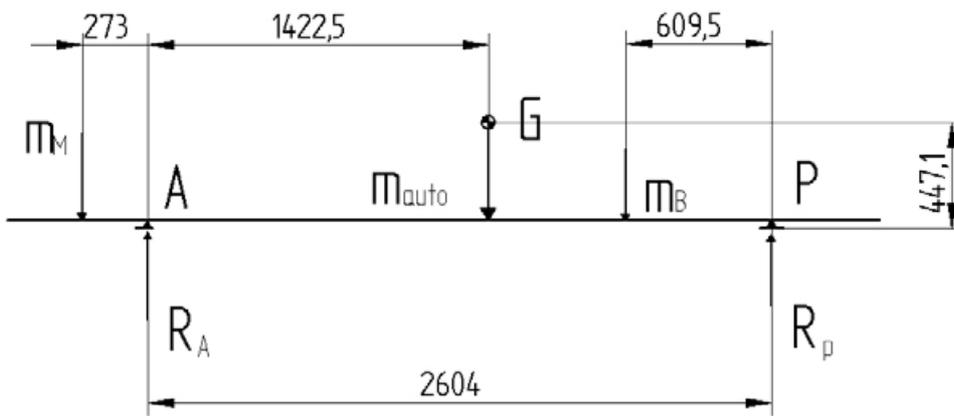
Massa motore:  $m_M = 300[Kg]$

Massa bombole cariche:  $m_B = 60,2[Kg]$

Massa auto:  $m_{auto} = 1300 - m_M - m_B = 939,8[Kg]$

A \_ indica le ruote anteriori ; P \_ indica le ruote posteriori

G \_ baricentro dell'auto



**Fig.103** Schematizzazione auto come trave appoggio-appoggio. Quote espresse in [mm]

Si esegue l'equilibrio delle forze in direzione verticale e la sommatoria dei momenti attorno al punto A:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-m_M \cdot g + R_A - (m_{auto} + m_B) \cdot g + R_P = 0$$

$$-R_P \cdot 2604 + m_B \cdot g(2604 - 609,5) + m_A \cdot g \cdot 1422,5 - m_M \cdot g \cdot 273 = 0$$

risolvendo il sistema nelle incognite  $R_A, R_P$  si ottiene:

$$R_A = 7572,9[N] \quad ; \quad R_P = 5180,1[N]$$

ripartizione in percentuale dei pesi tra l'anteriore ed il posteriore:

$$m_{totale} \cdot g \cdot RIP\% = R_A \quad \Rightarrow \quad RIP\%_A = \frac{R_A}{1300 \cdot g} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad \boxed{RIP\%_A = 59,4\%}$$

$$m_{totale} \cdot g \cdot RIP\% = R_P \quad \Rightarrow \quad RIP\%_P = \frac{R_P}{1300 \cdot g} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad \boxed{RIP\%_P = 40,6\%}$$

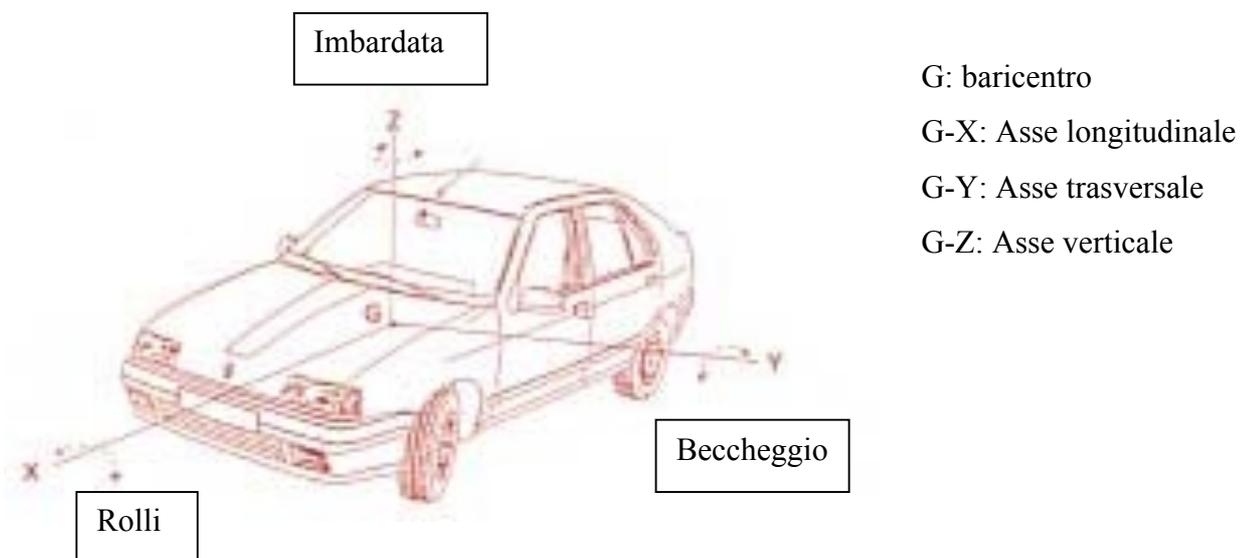
Tutti gli elementi fino ad ora descritti, concorrono alla definizione dell'assetto della vettura e perciò in ultima analisi al suo comportamento dinamico e cioè alla tenuta di strada ,ovvero il mantenimento della traiettoria impostata dal conducente e la facilità di variare tale traiettoria.

Per definire i possibili movimenti del corpo del veicolo si individuano su di esso degli assi ideali che partono dal suo centro di gravità (baricentro). C'è dunque un asse longitudinale, uno trasversale ed uno verticale. Il baricentro è un punto ideale determinato dalla distribuzione delle masse della vettura, sul quale sono applicate le forze peso e quelle di inerzia a cui è sottoposto il veicolo durante il suo movimento. Le forze di inerzia sono funzione della massa e della sua accelerazione, così ad esempio esse sono generate durante l'accelerazione, la decelerazione o la variazione della traiettoria (curva). L'assetto del veicolo è fortemente influenzato da queste forze e la tenuta di strada dipende in sostanza da esso e cioè da come sono state progettate le sospensioni e dalla posizione del baricentro.

Attorno all'asse trasversale che ha come origine il baricentro, si generano i movimenti longitudinali (impennata o cabrata e cioè il beccheggio).

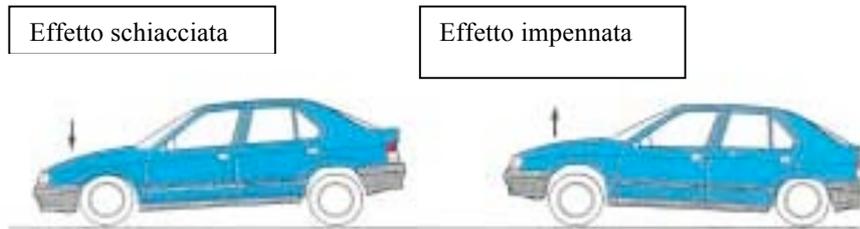
Attorno all'asse longitudinale che ha sempre come origine il centro di gravità, sono misurati i movimenti di inclinazione trasversale (il rollio).

Mentre su quello verticale con origine dal baricentro, viene misurata l'imbardata e cioè la rotazione o sbandata. E' dunque intuitivo capire che un veicolo è confortevole e stabile (e cioè ha una buona tenuta di strada), quando questi tre movimenti (beccheggio, rollio, imbardata) sono limitati e non influiscono sulla traiettoria imposta dal conducente, quando è possibile impostare e percorrere con facilità una curva e quando il conducente può con facilità raddrizzare le ruote anteriori dopo aver variato la traiettoria.



**Fig.104** Questi sono gli assi ideali rispetto ai quali si sviluppano i movimenti della vettura.

*Il baricentro è il punto sul quale si esercita l'azione della massa complessiva e dove vengono applicate le forze di inerzia che si generano durante il movimento del veicolo*



**Fig.105** *Il movimento attorno all'asse G-Y si definisce "beccheggio"*

*Lo spostamento attorno all'asse trasversale, provoca una cabrata (impennata) o una picchiata (schiacciata). Questi due movimenti sono detti beccheggio.*



**Fig.106** *Il movimento attorno all'asse G-X si definisce "rollio"*

*Il movimento di rollio si sviluppa attorno l'asse longitudinale. Provoca un coricamento laterale della vettura.*



**Fig.107** *Il movimento attorno all'asse G-Z si definisce "imbardata"*

*L'imbardata è la rotazione della vettura attorno all'asse verticale che ha origine come quello trasversale e longitudinale, dal baricentro.*

Le forze che perturbano il movimento di una vettura indipendenti dalla guida imposta dal conducente, possono essere generate da un particolare fondo stradale, dal cambiamento di assetto (vettura troppo o malamente caricata), dal vento e dalle condizioni atmosferiche avverse che limitano l'aderenza tra pneumatici e asfalto.

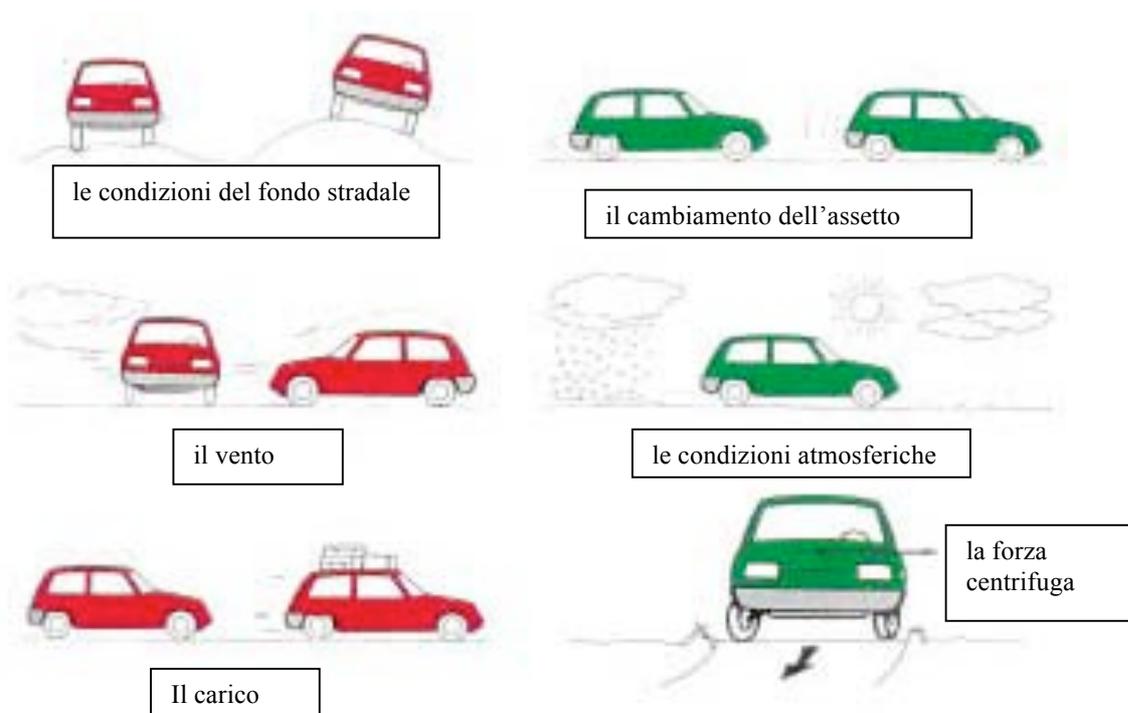


Fig.106 Sono rappresentate le principali cause che agiscono sulla tenuta di strada della vettura. Il cambiamento di assetto può essere provocato da una accelerazione, da una frenata e da una curva. Può essere variato staticamente agendo anche sugli elementi elastici della sospensione.

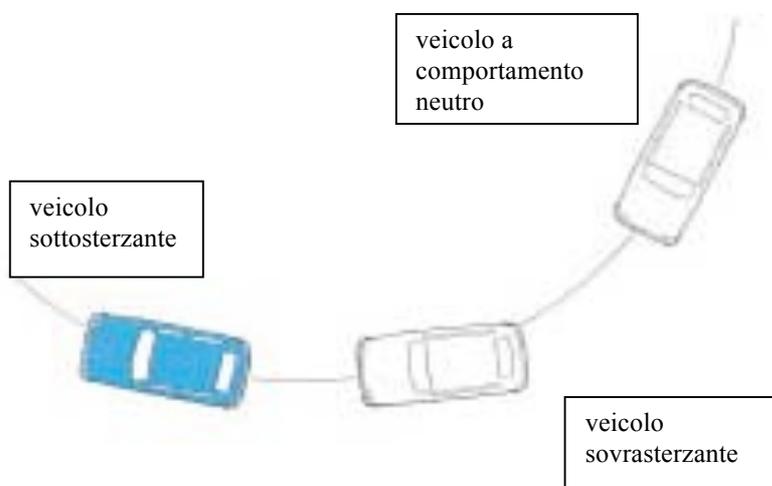


Fig.107 Durante la percorrenza di una curva il comportamento dinamico del veicolo può essere: neutro (viene mantenuta la traiettoria impostata), sovrasterzante (viene "chiusa" la curva),

sottosterzante (viene “aperta” la curva). Questi comportamenti sono influenzati dal tipo di sospensione e dalla distribuzione dei pesi della vettura e cioè in ultima analisi dal suo assetto.



**Fig.108** In questa immagine è evidente il coricamento che subisce la vettura (rollio) a causa della forza centrifuga che agisce sul baricentro e che si genera durante la percorrenza di una curva.



**Fig.109** Anche le forze aerodinamiche, che si generano alle elevate velocità a causa della pressione dell'aria che scorre sopra e sotto la carrozzeria, possono notevolmente variare l'assetto. Le vetture vengono progettate per generare forze deportanti e cioè che premono il veicolo verso il suolo, migliorando la sua tenuta di strada.

## 7.2 Considerazioni

Il baricentro della vettura risulta essere sufficientemente basso, dista dal suolo 447,1 [mm] e questo è un bene perché riduce il braccio della forza centrifuga, quindi il momento ribaltante; il tutto è a vantaggio della stabilità in curva.

Da considerazioni statiche sulla distribuzione dei pesi risulta che sull'asse anteriore si scarica il 59,4% del peso totale, mentre sull'asse posteriore il 40,6%.

Tale distribuzione dei pesi si discosta da quella ottimale che prevede circa il 54% del peso si scarichi sulle ruote motrici, ed il restante 46% su quelle condotte.

Si ricorda che una corretta ripartizione dei pesi è importante perché rende l'auto stabile e facile da guidare, il pilota non è così costretto a continue correzioni di traiettoria in curva, oppure non sono necessari (o non entrano in funzione) i sistemi elettronici di controllo della stabilità.

Le possibili soluzioni per arretrare il baricentro, che è come dire aumentare il carico sulle ruote posteriori, senza introdurre delle masse aggiuntive (zavorra), potrebbero essere:

- quella di ridurre un po' il passo tra le ruote anteriori e posteriori:

- spostare i radiatori di raffreddamento al posteriore;
- introdurre un profilo estrattore e/o un'appendice aerodinamica di forma ed incidenza opportune al retotreno.

# Capitolo 8

## Real Time Rendering

Il Rendering è un termine dell'ambito della computer grafica; identifica il processo di "resa" ovvero di generazione di un'immagine a partire da una descrizione matematica di una scena tridimensionale interpretata da algoritmi che definiscono il colore di ogni punto dell'immagine. La descrizione è data in un linguaggio o in una struttura dati e deve contenere la geometria, il punto di vista, le informazioni sulle caratteristiche ottiche delle superfici visibili e sull'illuminazione.

È uno dei temi più importanti della grafica tridimensionale computerizzata e in pratica sempre in relazione con tutti gli altri. Nella "pipeline grafica" è l'ultimo importante stadio e fornisce l'aspetto finale al modello e all'animazione. Con il crescente perfezionamento della grafica computerizzata dal 1970 in avanti è diventato un oggetto di studio e ricerca sempre più importante. È usato per: montaggio video/giochi per computer, simulatori, effetti speciali per film/serie TV, e visualizzazione di progetti. Ciascuno con una differente combinazione di caratteristiche e tecniche. Sono disponibili in commercio un gran numero di programmi per eseguire render, alcuni dei quali integrati nei più diffusi pacchetti di modellazione e animazione tridimensionale, alcuni altri indipendenti, altri ancora distribuiti come progetti open source. Dall'interno, un renderizzatore è un programma progettato attentamente e basato su una combinazione selezionata di metodi relativi a: ottica, percezione visiva, matematica e ingegneria del software. Nel caso della grafica tridimensionale, il rendering è un processo lento e richiede un gran numero di elaborazioni da parte della CPU, oppure è assistito in tempo reale dagli acceleratori 3D delle schede grafiche (per i giochi tridimensionali).

Esiste in CATIA un ambiente, il Real Time Rendering, che permette di curare tutti gli aspetti della rappresentazione dell'oggetto sullo schermo ai fini di una visualizzazione che faccia "colpo" sui clienti e che sia quanto più realistica possibile.

Il Real Time Rendering è tuttavia un ambiente semplice in quanto non permette di simulare qualunque aspetto della visione umana, come la valutazione del contrasto, del riverbero, della percezione dei colori in ambienti con luci non bianche. Per citare qualche esempio: sapere quanto devono essere luminosi i comandi sul cruscotto di un'automobile affinché la loro visibilità e leggibilità sia ottimale in qualunque ora del giorno e in qualunque ambiente, all'aperto o al chiuso.

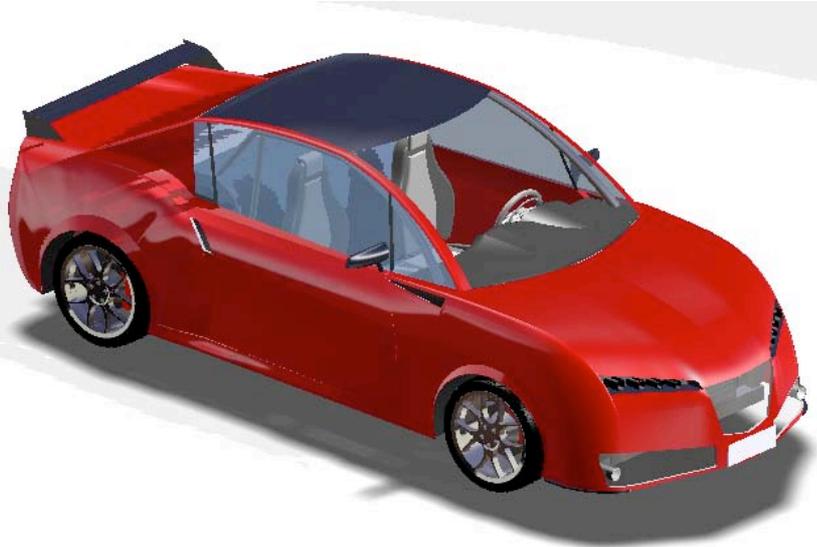
Sapere se i colori scelti per tali comandi sono gradevoli e se sono cromaticamente bene assortiti può essere determinante sia per l'aspetto estetico che per la sicurezza di guida del veicolo.

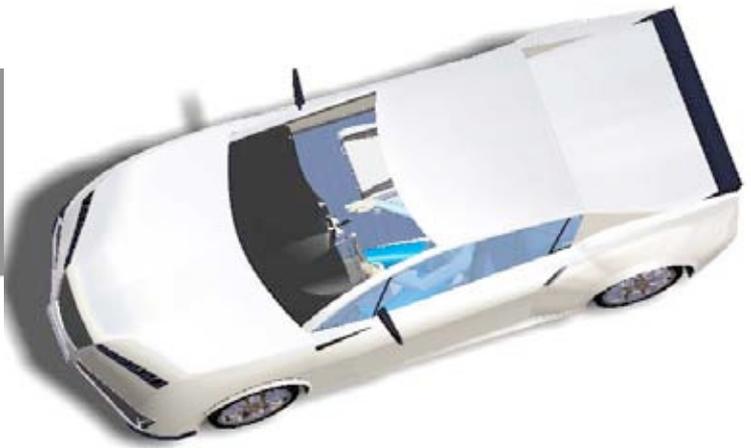
Simulare la distorsione visiva prodotta dalla curvatura imposta al materiale del parabrezza di un'auto permette di sapere in anticipo se il prodotto sarà omologabile o meno.

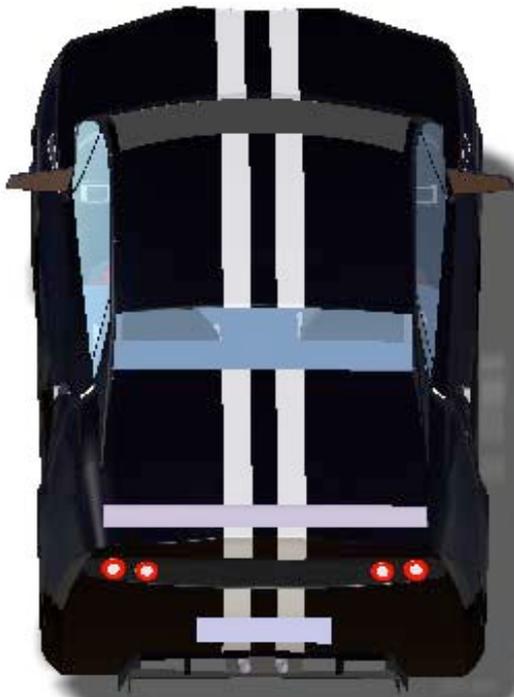
Per risolvere in modo esatto tali problemi esiste un programma di rendering evoluto compatibile con CATIA: SPEOS.

SPEOS può essere direttamente usato da CATIA V5 poiché esiste un interlacciamento completo con Catia V5.

Vengono presentati alcuni rendering eseguiti con il Real Time Rendering dell'astura con varie colorazioni.











# Conclusioni

Le modifiche apportate al fine di migliorare la visibilità dall'interno di questa vettura hanno portato a ridisegnare completamente la carrozzeria ponendo l'utente al centro della progettazione del veicolo.

Si è riusciti a conciliare un design accattivante che caratterizza un'auto sportiva con l'abitabilità e la comodità ,grazie ad un ampio abitacolo, l'accessibilità ,con l'utilizzo di ampie portiere ed altezza di seduta da terra non eccessivamente bassa.

La scelta delle componenti ha svolto un ruolo fondamentale nella progettazione del veicolo, si è cercato di utilizzare il maggior numero di elementi presenti sul mercato al fine di abbassare i costi di produzione, senza peraltro rinunciare alla qualità tecnica e alla resistenza ad usura degli elementi, e al tempo stesso di garantire in futuro una facile reperibilità di ricambi in caso di guasti o rotture.

Durante questo studio si sono rese necessarie varie modifiche del telaio per fare in modo che tutte le componenti trovassero la giusta collocazione e non vi fossero interferenze.

Infine è stata studiata la ripartizione dei pesi,dove si è potuto constatare che il baricentro dell'auto è sufficientemente basso,mentre si può ancora migliorare la ripartizione dei pesi tra l'asse anteriore e quello posteriore dell'auto al fine di "centrare" il baricentro,migliorando così la tenuta di strada globale della vettura.

Dal confronto diretto con le Astura precedenti si è notato un notevole miglioramento in termini estetici ,si può quindi considerare raggiunto l'obiettivo.

## Bibliografia

S. Bissoli, *Studio ed ottimizzazione di una portiera automobilistica per diversamente abili*, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatore Prof. Ing. L. Piancastelli, Università degli studi di Bologna, A.A. 2006/2007.

L. Ercolani, *Studio e design di un'automobile con sistemi integrati per persone diversamente abili*, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatore Prof. Ing. L. Piancastelli, Università degli studi di Bologna, A.A. 2006/2007.

A. Arfelli, *Studio e dimensionamento della meccanica della trazione anteriore della vettura Astura*, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatore Prof. Ing. L. Piancastelli, Università degli studi di Bologna, A.A. 2007/2008.

L. Marabini, *Studio e ottimizzazione della visibilità dall'interno di una vettura sportiva per diversamente abili*, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatore Prof. Ing. L. Piancastelli, Università degli studi di Bologna, A.A. 2007/2008.

E. Morganti, *Studio del comportamento dinamico su strada della vettura Astura*, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatore Prof. Ing. L. Piancastelli, Università degli studi di Bologna, A.A. 2008/2009.

Giuseppe Del Nobile, *Manuale di Catia V5 R17*

A. Morelli, Progetto dell'autoveicolo, Celid.

J.E. Shigley-C.R. Mischke-R.G. Budynas, *Progetto e costruzione di macchine*, Milano 2005.

E. Viola, *Esercitazioni di Scienza delle costruzioni vol. 1e2*, Bologna 1990.