

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

FACOLTA' DI INGEGNERIA DI MODENA

Corso di laurea specialistica in ingegneria del veicolo

STUDIO E PROGETTO PER MODIFICA ESTETICA E
STRUTTURALE DI VEICOLO ATTUALMENTE IN
COMMERCIO

Relatore:

Chiar.mo Prof. Fabrizio Ferrari

tesi di laurea di:

Marco Franchini

Correlatori:

Sig. William Gualtieri

Anno Accademico 2007/2008

INDICE

Introduzione

pag 1

Parte 1

1 Prototipazione	2
1.1 Prototipazione	2
1.2 Prototipo	2
1.3 Free Form Manufacturing e Time To Market	5
1.4 Fasi ciclo prototipazione rapida	6
1.5 Riduzione tempi e costi con le tecniche free Form	7
1.6 Posizionamento posizione rapida nello sviluppo del prodotto	9
2 Costruzione Matematiche	11
2.1 Reverse engineering	12
2.2 Organizzazione di un processo di Reverse Engineering	14
2.3 Scansione Hummer H2	24
2.4 Composizione delle scansioni	34
3 Think design	43
3.1 Curve Nurbs	44
3.2 Superfici Nurbs	48
3.3 Comandi e funzioni: generazione modello	51
3.4 Global Shape Modeling	61
3.5 Modello matematico	63

Parte 2

4	Definizione del progetto	68
4.1	Semplificazione del progetto	68
4.2	Specifiche di progetto	71
4.3	Come nasce una limousine	76
4.4	Parte portante: telaio	81
4.5	Telaio a longheroni: Body on frame	85
4.6	Compiti Strutturali	91
4.7	Rigidezza	108
4.8	Taglio telaio	102
5	Carrozzeria	108
5.1	Carrozzeria: analisi e taglio	111
6	Omologazione	123
6.1	Masse e dimensioni	129
6.2	Riferimenti – Visibilità	129
6.4	Dispositivi Illuminazione	151
6.5	Sicurezza	170
6.6	Scelta dimensioni nuovo veicolo	172
7	Design	177
7.1	Importanza dello stile	178
7.2	Piano di Forma	179
7.3	Costruzione del piano di forma	183
7.4	Impostazione moderna	190
7.5	Definizione dello stile	197
7.6	Realizzazione modello matematico H2 Limousine	193

8 Creazione modello in Poliuretano	211
8.1 Carrozzeria in vetroresina	211
8.2 Modello ultimato	213

Ringraziamenti

Bibliografia

INTRODUZIONE

In questa sede verrà effettuato lo studio per la realizzazione di una “stretch-limousine”, ovvero un veicolo costruito allungando il passo (e quindi il telaio) di un veicolo già esistente. L’attenzione maggiore sarà posta sul *design* della nuova vettura: verrà così realizzato un modello in poliuretano in scala 1:10 della limousine, per valutarne l’impatto estetico.

La libertà del designer sarà però notevolmente limitata da vincoli strutturali e legislativi.

L’allungamento del passo implica infatti un taglio della carrozzeria e del telaio, ovvero della struttura portante dell’intero veicolo, che dovrà per questo essere soggetta ad una attenta analisi.

Nello stesso tempo al progettista è richiesta una notevole conoscenza delle normative per l’omologazione, affinché il nuovo veicolo sia conforme in ogni suo aspetto a quanto stabilito dalle direttive di legge.

Naturalmente anche i costi di realizzazione, che devono restare il più possibile contenuti rappresentano un notevole limite alla creatività del designer.

Il lavoro sarà svolto secondo le moderne procedure di progettazione che sfruttano l’utilizzo di software Cad per la modellazione di superfici. Col programma Think3 realizzeremo il modello matematico della nostra vettura sulla base del quale verrà realizzato il modello in poliuretano.

Per rendere più chiaro tutto l’iter che ha portato alla realizzazione del prototipo in scala della limousine questo elaborato è stato diviso in due parti:

Parte1: viene descritto tutto il processo di *reverse engineering* attraverso il quale è stato realizzato il *modello matematico* del veicolo originale, che costituisce la base di partenza per lo sviluppo del nuovo veicolo.

Parte 2: viene analizzato il processo che ci ha portato alla realizzazione del modello matematico della nuova vettura, attraverso un’analisi del telaio, della carrozzeria, delle normative per l’omologazione e tutto ciò che è stato determinante sulle nostre scelte stilistiche.

PARTE 1

L'obiettivo è la realizzazione delle “*matematiche*”, un modello tridimensionale nel quale curve e superfici sono descritte da funzioni matematiche, del veicolo originale .

Questo modello matematico sarà la base per lo sviluppo della nuova vettura.

Poiché non disponiamo di alcun layout meccanico o progetto originale, per raggiungere il nostro obiettivo, sfrutteremo la tecnica del *reverse engineering*: una procedura che ci permette di ottenere il modello matematico dall'oggetto fisico.

Il lavoro è stato impostato secondo le moderne metodologie di progettazione, atte a limitare i *tempi* ed i *costi* di realizzazione.

In questi capitoli verranno quindi descritti nel dettaglio tutti i passaggi che sono stati compiuti per raggiungere il nostro scopo, soffermandoci anche su quanto è stato indispensabile conoscere, in materia di prototipazione, reverse engineering, utilizzo del programma think3d, per un corretto svolgimento delle operazioni.

CAPITOLO 1

1.1 PROTOTIPAZIONE

Fin dall'antichità, gli inventori, i disegnatori, i creativi si sono serviti sempre di un piano bidimensionale per comunicare e valutare le loro idee, prima di tradurle in pratica. Mentre nel passato i primi progettisti si affidavano a compasso e carta pergamena, quelli contemporanei possono fare uso di un vero e proprio arsenale di mezzi di progettazione. Ciononostante, il progettista non è mai assolutamente certo che ciò che osserva sullo schermo sia una fedele rappresentazione del concetto che intende realizzare. Sebbene, la progettazione e la modellazione solida realizzata in grafica 3D costituiscano un'ottima combinazione per velocizzare il processo di sviluppo di un prodotto innovativo, bisogna tener presente che apportare delle modifiche, anche se di minima entità, ad un progetto in fase avanzata, comporta all'azienda degli oneri gravosi e delle improduttive perdite di tempo. Anche se oggi si fa uso di tecniche di simulazione interattiva per determinare ingombri, studiarne l'assemblaggio con altri pezzi, ecc., il modello reale sotto forma di prototipo resta comunque un mezzo insostituibile di verifica del progetto, di comprensione immediata dell'aspetto in effettive tre dimensioni, e perché soltanto su un prototipo fisico si possono eseguire prove funzionali, fluidodinamiche, di accoppiamento o assemblaggio con altri componenti, prove di resistenza o ergonomia!

1.2 IL PROTOTIPO

Tecnicamente il prototipo è il primo oggetto di una serie e il termine può avere valenze diverse in relazione alla tipologia di prodotto:

- per un'azienda che produce satelliti il prototipo è il prodotto finale:
- per un'azienda che produce penne a sfera lo sviluppo del prodotto può richiedere alcune decine di prototipi prima che il progetto sia considerato definitivo.

Considerando il punto di vista dell'impiego, un prototipo può essere usato per

- *verifiche di stile*
- prove funzionali
- prove di montaggio.

Dal punto di vista dell'uso, il prototipo, per la progettazione verifica un'idea, per il marketing può servire per provare la risposta del mercato ad una nuova proposta e per la produzione può essere

Durante la fase di sviluppo di un prodotto vengono realizzate le seguenti tipologie di prototipi:

- *concettuale*
- funzionali
- tecnici
- pre-serie

Gli obiettivi di ciascuno, sono ovviamente differenti, così come pure il materiale impiegato per la costruzione e la tecnologia di fabbricazione.

	Prototipi concettuali	Prototipi Funzionali	Prototipi Tecnici	Prototipi preserie
Obiettivi	<ul style="list-style-type: none"> - Valutario della forma - Verifiche di montaggio - Analisi della difficoltà tecnologiche 	<ul style="list-style-type: none"> - Valutazione delle prestazioni con prove funzionale - Ottimizzazione del prodotto per la funzione 	<ul style="list-style-type: none"> - Valutazione delle prestazioni del prodotto e del ciclo di fabbricazione - Ottimizzazione delle tecnologie di fabbricazione 	<ul style="list-style-type: none"> - Valutazione finale del prodotto(sono ammesse poche modifiche marginali)
Materiale	Qualsiasi	Simile	Molto simile	Definitivo
Tecnologia di fabbricazione	Non è considerato	Non è considerato	Simile	Definitiva

In questa sede affronteremo un discorso relativo alla prima tipologia di prototipi.

Il fine cioè, è quello di realizzare un modello atto a valutare le forme, lo stile e l'impatto estetico del veicolo che intendiamo costruire. Un prototipo di questo tipo, come detto, è sicuramente più

Le tecniche di *prototipazione rapida* o di *free form manufacturing* (termine quest'ultimo con cui si indicano diverse moderne tecniche di prototipazione che puntano a comprimere i tempi di realizzazione di un prodotto) sono il tentativo più riuscito di trasformare le fuggevoli immagini in un oggetto solido e concreto, da toccare con mano; per usare una frase, che sembra più uno slogan pubblicitario, potremmo dire che la filosofia di questo approccio è: “lo pensi, lo vedi, lo tocchi”.



Fig. 1. realizzazione di un prototipo di una nuova autovettura



Fig. 1b prototipo concettuale di una automobile: mostra esattamente come sarà la forma esterna del veicolo, ma è privo di motore e organi funzionali.

1.3 FREE FROM MANUFACTURING E TIME TO MARKET

La tecnologia tradizionale della fabbricazione di prototipi è affidata ai *modellisti* (fig. 1) che sulla base delle indicazioni di grafici e progettisti, li realizzano con operazioni soprattutto manuali con costi e tempi elevati che stanno diventando incompatibili con le esigenze delle aziende di ridurre drasticamente i tempi di immissione di nuovi prodotti sul mercato.

E' quindi diventato imperativo lo sviluppo di nuove tecnologie che permettano la riduzione dei tempi e dei costi per la fabbricazione dei prototipi avendo come punto di partenza il modello matematico dell'oggetto da realizzare..

I metodi di *free form manufacturing* sono tecnologie che rendono possibile la produzione, in poche ore, di oggetti-di geometria comunque complessa, direttamente dal modello matematico dell'oggetto realizzato su di un sistema CAD tridimensionale: quindi all'idea del progettista viene dapprima data una consistenza virtuale con i sistemi di rappresentazione grafica computerizzata e poi rapidamente una consistenza fisica grazie ai sistemi di free form manufacturing.

La possibilità di materializzare un prototipo disegnato al CAD permette quindi di ottenere vantaggi strategici che possono essere riepilogati nei seguenti punti:

- riduzione dei tempi e dei costi di produzione dei prototipi e conseguente contenimento del *time to market*
- possibilità di realizzare pezzi con forme, complesse (con cavità, sottosquadri, e così via), anche se per il momento è possibile utilizzare una modesta varietà di materiali (soprattutto polimeri);
- possibilità di correzione degli errori che il progettista al CAD non è riuscito ad eliminare e che in passato venivano rilevati e corretti solo in fase avanzata di sviluppo del prodotto, dopo la realizzazione della pre-serie o già nella fase preproduttiva, con forti penalizzazioni economiche.

- opportunità di valutare la funzionalità del prodotto realizzare modifiche ritenute necessarie ed eventualmente scegliere tra alternative diverse già in fase progettuale, avendo la disponibilità immediata del prototipo.

1.4 LE FASI DEL CICLO DI PR

I metodi di prototipazione più diffusi si dividono in tre categorie fondamentali

- additivi
- sottrattivi
- compressivi.

Nei processi additivi, l'oggetto prende forma pian piano in seguito alla continua aggiunta di sottili strati di materiali; esistono varie forme di sistemi additivi

Un processo compressivo, forza un materiale semisolido o liquido ad assumere la forma richiesta, nella quale è indurito o solidificato.

Nei processi sottrattivi invece un blocco di materiale viene scolpito fino ad ottenere la forma richiesta.

Per la realizzazione del nostro prototipo ci serviremo di una fresa a 5 assi a controllo numerico, ovvero procederemo secondo un processo di tipo sottrattivo.

La lavorazione del nostro modello verrà approfondita più avanti nella trattazione: per ora ci limitiamo a descrivere le fasi attraverso le quali si è passati dalla matematica dell'oggetto al prototipo.

- 1) *Realizzazione del modello matematico* . Viene disegnato al computer, tramite un programma CAD il modello matematico dell'oggetto da realizzare. Spesso ci si trova a lavorare su oggetti già esistenti che devono essere ricostruiti fedelmente in forma virtuale. Operazione questa che fa parte del processo di *reverse engineering*, di cui parleremo ampiamente nei capitoli seguenti.
- 2) *trasformazione dell'oggetto progettato al CAD in un formato compatibile con il software CAM* . Il. iges, step, vda, sono come vedremo le interfacce grafiche più utilizzate che permettono lo scambio dei dati tra sistemi CAM o CAD differenti. Altri formati come l'stl o l rpi permettono il trasferimento dei dati direttamente alla macchina utensile.
- 3) *Generazione del percorso utensile*. Il modello virtuale viene elaborato dal programma CAM, attraverso il quale si definisce il percorso utensile, nonché i vari livelli di finitura che si intende ottenere, tenendo conto di quale sarà l'effettivo utilizzo del prototipo: per esempio, un modello automobilistico destinato a studi in galleria del vento, necessiterà di

ta una meshiatura delle superfici: queste vengono cioè suddivise in tanti piccoli poligoni (in genere triangoli), ed i vertici di questi rappresenteranno i punti d'interpolazione necessari a definire il percorso della fresa .Ovviamente, una meshiatura più fine corrisponderà a più elevati livelli di precisione, ma contemporaneamente comporterà una gestione dati più impegnativa, nonché tempi di realizzazione più lunghi.

- 4) definizione del file da inviare alla macchina di prototipazione: nel nostro caso il software CAM definisce un file .iso da cui la macchina attraverso un suo post-processore trarrà le informazioni per fresare il modello.

1.5 RIDUZIONE DEI TEMPI E COSTI OTTENIBILI CON LE TECNICHE FREE FORM MANUFACTURING

Queste tecnologie, al giorno d'oggi sono inquadrare come metodo base nel ciclo di sviluppo del prodotto. Attualmente infatti le macchine per la realizzazione dei prototipi sono di relativo semplice impiego, la qualità dei prototipi in termine di precisione dimensionale è notevolmente migliorata, sono disponibili vari materiali e si ha una maggiore conoscenza dei limiti delle varie soluzioni. La possibilità di abbattere i tempi per la costruzione dei prototipi introducendo le tecnologie *free form* porta benefici sia in termini di *time to market* che di incremento di quote di mercato. La possibilità stessa di compiere verifiche già nei primi stadi di sviluppo permette di apportare migliorie e CAM biamenti secondo le necessita tecniche o i desideri dei cliente e di ridurre in modo considerevole i tempi fino a 4 volte!I risparmi in termini economici, invece sono più difficilmente quantificabili poichè sono riconducibili a due aspetti: il primo è strettamente legato al risparmio di tempo, e l'altro invece è connesso coi costi aggiuntivi per correzioni da apportare a fine processo. Le modalità con cui le tecniche di prototipazione rapida influenzano la realizzazione dei prototipi possono essere sintetizzate nel modo seguente:

- 1) riducono il tempo e il costo della fase di costruzione del prototipo

Con la riduzione del tempo per la costruzione dei prototipi, l'intero tempo di sviluppo viene ridotto e naturalmente tutto ciò ha un significato solamente se la fase di

prototipazione è un fattore critico di sviluppo. Se la fabbricazione del modello, infatti, richiedesse alcuni mesi, l'opportunità di risparmiare poche ore sarebbe poco significativa.

2) rendono veloci altri stadi di sviluppo

L'impiego di tecniche di prototipazione rapida può, in alcuni casi accelerare lo sviluppo di un'operazione successiva, dal momento che la presenza di un modello fisico permette al progettista di definire più velocemente gli stampi di fabbricazione finale del manufatto.

3) riducono iterazioni costose

In molti casi può presentarsi la necessità di dover ripetere un'operazione tra quelle della sequenza di sviluppo del prodotto a causa di errori, difetti o imprecisioni. Da questo deriva che se la costruzione di un prototipo aumentasse sostanzialmente la probabilità che le varie fasi si susseguano senza iterazioni, il tempo totale ed i costi diminuirebbero.

I benefici di un prototipo nel ridurre i rischi di iterazione devono essere confrontati con i costi e i tempi di realizzazione del modello; prodotti con un alto rischio dovuti ai costi di iterazione e all'introduzione di una nuova tecnologia, trarranno beneficio da un prototipo rapido, prodotti per i quali il rischio è basso non necessitano in genere di un modello

4) modificano la sequenza delle fasi di sviluppo del prodotto

Alcuni stadi che solitamente sono condotti in modo sequenziale possono essere sviluppati simultaneamente. Dato che un prototipo Rp può essere ottenuto con materiali e caratteristiche simili al prodotto finale è possibile avviare alcune fasi senza avere necessariamente la disponibilità di quest'ultimo.

L'introduzione di queste tecniche nei moderni cicli produttivi ha permesso la diffusione di un approccio di tipo "simultaneo" nella produzione, in quanto i prototipi ed i modelli sono già disponibili nelle prime fasi e tutte le attività di preparazione della produzione possono avere inizio fin dal primo momento: in pratica si adotta un approccio contemporaneo nelle fasi di ingegnerizzazione produzione e processi di supporto, e nella forma più semplice le barriere che separavano tradizionalmente il marketing la progettazione la produzione ecc vengono eliminate.

Lo sviluppo sequenziale del prodotto invece è più semplice da controllare in efficienza ed economia: quando però l'aspetto più importante è il tempo, il metodo più efficiente è quello di svolgere le varie fasi in parallelo coinvolgendo più persone sin dall'inizio dei lavori.

Questi ultimi concetti, si discostano da quello che viene effettivamente trattato in questa sede, in quanto ciò che alla fine verrà realizzato sarà solo un modello, (o che dir si voglia un prototipo di tipo concettuale), senza arrivare alla produzione dell'oggetto. Ma è un discorso che comunque è

bene accennare, in quanto è grazie ad un'impostazione del lavoro di questo tipo, che si potrà arrivare alla realizzazione di tutti le nuove componenti necessarie alla realizzazione del nuovo veicolo, in tempi ristretti, costi contenuti e limitando errori durante l'intero processo.

1.6 POSIZIONAMENTO DELLA PROTOTIPAZIONE RAPIDA NELLO SVILUPPO DEL PRODOTTO

Si può quindi affermare che la PR consente di ottenere prodotti più rapidamente e in modo più economico e questo perchè il prototipo consente correzioni e modifiche opportune e quindi meno errori e variazioni in fase avanzata di sviluppo. Quando si tende ad uno sviluppo rapido del prodotto le correzioni e i cambiamenti non possono essere apportati in qualsiasi momento ma devono essere concentrati tutti nelle fasi primarie del ciclo di sviluppo.

Innanzitutto è possibile identificare i momenti fondamentali del ciclo di sviluppo:

- idea
- concettualizzazione
- progetto
- Costruzione del prototipo
- prove funzionali
- ingegnerizzazione
- produzione
- lancio sul mercato

In questo contesto arriveremo come detto solo alla fase di costruzione del prototipo, di tipo concettuale, che servirà per lo più a fornire un'idea dell'effetto delle modifiche stilistiche che apporteremo alla carrozzeria del veicolo.

Finora, abbiamo posto l'accento soprattutto sull'importanza del prototipo in relazione alla riduzione delle tempistiche di realizzazione del prodotto finito /ancora una volta time to market)..E' tuttavia vero che un prototipo richiede pur sempre una quantità di tempo e denaro e se poi esso non fornisce

ulteriori informazioni al progettista ci troviamo di fronte ad uno step inutile. Spesso quindi il problema non è tanto se ricorrerete alla prototipazione o altro, ma addirittura se se costruire necessariamente un prototipo usando così in modo appropriato le tecnologie.

Per valutare pienamente la fase di prototipazione bisogna considerare la correttezza del disegno ed il tempo impiegato per correggere gli errori scoperti. Questi ultimi causano sempre una serie di iterazioni, ovvero la ripetizione di alcune fasi per eliminarli. Come vedremo, anche solo durante la realizzazione della scansione iniziale del veicolo, è stato più volte necessario correggere o rifare alcuni passaggi ritenuti inadatti per un corretto svolgimento delle procedure successive. Questo è quindi un aspetto fondamentale da tenere sempre in considerazione, per evitare di portare avanti errori poi difficilmente correggibili in stadi più avanzati del processo ed allungare conseguentemente tempi e costi. Già da adesso quindi puntualizziamo come nel corso di tutto l'iter che porterà alla realizzazione del nostro prototipo ogni step deve essere sempre pensato in funzione di quello che verrà fatto successivamente, in modo da non soffermarsi troppo su particolari poco utili al raggiungimento dell'obiettivo finale ma concentrarsi maggiormente dove viene richiesta una maggiore attenzione e precisione nelle procedure evitando quindi errori che poi si pagherebbero più avanti

Sottolineiamo poi che alcune iterazioni non sono causate da errori, ma da varianti richieste dal committente o da mutuata necessità. Il punto base resta comunque questo: il progetto, come fase creativa richiede iterazioni. Come vedremo prima del modello fresato saranno proposte più di una soluzione di modifica estetica del veicolo preso in esame e solo quella ritenuta più valida sarà portata avanti.

CAPITOLO 2 : COSTRUZIONE DELLE MATEMATICHE

Il primo passo da compiere per la costruzione del modello finale è la ricostruzione delle *matematiche del veicolo*. Una fase di importanza fondamentale, perchè costituisce la base di partenza per la creazione della nuova vettura. Una volta costruito un modello virtuale con un apposito programma CAD saremo in grado di effettuare le modifiche desiderate. Facendo riferimento al modello matematico riusciremo ad avere un effetto visivo più preciso e immediato delle modifiche apportate e una migliore valutazione dell'effettiva realizzabilità dei componenti trasformati.

Si capisce quindi come la precisione con la quale questo modello viene costruito è un aspetto fondamentale nella la realizzazione del prodotto finale che si traduce ancora una volta in vantaggi legati ad un abbassamento dei tempi e dei costi di realizzazione.

Un buon modello per esempio, può permettere di minimizzare i tempi necessari alla costruzione degli stampi e quindi dei pezzi che si vogliono realizzare per il nuovo veicolo..

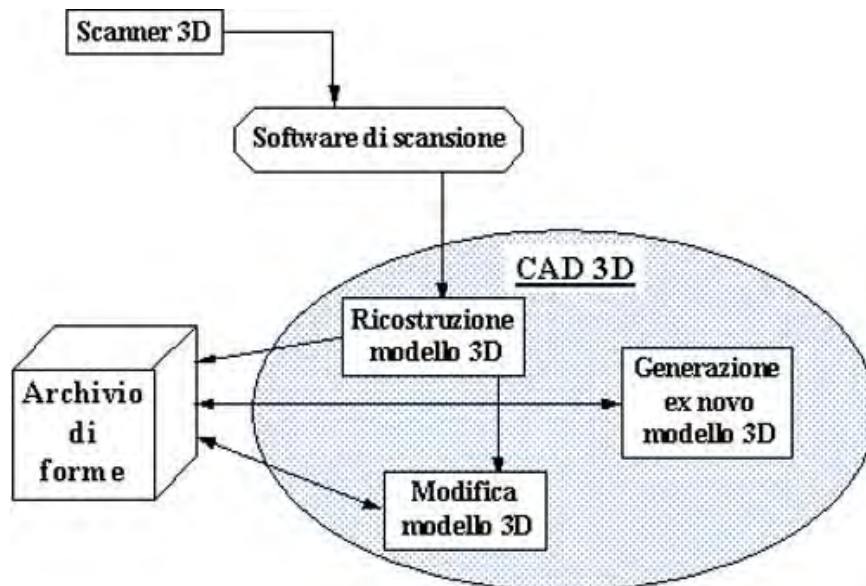
Quindi, sarà necessario, prima ancora di iniziare il lavoro, chiarire bene quali siano le parti del veicolo che più interesseranno l'intero progetto: è lì che bisognerà concentrarsi maggiormente e cercare di ottenere livelli di precisione maggiore. Al contrario sarà inutile soffermarsi troppo su ciò che fin dall'inizio sapremo che rimarrà immutato. Rimane da dire, che poichè l'obbiettivo del nostro progetto è realizzare un modello concettuale, di tipo "estetico", il veicolo verrà comunque scansionato per intero, cioè anche nelle zone che non saranno interessate dalle modifiche, per avere alla fine del lavoro, la visione globale della vettura. Perciò sarà necessaria una certa attenzione per non rischiare di creare superfici che possano discostarsi troppo dalle forme reali del veicolo.

Il processo che ci consentirà di ricostruire un modello matematico partendo da un oggetto già esistente, in questo caso l'Hummer H2, è detto *reverse engineering*.

Nei seguenti paragrafi chiariremo meglio cosa significa, e com'è costituito un percorso di reverse engineering.

Vedremo come sono state ricavate le matematiche del veicolo preso in esame specificando nel dettaglio ogni parametro di progetto ed ogni aspetto che ha costituito un limite alla libertà del creatore.

2.1 REVERSE ENGINEERING



Attraverso il *reverse engineering* si arriva alla progettazione ed allo sviluppo di un prodotto utilizzando un modello CAD 3D, ottenuto attraverso strumenti di digitalizzazione e di matematizzazione. La *digitalizzazione* 3D viene definita come rilievo di un modello fisico e ottenimento delle coordinate relative a punti della sua superficie. Si parla anche di *scansione* per descrivere il processo usato per raccogliere informazioni da una superficie ignota. La matematizzazione è la ricostruzione, non necessariamente sotto forma di superfici, del modello geometrico del pezzo a partire dal risultato della digitalizzazione. I dati raccolti contengono informazioni relative alla forma ed alle dimensioni dell'oggetto acquisito. Tali dati possono essere usati per generare il part program CNC relativo ad un ciclo di lavorazione per la realizzazione di un prototipo fisico o di una variante della forma acquisita. In alternativa i dati possono essere esportati in diversi formati verso sistemi CAD/CAM per ulteriori elaborazioni, quali ad esempio la simulazione di un processo di assemblaggio. L'esistenza di un modello digitale consente di migliorare la qualità e l'efficienza della progettazione, della produzione e dell'analisi.

Perfettamente integrato nel ciclo di definizione prodotto/progettazione/analisi/produzione, il reverse engineering si collega agli strumenti CAD/CAM e Rapid Prototyping in maniera

altamente produttiva, permettendo il raggiungimento dei risultati voluti con sensibili abbattimenti dei costi e dei tempi e con una maggiore razionalizzazione e valorizzazione delle risorse umane.

Questa attività permette inoltre di recuperare il patrimonio di forme (modelli fisici) che ciascuna azienda possiede inserendole in un data-base dove rimarranno sino a che non siano giudicate utili; solo a quel momento verranno prelevate, elaborate, modificate se necessario e quindi processate per l'utilizzo.

Il termine *Reverse Engineering* nasce nell'ambito dell'ingegneria informatica ed elettronica per indicare l'analisi approfondita di un prodotto software, con l'obiettivo di ricostruire nel dettaglio le fasi che hanno portato alla sua realizzazione, in assenza delle indicazioni originali o della conoscenza delle idee di base.

La diffusione di questa metodologia è inoltre notevolmente espansa proprio perché in questi ultimi anni l'*estetica* è divenuta confrontabile in termini d'importanza con la funzionalità del prodotto e ha quindi reso sempre più frequente il ricorso a geometrie *free form*.

Per rendere più chiaro, il perché è stato seguito un percorso del tipo *reverse engineering*, riassumiamo schematicamente quali sono i reali vantaggi di questo approccio soprattutto in un contesto ingegneristico:

- lo ripetiamo ancora : riduzione dei tempi e costi di sviluppo
- semplificazione del workflow e riduzione al minimo del percorso di apprendimento grazie alla possibilità di utilizzare lo stesso programma CAD utilizzato per progettare i prodotti anche per il reverse engineering dello stesso.
- riduzione del “rumore” nelle scansioni per progettazione dei prodotti più precise
- mantenimento dell'integrità delle progettazioni grazie alla precisa cattura delle finalità di progettazione del prodotto originale
- automazione del processo manuale di trasformazione dei dati di scansione in superfici fabbricabili
- facile aggiornamento delle progettazioni precedenti in assenza dei dati digitali originali.
- analisi delle differenze tra il modello completato e i dati delle scansioni per verificarne il grado di precisione.

In definitiva, le tecniche di *reverse engineering* risultano, per loro natura, le più adatte a coniugare l'elevata variabilità dei modelli fisici con la flessibilità delle soluzioni CAD e rappresentano lo strumento privilegiato per valutare l'impatto estetico e funzionale di un

prodotto e la rispondenza anche a canoni ergonomici, mantenendo il processo di sviluppo all'interno di un'ottica di riduzione dei tempi di sviluppo del prodotto.

Inoltre le tecniche di RE sono utili, sempre in un ambito ingegneristico, anche quando si fa riferimento ad operazioni di *verifica e ispezione* di componenti, in un contesto quindi di controllo di qualità, oltre che di produzione. Tramite infatti la rilevazione di un certo numero di coordinate di punti che descrivono una zona particolare dell'oggetto in esame si può stabilire se questo rientra nei parametri stabiliti dal progettista.

Una volta creato il modello virtuale infatti, sarà doveroso controllare come vedremo, che ogni modifica sia stata effettuata nel rispetto delle norme in vigore: misure specifiche, angoli di visibilità e quant'altro oltre che il rispetto dei parametri di progetto precedentemente stabiliti.

In questa sede verranno svolte quasi tutte queste operazioni. Si vedrà in seguito come.

2.2 ORGANIZZAZIONE DI UN PROCESSO DI REVERSE ENGINEERING

Vediamo ora, come avviene un ciclo di *reverse engineering*, facendo riferimento a come è stato organizzato il lavoro per la realizzazione del modello matematico, in modo da comprendere meglio, durante la trattazione, ogni passaggio nella progettazione del nuovo veicolo.

Per ottenere da un oggetto fisico la sua ricostruzione virtuale si esegue un'operazione che si può articolare in 4 distinte fasi:

- *Acquisizione dati*
- *Pre-elaborazione dati*
- *Segmentazione e creazione superfici*
- *Creazione del modello CAD*

2.2.1 ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione può avvenire secondo un processo continuo, si parla allora di *scansione*, o un processo discreto, si parla allora di *digitalizzazione*. Più precisamente si parla di scansione quando vi è una acquisizione continua delle coordinate di punti in un volume di lavoro preventivamente definito; in questo caso i movimenti della macchina sono determinati dalla sonda che si muove su una superficie ignota: si cerca di effettuare un rilievo di un numero di

punti necessario ad ottenere la migliore approssimazione della superficie in esame. La digitalizzazione consiste invece nel rilievo di alcuni punti su di un elemento fisico, i cui valori nominali nel piano della macchina sono preventivamente definiti e memorizzati nel codice che pilota la macchina di misura. Questo implica il rilievo di un numero minimo di punti significativi ritenuti sufficienti dall'operatore o da un apposito software di controllo per la ricostruzione della geometria delle superfici tramite programmi di disegno CAD opportunamente modificati.

Prima di procedere all'acquisizione del pezzo deve essere preparata:

- Accurata pulizia delle superfici
- Fissaggio del pezzo su un supporto adeguato
- Studio preliminare del pezzo per minimizzare il numero delle acquisizioni. L'analisi del pezzo permette di comprendere quale sia la strategia e il sistema di acquisizione più opportuno da utilizzare
- Posizionamento *marcatori*

La scansione della nostra vettura è stata effettuata tramite un braccio articolato manuale. Più correttamente è stata quindi una digitalizzazione.

L'apparecchiatura è un sistema di tipo "discreet touch probe" costituita da un sistema braccio articolato provvisto di appositi sensori. Questi braccetti antropomorfi sono costituiti da una struttura articolata a 5 gradi di libertà sulla cui estremità è installata una sonda a contatto. La struttura è montata su una piattaforma di sostegno su cui è appoggiata l'elettronica necessaria alla comunicazione con il pc elaborerà i dati.

Il dispositivo viene posizionato in prossimità dell'oggetto da digitalizzare, e, dopo aver stabilito arbitrariamente un sistema di riferimento per lo strumento, l'operatore procede manualmente alla rilevazione dei punti. La corsa del lavoro varia da qualche decimetro a poco meno di 4 metri.

Esistono due possibilità di misura: la prima detta "point and click", consente di controllare ogni singola acquisizione; la seconda, semiautomatica, permette all'operatore di muovere il braccetto facendo scorrere il sensore in modo continuo sulla superficie mentre un timer programmabile gestisce l'intervallo di tempo tra un rilevamento ed il successivo. Noto il riferimento nello spazio e nota la lunghezza dei bracci, una serie di encoders permette la registrazione delle coordinate dei punti acquisiti.

Il braccio risulta fisso rispetto ad un oggetto rigido non mobile, mentre l'altro ha una sonda ad una estremità. Toccando con una sonda un punto dell'oggetto viene registrata la posizione relativa dei bracci e dalla loro lunghezza; tramite considerazioni trigonometriche risulta nota la posizione della sonda.

L'operazione è più lenta rispetto ad altre tipologie di scansione (esempio scansioni ottiche) e in più l'elemento umano limita la densità massima di punti acquisiti.

Può rappresentare uno svantaggio anche l'applicazione di una forza sulla superficie che può rovinare il pezzo nel caso di materiali delicati (cera, ...) o falsare la rilevazione nel caso di materiali flessibili (elastomeri, ..).

Al contrario, una sonda analogica è più vantaggiosa nel trattamento delle superfici che non richiedono particolari trattamenti pre-scansione, migliore scansione delle superfici verticali, la densità dei dati non è fissa ma funzione della complessità della superficie, migliori precisioni e ripetibilità.

2.2.2 PRE-ELABORAZIONE DATI

In questa fase si rielaborano le linee ed i punti ottenuti durante l'operazione.

Eventuali errori di scansione, perlopiù costituiti da linee o punti tracciati involontariamente, vengono cancellati, al fine di ottenere una digitalizzazione composta solo dagli elementi realmente utili all'operatore rendendo così i dati più semplici da gestire.

I punti e le linee prelevati col braccetto sono inoltre opportunamente manipolati con appositi software per renderli leggibili dal programma CAD col quale verrà costruito il modello. Più avanti chiariremo meglio in cosa consiste questa operazione.

2.2.3 SEGMENTAZIONE E CREAZIONE DELLE SUPERFICI

Questo step è differente a seconda delle varie tipologie di scansione utilizzate. Si parla infatti di segmentazione e costruzione delle superfici solo nel caso in cui fosse stata ottenuta una nuvola di punti tramite scansioni ottiche. Si procederebbe quindi alla creazione delle poligonali ovvero ad una mesh triangolare rappresentativa della superficie rilevata.

Con un approccio di tipo “discreet touch probe”, sarà il modellatore a costruire manualmente le superfici tramite un software CAD solo in una fase successiva. Ora l’operazione consiste solo nella *composizione delle scansioni* (sempre attraverso un CAD): si definisce la base di partenza per la costruzione vera e propria del modello matematico. Come vedremo, prendere opportuni riferimenti durante la prima fase di acquisizione dati velocizza questa procedura di ricomposizione.

2.2.4 CREAZIONE DEL MODELLO CAD –MATEMATIZZAZIONE

Ultima fase, quella che porta alla realizzazione del modello matematico completo. Sulla base delle scansioni assemblate, l’operatore ricostruisce prima le *curve* e tramite queste le *superfici*, attraverso un opportuno programma CAD. Una buona padronanza del software unita all’esperienza del designer sono elementi fondamentali per il conseguimento di un risultato di buona qualità. Si ricorda che tale modello matematico dovrà poi interagire anche con un programma CAM. Quindi, un modello costituito da superfici precise, con un limitato numero di imperfezioni (opportunamente chiuse) aiuterà a velocizzare tutte le successive operazioni che porteranno alla costruzione del prototipo in poliuretano. La qualità stessa del sistema CAD condiziona il risultato finale. Il modello prodotto al computer deve descrivere l’intera porzione di spazio occupato dal modello fisico e non solo la sua superficie esterna. Se appunto, la rappresentazione CAD non è completa risulterà incompleto anche il prototipo che può anche collassare durante la costruzione.

Esistono 3 classi di modellatori cad, attraverso i quali si ottengono rispettivamente 3 tipologie di modelli matematici.

- modellatori wireframe
- modellatore di superficie
- modellatore solido

Per quanto riguarda la modellazione solida, daremo solo qualche cenno a titolo informativo, dato che non verrà sfruttata in questa sede, mentre chiariremo più dettagliatamente in cosa consiste la modellazione wireframe e di superficie.

Modellatore solido

Il modello viene costruito usando primitive solide e operazioni booleane e cioè mediante l'intersezione e l'unione di coni, cilindri, cubi. Questi sistemi consentono l'intersezione e l'unione di coni, cilindri, cubi ecc. questi sistemi consentono la costruzione di modelli in tempi relativamente brevi ma hanno il loro limite nella grande quantità di memoria richiesta e nella difficoltà di costruire forme curvilinee complesse.

Dato che l'oggetto costruito utilizzando primitive solide, il suo volume è reale e quindi l'operazione di sfaccettatura risulterà facilitata e in genere non è necessario nessun post trattamento delle immagini.

Modellatore wireframe

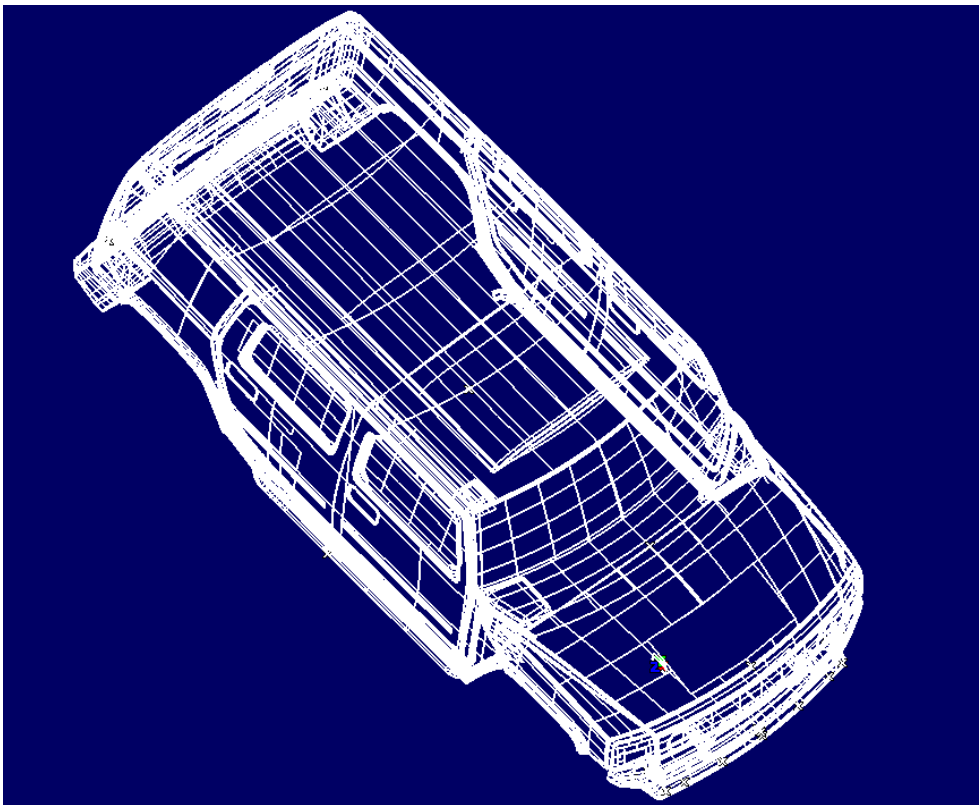


Fig 2.1: Rappresentazione a filo di ferro (wireframe) di un veicolo fuoristrada Hummer h2.

La rappresentazione a *filo di ferro* è di scarso interesse per chi deve sfruttare il modello per effettuare le lavorazioni nell'area CAM. L'oggetto così generato è descritto solamente attraverso i suoi spigoli, i vertici e linee di contorno e assume l'aspetto di un oggetto costituito da fili. I modellatori che lavorano solamente con il modello a fili, in realtà non utilizzano e mantengono in memoria informazioni riguardanti la rappresentazione matematica delle superfici, ma possono essere in grado di produrre immagini tridimensionali del modello stesso. Per lo stesso

motivo non possono generare percorsi accurati nelle tre dimensioni, proprio perché non contengono le necessarie informazioni.

Forse la maggiore limitazione di questo tipo di rappresentazione è dovuta alla sua intrinseca tendenza all'ambiguità di interpretazione geometrica, sia da parte del sistema che dell'utente: ci possono essere frequentemente interpretazioni errate circa la parte di superficie appartenente al solido e quella invece che non vi appartiene, così come è di difficile individuazione, specie su oggetti complessi, quale parte dell'oggetto è in primo piano e quale invece è in secondo piano. Inoltre l'eventuale percorso utensile nel modulo CAM non può essere generato perché non è definita univocamente la superficie compresa tra spigolo e spigolo e quindi non sono ben individuabili le superfici che devono essere lavorate dall'utensile. Pur con questa forte limitazione, la modellazione di tipo "filo di ferro" è largamente utilizzata in domini applicativi diversi (in particolare per applicazioni semplici o bidimensionali, soprattutto in virtù del limitato utilizzo di memoria di massa e del veloce accesso ai dati.

Modellatore superfici



Fig 2.2
Modello 3d di un veicolo Hummer h2: sono state create tutte le superfici, e se ne comprende l'andamento

La modellazione di superfici (*surface*) si è sviluppata in parallelo con la diffusione delle lavorazioni a controllo numerico e delle relative tecniche di programmazione. In una rappresentazione di tipo *surface* il modellatore crea e utilizza la vera e corretta rappresentazione matematica della superficie, descrivendola completamente. Il modello può essere rappresentato

graficamente utilizzando punti e linee di confine, come del resto nel modello di tipo filo di ferro: in questo caso, però, vengono impiegate anche facce per colmare lo spazio compreso tra confini e punti, quindi si ha una esatta definizione della matematica.

Infatti la superficie è descritta da un polinomio quando è delimitata da 4 bordi. In questo caso l'inserimento del parametro opportuno consente la definizione di qualsiasi suo punto. Di norma i modellatori CAD offrono superfici di tipo *b-spline bezier* e su di esse è possibile inserire o modificare punti e tangenti.

In questo modo l'oggetto viene rappresentato tramite l'unione di parti di superfici di diversa natura, intimamente connesse tra di loro: con la modellazione di tipo surface, in sostanza l'oggetto viene rappresentato a partire dalla sua superficie esterna (la sua "pelle") e l'insieme delle facce e delle superfici va a formare una unica superficie complessa (fig2.2). È questo il concetto di patch, cioè insieme di punti, delimitato da curve, le cui coordinate sono date da funzioni matematiche continue a due parametri ad un solo valore. Ad ogni patch è associato un insieme di condizioni al contorno, quali per esempio, i quattro punti angolari e le quattro curve di confine (spesso i termini patch e superficie sono usati come sinonimi mentre più propriamente una patch è una regione limitata di una superficie più estesa; in particolare è una parte di una superficie composta). Errori di arrotondamento, tolleranze grossolane e differenti definizioni di una curva possono fare sì che lo stesso bordo sia identificato da 2 curve differenti: questo causerà buchi, fessure e a volte sovrapposizioni di superfici sul modello.

Una importante caratteristica di una rappresentazione di questo tipo, è data proprio dall'impiego di superfici di tipo parametrico: è possibile modificare gli oggetti semplicemente mutandone alcune dimensioni caratteristiche (parametri), senza per questo dover ridisegnare il tutto. I modelli di tipo surface giocano un importante ruolo in campo industriale, poiché riescono a fornire una descrizione accurata di una superficie di un oggetto che può essere impiegata, ad esempio, per guidare macchine a controllo numerico o altre applicazioni nell'ambito produttivo.

2.2.5 FORMATI GENERICI STANDARD

Un file di formato standard è richiesto ogni volta che sia necessario trasferire un modello da un sistema CAD ad un altro. Tutti i gruppi di ricerca, infatti, sono spesso coinvolti in attività che

richiedono lo scambio di geometrie relative ai frammenti da analizzare, confrontare, classificare e ricomporre in una molteplicità di ambienti informatici, ognuno dei quali opera secondo un formato proprietario ed è gestito da un *kernel* specifico. La disponibilità, oggi sempre più diffusa, di traduttori di dati da un formato proprietario di un sistema a quello di un differente sistema non garantisce in generale la “corretta” lettura o scrittura dei dati originali.

Questi formati non sempre rispondono a tutte le esigenze dell’utente ma sono comunque utilizzati nelle tecniche RP in quanto l’installazione di un’interfaccia software per discretizzare il modello CAD nel sistema di controllo della macchina di prototipazione è costosa e non ammortizzabile dato il limitato numero di interventi che deve realizzare. Esistono comunque programmi recenti in grado di leggere formati grafici standard e fornire in uscita un modello discretizzato.

Nella pratica corrente il problema dello scambio dati è più spesso riferito agli ambienti CAD- -CAM, ma più in generale esso interessa i più svariati ambienti CAD che in misura differente utilizzano dati geometrici provenienti da un altro sistema.

I dati geometrici maggiormente coinvolti in uno processo di traduzione sono punti, curve, superfici e solidi le cui definizioni matematiche possono differire di molto anche in uno stesso ambiente. Si pensi, ad esempio, alle differenti formulazioni delle curve/superfici (Bezier, B-spline, NURBS). A ciò si aggiunga la differente formulazione matematica interna adottata in ogni sistema che consente di creare e gestire velocemente geometrie sempre più complesse e con un livello di precisione sempre più elevato. È proprio l’accuracy dei sistemi uno dei principali fattori al quale è da imputare l’alterazione della geometria nel processo di traduzione. La diversa formulazione dell’accuracy in sistemi con un differente kernel geometrico (o anche con uno stesso kernel non proprietario), infatti, rende spesso difficile la determinazione di un fattore di conversione idoneo a ricostruire una geometria secondo le originali intenzioni del disegnatore. Ad essa sono da imputarsi molte delle alterazioni riscontrate nel modello tradotto, come la presenza di indesiderati piccoli distacchi (gap) o sovrapposizioni (overlap), oppure la presenza di superfici non più delimitate dai bordi originali dei quali il sistema perde informazioni. Ciò può verificarsi anche se nel trasferimento vengono convertite inavvertitamente le unità di misura (da pollici a millimetri, ad esempio, o viceversa) perché i parametri di accuracy possono essere intrinsecamente definiti rispetto alle dimensioni di ingombro del modello geometrico.

Il trasferimento dei dati tra i due sistemi CAD avviene nella seguente maniera: il file in formato interno del CAD 1 viene trasformato mediante pre-processore in un formato grafico standard. Il CAD 2 legge questo formato mediante il preprocessore e lo trasforma in un formato intero. Contemporaneamente il CAD 1 rilegge il formato standard attraverso il suo post-processore, lo trasforma in formato intero e controlla che non ci siano errori generatisi durante la conversione del file.

I formati grafici standard usati sono

- Interactive Graphical Exchange standard IGES
- Verband Der Automobilindustrie-Fleischen Schnittstelle (VDA-FS)

Il formato IGES è il più diffuso e definisce ogni entità del file CAD come una classe ed una sequenza numerica. Tuttavia poichè i tipi di entità variano a seconda dei sistemi CAD, si verificano problemi durante la conversione dei files per cui facce, simboli di diametro ecc possono non comparire nel file convertito.

Il file IGES è un file neutro composto di record della lunghezza fissata di 80 caratteri; ciò aumenta la facilità di trasferimento del file da un calcolatore ad un altro anche quando questi presentano diverse lunghezze di parola. Inoltre, ogni file IGES è logicamente suddiviso in cinque sezioni (sections):

- Start Section
- Global Section
- Directory Entry Section (DE)
- Parameter Data Section (PD)
- Terminate Section

Questo è precisamente l'ordine con il quale le sezioni si presentano all'interno del file.

Start Section É semplicemente un insieme di commenti leggibili che il produttore del file desidera includere per comunicare al ricevente un qualunque tipo di messaggio.

Global Section Contiene informazioni per il corretto trattamento del file da parte del postprocessore, come ad esempio le unità di misura usate nel file IGES, il fattore di scala del disegno, la data in cui fu elaborato, il nome dell'esecutore e così via.

Directory Entry Section Memorizza i dati sotto forma di entità. L'entità è la più piccola unità di informazione in un file, costituisce il blocco elementare di informazione per descrivere le geometrie in IGES e può essere di quattro tipi: geometrica, grafica, di struttura, di definizione. Ogni entità deve avere il proprio "posto" nella Directory Entry Section che viene indicato con il

nome generico di entry. La Directory Entry Section costituisce quindi una sorta di "indice generale" contenente informazioni sulle entità e/o i loro indirizzi all'interno del file. Per ogni entità sarà presente una directory entry che conterrà 20 campi di 8 caratteri ciascuno e distribuiti lungo due righe consecutive. Le informazioni si riferiscono, ad esempio, al tipo di entità, a se questa entità richiede che le sia applicata una matrice di trasformazione (e dove nella Directory Section può essere trovata la entry di tale matrice), al colore dell'oggetto, ecc. Alcuni di questi campi possono contenere un valore o un puntatore

Il formato VDA: è stato sviluppato da un'industria automobilistica tedesca al fine di convertire le superfici di tipo b-spline. Tutte le curve, linee e le superfici vengono convertite nel corrispettivo b-spline. Sono cioè trasferiti solo i parametri di controllo della superficie che deve quindi essere rigenerata all'interno del sistema ricevente.

Nel nostro contesto, per il trasferimento dei dati al sistema cam useremo l'interfaccia grafica iges.

2.3 SCANSIONE HUMMER H2

In questo capitolo, verrà riportata nel dettaglio tutta la procedura di *scansione* dell'Hummer H2, ovvero il veicolo che andremo a modificare.

Ciò che si vuole ottenere sono le *curve* necessarie per la ricostruzione matematica del modello.

Il lavoro sarà organizzato in 4 fasi:

- 1) *Sviluppo del concetto iniziale*
- 2) *Preparazione del veicolo per la scansione*
- 3) *Svolgimento*
- 4) *Composizione delle scansioni al CAD*

2.3.1 SVILUPPO DEL CONCETTO INIZIALE

Come riportato nel titolo, questa prima fase, comporterà solo una valutazione delle parti che potrebbero interessare la modifica, senza elaborare idee concrete per lo *stile* del nuovo veicolo. Siamo cioè ancora al di fuori sia da un contesto stilistico (disegni preliminari, preparazione bozzetti figurini ecc), che da un contesto normativo. Avere però già un'idea di dove e come si andrà a operare serve ad avere una visualizzazione globale dell'intero lavoro. Questo si traduce in una maggiore rapidità nei lavori, una prevenzione degli eventuali errori, che costringerebbe a tornare sui propri passi, e aiuta a ragionare sempre in funzione di ciò che verrà fatto nel passo successivo.

Come detto, le modifiche saranno in parte strutturali ed in parte estetiche.

Si è pensato di tagliare il veicolo circa in corrispondenza del montante centrale delle portiere.

Perciò bisognerà prestare attenzione nello scansionare la sezione centrale dei longheroni del telaio, montante centrale portiera e relative cerniere.

Le modifiche estetiche interesseranno, in generale la parte frontale dell'auto, la mascherina tutto il gruppo parafango posteriore e la parte bassa della fiancata. Difficilmente apporteremo cambiamenti al tetto o vetri.

2.3.2 PREPARAZIONE VEICOLO



Fig 2.1. Veicolo originale, prima della scansione



Fig 2.2 Veicolo con il nastro adesivo applicato. Sono riprodotte le linee guida da ripercorrere col braccetto.

Una volta chiarite quali sono le parti del veicolo che ci interesseranno maggiormente, si procede con la preparazione del veicolo.

Questa fase, ha lo scopo di preparare il veicolo per la *scansione*.

Come è stato già precedentemente spiegato questa operazione consiste nel tastare con un'apposita sonda posta all'estremità di un braccio antropomorfo le superfici della vettura. Ovviamente ciò che otterremo non sarà una nuvola di punti, bensì un'insieme di linee. Queste, serviranno per generare le superfici del modello virtuale. Ciò significa che i percorsi che si dovranno percorrere col tastatore, non sono casuali, ma devono essere preventivamente stabiliti secondo un determinato ragionamento. E un'operazione che richiede allo stesso tempo una notevole esperienza da parte dell'operatore, e soprattutto una buona conoscenza del programma CAD che questi dovrà utilizzare.

Avendo un'idea fin dall'inizio di quali saranno le curve necessarie a ricostruire le superfici del modello l'operatore saprà già quali linee seguire col tastatore lungo la carrozzeria del veicolo.

E importante ottenere subito gli elementi utili per la costruzione del modello; ovviamente l'operatore, qualora dovesse accorgersi della mancanza di curve necessarie, o di scansioni mal pervenute od imprecise può sempre tornare sui propri passi e correggere gli errori. Tuttavia questo non solo allunga i tempi di realizzazione, ma non sempre può essere possibile. Può capitare infatti (come nel nostro caso) che il tempo di cui si può disporre del veicolo per la scansione sia limitato: perciò errori commessi nella preparazione per la scansione o durante la scansione vera e propria, si

pagheranno inevitabilmente nella ricostruzione del modello virtuale, e di conseguenza si ripercuoteranno su tutto ciò verrà realizzato sulla base di tale modello.

Come riferimenti per le linee guida che si dovranno seguire col braccetto, vengono così applicate strisce di nastro adesivo sulla carrozzeria. In tal modo sarà più facile far scorrere il tastatore e si eviterà di rovinare la superficie del veicolo. In altre parole si riproduce col nastro adesivo sul veicolo “il reticolato” formato dalle varie sezioni della vettura: sezioni trasversali, e longitudinali, spigoli caratteristici della carrozzeria (bordi finestrini tagli cofani e portiere), ma anche linee di luce particolari o cambi repentini di curvatura.



Fig 2.2. I braccetto viene posizionato in modo da poter raggiungere al meglio tutti i punti desiderati



Fig 2.4 Braccetto e veicolo devono essere accuratamente fissati per non subire spostamenti durante la lavorazione.

Bisogna infine assicurarsi che il veicolo sia perfettamente fermo, cioè che non si muova nel caso l'operatore vi si appoggi scansionando le parti alte o difficili da raggiungere.

Infine è doveroso applicare riferimenti, che chiameremo *punti d'appoggio*, i quali come vedremo saranno fondamentali in fase di ricomposizione delle scansioni.

2.3.3 SCANSIONE

Inizia ora la fase di scansionamento vera e propria.

Col tastatore si ripassano tutte le strisce di nastro adesivo applicate preventivamente.

Nel seguito si cercherà di sottolineare tutto ciò che è necessario per ottenere una buona scansione, di definire gli errori più frequenti che si possono commettere nonché le difficoltà e i problemi che questi comportano.

Innanzitutto, è fondamentale avere ben chiaro ciò che si vuole ottenere come risultato finale: una scansione di buona qualità, in modo che rappresenti il più possibile un valido supporto per le operazioni di ricostruzione del modello 3d. E' bene che l'operatore non debba trovarsi a dover "interpretare" l'andamento delle superfici, ma che siano le scansioni a fornirgli tutte le informazioni di cui necessita.

Vediamo come:

- *Linee il più possibile tese.*

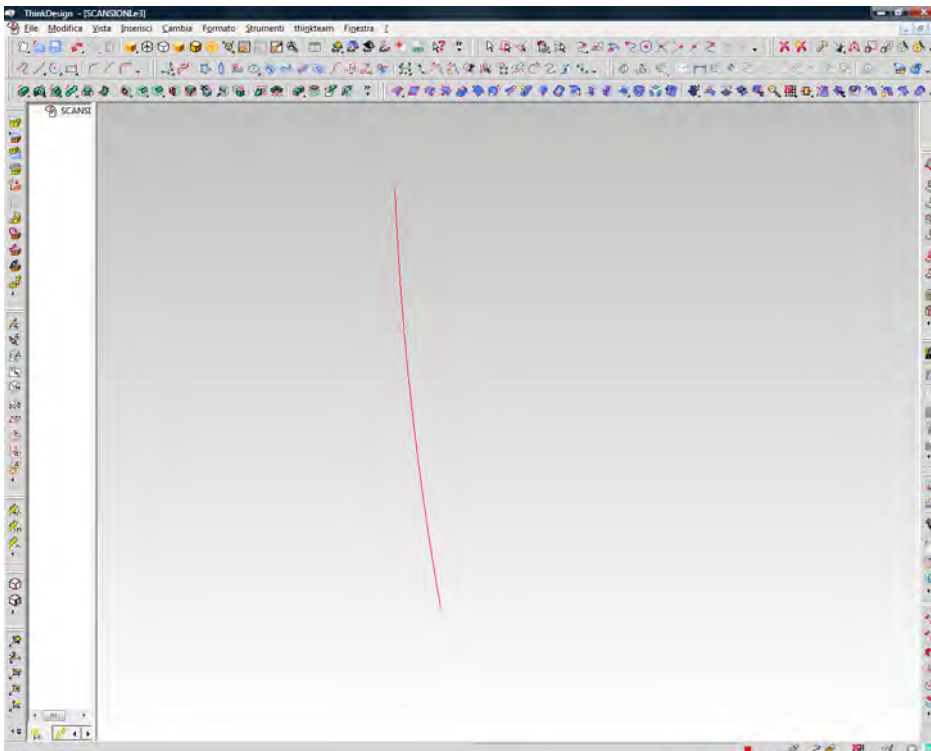


Fig 2.4: linea ottenuta dopo una scansione

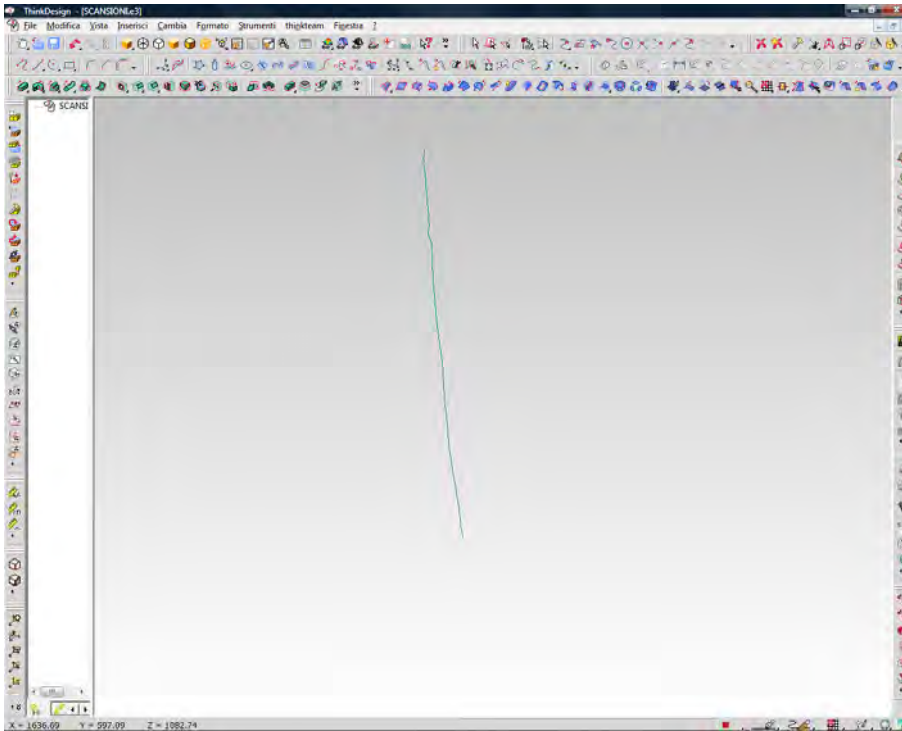


Fig 2.5. Linea ottenuta scansionando lo stesso tratto della figura precedente: in questo caso la linea è più seghettata e interrotta. La qualità della scansione è inferiore.

Nelle figure 2.4 e 2.5 si possono vedere come 2 scansioni dello stesso particolare siano diverse. Sicuramente tramite la scansione della seconda figura sarà più difficile ricostruire al CAD la curva, od eventualmente determinare un piano in cui essa possa giacere..

Ovviamente ciò dipende dall'abilità e l'esperienza dell'operatore, ma un uso corretto del dispositivo di scansione costituisce sicuramente un prezioso aiuto.

- Prendere il numero strettamente indispensabile di scansioni

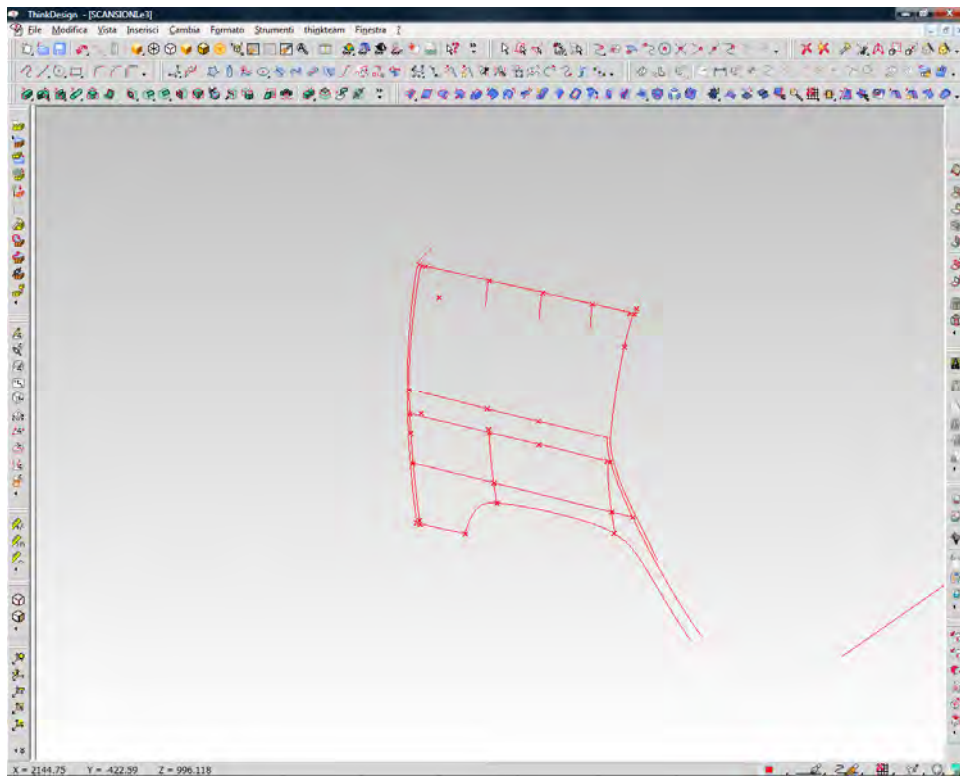


fig 2.6: particolare della scansione del finale del fianco del veicolo

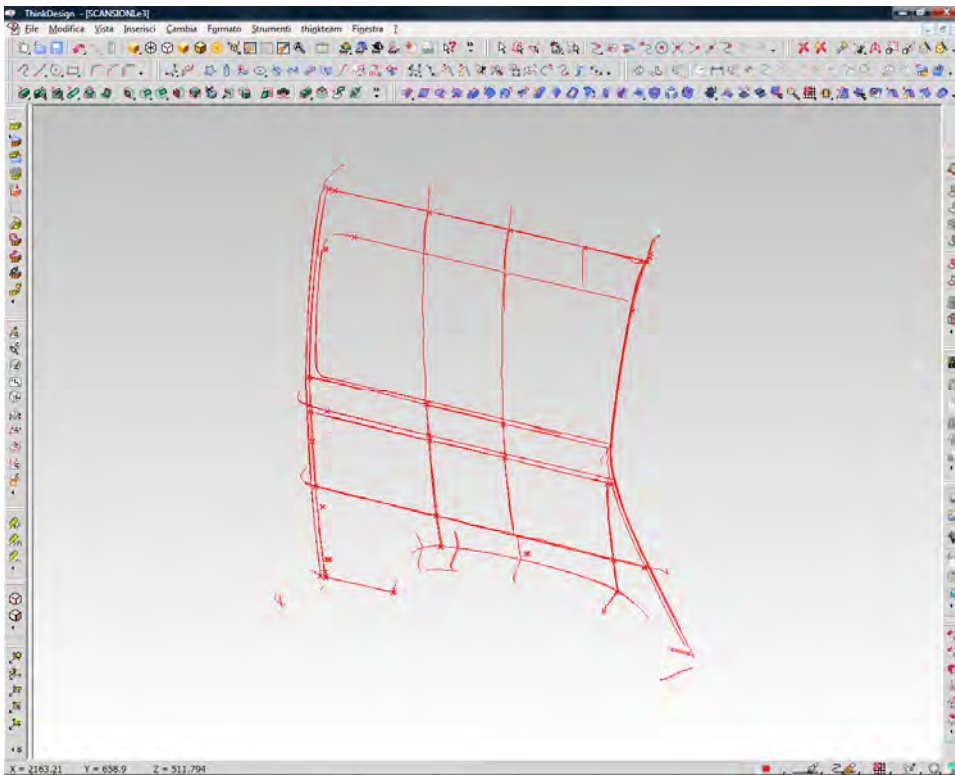


Fig 2.7 stesso particolare della figura precedente: si notano più linee sovrapposte, che creano più confusione e difficoltà nella ricostruzione.

Nella **fig 2.7**, si può vedere come per lo stesso particolare sia stata fatta una scansione composta da un groviglio di più linee per lo più non coincidenti. L'operatore si troverà quindi a dover scegliere quale linea seguire. Spesso la non coincidenza delle scansioni è dovuta ad una non buona precisione del dispositivo. Siamo nell'ordine dei decimi di millimetro, ma trascinarsi errori anche piccoli, specialmente su oggetti di notevoli dimensioni come nel caso di una automobile, può alla fine tradursi in scostamenti addirittura di alcuni centimetri rispetto all'originale con conseguenze facilmente immaginabili.

Nel caso occorresse ripercorrere più di una volta lo stesso particolare, è molto utile ricalcare la traccia lasciata in precedenza sulla striscia in nastro adesivo, in modo da avere 2 scansioni il più coincidenti possibile.

E' un operazione questa che spesso viene effettuata per crearsi qualche riferimento in più come vedremo in sede di assemblaggio delle scansioni.

- *Modalità impiego tastatore.*

Il tastatore, può tracciare punti, o linee, o ancora linee costituite da insiemi discreti di punti.

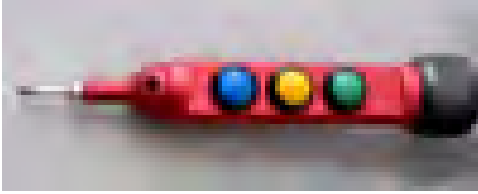
Tramite appositi pulsanti posti sul dispositivo, si può gestire in quale modalità operare. Naturalmente le scansioni sono state effettuate in modalità linea, eccetto per *i punti d'appoggio* presi all'inizio di ogni scansione. E sempre bene controllare che si sia imposta la modalità corretta per evitare di tracciare linee inutili involontariamente, che costituiscono comunque elementi di disturbo per un corretto svolgimento delle operazioni.

Prima di analizzare la procedura di scansione vera e propria, diamo una breve descrizione del dispositivo di cui ci siamo serviti. Si tratta di un apparecchio che fa parte dei sistemi di scansione a contatto, di cui già abbiamo parlato nel capitolo precedente. In questo caso particolare si tratta di un braccio antropomorfo di misura abbinato al programma software Baces 2D.



Baces2D è un braccio di misura di forma antropomorfa, a movimento manuale dell'operatore. Con questo strumento si possono acquisire punti, geometrie, superfici nello spazio 2D su qualunque oggetto situato nel suo spazio operativo. Baces 2D ha un campo d'azione notevolmente ampio, che può raggiungere i 4200 mm di diametro.

Baces2D è composto da una struttura articolata antropomorfa a 5 o 6 assi di rotazione: è composto da una base, due segmenti, puntale con pulsanti collegati tra loro da giunti e stilo di misura. Realizzato in alluminio aeronautico anodizzato e dotato di encoder ottici di precisione, garantisce un'ottima ripetibilità ed il mantenimento nel tempo della calibrazione e quindi della precisione stessa di misura, consentendone l'uso sia in un comune ufficio tecnico che in ambiente industriale. Baces2D può essere collegato direttamente ad un comune PC fisso o portatile attraverso un cavo USB. Attraverso il puntale con 2 pulsanti fissato all'estremità del braccio oppure con il doppio pedale è possibile acquisire punti o modificare i comandi del software utilizzato.



Attraverso l'apposito comando, tramite tali pulsanti, è possibile cioè tracciare linee continue, punti o ancora linee formate da un insieme di punti discreto, a seconda delle esigenze dell'operatore.

E' opportuno, tenere sempre sotto controllo il monitor su cui come vedremo vengono visualizzate le scansioni, per accertarsi della modalità nella quale si sta lavorando, per evitare di tracciare linee o punti che non seguono le superfici dell'oggetto, e che quindi inevitabilmente costituiranno motivi di disturbo o rallentamento nelle operazioni.

Possono essere scelte inoltre diverse punte –tastatrici:



Stilo con rubino (4mm)



Stilo a punta conica



Punta con inserto rotante per rilievo bordi a spigolo

Ovviamente tali punte vengo scelte in base alle esigenze. Nel nostro caso, generalmente si è

proceduti con una punta conica, utile per lasciare la traccia della scansione sul nastro adesivo.

Ampiamente utilizzata è stata anche la punta rotante, utilissima per una maggior precisione, in tutti i bordi di sportelli, cofano e quant'altro.

Nella tabella seguente vengono riassunte le caratteristiche di precisione del sistema .



Serie 100	Assi	Diametro di lavoro	Incertezza nel volume (2sigma)	Ripetibilità (test su cono o sfera)	Peso
Baces3D M100/6	6	2600 mm	0,060 mm	0,035 mm	3,9 Kg
Baces3D G100/6	6	3200 mm	0,090 mm	0,050 mm	4,2 Kg
Serie 200	Assi	Diametro di lavoro	Incertezza nel volume (2sigma)	Ripetibilità (test su cono o sfera)	Peso
Baces3D M200/5	5	2600 mm	0.100 mm	0,060 mm	3,6 Kg
Baces3D G100/6	5	3200 mm	0,150 mm	0,080 mm	3,8 Kg
Baces3D XG200/6	6	4200 mm	0.300 mm	0,115 mm	4,5 Kg

Possiamo quindi riassumere che un dispositivo di questo tipo è l'ideale per reverse engineering con l'ausilio di software e modellatori cad, per il controllo della qualità (comparazione del modello

matematico-fisico) con l'ausilio di software di misura, e per la programmazione off-line di macchine cnc o robot industriali con l'ausilio di software CAM.

- *tenere sempre punti di riferimento* (punti di appoggio).

Sono indispensabili per sfruttare la tecnica della "triangolazione. Poichè il volume di analisi è maggiore rispetto a quello di lavoro dello strumento si è costretti a spezzare il lavoro in più parti: si otterranno più file con parti diverse di scansioni. Per agevolare come vedremo l'assemblaggio delle scansioni è bene che ogni file contenente la scansione di una parte del veicolo contenga 2 punti di posizionamento utilizzati per connettere la scansione ottenuta a quella che la segue spazialmente. Per permettere una corretta connessione è buona norma prevedere per le scansioni intermedie il posizionamento di almeno 4 punti di appoggio in modo che vi sia la possibilità di considerarne 2 per la connessione con quella che la precede, e tre per quella che la segue.

Anche il posizionamento di tali punti sulla superficie è un'operazione delicata che deve essere eseguita con criterio. Da ogni posizione fissata per effettuare la scansione deve essere sempre possibile compatibilmente col volume di lavoro del braccetto, l'appoggio di almeno tre punti già posizionati. Procedendo in questo modo e di conseguenza si definiscono i vari passi (e quindi il numero di posizionamenti) utili alla scansione delle parti interessanti.

2.4 COMPOSIZIONE DELLE SCANSIONI

Ora non resta che ricomporre le scansioni, per poi ricostruire al CAD (nel nostro caso ci serviremo di think2d, di cui si parlerà in un apposito capitolo) l'intero modello matematico del veicolo.

Innanzitutto bisogna sottolineare che bisogna trasferire i file contenenti le scansioni dal programma baces 2d al software CAD think3d. Per consentire operazione i file vengono esportati in formato iges, l'interfaccia grafica da noi utilizzata nelle nostre operazioni, già descritta nei precedenti capitoli.

Prima di aprire i file con think3d, è necessario "levigare" le curve delle scansioni con un apposito software (Cimatron E). L'operazione consente cioè di approssimare le curve tramite un'operazione di interpolazione: in questo modo, think3d visualizzerà le scansioni già attraverso un insieme di curve continue (*nurbs*), fig 2.8, 2.9.

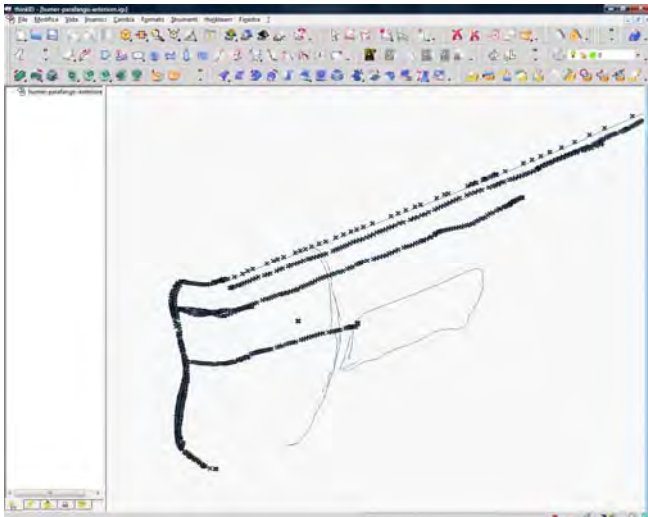


Fig 2.8 scansione non levigata: le linee appaiono come un insieme di punti

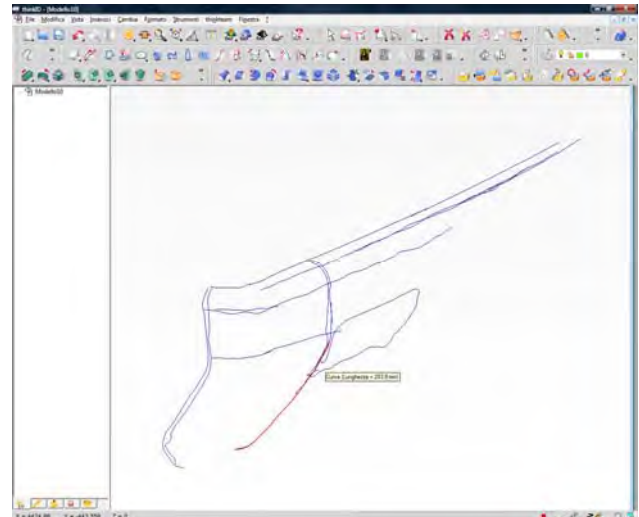


Fig 2.9 scansione dopo la levigatura. Le linee sono trasformate in curve NURBS

Nelle figure è possibile vedere la stessa porzione di scansione prima e dopo la levigatura.

E facilmente comprensibile come curve levigate si prestano molto meglio alla costruzione del modello cad.

Compiuta per ogni scansione l'operazione di levigatura, queste devono essere ricomposte in un unico file congiungendo contemporaneamente tutte i pezzi di scansione spazialmente continui che daranno così un'immagine completa dell'intero veicolo scansionato.

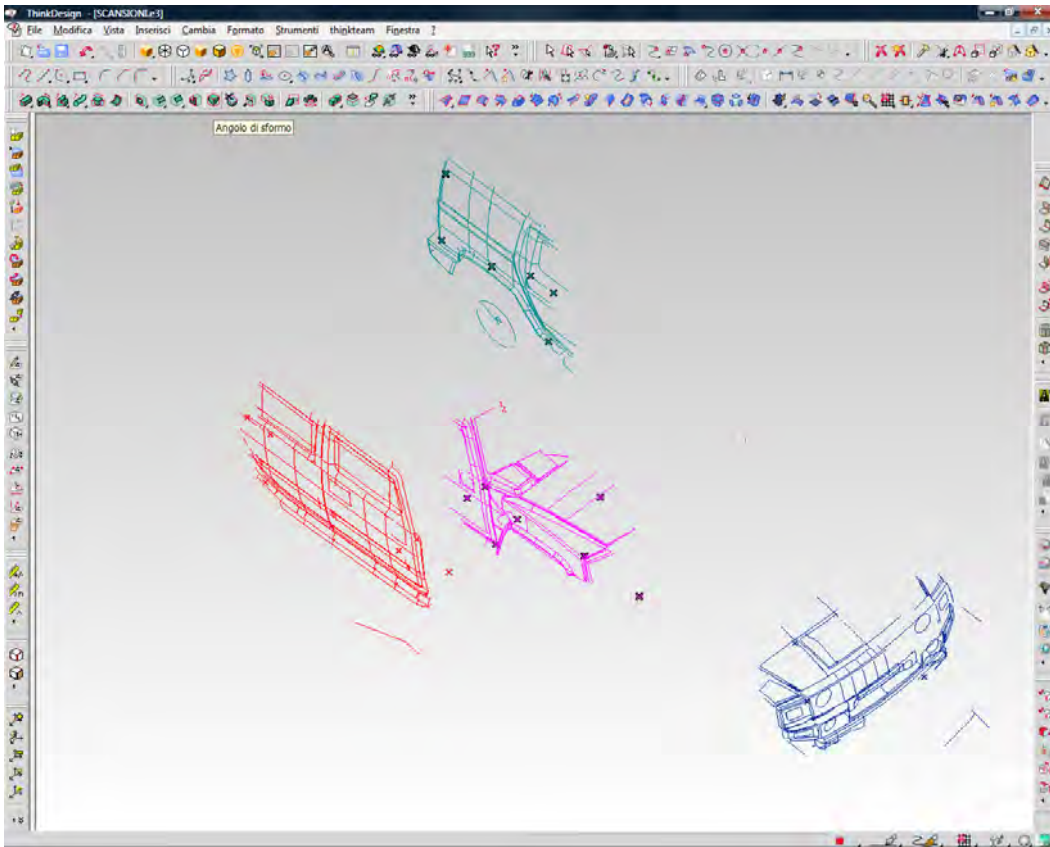


Fig 2.10
scansioni non
ricomposte
all'interno di
un unico file

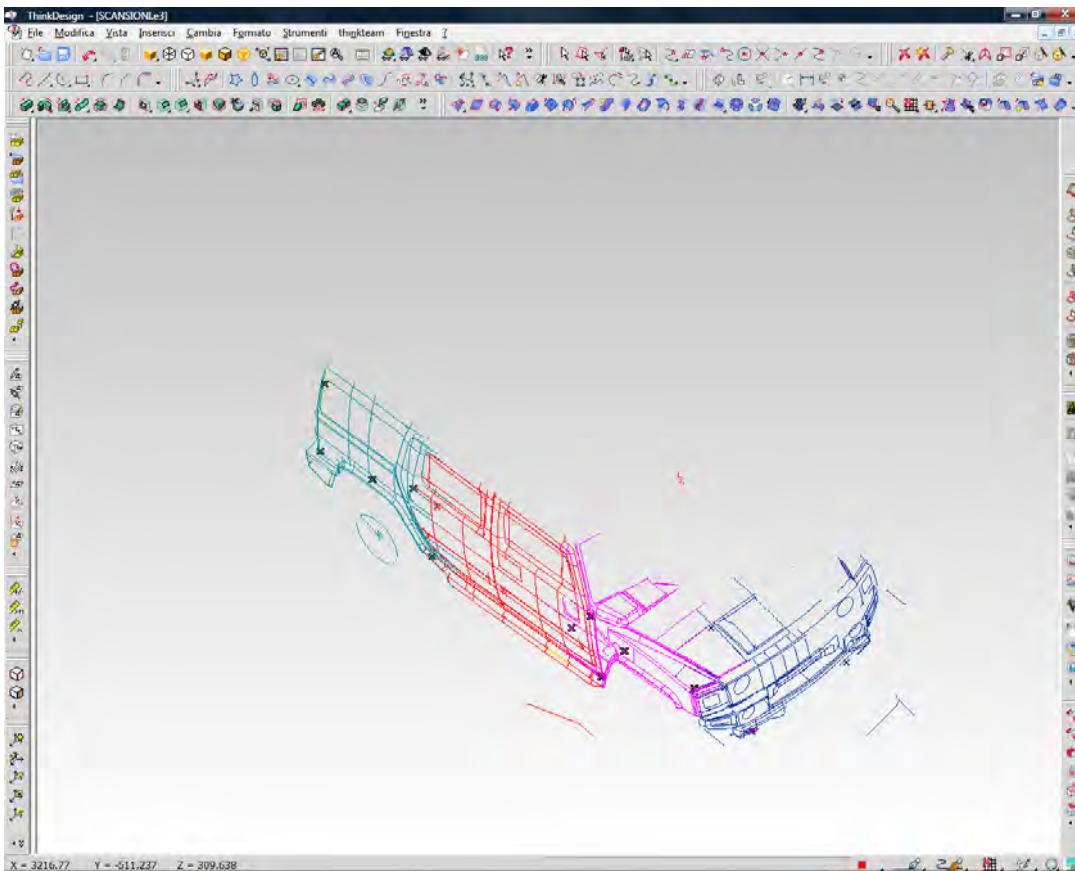


Fig 2.11 scansioni adiacenti composte. Si vede la forma del veicolo

Per facilitare appunto questa operazione si sfrutta il metodo della triangolazione: i punti presi durante una scansione vengono fatti coincidere con quelli della scansione successiva. Si possono sfruttare anche ulteriori riferimenti: come detto, ripassare col tastatore alcune linee comuni a più scansioni ne facilita la ricomposizione attraverso la sovrapposizione di tali linee.

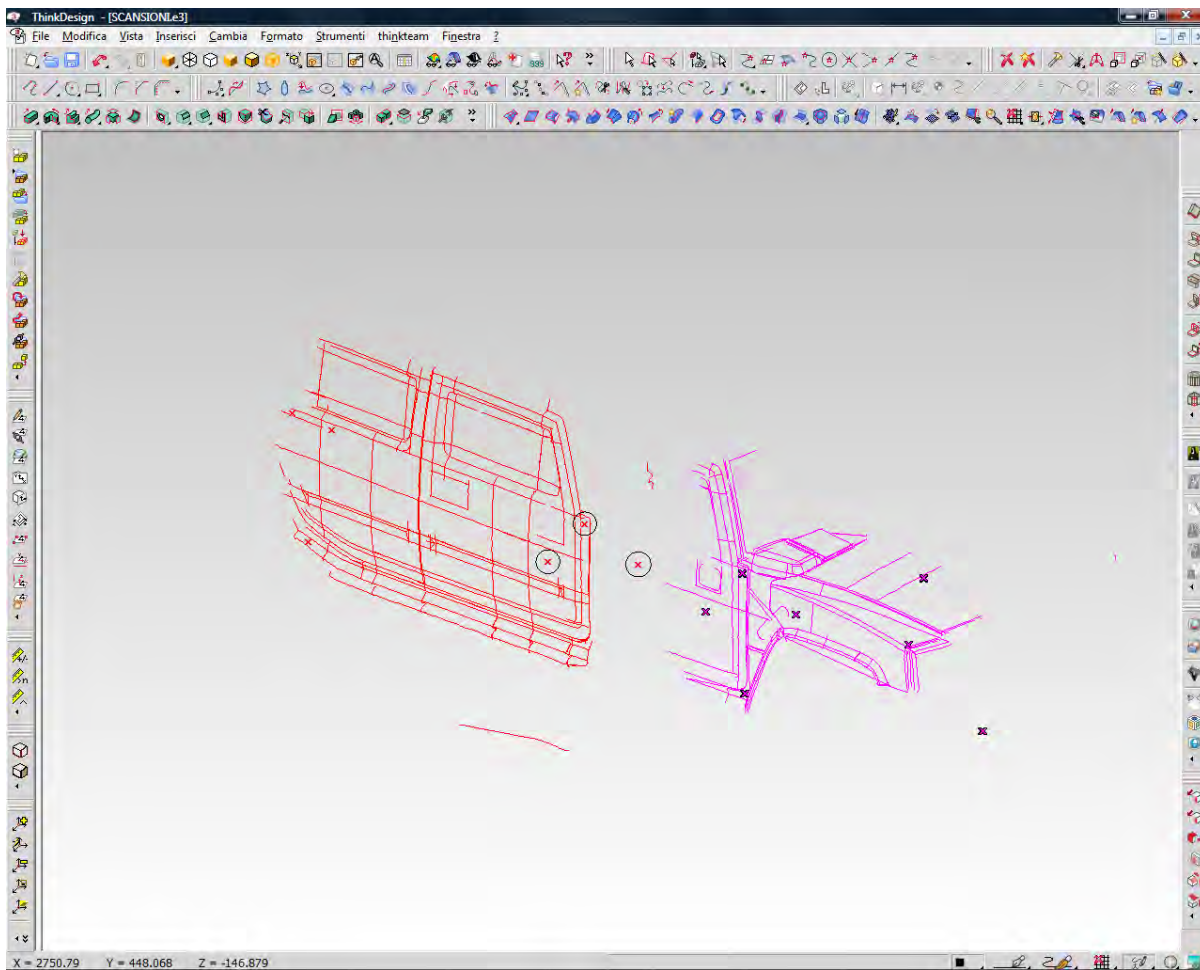


Fig.2.12 i 2 punti cerchiati rappresentano i punti d'appoggio presi come riferimenti. sono gli stessi presenti sulla fiancata viola sopra al passaruota

Nella figura sono visibili appunto le “x” che indicano i punti di appoggio: sovrapponendoli si otterrà la perfetta continuità delle scansioni.

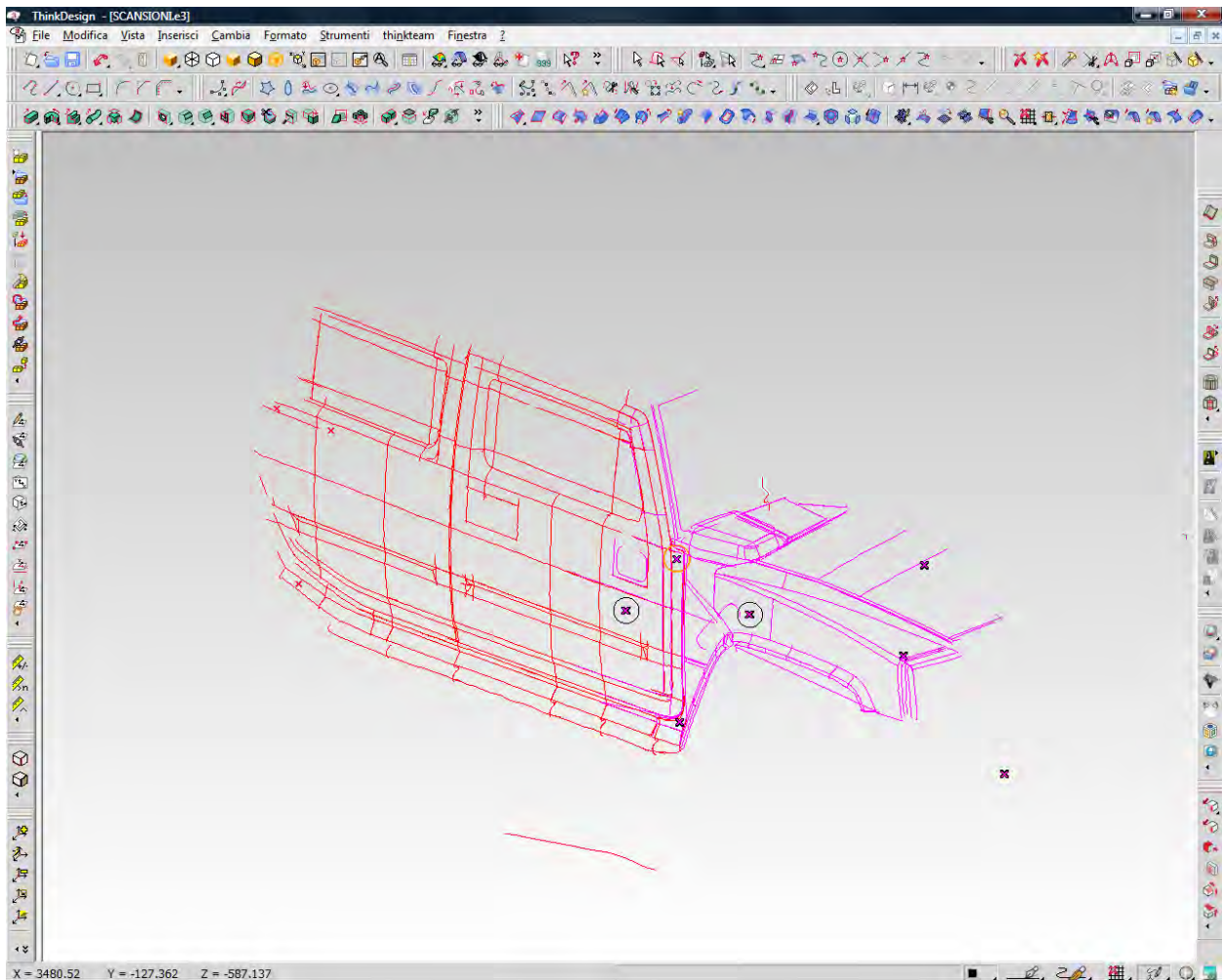


Fig 2.12 i punti d'appoggio sono stati sovrapposti. Ha così preso forma la fiancata del veicolo

A questo punto siamo pronti per costruire le curve e le superfici che definiranno il modello matematico.

Si mostrano nel seguito le scansioni che sono state realizzate e ritenute necessarie per questo progetto.

Si può notare come in generale il veicolo è stato scansionato solo nella parte di destra rispetto al piano di simmetria longitudinale. Questo per accorciare i tempi di lavoro e la mole di dati da gestire: opportuni comandi del software consentiranno poi di specchiare l'oggetto che assumerà la forma reale. Tuttavia sono comunque scansionati alcuni elementi appartenenti all'altra metà della vettura utili come riferimenti e verifica dell'effettiva simmetria dell'oggetto.

Per quanto riguarda gli interni, la scansione è stata meno accurata, in quanto è stata necessaria per valutare alcuni ingombri interni più che per la ricostruzione di interi componenti del veicolo (es: sedili, cambio..).

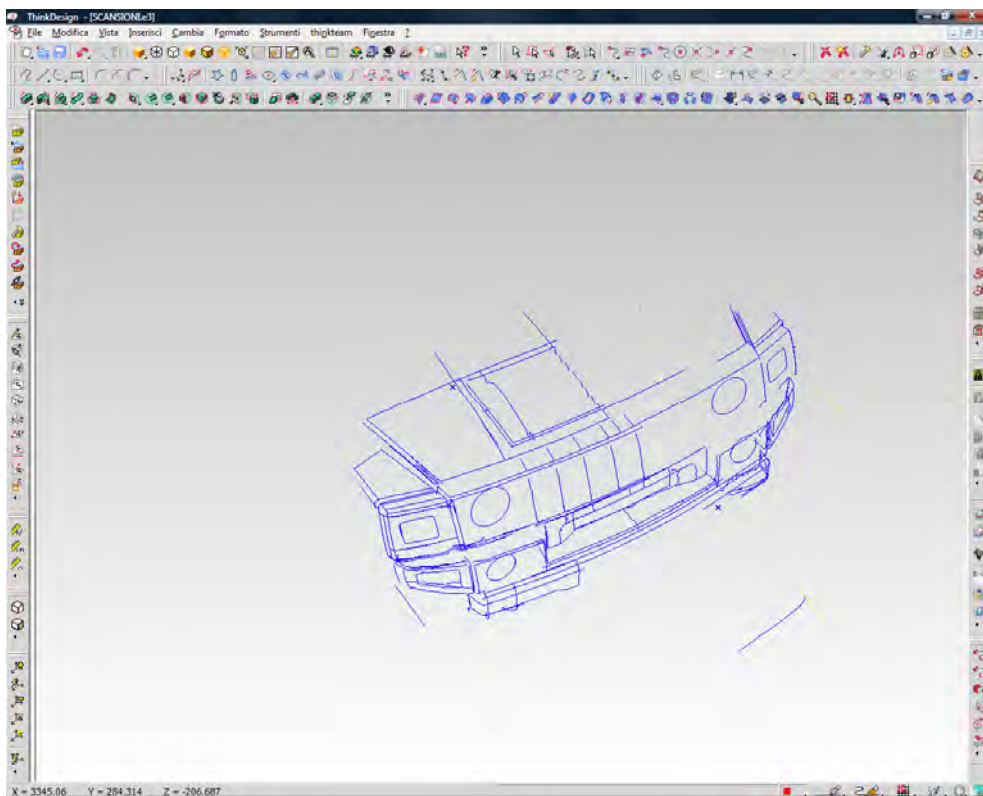


Fig 2.14 Il lato Dx è stato scansionato completamente; quello sx presenta una scansione meno accurata: sono presenti solo alcuni elementi utili per controlli dimensionali.

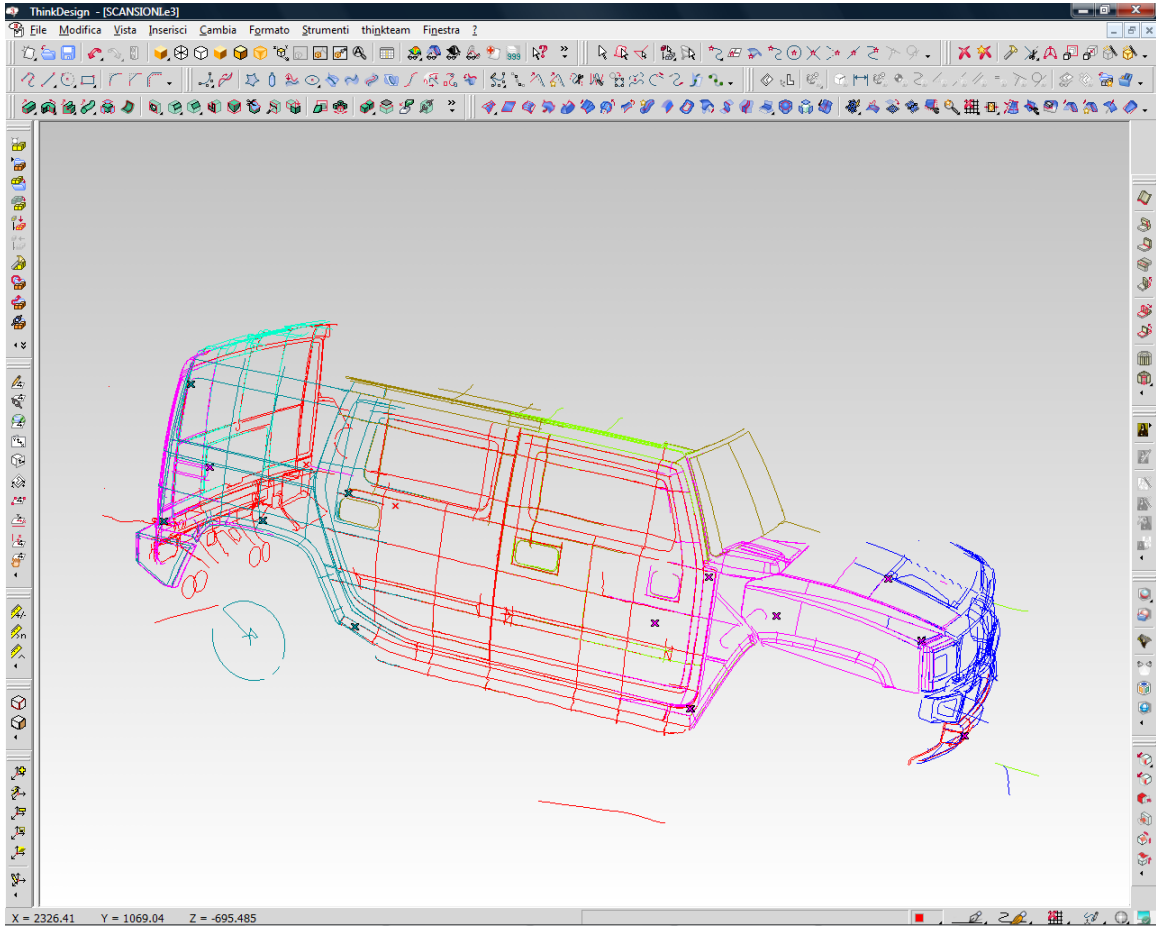


Fig 2.15 scansione completa.

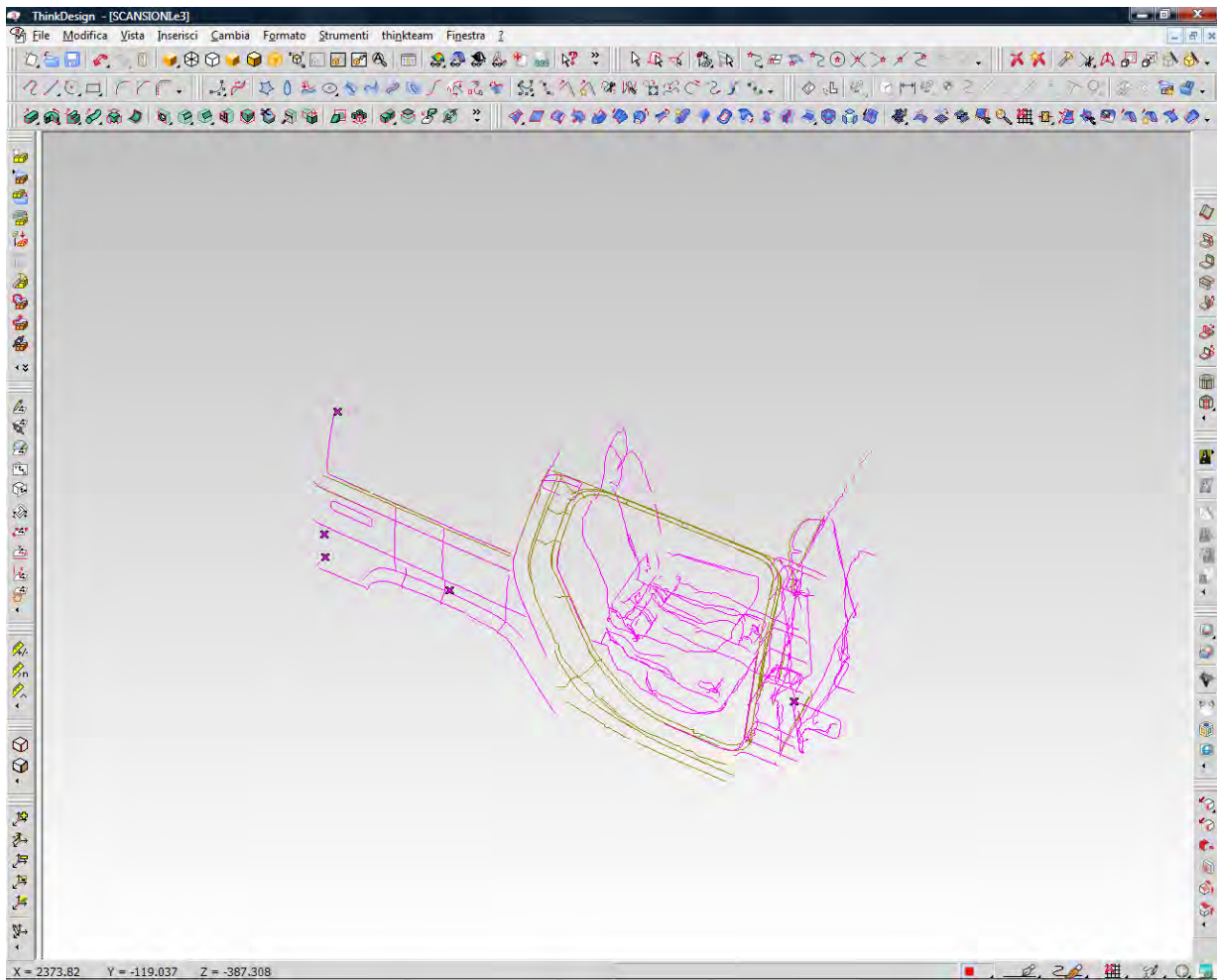


Fig 2.16 scansione degli interni: sono stati scansionati per valutare gli ingombri dei sedili e di altri componenti interni.

CAPITOLO 3: THINK DESIGN

Think design, è il software CAD utilizzato in questa sede sia per la costruzione del modello matematico del veicolo scansionato, sia per la realizzazione della limousine di nostra concezione.

Nei precedenti capitoli, è già stato chiarito cosa si intende per software Cad, e come l'utilizzo di questo tipo di programmi al giorno d'oggi svolga un ruolo importantissimo all'interno di un ciclo di progettazione.

Vedremo ora quali sono le caratteristiche proprie di Think3d, i suoi vantaggi e come sono state ricostruite le superfici del veicolo con l'aiuto di questo programma.

Think3d fa parte di quei software cad utilizzati prevalentemente per la modellazione di superfici, e rappresenta uno dei punti di riferimento nel settore. Esistono infatti svariati modellatori in commercio più o meno avanzati, e Think3d è tra quelli che permettono la realizzazione di modelli (e superfici) di elevata qualità fornendo un vastissimo parametri e funzioni per la realizzazione delle superfici.

Think 3d offre due modi di lavorare: parametrico e statico.

Questo modo di lavorare permette al progettista di creare dei profili guida su opportuni piani di lavoro, da utilizzare successivamente per la creazione di superfici (o solidi). Tali profili possono essere quotati e vincolati rispetto al sistema di riferimento globale.

Le superfici che si ottengono sono legate ai profili di partenza e ogni modifica fatta su questi ultimi si ripercuote anche sui primi.

Questo modo di impostare il lavoro è particolarmente utile nel caso della progettazione meccanica di componenti solidi, dove i miglioramenti e i perfezionamenti che possono nascere per le più diverse esigenze, vengono rapidamente rappresentate nel modello digitale.

Si può tuttavia lavorare senza sfruttare queste potenzialità; in tal caso le entità così ottenute saranno di tipo *statico*.

Va sottolineato che Think3 mette comunque a disposizione una funzione che permette di stabilire dei legami tra entità di tipo diverso.

In alcuni strumenti infatti è possibile decidere che vi sia l'associazione tra la superficie o il solido ottenuto, con le curve di partenza.

Tutta la progettazione affrontata in questa sede è stata affrontata con un approccio di tipo statico.

Nella fase di ricostruzione del modello originale infatti, andando a lavorare su superfici dalle caratteristiche geometriche fisse ed immutabili, non si sente la necessità di adottare un approccio di tipo diverso.

Ciò che più interessa, è la possibilità di ottenere modelli dalle forme anche molto complesse, le cui superfici non presentino “buchi” o discontinuità tali da rendere difficile la realizzazione del modello fisico tramite il programma CAM.

In questo senso la modellazione solida potrebbe rappresentare la soluzione migliore, ma come abbiamo detto, questo approccio presenta limiti nella creazione di geometrie complesse e problemi di gestione dovuta alla pesantezza dei dati.

I Cad più sofisticati, come appunto Think3d, sfruttano le curve NURBS, che rappresentano la miglior soluzione a questi requisiti.

3.1 CURVE NURBS

Una curva N.U.R.B.S è una generalizzazione delle curve B-Spline, verrà quindi brevemente introdotta la teoria che supporta la costruzione di questo genere di curve, per poi arrivare alla definizione di una NURBS vera e propria.

-Da Bèzier alle B-Spline...

Le curve formate da un unico polinomio (Bèzier) non sono adatte per la costruzione di forme geometriche complesse, per le quali è necessario un alto numero di vincoli e quindi un polinomio di grado molto elevato; infatti per interpolare n-punti è necessario un polinomio di grado n-1, numericamente instabile a causa della propagazione degli errori di troncamento. Inoltre, modificando i punti di controllo, tutta la curva viene influenzata.

Per eliminare questi inconvenienti sono state introdotte delle curve polinomiali a tratti, definite da

$$C(u) = \sum_{i=1}^n f_i(u) P_i \quad a \leq u \leq b$$

dove $\{P_i\}$ sono i punti di controllo (che vanno a formare "poligono di controllo") mentre $\{f_i\}$ sono funzioni polinomiali non nulle solo su una porzione limitata dell'intervallo di variazione del parametro $\{u\}$ e nulle in tutto il resto dell' intervallo, garantendo così il "local support". In questo modo, variando la posizione di un control point, la curva verrà influenzata solo in un suo intorno.

- Funzioni base di una B-Spline:

Per calcolare le funzioni base di una curva B-Spline bisogna conoscere il grado $\{p\}$ della curva e il vettore dei nodi $\{K\}$.

Dove $K = \{k_0, \dots, k_m\}$ è una sequenza di numeri reali detti nodi,

e dove $u_i \leq u \leq u_{i+1}$ con $i=0, \dots, i=m-1$;
 si definisce la "i-esima funzione di grado p", ovvero di ordine (p+1), indicata con $N_{i,p}(u)$, come segue:

$$N_{i,p}(u) = \begin{cases} 1 & u_i \leq u \leq u_{i+1} \\ 0 & \text{altrove} \end{cases}$$

$$N_{i,p}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+p} - u_i} N_{i,p-1}(u) + \frac{u_{i+1} - u}{u_{i+1} - u_{i+1-p}} N_{i+1,p-1}(u)$$

nella quale vengono evidenziati i seguenti importanti aspetti:

- per ogni $p > 0$, $\{N_{i,p}(u)\}$ è una combinazione lineare di due funzioni base di grado p-1;
- se nel calcolo delle funzioni base si determina un quoziente 0/0, viene definito uguale a zero;
- le funzioni di base sono ottenute per ricorsione sfruttando la formula di Cox-deBoor;
- i nodi possono coincidere, con la possibilità di avere dei sotto-intervalli di lunghezza nulla;
- le funzioni di base definite su un vettore dei nodi generano dei polinomi di Bernstein di grado {p} e sono quindi le stesse funzioni di base di una curva di Bèzier; in questo senso, quindi, le curve B-Spline sono generalizzazioni delle curve di Bèzier.

- Creazione di una curva B-Spline

Una curva B-Spline di grado {p} è definita da :

$$C(u) = \sum_{i=0}^m N_{i,p}(u) P_i \quad a \leq u \leq b$$

dove {P_i} sono i punti di controllo della curva, e {N_{i,p}(u)} sono le funzioni delle basi di curve B-Spline di grado "p", definite su un vettore "K" dei nodi non periodico e non uniforme:

$$K = \{u_{-1}, u_0, u_1, \dots, u_{p-1}, u_p, u_{p+1}, \dots, u_{m-1}, u_m\}$$

e viene calcolata utilizzando questo procedimento:

- si ricava l'intervallo di appartenenza del parametro {u};
- si calcolano le funzioni di base diverse da zero;
- si ricava la curva moltiplicando il valore delle funzioni di base non nulle per i punti di controllo;

- Dalle B-Spline alle NURBS...

Una successiva generalizzazione è servita per risolvere determinati problemi che si hanno con le curve B-Spline; il più significativo è dato dall'impossibilità di disegnare figure semplici come il cerchio. Mediante questa evoluzione è infatti possibile rappresentare correttamente curve coniche, ed è possibile rappresentare curve molto complesse con un minor numero di punti di controllo.

Le NURBS (Non Uniform Rational B-Spline), sono curve razionali definite da punti di controllo e dai relativi pesi; aumentando il valore del peso di un punto di controllo avviciniamo la curva al punto stesso; viceversa il punto di controllo eserciterà una minor influenza sulla curva. Una curva NURBS di grado "p" è definita da :

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u) W_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u) W_i} \quad a \leq u \leq b$$

Dove $\{P_i\}$ sono i punti di controllo della curva, $\{W_i\}$ sono i pesi assegnati ad ogni punto di controllo e $\{N_{i,p}(u)\}$ sono le funzioni delle basi di curve B-spline di grado "p" definite su un vettore "K" dei nodi non periodico e non uniforme:

$$N_{i,p}(u) = \frac{u - u_{i-1}}{u_i - u_{i-1}} N_{i,p-1}(u) + \frac{u_{i+1} - u}{u_{i+1} - u_i} N_{i+1,p-1}(u)$$

Se assumiamo che $a = 0$, $b = 1$ e che $\{W_i\} > 0$ per ogni i , possiamo definire

$$R_{i,p}(u) = \frac{N_{i,p}(u) W_i}{\sum_{j=0}^n N_{j,p}(u) W_j}$$

questo ci permette di riscrivere l'equazione che definisce una curva NURBS. come

$$C(u) = \sum_{i=0}^n R_{i,p}(u) P_i$$

dove $\{R_{i,p}(u)\}$ sono le funzioni razionali delle basi che sono pezzi di funzioni razionali su u appartenente $[0,1]$.

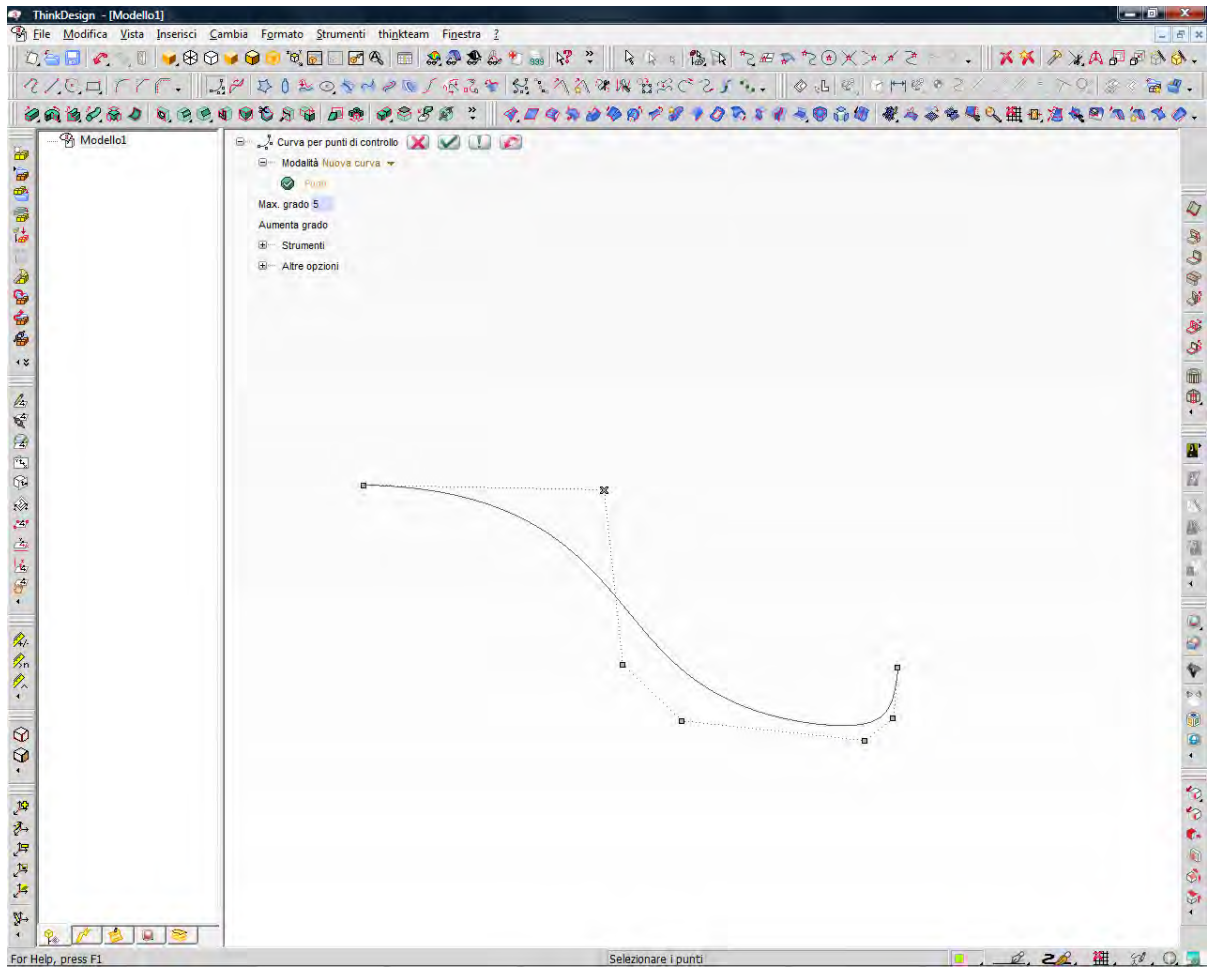


Fig 3.1 curva NURBS: si notano i punti di controllo

3.2 SUPERFICI NURBS

Con le curve NURBS così possibile realizzare le *superfici* NURBS: sono superfici descritte da un unico algoritmo, che, variando i parametri, è capace di generare le forme più varie. Come già nel caso delle curve, esistono superfici NURBS generiche e superfici NURBS specializzate come il parallelepipedo, la sfera, il toro, e molte altre.

Ogni superficie NURBS ha una rappresentazione parametrica: essa è descritta in funzione di due parametri u e v che variano entrambi nell'intervallo $[0,1]$. Le relazioni matematiche che descrivono le tre coordinate di ogni punto della superficie sono equazioni di grado n_u nella variabile u e di grado n_v nella variabile v dette equazioni parametriche della superficie.

Il luogo geometrico dei punti di una superficie NURBS che hanno eguale parametro u o eguale parametro v è una curva che appartiene alla superficie e si dice *isoparametrica*. Nella figura 1 è rappresentata una superficie NURBS con dieci curve isoparametriche u e dieci v . I concetti relativi alle curve NURBS possono essere estesi a una superficie NURBS se si considerano applicati alle curve isoparametriche della superficie stessa.

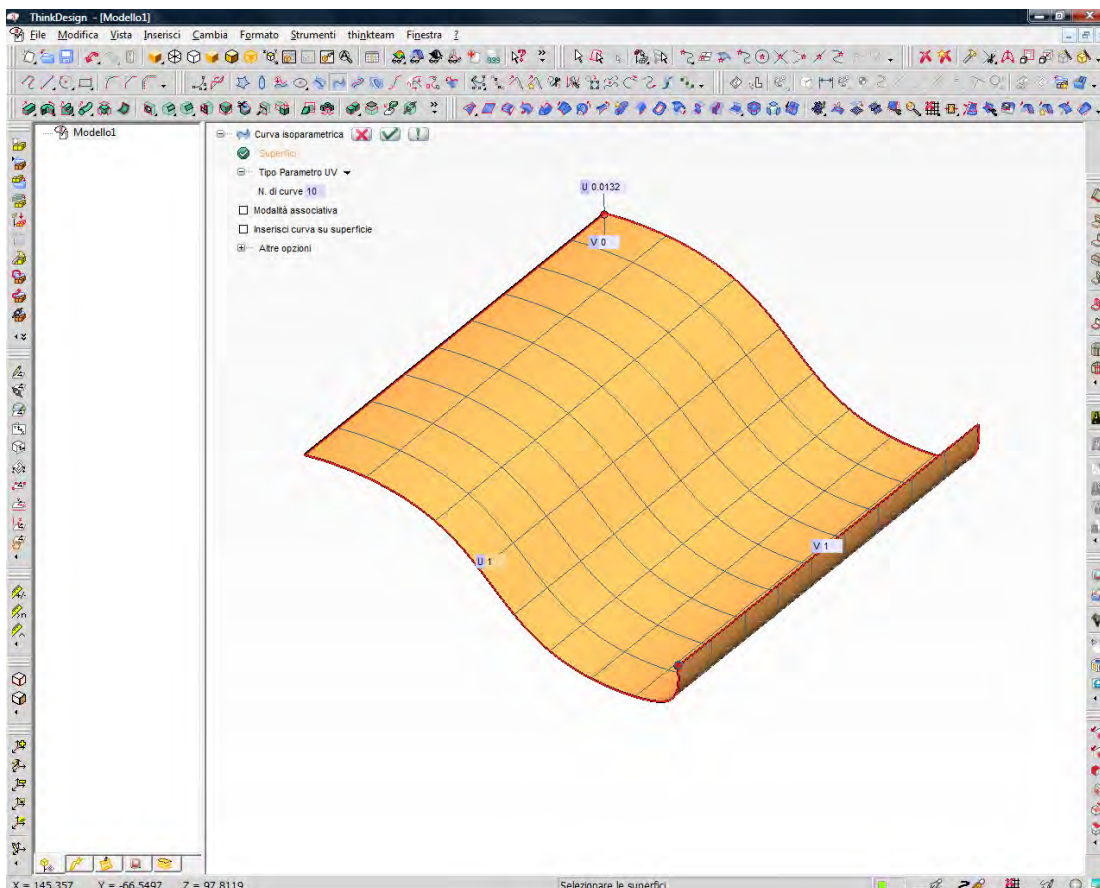


Fig 3.2 superficie Nurbs con 10curve isoparametriche u e 10isoparametriche v

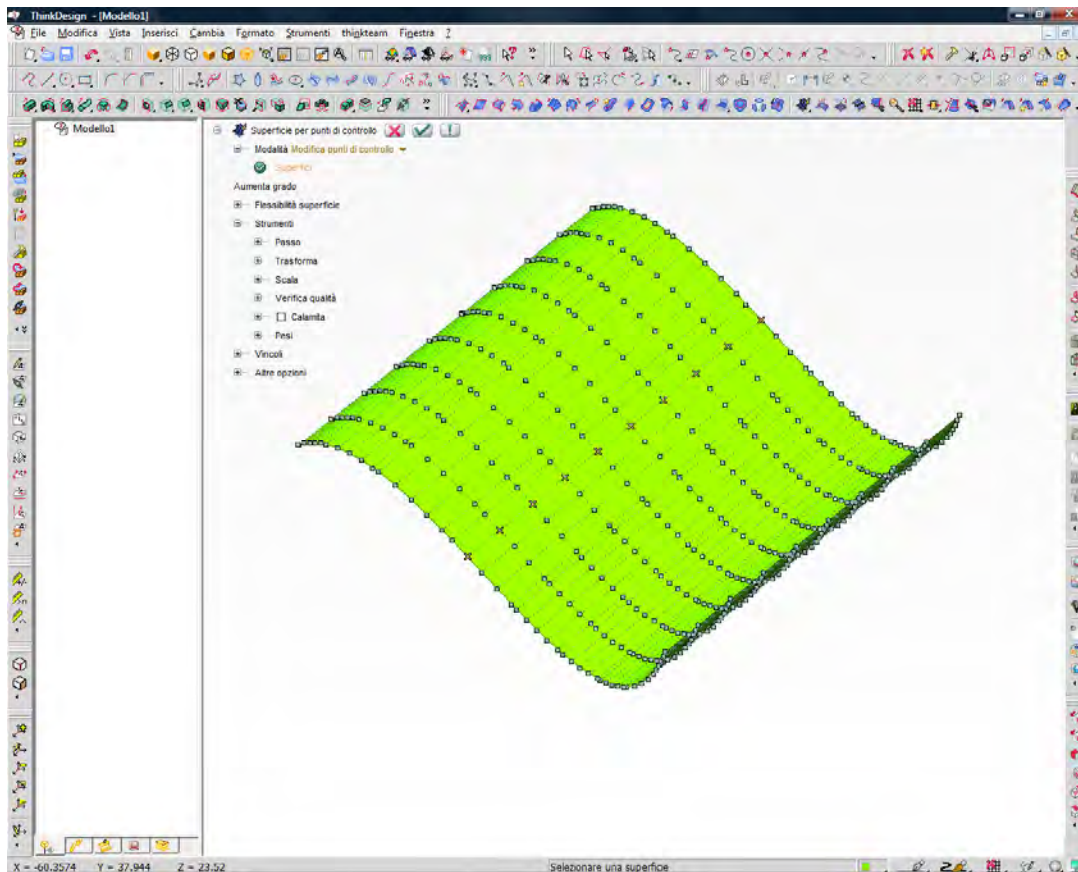


Fig 3.3 superficie NURBS: si notano i punti di controllo. Nella maggior parte dei casi conviene mantenere basso il numero dei punti di controllo, per gestire meglio l'andamento della superficie

Nella figura sopra sono stati evidenziati i poli che ne controllano la forma. I poli, fatta eccezione per quelli che si trovano nei vertici, non necessariamente appartengono alla superficie. Così come una spline può essere assimilata a una bacchetta flessibile, la superficie NURBS può essere vista come un tessuto elastico, teso tra i poli che la controllano. E' buona norma non esagerare questa 'tensione'.

3.3 VINCOLI DI CONTINUITA'

Una volta generate le curve e quindi le superfici nurbs che ci servono, è necessario dare a queste entità le opportune condizioni al contorno, atte a definire il grado di continuità che vi è tra due superfici che presentano un bordo in comune.

La continuità C_0 impone che le due superfici condividano lo stesso bordo, quindi in prossimità di tale incollamento e' possibile avere punti angolosi.

La continuità C1 impone, oltre alla C0, che la derivata lungo il bordo sia la stessa; viene eliminata la presenza di punti angolosi.

La continuità C2 impone, oltre alla C1, che la derivata seconda lungo il bordo sia la stessa;

Non tutti i modellatori di superfici sono in grado di dare vincoli di classe c1 o c2.

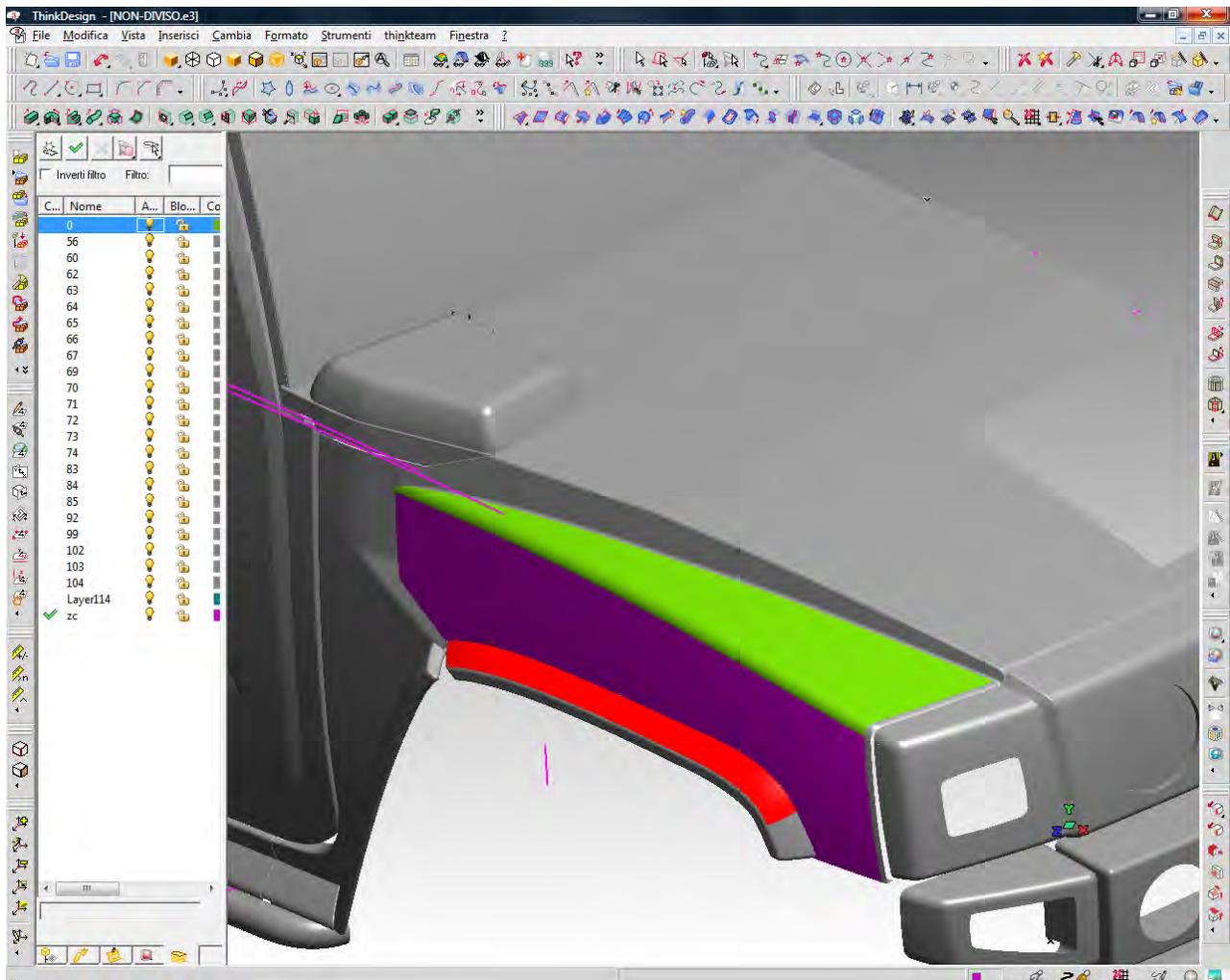


Fig 3.3. La superficie verde e viola hanno continuità di tipo c2. Tra quella rossa e quella viola c'è un vincolo di tipo c1: posizione.

Nella figura si può vedere come le superfici verde e viola presentano una continuità di tipo c2, mentre quella viola e quella rossa di tipo c1.

Questo tipo di vincoli, hanno la funzione di rendere la superficie più o meno levigata.

Allo stesso tempo si può intervenire sulle tolleranze, sul numero di archi che compongono le curve, sul numero di punti di controllo, per garantire un determinato vincolo di continuità o tangenza laddove in un primo momento non sia possibile.

In questo modo è possibile scongiurare buchi, discontinuità o difetti nelle superfici, cosa molto più difficile (se non impossibile) in programmi che permettono solo un vincolamento di tipo C0.

3.3 COMANDI E FUNZIONI: GENERAZIONE DEL MODELLO.

La maggior parte delle funzioni di Think3 (restando nel campo della modellazione di superfici), è costituita da comandi che forniscono elementi per gestire al meglio questo tipo di curve e superfici. Polilinee, vincoli, strumenti per generare le superfici desiderate, per tagliarle, collegarle ecc.

3.3.1 CURVE

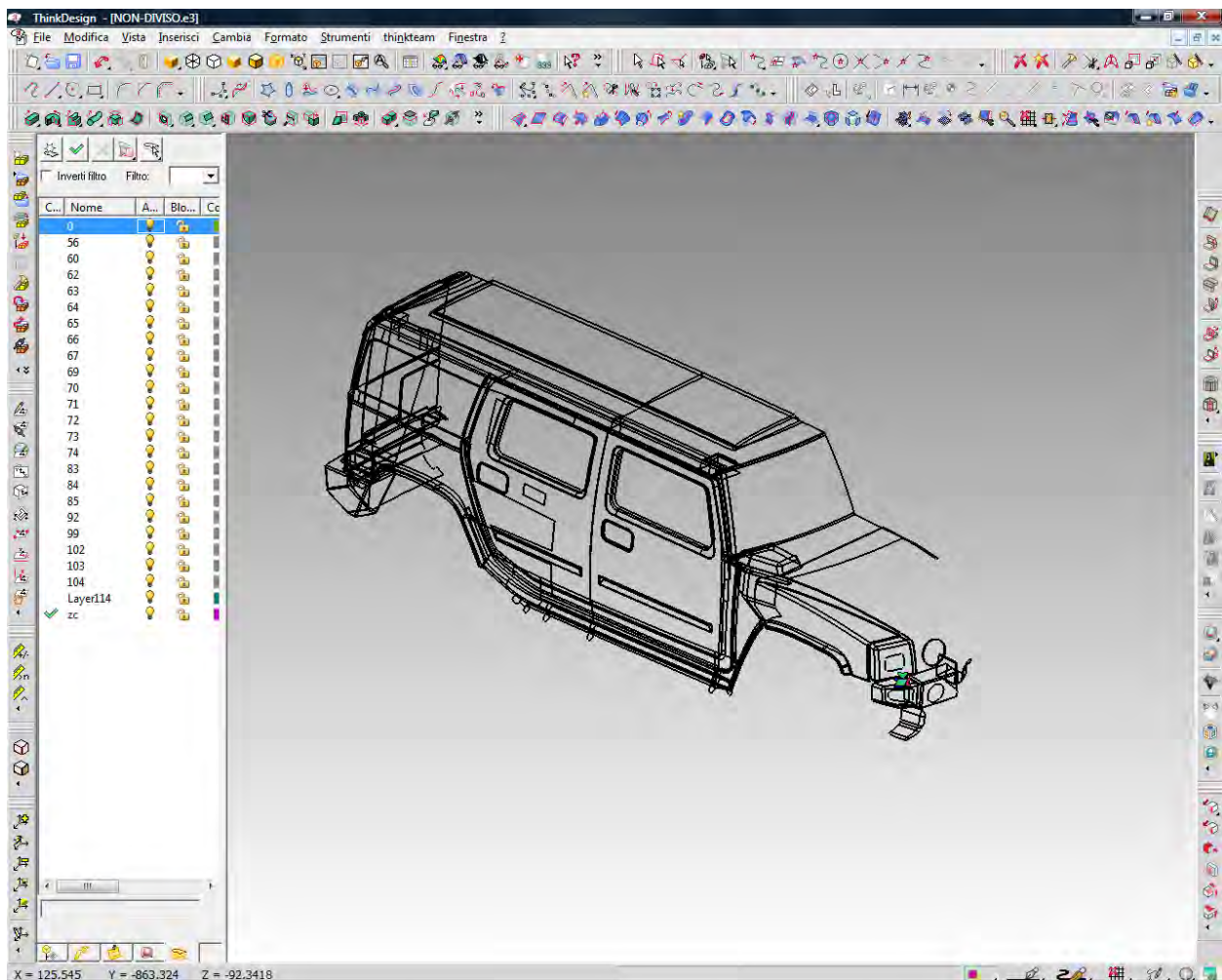


Fig 3.5 curve guida per le la generazione delle superfici.

Per realizzare il modello matematico del veicolo, la prima cosa che è stata fatta è stato ricostruire tutte le linee della scansione. Tali linee infatti, sono molto irregolari, spesso discontinue, il più delle volte non sono coincidenti: non permettono assolutamente di ottenere superfici levigate e ben controllabili. Perciò occorre, “ricalcare” le scansioni con le curve nurbs create tramite gli strumenti di Think3d .

Si otterranno così le linee guida per la generazione delle superfici.

Gli stessi comandi di Think 3 sono suddivisi in gruppi:

Quelli di cui ci siamo serviti sono: il “disegno” che comprende tutti i comandi atti ad ottenere curve nurbs.

Le “Superfici”: comprende tutte le modalità di generazione di superfici nurbs dalle relative curve

Poi vi sono tutti i comandi di interazione tra questi elementi base: punto su curva, i punti di snap, proiezioni e quant’altro.

Per quanto riguarda le curve:

Polilinea, arco (per tre punti, dato centro..), cerchio, linea per 2 punti: strumenti che realizzano linee rette o curve comunque piane.

Curva per punti controllo: nella ricostruzione delle linee guida è stato forse il comando più utilizzato, perché consente di ottenere curve di qualsiasi forma nello spazio, variandone la forma semplicemente con lo spostamento dei relativi punti di controllo (fig 3.6).

Think3 consente poi di intervenire sul numero di *archi*, sul *grado* dell’equazione che descrive la curva, e sul *grado di continuità* che descrive l’andamento della curva tra due archi successivi, al fine di ottenere i profili che riproducano esattamente ciò che si desidera.

Curva per punti di interpolazione: è una curva realizzata dando come input i punti di interpolazione. Ovviamente può poi essere aggiustata spostandone i punti di controllo. Ha il vantaggio di poter stabilire esattamente i punti in cui deve passare, ma è più difficile da controllare rispetto alla curva per punti di controllo.

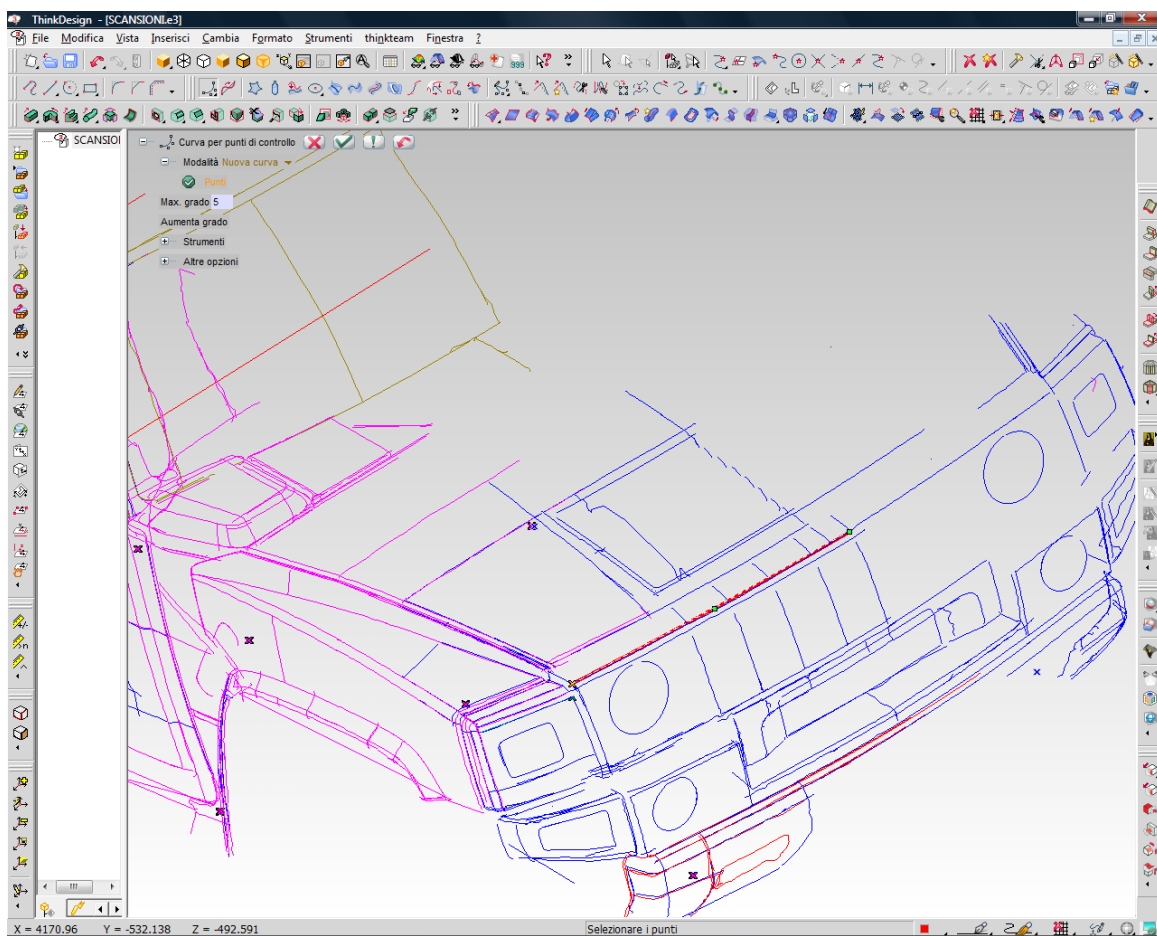


Fig 3.6 curva per punti di controllo

La curva rossa in figura ricalca il bordo superiore della mascherina: si possono vedere i tre punti di controllo. Si noti come è stata tracciata solo una metà dell'intero elemento: la metà ricostruita del veicolo sarà poi specchiata rispetto ad un piano di simmetria longitudinale ottenendo la vettura completa.

Proprio per questo motivo, è necessario dare ad ogni curva determinati vincoli di tangenza e posizione, affinché dopo la specchiatura non si rischi di trovare superfici che presentino spigoli nella mezzeria. Inoltre è necessario, prima ancora di cominciare la ricostruzione vera e propria, fissarsi alcuni *riferimenti* che indichino appunto la linea di terra, la mezzeria del veicolo gli assali. **fig 3.7**

3.3.2 SUPERFICCI

Una volta ottenute le linee guida si procede con la generazione delle superfici.

In generale i comandi più utilizzati sono stati quelli permettono di realizzare una superficie, e quelli che modificano la superficie realizzata.

Creazione superfici:

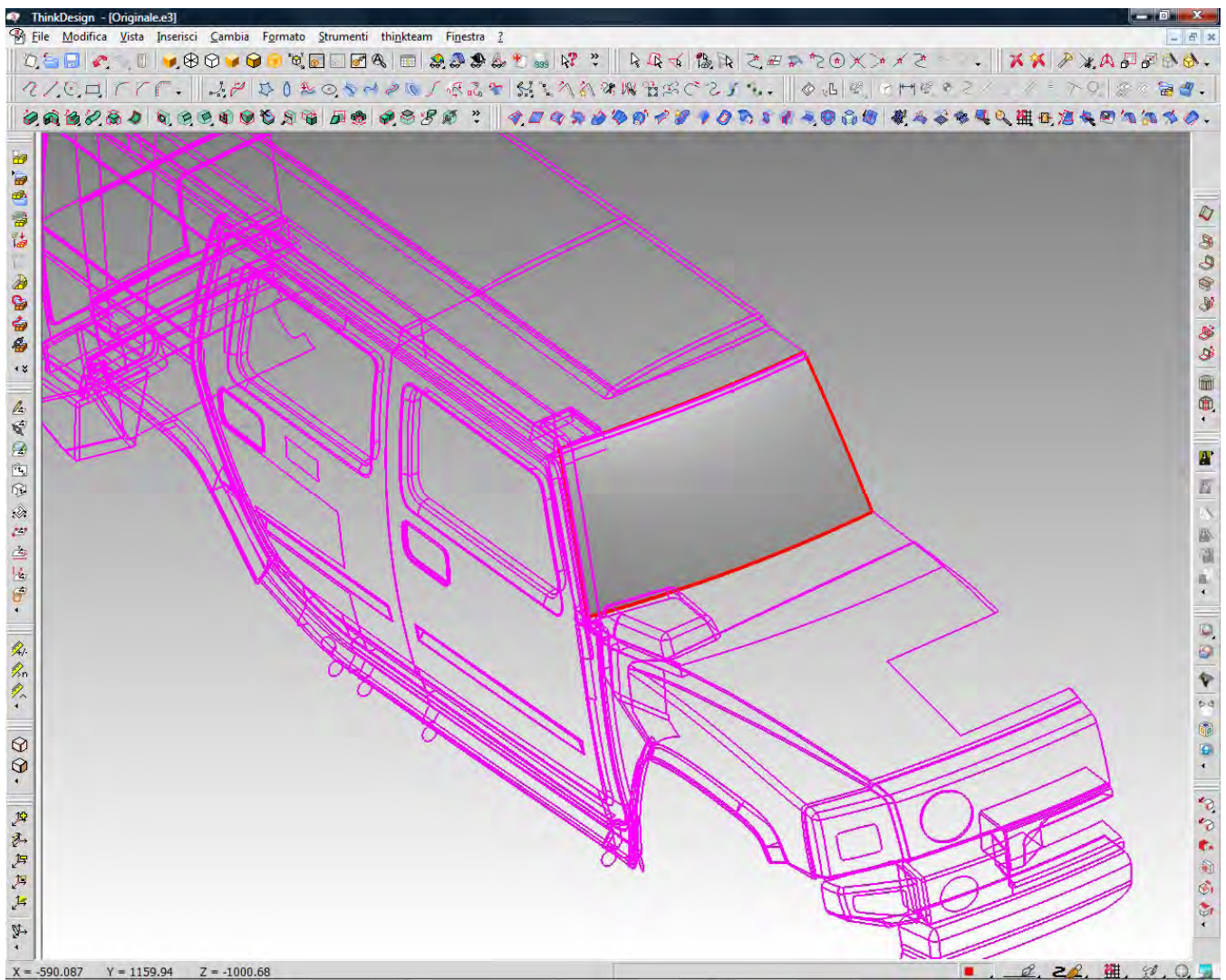


Fig 3.8 Superficie loft tra i bordi di colore rosso

Superficie loft: questo comando consente di creare superfici che soddisfano al meglio i parametri di input impostati; infatti, in funzione delle curve inserite in due diversi gruppi (A e B), il programma creerà in modo automatico le superfici più appropriate fra i seguenti tipi: rigata, proporzionale, tesa, collega, su due guide, griglia.

Rigata: quando si selezionano due bordi di tipo A e nessuno di tipo B.

Proporzionale o tesa: quando si selezionano fino a due curve di tipo A e due curve di tipo B.

Su due guide (curva U). quando si selezionano due o più curve “parallele” di tipo A e due o più curve “parallele” di tipo B.

Nel caso in cui la superficie appartenga a uno degli ultimi due tipi, se la prima o l’ultima curva selezionata è il bordo di una superficie esistente, si attiva una voce ulteriore con cui è possibile scegliere la continuità posizionale o di tangenza. Se si seleziona quest’ultima, e se ogni curva intersecante il bordo della superficie selezionata si trova nel piano tangente nel bordo della superficie, in corrispondenza del punto di intersezione, la superficie risultante presenterà una continuità di tangenza con quella esistente lungo il bordo selezionato.

Tra le diverse opzioni vi è comunque la possibilità di impedire la scelta in automatico del tipo di superficie da creare e di specificare con esattezza il tipo desiderato scegliendo tra quelli elencati in precedenza. E’ inoltre disponibile all’interno della stessa funzione, una serie di strumenti per la verifica della qualità, che consentono di analizzare la forma della superficie risultante.

In alcuni casi, le curve selezionate per definire una superficie presentano spigoli non visibili che vengono identificati durante il processo di costruzione della superficie. L’uso delle curve come si presentano potrebbe produrre come risultato una superficie caratterizzata da strani quali grinze o pieghe.

Il comando permette di scegliere il tipo di parametrizzazione che consente di gestire questa problematica; sono infatti disponibili tre opzioni:

Intrinseca: la normale parametrizzazione della curva. Benchè questo tipo di parametrizzazione possa essere utilizzato in gran parte delle situazioni tipiche, a volte può essere necessario ricorrere ad un tipo di parametrizzazione diverso per ottenere una superficie più uniforme.

Ad esempio se si usa la parametrizzazione intrinseca gli eventuali spigoli non vengono rilevati.

Usa curve pulite: se alcune delle curve da utilizzare per la creazione di una superficie loft presentano degli spigoli invisibili, la qualità della superficie risultante può essere inferiore alle aspettative. Selezionando questa operazione è possibile creare una superficie di qualità migliore.

Con questo comando, infatti, non si utilizza la curva originale, che rimane invariata, ma una copia locale priva di spigoli.

Curvilinea: una normale parametrizzazione della lunghezza dell'arco (ovvero, il parametro curva varia in proporzione alla lunghezza dell'arco, in modo che agli archi della curva di uguale lunghezza corrispondano uguali variazioni del parametro curva). Se si sceglie questa opzione viene ripetuta la parametrizzazione interna di tutte le curve di input in base alla lunghezza dell'arco e si ottengono in genere superfici con curve isoparametriche più regolari. Se le curve selezionate presentano spigoli invisibili, scegliendo questa opzione si ottengono inoltre superfici di qualità migliore.

Estrusione globale: Il comando estrusione globale consente di creare superfici mediante l'estrusione di uno o più contorni, o catene di curve consecutive, lungo uno o più contorni guida, anche se caratterizzati da spigoli.

E' possibile selezionare diversi gruppi di contorni da escludere. Esiste la possibilità di scegliere la modalità di movimento che l'algoritmo deve adottare per estrarre i contorni lungo la guida:

costante: i contorni verranno estrusi lungo la guida mantenendo un orientamento costante.

Asse costante: i contorni verranno estrusi lungo la guida mantenendo un asse costante durante l'intero movimento; quest'ultimo è un asse esistente identificato da due punti o un asse del piano di lavoro.

Basato su superficie. I contorni verranno estrusi lungo la guida mantenendo l'orientamento di una delle superfici selezionate. Questo metodo risulta particolarmente utile per la creazione di bordi (fig 3.9).

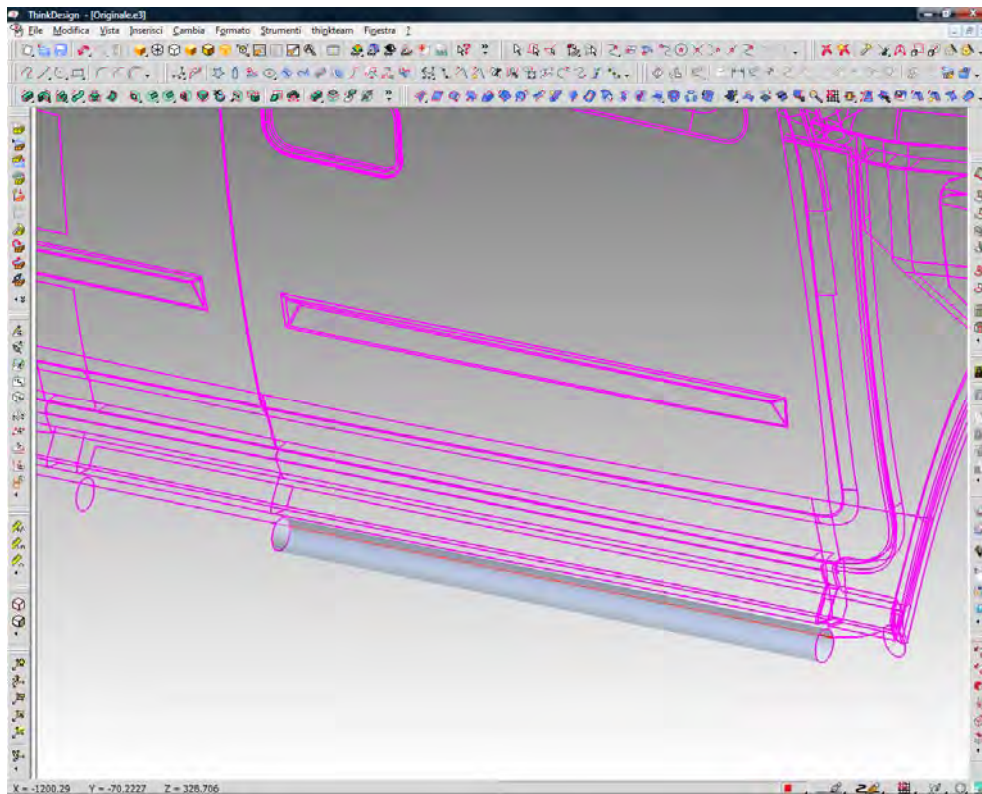


Fig 3.9 tubo generato con estrusione globale: il cerchio è il profilo che scorre sulla linea guida costituita dall'asse

Collega superfici: questa funzione consente di creare una superficie che collega due o più superfici specificate. Per creare una superficie che collega due superfici esistenti, si selezionano i due bordi da collegare. Nel caso i due bordi selezionati abbiano direzione opposte, la superficie ottenuta risulterà sottoposta a torsione. Per evitare questo effetto, occorre definire i pesi delle superfici e invertire la direzione del secondo bordo.

Le superfici di collegamento vengono create come NURBS cubiche.

Capping: Il comando capping consente di riempire “isole” o “buchi” nelle superfici oppure creare superfici che passano per curve, ad esempio se è presente una struttura “filo di ferro” da coprire con superfici.

Una volta creata una superficie di riempimento iniziale, è possibile aggiungervi vincoli per modificarne la forma in base requisiti. Il comando offre la possibilità di selezionare la forma delle superficie in base al metodo adottato.

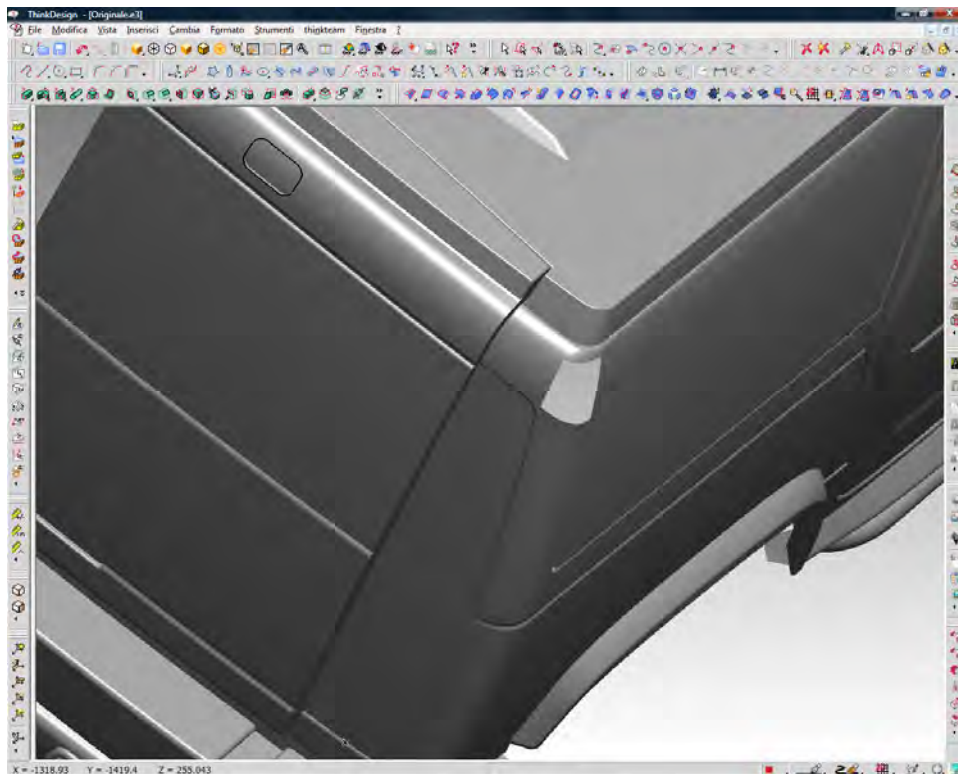


Fig 3.10 Il buco presente nell'angolo in alto può facilmente essere chiuso con un'operazione di capping

3.3.3 COMANDI PER MODIFICARE LE SUPERFICI.

Taglia superfici secondo limiti: questo comando consente di tagliare una o più superfici di qualsiasi tipo mediante entità limite selezionate, che possono essere curve o altre superfici. Per una corretta esecuzione del comando è necessario selezionare i limiti, le superfici da tagliare e le regioni da mantenere.

Se le entità limite sono delle curve, non devono necessariamente giacere sulle superfici da tagliare; in questo caso, per il taglio verrà utilizzata la loro proiezione sulle superfici lungo la direzione della vista in cui erano state selezionate.

Le curve limite, che come detto possono essere effettivamente utilizzate per il taglio o le loro proiezioni sulle superfici, non devono mai intersecarsi e non devono formare loop l'una dentro l'altra per evitare di incorrere in situazioni di indeterminazione.

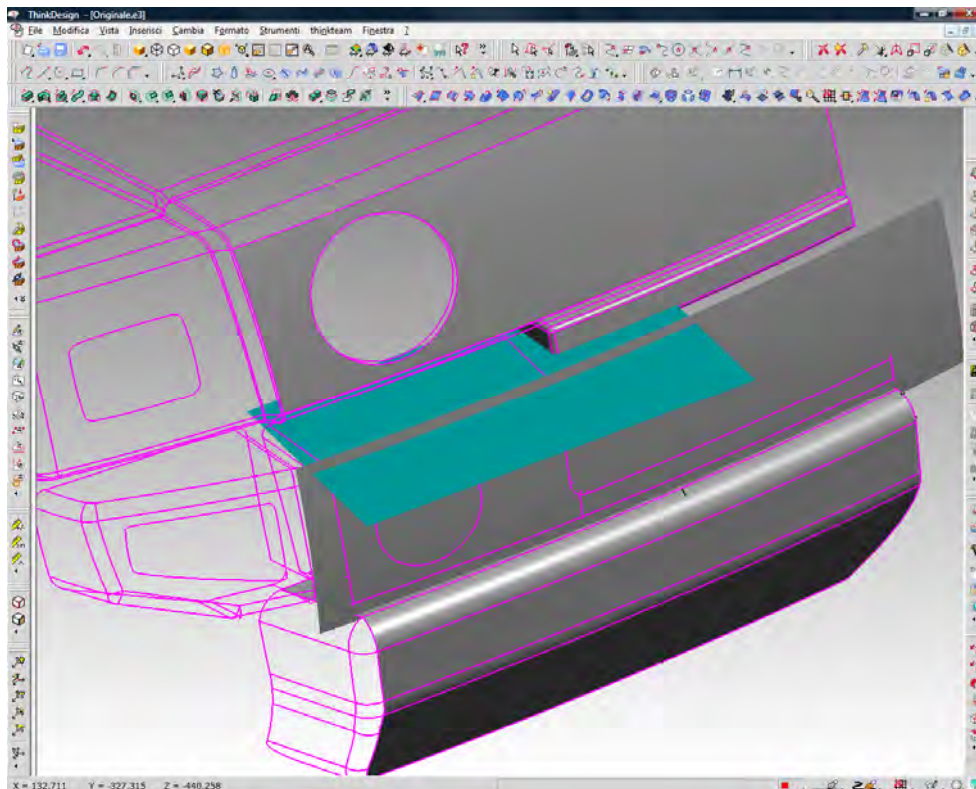


Fig 3.11 La superficie azzurra verrà tagliata con la superficie grigia con cui si interseca, che verrà a sua volta tagliata generando così il paraurti. Lo spigolo vivo che si verrà a creare all'incontro delle due superfici potrà essere smussato tramite

Aggiusta superfici: il comando permette di tagliare o estendere una superficie utilizzando uno dei seguenti metodi:

Parametro: taglio o estensione per cambiamento dell'intervallo di variazione dei parametri della superficie diversi da quelli standard (questa modalità non si applica ai bordi che derivano da un'operazione di taglio);

tangenza: indicazione di un valore numerico corrispondente al valore di lunghezza dell'arco che sarà aggiunto al bordo specificato della superficie medesima mantenendo la continuità di tangenza.

Con la modalità **parametro**, poiché ciascuna superficie è descritta per mezzo di equazioni parametriche in funzione di due parametri U e V , i cui valori sono compresi nell'intervallo $(0,1)$, se si modificano i limiti per uno o entrambi gli intervalli dei parametri, è possibile cambiare l'estensione della superficie. In particolare verrà tagliata, mentre se si indicano intervalli contenenti gli originali la superficie verrà estesa conformemente ai nuovi valori.

Una volta assegnati i nuovi valori limite degli intervalli di variazione dei parametri, il programma esegue una riparametrizzazione della superficie modificata, in cui i valori limite dei parametri U e V sono ancora 0 e 1 . Si noti che l'estensione parametrica di superfici NURBS molto flessibili (cioè

con un elevato numero di poli) può portare a risultati indesiderati; si consiglia pertanto di non modificare i parametri oltre il 20%.

3.4 IL GLOBAL SHAPE MODELING

IL *GSM* è l'unico strumento di creazione e modifica che consente di fare cambiamenti globali, accurati e istantanei, a qualsiasi stadio del processo di progettazione.

La maggior parte degli strumenti di modellazione oggi presenti sul mercato sfruttano un approccio di tipo "basato sulle funzioni" (feature based), mentre il *GSM* di Think3 è basato su una modalità di progettazione "orientata all' oggetto"; evoluzione resa possibile grazie ad un elevato livello di astrazione.

I modellatori solidi basati sulle funzioni presentano diversi limiti per alcuni tipi di modifiche in quanto operano sul modello in maniera locale, senza tenere conto della ripercussione che tali azioni hanno sul resto dell'oggetto.

Il tutto si traduce in un'ulteriore differenza sostanziale: con questo strumento si può lavorare considerando valida l'ipotesi di eventuali modifiche a posteriori, cosa che, con altre modalità di intervento, diventano onerose sia in termini di tempo che di costo.

Anche impostando la progettazione in questi termini, nonostante l'alto livello di astrazione, lo strumento garantisce una facilità d'uso tipica degli altri modellatori, dando la possibilità ai progettisti di descrivere forme complesse a partire da entità più elementari e definendo il corpo finale in diversi step.

Per meglio comprendere il funzionamento di questo strumento si riportano brevemente gli aspetti salienti del comando.

Il comando *modellazione globale*, consente di modificare la forma di oggetti composti da solidi, superfici, curve e punti.

La prima fase consiste nella definizione di una serie di condizioni di conservazione: nello specifico a questa categoria appartengono tutte le entità (punti, curve, contorni di superfici o anche linee di luce) da mantenere nell'operazione di modifica controllata per quanto riguarda posizione tangenza curvatura e così via.

Si procede quindi impostando una serie di condizioni di corrispondenza. E' infatti possibile modificare la forma iniziale, in modo che alcune entità che vi appartengono, come punti, curve o bordi di superficie, dopo la modifica corrispondano ad alcune entità bersaglio dello stesso tipo, precisando il rispetto di condizioni quali posizione tangenza o curvatura.

Infine si possono imporre una ulteriore serie di condizioni di passaggio che possono essere agire sulla forma in modo che dopo la modifica essa passi per alcune entità, che possono essere curve punti o anche linee luce; anche in questo caso le condizioni possono essere dello stesso tipo visto per le voci precedenti, oltre a proprietà lineari e planari.

E' inoltre disponibile un'opzione specifica per i casi in cui sia necessario modificare un solido mantenendo invariata la proiezione lungo un piano.

Oltre ad avere una visualizzazione immediata dell'effetto prodotto dall'imposizione delle diverse voci di cui sopra, è inoltre possibile definire in modo interattivo la corrispondenza di posizione sui punti; sempre disponibile poi, una serie di opzioni che consentono di gestire la forma della modifica controllata. Viene fornita anche in questo ambito, un'altra serie di opzioni per la gestione della precisione delle entità risultanti.

Quando si applica il comando alle superfici, il risultato dell'operazione dipende dallo stato della casella di controllo modalità associativa, con le entità di base.

Quindi se si modificano le entità il solido verrà aggiornato di conseguenza.

Con queste premesse, la tecnologia qui descritta ben si presta ad essere utilizzata in diversi campi della progettazione industriale; una flessibilità così alta si può dedurre anche analizzando nello specifico le diverse potenzialità dello strumento:

- mantiene la "topologia" di un complessivo: applicando una modifica ad una parte di esso, il GSM consente di non avere lacerazioni o sovrapposizioni con le parti che lo circondano.
- Modifiche di oggetti generati con altri strumenti: si ha la possibilità di intervenire anche su oggetti "privi di storia" e di inserirli nella nuova storia del modello; questo consente di ripescare tali interventi per manipolarli ulteriormente quando necessario.
- Operazioni elementari: permette di applicare ad oggetti composti da un'unica parte di sottoporli a modifiche di stiramento, flessione, torsione.
- Facilità d'uso: le enormi potenzialità sono rese accessibili a tutti in quanto per essere sfruttate non richiedono la conoscenza del modello fisico di base e della corrispondente descrizione in termini matematici.
- Tempistica: le operazioni di modifica su oggetti anche in fase di prototipazione viene affrontata in tempi limitati.
- Aiuto alla produzione: si riesce a gestire parametri relativi alla produzione in una qualunque fase della progettazione (per esempio la variazione di angoli di sforno per la generazione del modello CASM).
- Associatività: può essere utilizzato in modalità statica o associativa.

3.6 MODELLO MATEMATICO



Fig 3.12 Modello matematico completo Hummer H2

Alla fine abbiamo ottenuto il modello Cad dell' hummer h2. E' ovvio che una volta ultimato, questo modello deve essere opportunamente visionato; si fanno operazione di verifica sulla qualità delle superfici, e si controlla che le dimensioni significative corrispondano a quelle del veicolo reale.



Fig 3.13 Modello hummer h2 completo:retro

Questo modello rappresenta il punto di partenza per il nostro progetto.

Come vedremo nella seconda parte verrà realizzato un nuovo veicolo modificando l'hummer h2 originale. Le idee del designer verranno concretizzate in un ulteriore modello matematico rappresentante la nuova automobile, che verrà sviluppato a partire direttamente dal lavoro svolto fin'ora.

Come si può vedere dalle immagini, è un modello abbastanza "essenziale" in cui mancano alcuni dettagli che sono di poca utilità nel nostro progetto, o verranno ricostruiti in un secondo momento.

3.6.1 THINK 3D

Possiamo affermare in conclusione, che in un ambito di progettazione così complesso, qual è quello della progettazione estetico-funzionale della carrozzeria di un'automobile, costituisce un software perfetto a chi sente la necessità di avere uno strumento versatile che consenta grande libertà nella progettazione. Va sottolineato però, che, proprio a causa della complessità di questo strumento, è richiesta una certa esperienza dal progettista per poter sfruttarne al meglio tutte le potenzialità e soprattutto per quanto riguarda in generale l'impostazione del lavoro e le rifiniture finali (gestione dei raccordi tra le superfici, qualità delle superfici, curvature delle curve)...

PARTE 2

In questa parte verrà affrontata la progettazione vera propria della nostra vettura, che terminerà con la realizzazione del modello in poliuretano in scala 1:10.

Realizzeremo cioè il primo *concept* del nuovo veicolo.

Nella progettazione di un veicolo, sono così tanti gli aspetti da prendere in considerazione, che al giorno d'oggi si procede secondo un approccio denominato "*progettazione sistemica*": il veicolo viene cioè suddiviso in vari "*sistemi*" (telaio, carrozzeria, motore, e così via) in modo da definire meglio le specifiche di ogni componente e di eseguire un progetto comunque complicato suddividendo le attività che lo compongono operando parallelamente, assegnando ad ognuna di esse obiettivi comprensibili, verificabili autonomamente, e finalizzati all'ottenimento delle prestazioni complessive.

Anche in questa sede verrà seguito un approccio simile, seppur *semplificato*: non dimentichiamo infatti che il nostro lavoro, consiste soltanto in una *modifica* estetico-strutturale di un veicolo già esistente, un'operazione molto meno complessa di ciò che richiede il progetto completo di un veicolo nuovo: perciò si procederà prima con una analisi del *telaio*, poi della *carrozzeria* ed infine degli aspetti legislativi per valutare tutto ciò che possa rappresentare un limite od un vincolo alle modifiche che intendiamo realizzare, siano essi di natura strutturale, legislativa od economica. Quindi, nei prossimi capitoli, non ci si limiterà a descrivere ciò che è stato materialmente svolto per realizzare il modello, ma anche tutto quello che è stato necessario conoscere al fine di giustificare ogni nostra scelta.

CAPITOLO 4. DEFINIZIONE DEL PROGETTO

Per concepire un nuovo veicolo di successo la buona conoscenza della sua costituzione, dei metodi di progettazione dei suoi componenti e della loro integrazione nel sistema può rilevarsi non sufficiente.

Queste conoscenze, pur basilari nella progettazione, sono infatti sufficienti a garantire solamente il raggiungimento di obiettivi tecnici preassegnati; senza sminuire l'importanza di queste conoscenze, occorre osservare che il successo di un veicolo è però in gran parte determinato da quanto tali obiettivi tecnici siano capaci di soddisfare le esigenze del cliente.

L'insieme degli obiettivi tecnici del veicolo ed una descrizione sommaria della sua architettura costituiscono quello che è, quasi universalmente, definito come *concept* del prodotto, con particolare riferimento al caso dell'automobile.

Il concept, è il punto di partenza dell'attività di sviluppo di un nuovo veicolo e dei suoi mezzi di produzione, e può essere espresso da uno schizzo del veicolo o appunto da un suo modello tridimensionale semplificato, sufficiente a comprenderne l'aspetto e le funzioni principali. Questo, deve essere accompagnato da un'esauriente definizione delle caratteristiche tecniche ed economiche del veicolo, delle quali deve essere dimostrata la congruenza e la fattibilità.

Tali caratteristiche devono derivare da una buona conoscenza dei bisogni del cliente, e del valore che il cliente è disposto a riconoscere al prodotto, per il loro soddisfacimento.

Definire il concept vuole dire pertanto:

- descriverne il prodotto in termini di prestazioni e funzioni tecniche
- determinare la configurazione e la scelta dei componenti principali
- individuare il carattere la personalità le sensazioni le funzioni d'uso che il prodotto deve offrire al cliente.

Ogni casa automobilistica enfatizza aspetti diversi del concept del prodotto determinandone così le caratteristiche ed il potenziale di successo.

Il problema centrale nel processo di definizione del concept è ottenere un largo coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali interessate; infatti il concept nasce in parte da fatti oggettivi e misurabili, la cui determinazione sarà compito delle funzioni tecniche, ma anche di intuizioni che saranno non solo apportate dalle funzioni di marketing ma, più in generale, da chiunque abbia maturato un'esperienza

sufficiente da poter fornire un contributo creativo.

Anche i responsabili delle attività successive come la progettazione del prodotto, la definizione delle specifiche dei componenti, *lo stile*, lo sviluppo dei mezzi di produzione, la valutazione dei costi, lo sviluppo dell'organizzazione commerciale per la vendita del modello dovrebbero essere coinvolti, in quanto anche il risultato delle loro attività influenzeranno la soddisfazione del cliente.

Occorre tener presente però che se è vero che ignorare i vincoli delle operazioni successive durante la definizione del concept può causare gravi inconvenienti, è anche vero che un eccessivo coinvolgimento può causare conflitti prematuri e compromessi fra le funzioni che possono rischiare di banalizzare le caratteristiche del prodotto.

Un nuovo veicolo non può infatti essere estrapolato dalla conoscenza pregressa e dai bisogni espressi dal cliente attraverso l'apprezzamento più o meno alto del prodotto esistente; molto spesso, automobili di grande successo sono nate come risposta a bisogni fino a quel momento inespressi.

Un esempio gli sport utility vehicles (esempio Hummer H2..)...

È essenziale, nella fase di definizione del concept procedere secondo i passi seguenti:

- assicurare la focalizzazione del prodotto sui bisogni del cliente
- identificare bisogni nascosti e latenti, oltre a quelli esplicitati dai prodotti disponibili
- fornire una giustificazione per ciascuna specifica del prodotto
- sviluppare una comprensione comune dei bisogni del cliente.

Vi è un'importante distinzione tra i bisogni del cliente e specifiche del prodotto.

I primi sono per lo più indipendenti dal prodotto che si intende sviluppare e sono quindi legati al concept.

I bisogni, quindi, devono essere identificati senza dovere sapere se o come essi saranno soddisfatti.

Le specifiche del prodotto dipendono dall'architettura del prodotto definita, e dal tipo di componenti scelti, quindi da cosa si è stabilito di sviluppare; il loro collegamento coi bisogni del cliente avviene solo attraverso la conoscenza del successo di prodotti simili, già offerti dai concorrenti.

In altre parole, è bene che durante la realizzazione o il progetto di un nuovo prodotto, in questo caso un veicolo, il tecnico interagisca con il mercato o direttamente col cliente.

Si esamineranno gli argomenti di seguito elencati, con particolare riferimento a quegli aspetti che si riflettono sulla progettazione del autotelaio e dei suoi principali componenti.

- Statistiche d'impiego

Le statistiche d'impiego rappresentano solitamente il punto di partenza della conoscenza dell'uso del veicolo; sono ricerche finalizzate a raccogliere dati relativi al volume di traffico, consumi energetici, parco circolante di autoveicoli, impatto sociale all'interno del proprio paese. In questa sede, date le caratteristiche del nostro progetto non è stato necessario compiere tali ricerche.

- Funzione del veicolo

Affrontare cioè il problema della progettazione sistemica del veicolo, ovvero della determinazione delle caratteristiche tecniche che determinano il maggiore o minore soddisfacimento delle esigenze del cliente.

Nello studio dell'autotelaio questo consiste nello studio delle prestazioni di guida, l'handling, e il confort di guida, correlando caratteristiche tecniche oggettive alle esigenze del cliente, normalmente soggettive ed espresse in forma qualitativa.

Infine la definizione della missione del veicolo, intesa come la descrizione degli eventi attesi durante la sua vita utile: questo insieme di dati è necessario per la previsione della resistenza all'invecchiamento del veicolo e per la definizione del suo programma di manutenzione.

- Prescrizioni e regolamenti.

Una importantissima influenza sulle caratteristiche tecniche del veicolo, è esercitata dal corpo di leggi e regolamenti tecnici emessi dallo stato.

Questa materia, in continua evoluzione è ora standardizzata attraverso direttive europee alle quali le leggi nazionali devono adeguarsi; la normativa riguarda essenzialmente la sicurezza attiva, passiva il consumo di energia e il dimensionamento dei vari componenti.

Molti organismi tecnici, esercitano inoltre un condizionamento sul progetto, paragonabile a quello delle leggi, di cui è opportuno tenere il dovuto conto già in sede di progettazione.

4.1 SEMPLIFICAZIONE DEL PROGETTO

4.1.1 FUNZIONI DEL VEICOLO

L'obiettivo di un approccio sistemico alla progettazione del veicolo è quello di definire le specifiche tecniche di ogni componente, in modo tale che il veicolo nel suo complesso, svolga le proprie funzioni secondo le modalità previste e gli obiettivi assegnati.

Per specifiche tecniche intendiamo una serie di grandezze, le relative misure, atte a definire, in modo completo, ogni componente, anche in assenza di disegni dettagliati.

Un approccio sistemico alla progettazione consente, inoltre, di eseguire un progetto, comunque complicato, suddividendo le attività che lo compongono fra squadre che operano parallelamente, assegnando ad ognuna di esse obiettivi comprensibili, verificabili autonomamente e finalizzati all'ottenimento delle prestazioni complessive; consente altresì di sviluppare un progetto impiegando componenti *standard* acquisiti dai fornitori, potendo questi componenti essere sviluppati per l'occasione od acquisiti da un catalogo di prodotti preesistenti.

La progettazione sistemica costituisce, infine, la fase iniziale di ogni progetto, durante la quale, si verifica la possibilità di raggiungimento degli obiettivi che sono stati posti; questa fase è comunemente nota come *studio di fattibilità*. L'insieme delle specifiche dei componenti principali, che soddisfano a questi obiettivi, fa parte della documentazione del concept.

Che cosa intendiamo asserendo che il sistema globale svolga le proprie funzioni secondo le modalità previste, ovvero come si possono definire le funzioni di un autoveicolo?

La risposta a queste domande non può essere data in modo assoluto, in quanto è condizionata dalle aspettative del cliente, per il prodotto che gli viene offerto, a loro volta dipendenti non solo da parametri oggettivi, ma anche da parametri soggettivi. Non deve essere infine dimenticato il fatto che le aspettative del cliente sono pesantemente influenzate dalle alternative di prodotto esistenti sul mercato, al momento della commercializzazione quasi mai note compiutamente al lancio del progetto.

Vediamo quindi che il perimetro delle specifiche tecniche, di garantire una certa funzione, è ampio e supera i confini dei componenti espressamente dedicati al suo raggiungimento.

Si può quindi affermare, che un corretto approccio di progettazione sistemica deve prevedere almeno i seguenti passi fondamentali:

- definire quali funzioni svolga il sistema

- definire quali grandezze meglio misurino queste funzioni e quali valori-obiettivo tali grandezze debbano assumere, per ottenere la soddisfazione del cliente.
- definire quali componenti facciano parte del sistema, in quanto condizionano il raggiungimento dei valori obiettivo
- identificare, se ve ne sono, funzioni di altri sistemi in competizione con quelle di cui al punto 1
- per ogni componente, stabilire un insieme coerente di specifiche che garantisca l'ottenimento, a livello di veicolo completo, della soddisfazione del cliente.

Quindi l'ingegneria di sistema implica normalmente la progettazione di parti di componenti, talvolta studiati in discipline diverse del veicolo e collocati in parti diverse.

Questa situazione interessa ovviamente anche la progettazione di sistema del telaio di una autovettura, argomento tra i principali in questa sede.

Possiamo studiare il veicolo in 3 sottosistemi principali.

- *Autotelaio*, inteso come insieme dei componenti che presiedono alla guida del veicolo sulla strada, ossia trasmissione, sospensioni, ruote, freni, sterzo e strutture di collegamento.
- *la carrozzeria*, intesa come la struttura di connessione di tutti gli organi meccanici di contenimento dell'abitacolo, comprendente innumerevoli accessori interni (condizionamento, impianto elettrico...) ed esterni (finizioni, illuminazione...)
- *motore*, inteso come insieme dei componenti destinati alla generazione della forza motrice, ossia il motore, impianto di alimentazione combustibile, impianti di aspirazione dell'aria e scarico dei gas combusti.

Il Modello di Progettazione Sistemica richiede quindi per ogni fase di progettazione conoscenze specifiche riguardanti le suddette proprietà, tenuto conto del grado di concretezza del sistema che si sta progettando. Esso realizza una trasformazione di oggetti, con lo scopo di raggiungere il fine di un

prodotto ottimo con il minimo impiego di tempo e denaro. Alla locuzione "*costi minimi*" si possono dare due diversi spessori: una prospettiva più ristretta che consideri solamente l'economia dell'azienda, ed una prospettiva più ampia che includa i costi sociali ed ambientali ed i rischi e i benefici per le comunità.

Da questa analisi, che resta comunque approssimativa si vede che la realizzazione di una nuova vettura è un fenomeno estremamente complesso sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista legale ed economico, anche solo a livello di prototipo.

Gli stessi criteri costruttivi utilizzati dall'industria automobilistica presuppongono la disponibilità di attrezzature ed impianti il cui valore supera di almeno 3 ordini di grandezza il prezzo di vendita dell'automobile finita.

4.1.2 SEMPLIFICAZIONE DEL PROGETTO

In questa sede, ci troviamo di fronte ad un problema più semplice: infatti l'obbiettivo non è un progetto completo finalizzato alla realizzazione di un modello di automobile nuovo destinato ad una grande produzione, bensì una modifica di una vettura in commercio pensata per essere prodotta in un limitato numero di esemplari e, come si vedrà meglio in seguito, per una clientela di nicchia.

La progettazione di una vettura di piccola serie (o addirittura mono esemplare) prevede uno schema semplificato di quanto trattato precedentemente, selezionando un numero limitato di obiettivi da raggiungere, per i quali sia sostenibile l'investimento economico, progettuale, di sperimentazione e collaudo.

Il nostro progetto, lo ripetiamo, sarà sviluppato sulla base di un veicolo già esistente: presenta perciò caratteristiche tecniche ben definite, quantificabili con misure e valori precisi' risultando conforme in ogni suo aspetto ad ogni vincolo legislativo.

La cosa più importante sarà individuare per ogni sistema che fa parte del veicolo tutto ciò che può ragionevolmente essere oggetto di modifica, limitando (o evitando) al massimo l'intervento su tutto ciò che richiederebbe nuove sperimentazioni, collaudi o test per l'omologazione, o anche solo costi di realizzazione non sostenibili per l'azienda.

Le modifiche stesse che si desidera apportare saranno perciò progettate secondo criteri che rappresentino un giusto compromesso per quanto riguarda i costi che queste comportano. La scelta di componenti già presenti sul mercato, le apparecchiature di cui dispone l'azienda sono come vedremo aspetti anch'essi che influenzano le scelte stilistiche che si deciderà di realizzare.

In base a quanto detto il nostro progetto sarà organizzato nelle seguenti fasi:

- *definizione delle specifiche di progetto* : è la definizione degli obiettivi principali che si vogliono raggiungere col veicolo in progetto.

- *analisi del telaio*. Consiste nello studio della struttura portante del veicolo. Per conseguire gli obiettivi prefissati, il telaio del veicolo subirà determinate modifiche: conoscere quindi quali sono le caratteristiche legate alla tipologia di telaio del veicolo di partenza è necessario per individuare il modo migliore con cui procedere nella trasformazione, al fine di conservare come vedremo una struttura sicura, confortevole e robusta..
- *analisi carrozzeria*. Oltre che a svolgere importanti compiti strutturali, la carrozzeria è sede di numerosissimi componenti. Poiché come vedremo, è proprio la carrozzeria che sarà soggetto a alla maggior parte delle trasformazioni per conferirle una nuova impronta stilistica, è ovvio che per valutarne la fattibilità, sotto ogni punto di vista, strutturale economico o normativo, un'attenta analisi dell'intero sistema carrozzeria assume un ruolo fondamentale.
- *Normative e regolamenti*. L'analisi del gruppo telaio e carrozzeria, deve comprendere contemporaneamente anche lo studio delle normative che ne consentono l'omologazione, e che il progettista è obbligato a conoscere e rispettare affinché la vettura in progetto possa effettivamente circolare su strada.
- *definizione del nuovo design*. Solo dopo un'attenta analisi del gruppo telaio-carrozzeria e delle normative di cui sono oggetto, si può procedere alla definizione del nuovo design della vettura : in questo modo il designer sarà già a conoscenza di tutto ciò che rappresenta un limite alla sua creatività, e spetterà alla sua abilità riuscire a realizzare un prodotto stilisticamente valido nel totale rispetto non solo dei suddetti vincoli legali, ma anche rientrando in un budget ben determinato.

4.2 SPECIFICHE DI PROGETTO

L'obiettivo del nostro progetto è la realizzazione di una "stretch limousine" su base hummer h2. Questo si traduce nell'allungamento della vettura base atto ad aumentarne lo spazio interno per permetterne il collocamento di ulteriori posti a sedere.

Il veicolo dovrà restare all'interno della categoria M1: ciò implica che non potrà comunque trasportare più di 9 persone (pilota compreso).

Non verranno apportate modifiche al motore.

Dovranno essere invece apportate modifiche stilistiche finalizzate a conferire più originalità al nuovo veicolo rispetto a prodotti simili già presenti sul mercato ed a renderlo più in linea con il resto della produzione aziendale.

Inutile dire che dovrà essere conforme a tutte le normative necessarie a consentirne l'omologazione sulle strade italiane.

Dimensioni e pesi del veicolo verranno stabiliti attraverso una serie di considerazioni di cui si parlerà man mano nel corso della trattazione: si deve cercare di dimensionare il veicolo in modo tale che non superi i limiti imposti per la categoria M1 e da permettere il mantenimento del maggior numero di componenti originali dell'autotelaio, come motore, sistema frenante, sospensioni e così via.

4.3 COME NASCE UNA LIMOUSINE

Nel seguito verranno brevemente descritte le fasi che costituiscono il ciclo di costruzione di una stretch limousine. Cerchiamo cioè di dare qualche elemento in più in modo da comprendere meglio quale processo sta alla base delle scelte che saranno fatte nel nostro progetto.

Inoltre, uno studio preventivo delle metodologie impiegate per questo tipo di operazione è necessario, per una migliore organizzazione di tutto il lavoro e per valutarne eventuali varianti al fine di ottimizzare il proprio progetto in base ai mezzi di cui si dispone e al veicolo su cui si dovrà lavorare.



Fig 4.1 veicolo di base: solitamente un modello già in commercio che più si presta a questo tipo di trasformazioni

Il primo passo per una conversione in limousine.

Solitamente l'auto di partenza è un modello commerciale : prima di iniziare ogni operazione viene rimosso ogni elemento che non interessa la trasformazione o che intralocerebbe il lavoro. Vengono quindi rimossi gli interni, gli sportelli, sconnessi gli impianti elettrici, gli organi di trasmissione' di illuminazione ecc

Una volta "spogliata", la vettura viene ricoperta con opportune protezioni per proteggere vernici e altri componenti che potrebbero altrimenti venire danneggiati durante la lavorazione (fig 4.3).



Fig 4.2 nel particolare si vedono coperture di protezione applicate a vetri e cruscotto



Fig 4.3

L'automobile deve ora essere separata: la difficoltà maggiore sta nel mantenere nella posizione e alla distanza prestabilita le due parti della vettura dopo il taglio, ed evitare deformazioni strutturali durante la lavorazione.

Un buon sistema consiste nell'ancorare opportunamente sezione frontale e posteriore del veicolo su due basi scorrevoli lungo "rotaie"..

Fig4.4



La vettura originale viene quindi tagliata, e le 2 basi scorrendo sulla rotaia porteranno le 2 sezioni del veicolo alla distanza prevista per l'allungamento.

Solitamente il taglio viene effettuato all'incirca nella mezzzeria del veicolo: viene precedentemente stabilito se effettuarlo davanti, dietro, o anche lungo il montante centrale, optando per la soluzione più semplice o più economicamente vantaggiosa in base alle caratteristiche costruttive del veicolo .

Come si può vedere nella figura 4.4, generalmente vengono applicate in modo provvisorio strutture tubolari di supporto, per scongiurare eventuali deformazioni della carrozzeria durante la fase di taglio. Tali strutture sono di norma mantenute per tutta la fase di allungamento e ricostruzione del veicolo.

Si procede quindi alla fase di ricostruzione, di tutto il gruppo telaio-scocca-carrozzeria.

Senza entrare nel dettaglio, questo implica la ricostruzione del pavimento della vettura e delle strutture portanti del telaio (longheroni..), facendo in modo che il montaggio delle componenti che

vengono aggiunte sia realizzato con la massima precisione, per garantire una struttura il più possibile robusta e confortevole.

Ovviamente anche il tetto, gli organi di scarico ed eventualmente di trasmissione subiranno le opportune modifiche conseguenti all'allungamento.

Nella figura 4.4 si vedono i 2 nuovi montanti delle porte anteriori installati dopo l'allungamento.



Fig 4.4 particolari nella saldatura dei nuovi brancardi

A questo punto l'attenzione si concentra sulla ricostruzione completa di tutto il nuovo scompartimento passeggeri.

Sul luogo vengono saldati subito i nuovi brancardi allungati.

Per quanto riguarda la parte strutturale sono montate strutture tubolari lungo le fiancate (fig 2).



Fig 4.6

Una volta installati i pannelli laterali il veicolo è pronto per la verniciatura.

Quest'ultima operazione, infatti viene fatta prima dell'installazione degli interni.

Infine si procederà con la personalizzazione degli esterni, come applicazione di vinili, cromature, acciai e quant'altro.



Fig 4.7

4.4 PARTE PORTANTE: TELAIO

La struttura portante di un autoveicolo è comunemente denominata telaio: essa è una struttura sollecitata da carichi esterni applicati al veicolo, quali quelli provenienti dai punti a terra delle ruote, attraverso i cinematismi e gli organi elastici della sospensione e quelli aerodinamici, applicati attraverso la carrozzeria e da carichi interni di tipo inerziale provocati dal peso proprio della struttura e delle masse concentrate, in essa contenute, quali ad esempio i passeggeri, il bagaglio, ed il motopropulsore; quest'ultimo, inoltre scarica sul telaio la reazione della coppia motrice.

Il telaio può essere di tipo *separato*, come quello dei veicoli industriali dei veicoli commerciali o appunto dei fuoristrada, o di tipo *integrato*, come quello delle scocche cosiddette "portanti". In questo caso non sono infrequenti applicazioni di telaio ausiliari, di telai cioè, che raccolgono alcuni carichi applicati attraverso strutture limitate ad una zona dell'autoveicolo.

Una breve analisi dei compiti strutturali del gruppo scocca-telaio di un autoveicolo, ci aiuterà comprendere meglio quali problematiche potrebbero conseguire da un'eventuale modifica, aspetto questo che il progettista non può certo trascurare

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE DI TELAI AUTOMOBILISTICI

4.4 .1 SCOCCA PORTANTE (*unibody*)

La scocca portante in lamiera stampata, o monoscocca, è da decenni la soluzione più adottata per le vetture di serie, ed attualmente viene scelta nel 94% delle vetture prodotte a livello mondiale.

Telaio e carrozzeria costituiscono un unico involucro; questa elevata diffusione è giustificata da vantaggi legati ad una grande adattabilità a volumi produttivi molto elevati, ottime prestazioni in termini di rigidità, comportamento a crash e sfruttamento dei volumi.

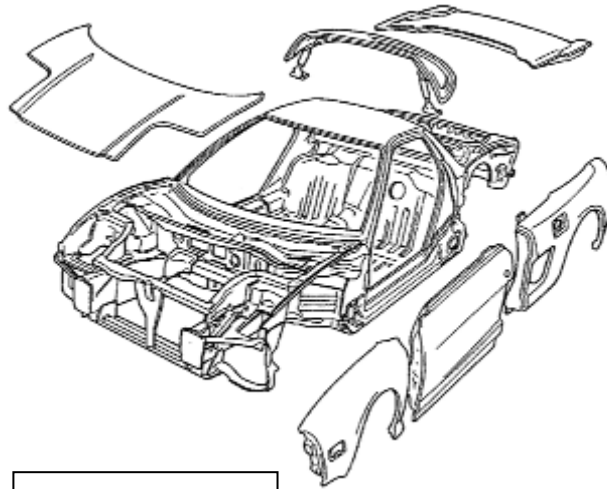


Fig 4.1

4.4.2 SPACE-FRAME

Per *space-frame* si intende una architettura costruttiva costituita da una ‘gabbia’ di profilati connessi tra loro mediante nodi rigidi. Rispetto ai telai tubolari la struttura è composta da un numero molto inferiore di elementi aventi però maggiori dimensioni.

A livello funzionale, rispetto alla scocca portante, tutti i pannelli esterni (fissi e mobili) danno un contributo strutturale secondario, anche se l’integrazione fra telaio e carrozzeria può differire a seconda delle specifiche applicazioni.

Lo *space-frame* si presta molto bene ad essere realizzato con leghe di alluminio, potendosi sfruttare con vantaggio molte tecnologie specifiche delle leghe leggere: la pressocolata (per i nodi di connessione), l’estrusione e la piegatura (per i profilati), lo stampaggio (per la carrozzeria e i pannelli strutturali).

Poiché i vari elementi che compongono il telaio sono tra di loro indipendenti, ognuno di essi può essere progettato e costruito in modo differente per materiale e tecnologia di produzione: ciò consente un’elevata specializzazione dei componenti in relazione alla loro funzione e permette un notevole livello di ottimizzazione, con una drastica riduzione del numero dei componenti ed un aumento della flessibilità.

A fronte di alcuni svantaggi in termini di automazione dei processi, lo space-frame presenta buone caratteristiche di rigidità e comportamento all'urto, che ne fanno una valida alternativa alla scocca portante per la produzione di veicoli caratterizzati da regimi produttivi di medio livello.

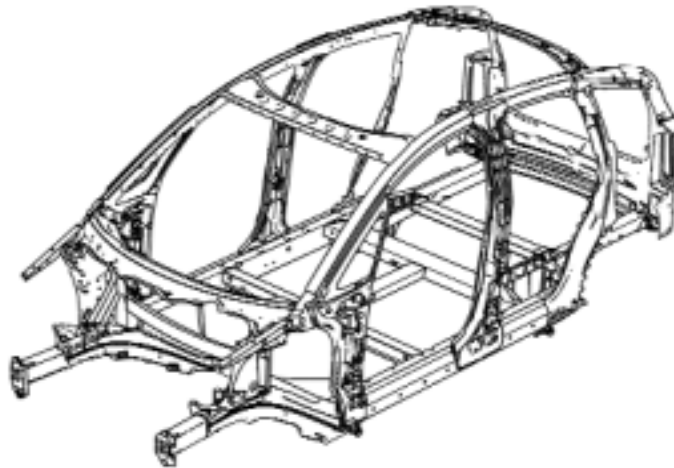


Fig 4.2

4.4.3 TELAIO A TRALICCIO TUBOLARE (*tubular chassis*)

E' costituito da un traliccio di tubi a sezione circolare o rettangolare (per semplificare le connessioni), saldati tra loro. La carrozzeria è costituita da pannelli fissati al telaio che non hanno compiti strutturali.

Tale soluzione è caratterizzata da ampi costi e tempi di produzione e assemblaggio impossibili da automatizzare efficacemente.

Garantisce invece elevate prestazioni unite a ottimi rapporti rigidità/peso: ecco perché trova applicazioni soprattutto in vetture di piccola serie o auto supersportive.

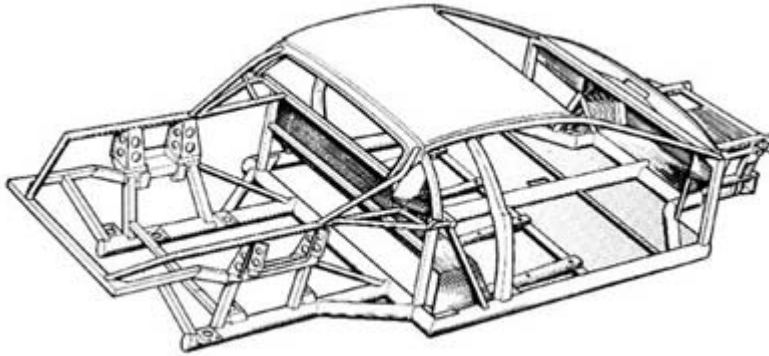


Fig 4.3

4.4.4 BACKBONE

Un elemento centrale tubolare di sezione rettangolare connette gli assi anteriore e posteriore, fornendo da solo quasi tutta la resistenza meccanica. Al suo interno trova posto l'albero di trasmissione (nel caso di motore anteriore e trazione posteriore), e ad esso è vincolato l'intero autotelaio. L'elemento centrale può essere costituito da un traliccio di elementi tubolari (come nei modelli della TVR, vedi Figura). E' una soluzione economica e adatta a vetture di ridotte dimensioni e con bassi regimi di produzione, ma carente nella rigidità, con bassa protezione da impatti laterali e poca convenienza nelle grandi produzioni di serie.



Fig 4.4

4.5 TELAIO A LONGHERONI (body on frame)

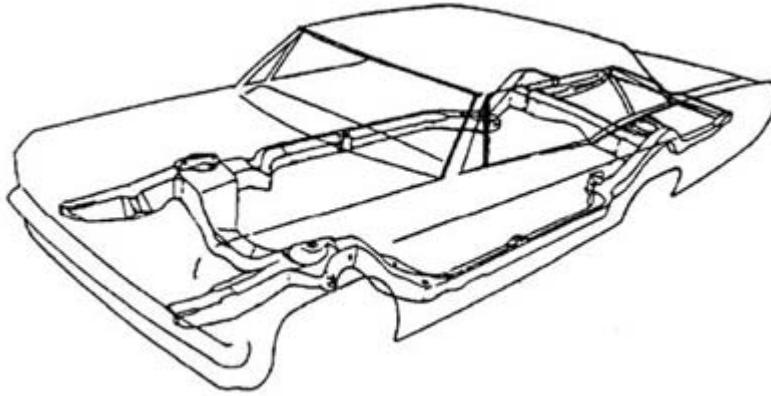


Fig 4.4

E' stato il primo schema costruttivo impiegato nella produzione di autoveicoli, ed è costituito da una struttura piana a forma di 'scala a pioli' (*ladder chassis*) composta da due elementi longitudinali -longheroni - connessi da membri trasversali - traverse - che forniscono resistenza alle forze laterali e conferiscono rigidità torsionale all'insieme. I punti di connessione fra traverse e longheroni sono generalmente rinforzati con piastre nodali saldate. La carrozzeria può essere connessa al telaio mediante tasselli elastici, che aumentano l'isolamento dell'abitacolo da rumore e vibrazioni e contribuiscono alla rigidità della vettura. A fronte della semplicità costruttiva e della versatilità (diverse carrozzerie possono essere montate sulla stessa struttura di base), il telaio a longheroni non viene normalmente impiegato per vetture di serie, a causa della bassa rigidità torsionale della struttura (a parità di rigidità il peso è superiore del 10-14% rispetto alla scocca portante) e per l'assemblaggio complesso e poco adatto all'automazione industriale.

Mediamente il telaio fornisce il 37% della rigidità torsionale e il 34% di quella flessionale; le quantità rimanenti sono fornite dalla struttura della carrozzeria.



Fig 4.4b Telaio a longheroni di un SUV: si notano i 2 longheroni laterali e le traverse centrali che formano una struttura “bidimensionale” a scala. Le traverse hanno il compito di rinforzare localmente la struttura specialmente per i carichi applicati dagli attacchi delle sospensioni o del motore. Inoltre, collegano i due longheroni fra loro aumentando si molto la rigidità torsionale del sistema

Possiamo riassumerne le caratteristiche come segue:

Vantaggi:

- Semplicità intrinseca della struttura con conseguente semplificazione della progettazione e dei processi di lavorazione ed assemblaggio;
- Versatilità: diverse carrozzerie possono essere montate sullo stesso telaio;
- Possibilità di isolare l’abitacolo mediante tasselli elastici;
- Integrazione delle traverse anteriore e posteriore con i paraurti.

Svantaggi:

- Bassa rigidità torsionale, dovuta principalmente alla bidimensionalità della struttura. A parità di rigidità il peso è superiore del 10-14% rispetto alla monoscocca;
- Assemblaggio complesso e labor-intensive.

Questa soluzione è stata adottata sulla quasi totalità di veicoli fino agli anni '40 (fino agli anni '70 negli USA), e attualmente vede la sua applicazione sui veicoli commerciali, sui fuoristrada e su gran parte dei *SUV* e *MPV*.

L' Hummer H2 appartiene a quella categoria di veicoli che sfruttano quest'ultima tipologia di telaio.

Nonostante infatti questa struttura come abbiamo visto presenta alcuni limiti rispetto alle più moderne soluzioni telaistiche resta ancora largamente impiegata in veicoli fuoristrada o industriali, veicoli nei quali potersi agevolmente muovere in ogni terreno , garantire una maggior protezione da urti e vibrazioni nonché una miglior sicurezza passiva per gli occupanti, e soprattutto poter sopportare carichi pesanti costituiscono i requisiti principali.

In più le moderne tecnologie di lavorazione (telai idroformati..) hanno contribuito a diminuire sensibilmente gli svantaggi del telaio a longheroni legati a valori inferiori di rigidezza torsionale propri delle scocche autoportanti.

Diamo perciò uno sguardo al telaio del H2, il quale sarà appunto soggetto ad una trasformazione necessaria per l'allungamento del passo.

4.5.1 TELAIO H2



Fig 4.5



Fig 4.6: telaio a longheroni dell'hummer h2. Le tre parti che lo compongono sono state colorate di 3 diversi colori

Il telaio dell'H2, colpisce proprio per le sue caratteristiche di elevata robustezza. Ciò sicuramente costituisce un notevole vantaggio considerando che la trasformazione comporterà un aumento del peso del veicolo.

Si può brevemente affermare che i progettisti Gm hanno realizzato una struttura che garantisce una elevatissima solidità nel campo dei fuoristrada, mantenendo allo stesso tempo un ottimo confort di guida. Non solo quindi, il telaio è stato realizzato per un buon comportamento su strada, ma anche per ottimizzare le performance su terreni rocciosi o sabbiosi, come le zone desertiche.

Un'attenzione particolare è stata posta sui bracci delle sospensioni, controllo sterzo e struttura di protezione.

Tutti i componenti sono stati incastolati parallelamente sopra i longheroni.

Questo garantisce una migliore protezione per gli urti col sottosuolo. Inoltre aiuta il veicolo a scorrere su ostacoli più facilmente lungo i longheroni.

L'H2 è stato creato con un lungo passo, larga carreggiata, ma sbalzi anteriori e posteriori corti per garantire al guidatore un controllo superiore, in ogni tipo di condizione di terreno o stradale.

In questo modo, è anche migliorata la guidabilità del veicolo in situazioni difficili, come passaggi in tra zone strette, senza il rischio di urtare con la carrozzeria.

Con i suoi pneumatici standard lt314/70R17 e una buona altezza da terra l'H2 ha un angolo di sbalzo anteriore di 43.4 gradi e di 39.7 gradi di sbalzo posteriore.

Speciali strutture sotto il telaio, come larghi scudi metallici esaltano ancora di più le sue caratteristiche di solidità.

Un telaio tubolare protegge la trasmissione e il sistema di scarico, con 2 catalizzatori. Questi sistemi a scudi, sono costituiti da sistemi di molle che ammortizzano l'urto in caso di contatto con superfici rocciose. La protezione, compressasi nell'urto riprende così la posizione originale sotto la guida delle molle.

Altre strutture di protezione sempre tubolari, a grande resistenza, sono disposte lungo tutto il telaio, in modo da proteggere i pannelli delle portiere e tutta la parte inferiore della vettura da urti presi in qualsiasi direzione.

4.5.2 COSTRUZIONE TELAIO: PARTI COMPLETAMENTE SALDATE

Il telaio "body on frame" del Hummer, realizzato con componenti completamente saldati tra loro, è composto da tre sezioni che incorporano numerosi elementi idrosaldati, che conferiscono una resistenza elevatissima, grande rigidità e una notevole accuratezza dimensionale.

Per rinforzare la zona frontale in caso d'urto, gli ingegneri GM hanno aggiunto rinforzi nella sezione rettangolare del telaio, enfatizzando la sua capacità di assorbimento energia, urto o collasso.

Il montaggio della trasmissione è garantito da particolari traverse piatte, che minimizzano le tensioni sui punti di saldatura.

Le tolleranze di montaggio di tutto il gruppo di propulsione sono piuttosto strette, al fine di ridurre ogni potenziale rumore, vibrazione e ruvidità nell'andatura (il cosiddetto NHV noise vibration harshness).

A causa della trazione integrale permanente dell'H2, gli ingegneri GM hanno lavorato molto sulla minimizzazione delle NHV trasmesse dall'assale anteriore sul telaio, elaborando un sistema speciale a 3 punti di montaggio per isolarlo.

Due montati connettono verticalmente l'assale al telaio, mentre il terzo lo assicura ad una traversa fissata tra i due bracci dello sterzo.

Sezione frontale.

La sezione frontale del telaio incorpora un gancio per il traino standard della casa madre, capace di far fronte a carichi elevatissimi. Sono particolari che possono sembrare superflui, ma che potrebbero influenzare sullo stile in sede di modifica: elementi come ganci, cerniere, ecc che sporgono dalla carrozzeria, a seconda delle esigenze possono essere disinstallati o mantenuti, ed in questa eventualità, il designer deve tenere conto di fori o aperture nella carrozzeria per permetterne l'accessibilità.

Sezione centrale

La parte centrale è costituita da un telaio tubolare realizzato mediante saldatura di più lamiere stampate, a sezione rettangolare.

La sua solidità e rigidità, aiutano a minimizzare le vibrazioni durante il moto, contribuendo ad una sensazione di guida confortevole, e fornendo la necessaria rigidità richiesta per gestire al meglio dossi e scosse. Prevede anche l'alloggio del serbatoio, posto anteriormente all'assale posteriore, per garantirne la massima protezione.

Sezione finale

La piccola sezione finale, ottenuta per idroformatura aiuta a creare un ampio angolo di uscita.

Sono rinforzati tutti i punti più sollecitati, anche tenendo conto della grande capacità di carico del vano portabagagli del H2.

Direttamente incorporato nel telaio è il gancio di traino posteriore: diversamente dagli altri SUV, sull' Hummer tale gancio è ricavato direttamente dall'ultima traversa e si sviluppa attraverso il paraurti: non è cioè un dispositivo esterno applicato al telaio tramite un montaggio convenzionale. Anticipando il lavoro del designer, questi dovrà modellare il nuovo paraurti in modo che anche questo apparato possa trovarvi spazio.

4.6 COMPITI STRUTTURALI

Compiti strutturali

I compiti della struttura del veicolo sono sostanzialmente quelli di sopportare le forze applicate e contenere le deformazioni da esse provocate.

Parlando di limitazione delle deformazioni, non si dimentichi che il problema non deve essere solamente affrontato dal punto di vista statico, ma anche da quello dinamico della limitazione delle ampiezze di vibrazione delle strutture e del conseguente rumore emesso nell'abitacolo.

4.6.1 Carichi esterni

I carichi esterni agenti sulla struttura del veicolo, durante la sua vita, possono essere classificati secondo due categorie fondamentalmente diverse:

- sovraccarichi istantanei
- carichi di fatica

La prima categoria può essere esemplificata da ciò che accade nel superamento di buche di grandi dimensioni, negli urti accidentali delle ruote contro i cordoli, nelle frenate e nelle curve al limite di aderenza su fondi asciutti, negli spunti violenti con marce basse.

E consuetudine considerare questi carichi alla stregua di quelli statici, introducendo dei coefficienti moltiplicativi rispetto ai valori stazionari; per i carichi legati all'aderenza si prevedono coefficienti prudenziali $\mu_{y p} = \mu_{x p} = 1, 2 \text{ 4-1, 3}$; per i carichi d'urto si conta su accelerazioni possibili di 4 4-7 volte l'accelerazione di gravità.

I carichi di fatica possono essere, viceversa, esemplificati dalla percorrenza di strade sconnesse in condizioni di pieno carico, di strade con pavimentazione a blocchetti (pavé) o di strade di prova artificialmente conformate, come ad esempio le strade con profilo ondulato asimmetrico.

La vita attesa da una struttura automobilistica è di almeno 200.000 km di uso normale; ogni costruttore ha progettato e realizzato dei percorsi di prova che permettono, con la loro maggior severità, di simulare la vita normale del veicolo in percorrenze abbreviate di 40/100.000 km, che

I carichi registrati in questi percorsi, correlati empiricamente con la vita reale del veicolo, possono essere ancora sintetizzati, eliminando i livelli inferiori al limite di fatica della struttura, per realizzare storie di carico che permettono di simulare al banco la vita della struttura in tempi ancora più ridotti.

Carichi statici e proprietà di massa

Standards	F	F	F	a/l	M
Di carico	(N)	(N)	(N)	%	(kg)
A vuoto	6800	4770	11570	41,2	1030
1 pers	7150	5120	12270	41,7	1100
2 pers	7500	5470	12970	41,2	1170
3 pers	7630	6040	13670	44,2	1240
3pers+30kg	7610	6360	13970	45,5	1270
5pers+ 50kg	7860	7710	15570	49,5	1430

Tabella 1

Un carico, sempre presente, è dovuto al peso proprio. Esso si scarica a terra, sugli pneumatici, attraverso gli elementi elastici e strutturali delle sospensioni. Le sospensioni, a seconda della loro architettura, distribuiscono il carico su tutti i punti di collegamento con la struttura del telaio, anche in direzioni diverse da quella verticale.

Per fare un esempio, nella sospensione MacPherson, nonostante il carico a terra in direzione verticale, il braccio inferiore della sospensione e l'attacco del gruppo molla-ammortizzatore applicano alla struttura del telaio una forza trasversale, generando una coppia che equilibra il momento formato dai carichi verticali applicati sulla ruota e dalla molla.

Dobbiamo ancora ricordare che il peso delle masse non sospese (ruote, pneumatici, montanti e freni, parte del peso delle aste connesse a questi elementi, ecc.) si scarica direttamente sul terreno, senza interessare la struttura del veicolo.

Il peso proprio e la distribuzione dei carichi a terra variano in funzione del numero delle persone a bordo del veicolo e del bagaglio trasportato; la condizione di carico viene anche denominata *standard* di carico.

Nella Tab.1 vengono riassunte le variazioni di carico a terra e di posizione longitudinale del baricentro per diverse configurazioni di carico di una vettura media, ipotizzando che ogni persona

Ogni massa aggiunta sposta la posizione del baricentro vettura secondo la seguente formula:

$$x_g = \frac{m_1 x_{g1} + m_2 x_{g2}}{m_1 + m_2}$$

dove x_{g1} è la posizione iniziale del baricentro del veicolo di massa m_1 lungo l'asse x della vettura, x_{g2} è la posizione del baricentro della massa aggiunta m_2 .

La tabella mette anche in evidenza una stima della massa sospesa, costituita principalmente dalla scocca con tutto il suo allestimento, dal motopropulsore, dai passeggeri e dal bagaglio.

Lo standard definisce anche il momento d'inerzia della massa sospesa, utile al calcolo del comportamento dinamico del veicolo. Considerando il consueto sistema di riferimento con assi x , y , z con origine nel baricentro e solidale alla massa sospesa, il veicolo, e con esso ogni sua parte, sono caratterizzati da un ellissoide di inerzia, i cui assi principali generalmente non coincidono con gli assi del sistema di riferimento.

Il tensore di inerzia del veicolo è quindi caratterizzato dai tre momenti di \dot{J}_{xx} , \dot{J}_{yy} , \dot{J}_{zz} e dai tre momenti centrifughi \dot{J}_{xy} , \dot{J}_{xz} , \dot{J}_{yz} , che spesso vengono trascurati, almeno nelle condizioni a vuoto.

La massa aggiunta dai passeggeri e dal bagaglio modifica, oltre alla distribuzione di massa, anche i momenti di inerzia secondo la formula seguente:

$$\dot{J}_{ii} = \dot{J}_{ii,1} + \dot{J}_{ii,2} + m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2$$

dove i pedici 1 e 2 si riferiscono, rispettivamente, al veicolo nelle condizioni originarie ed al corpo aggiunto, \dot{J}_{ii} è il momento di inerzia del singolo corpo rispetto ad un asse parallelo alla direzione i e passante per il proprio baricentro, m è la massa e d la distanza del baricentro del singolo corpo dall'asse i passante per il baricentro del sistema.

Con un'analogia formula possono essere calcolati i momenti centrifughi.

La determinazione sperimentale del baricentro di un veicolo può avvenire per mezzo di una pesatura. La norma ISO 10392 indica che, avendo a disposizione la misura delle masse sospese, m_1 , m_2 , m_3 , m_4 , riportate alle ruote anteriore sinistra, anteriore destra, posteriore sinistra e posteriore destra, la posizione del baricentro nel piano orizzontale viene determinata dalla.

$$x_g = \frac{m_3 + m_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

dove x_g è la distanza longitudinale del baricentro del veicolo dall'assale anteriore e l è il passo. La posizione trasversale del baricentro rispetto al piano di mezzeria (positiva verso sinistra) è data in funzione delle carreggiate anteriori e posteriori t_1 e t_2 :

$$y_g = \frac{t_1(m_1 - m_2) + t_2(m_3 - m_4)}{2(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)}$$

Si può determinare l'altezza dal terreno del baricentro sollevando i punti a terra di un assale e misurando le masse m' alle ruote dell'assale che rimane sul terreno. Se è l'assale posteriore ad essere sollevato, la formula da utilizzare è:

$$z_g = \frac{l(m'_1 + m'_2 - m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)\tan \theta} + R_{l,i}$$

Dove θ è l'angolo di sollevamento e $R_{l,i}$ è il raggio di rotolamento sotto carico dell'assale che rimane sul terreno; per il sollevamento dell'assale anteriore vale una formula analoga.

Carichi dovuti a manovre

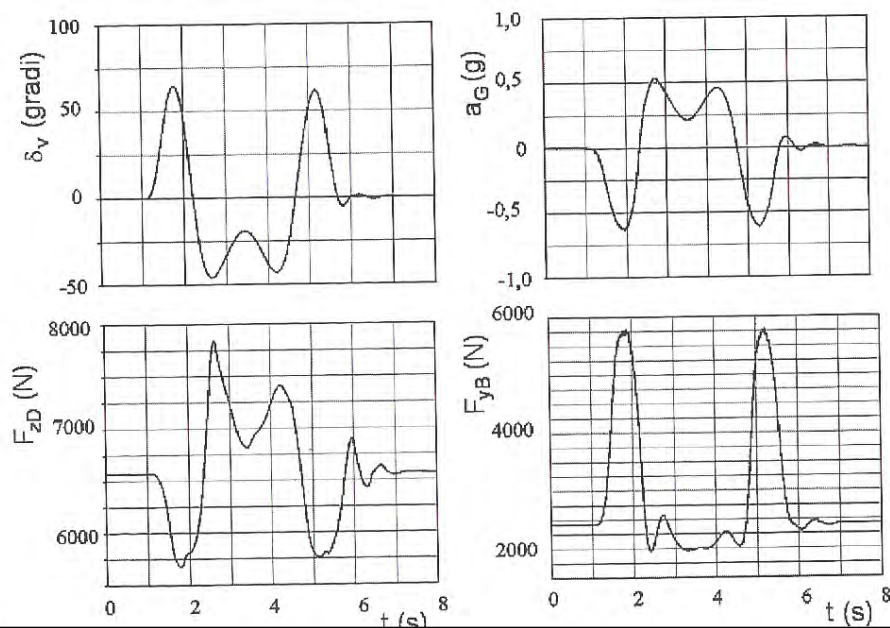


Fig4.7° registrazioni in funzione del tempo in una manovra di sorpasso ISO; in alto, l'angolo al volante e l'accelerazione trasversale nel baricentro; in basso, la forza

A causa dei comandi impartiti dal guidatore, la struttura del veicolo è soggetta a carichi variabili nel tempo che si aggiungono ai carichi statici. L'azionamento del volante, del pedale dell'acceleratore, del pedale del freno originano carichi al contatto tra pneumatici e terreno, per effetto delle forze causate dalla deriva e dello scorrimento. Tali carichi si distribuiscono sui bracci delle sospensioni e si comunicano alla struttura del telaio nei punti di collegamento. L'effetto finale sono le accelerazioni trasversali e longitudinali, che determinano il movimento globale del veicolo.

Per vetture di produzione si raggiungono al più accelerazioni trasversali di 1 g in curve al limite di aderenza e accelerazioni longitudinali di 1 g in frenata e di 0.4 g in accelerazione.

Le azioni inerziali, inoltre, provocano movimenti di beccheggio e di rollio della massa sospesa sulle sospensioni ed originano trasferimenti di carico tra i punti a terra delle ruote della vettura. In Fig. 4.7a vengono mostrati l'accelerazione trasversale sul corpo vettura ed il carico in due punti di collegamento della sospensione anteriore a quadrilateri, calcolati su una vettura in una manovra di sorpasso ISO. La simulazione è stata effettuata con un modello multi-body del veicolo, comprendente una descrizione completa della geometria delle sospensioni. Spesso i carichi a terra e gli scuotimenti delle sospensioni vengono calcolati con modelli di sintesi del veicolo (con sospensioni descritte funzionalmente mediante curve elasto-cinematiche), applicando successivamente i carichi massimi calcolati a modelli multibody o FEM di sospensione del veicolo.

Carichi dovuti ad irregolarità Stradali

La struttura del veicolo è soggetta anche a carichi dinamici a causa delle irregolarità stradali. Sotto queste azioni i sottosistemi del veicolo reagiscono dinamicamente, scambiando forze nei punti di connessione. In fig.4.7b sono riportati risultati della simulazione di una vettura su una pavimentazione molto sconnessa, utilizzata per prove di fatica. Il calcolo è stato effettuato con un modello a *telaio a longheroni* in cui sono state descritte le sospensioni principali e la sospensione motore. Sono evidenti gli elevati livelli di forza applicata alla struttura, sia dagli attacchi delle sospensioni, sia dagli attacchi del motore. I primi sono dovuti all'intervento del tampone, che per elevati scuotimenti della sospensione, progressivamente irrigidisce la caratteristica elastica a terra per evitare di impattare sui fine corsa della sospensione. I secondi sono dovuti a tamponamenti degli elementi elastici di collegamento.

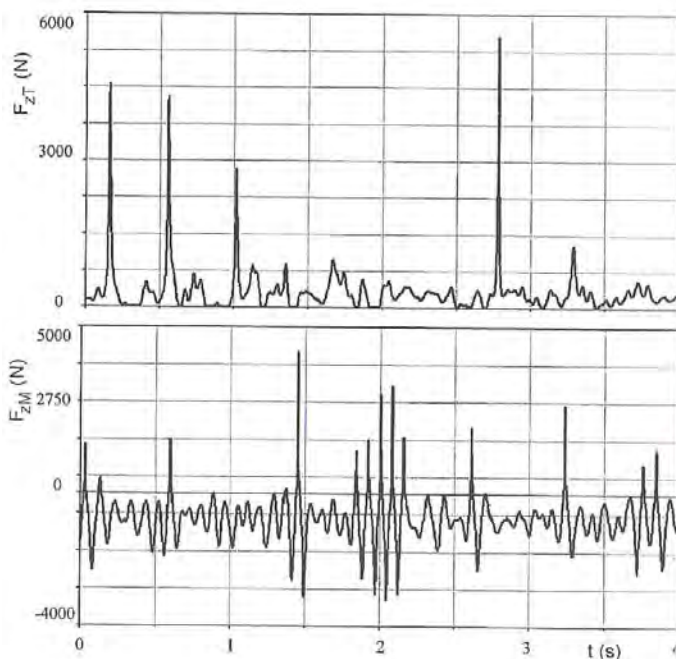


Fig4.7b simulazione dei carichi sul tampone della sospensione posteriore e sull'attacco di una vettura in transito su pavimentazione sconnessa.

4.5.2 Carichi interni

Le accelerazioni verticali generano, come abbiamo visto, forze inerziali sul motore che caricano i punti di collegamento tra la sospensione del motore e la struttura del telaio. Anche la coppia erogata alle ruote provoca delle reazioni sugli elementi che vincolano alla struttura del veicolo ed ai punti di

reazione del cambio e del differenziale. Nel caso di vetture a motore e trazione anteriore, le due coppie insistono sugli stessi attacchi del motopropulsore. I carichi interni che cimentano la struttura del veicolo, sono inoltre dovuti a masse concentrate in esso contenute, alcune delle quali in movimento. Appartengono a questa categoria le masse dotate di moto alterno nei motori a combustione interna. Il meccanismo del motore è costituito da un sistema a biella e manovella, che conferisce allo stantuffo un moto di tipo alternativo; Per rappresentare le forze applicate dal manovellismo alla struttura del veicolo, usuale scomporre la massa ed il momento d'inerzia della biella in due parti, rispettivamente solidali con lo stantuffo e con il bottone di manovella. Le masse delle due parti in cui viene scomposta la biella contribuiscono a definire , rispettivamente insieme allo spinotto e lo stantuffo e lo stantuffo ma ed insieme alla massa non equilibrata del gomito ma la massa alterna e la massa rotante.

Detti ω , omega la velocità angolare del motore, r il raggio di manovella, la rotazione dell'albero motore provocherà per ogni gomito una forza centrifuga non equilibrata pari a:

$$F_c = m_r \Omega^2 r$$

Trascurando la flessibilità del basamento, le forze centrifughe di ogni cilindro si comporteranno settorialmente con quelle degli altri , molto spesso dando luogo ad una risultante nulla ed un momento risultante non nullo. Detti invece

θ l'angolo di rotazione della manovella

l la lunghezza fra i centri dei perni della biella

α il rapporto di allungamento del manovellismo, dato da r/l

Ogni massa alterna dotata di moto applicherà sul basamento del motore una forza pari a:

$$F_a = -m_a \Omega^2 r (\cos \theta + \alpha \cos 2\theta)$$

La formula approssima l'accelerazione della stantuffo con sviluppo in serie di fourier limitato a due termini; anche in questo caso, le forze applicate dai vari cilindri andranno sommate fra loro in modo vettoriale, tenendo in considerazione l'orientamento dei diversi gomiti. Queste non sono le uniche masse dotate di movimento; in molti casi anche altre masse sospese in modo elastico, come il volante, ed il sistema di scarico possono generare delle forze interne non trascurabili.

4.7 RIGIDEZZA

Sicuramente questo è l'argomento che più ci interessa nell'ambito del nostro progetto.

La rigidità della struttura del veicolo ha un'importanza fondamentale per determinare il comportamento di una vettura, direzionale e vibratorio.

È altresì importante per assicurare che deformazioni dovute a carichi elevati non siano così grandi da influenzare il funzionamento del veicolo, ad esempio impedendo l'apertura o la chiusura delle porte od alterando la geometria di lavoro delle sospensioni.

La rigidità flessionale K_f è definita come il rapporto tra il carico utile applicato alla freccia causata dallo stesso in un punto della struttura prossimo alla mezzeria del passo; raramente il raggiungimento di valori accettabili risulta problematico, avendo soddisfatto tutti gli altri requisiti strutturali, salvo che in veicoli industriali abbastanza lunghi.

La rigidità torsionale K_t è invece definita come rapporto tra coppia di rollio applicata ai mozzi dell'assale anteriore e la rotazione ottenuta, avendo vincolato il veicolo attraverso i mozzi dell'assale posteriore. In questa esperienza ideale, gli elementi elastici delle sospensioni (primari e secondari) devono essere sostituiti con altrettanti elementi di pari dimensioni, ma infinitamente rigidi.

Per comprendere l'importanza della rigidità torsionale, ricorriamo al semplice schema di fig 4.8

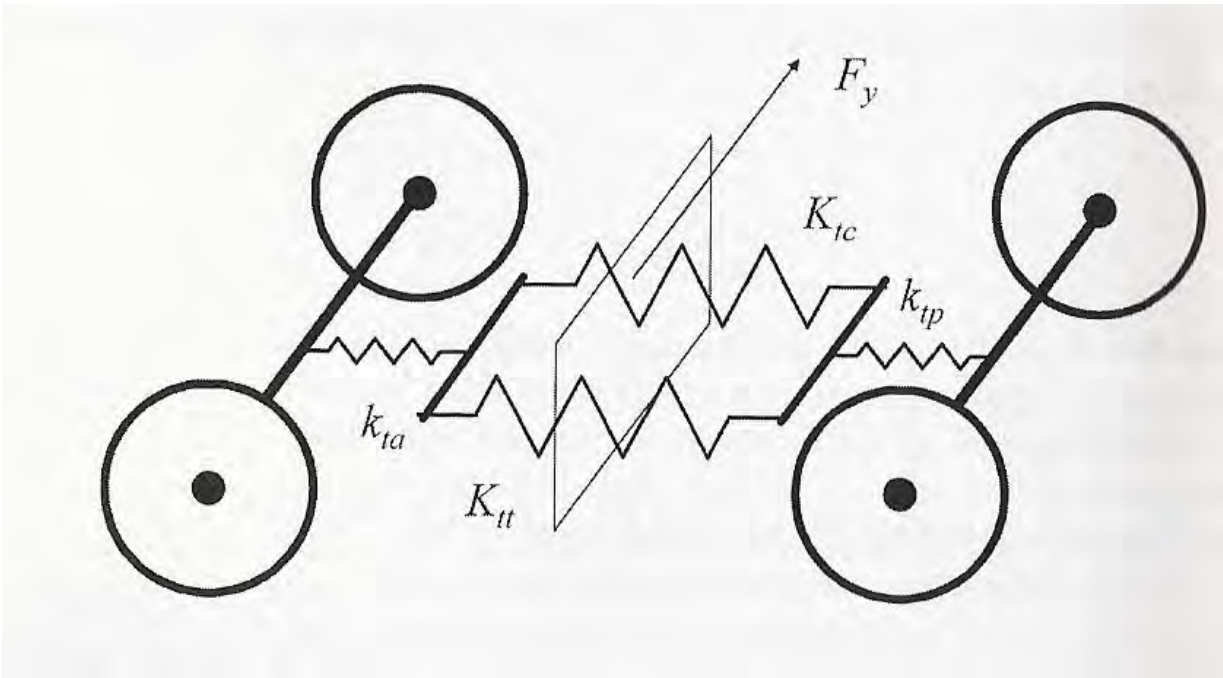


Fig 4.8. Schematizzazione elementare della rigidità torsionale di un veicolo: k_{ta} e k_{tp} rappresentano le rigidità torsionali dei due assali, mentre K_{tc} e K_{tt} rappresentano le rigidità torsionali della carrozzeria e del telaio di un ipotetico veicolo a telaio separato (come l'Hummer H2)

Il veicolo è schematizzato mediante quattro elementi tridimensionalmente elastici, rispettivamente:

La scocca, con rigidità torsionale K_{tc}

Il telaio, con rigidità torsionale K_{tt}

La sospensione dell'assale anteriore, con rigidità torsionale k_{ta}

La sospensione dell'assale posteriore con rigidità torsionale k_{tp}

In questa schematizzazione semplificata supponiamo che gli assali siano innestati sulla struttura del veicolo, composta da telaio e scocca, mediante sezioni infinitamente rigide. Supponiamo ancora che la massa sospesa del veicolo sia concentrata nel suo baricentro e che la sua posizione non risenta delle deformazioni elastiche della struttura.

Se il veicolo è sottoposto ad una certa forza trasversale F_y a seguito ad esempio, di un inserimento in curva, il momento di rollio applicato sarà:

$$M_x = F_y h_g$$

Dove h_g è l'altezza del baricentro da terra.

Il momento di rollio sarà eguagliato dai momenti elastici di reazione dei due tronconi del veicolo e degli assali, dati da:

$$M_x = \varphi \left[\left(\frac{2}{K_{tc} + K_{tt}} + \frac{1}{k_{ta}} \right) + \left(\frac{2}{K_{tc} + K_{tt}} + \frac{1}{k_{tp}} \right) \right]$$

Dove φ è l'angolo di rollio. La formula è ricavata considerando la posizione in serie ed in parallelo degli elementi elastici: elementi elastici in parallelo, come la scocca ed il telaio, sommano la loro rigidità, mentre quelli in serie, come le sospensioni e la struttura del veicolo sommano la loro flessibilità.

Abbiamo visto l'importanza del trasferimento di carico nel determinare la rigidità di deriva di un assale, e possiamo intuire anche se non è stata ancora spiegata, l'importanza della differenza del trasferimento di carico fra gli assali nel dominare il comportamento sottosterzante di un veicolo.

Infatti, l'assale che assorbirà il maggiore trasferimento di carico sarà quello sottoposto ad angoli di deriva maggiori a parità di forze trasversali: nel nostro esempio semplificato, il rapporto fra i trasferimenti di carico è dato da:

$$R_t = \frac{\frac{2}{K_{tc} + K_{tt}} + \frac{1}{k_{ta}}}{\frac{2}{K_{tc} + K_{tt}} + \frac{1}{k_{tp}}}$$

Possiamo renderci conto come questo rapporto sia controllato dalla rigidità delle sospensioni e delle barre (rapporti k_{ta} e k_{tp}) solo se la rigidità delle telaio e della scocca sono molto più grandi, in maniera da rendere trascurabili i primi termini del numeratore e del denominatore, che esprimono R_t . In altre parole, se la struttura del veicolo non è sufficientemente rigida, sarà quest'ultima a determinare il comportamento direzionale del veicolo, indipendentemente dalla rigidità delle sospensioni e delle barre.

Se ora supponiamo di superare con una delle due sospensioni un ostacolo asimmetrico, tale da imporre, ad esempio, all'assale anteriore un angolo di rollio φ , per questo fatto si sarà imposto al veicolo una coppia di rollio M_x , tale da soddisfare alla seguente condizione:

$$M_x \left(\frac{1}{k_{ta}} + \frac{1}{k_{tp}} + \frac{1}{K_{tc} + K_{tt}} \right) = \varphi$$

L'angolo di torsione a cui è sottoposta la struttura del veicolo è espressa dal terzo termine fra le parentesi; poiché telaio e scocca devono, per congruenza, ruotare dello stesso angolo, il rapporto R_c fra le coppie, che insistono sui due elementi, è dato da:

$$R_c = \frac{K_{tc}}{K_{tt}}$$

Ovvero, sarà l'elemento più rigido tra i due ad assorbire la massima sollecitazione torsionale; occorre quindi che rigidità e capacità di sollecitazione siano fra loro proporzionate. Una scocca molto rigida dovrà anche essere molto resistente; questo fatto spiega perché carrozzerie in legno su telai in acciaio furono realizzate con giunzioni molto flessibili fra i vari elementi dell'ossatura, oppure ci aiuta a comprendere come, in una scocca portante, la struttura del tetto possa mostrare rotture di fatica quando portata ad assorbire carichi eccessivi, a causa di un pavimento molto flessibile.

Inutile ancora ricordare che deformazioni eccessive possono causare problemi nell'apertura degli sportelli e cigolii, a causa dei moti relativi dei componenti della carrozzeria, causati dalle sue deformazioni.

Possiamo ritenere che i valori accettabili di rigidità flessionale siano compresi nell'intervallo tra 700 e 1000 N/mm, mentre per la rigidità torsionale sono accettabili valori fra 70000 e 140000 Nm/rad.

Nel seguito descriveremo brevemente le più diffuse tipologie costruttive di telai automobilistici, in modo da capire in che modo è costruito l' Hummer H2 e quali siano le sue principali caratteristiche.

4.8 TAGLIO TELAIO

Questa operazione, è ovviamente quella che più di ogni altra altera le caratteristiche originali del veicolo e deve essere progettata in modo da mantenere la rigidità strutturale e una buona performance minimizzando allo stesso tempo i costi e riducendo la complessità dell'assemblaggio. In questa sede, non ci dilungheremo in modo dettagliato sull'intero processo di ricostruzione del telaio allungato.

Tuttavia, avere un'idea riguardo a cosa consiste questa operazione, le problematiche che implica, o le metodologie più idonee (quindi meno costose), ci è ugualmente di grande utilità; si può infatti stimare di quanto può essere allungato il passo, e dove possono essere effettuati i tagli. Tutti elementi che possono incidere sulle scelte stilistiche che apporteremo alla carrozzeria.

Modifiche del passo

- fare attenzione ai valori modificati del peso dell'autotelaio, e del *diametro di sterzata*.
- applicare i punti di sezionamento in modo da non separare nessuno dei fori presenti sul longherone
- i tagli non possono essere effettuati in prossimità di punti di applicazione del carico, guide e sospensioni degli assali e variazioni del profilo (piegature a gomito, rientri del telaio).

Solitamente comunque il longherone viene sezionato nella parte poco più avanti alla sospensione posteriore (fig 4.9).

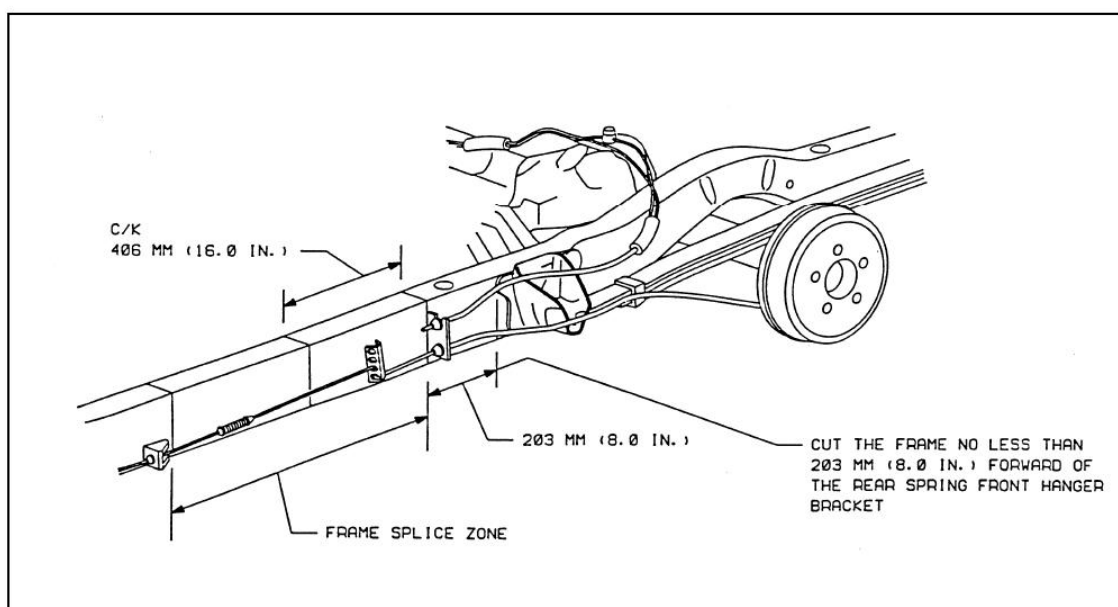


Fig4.9 zona in cui è meglio sezionare il telaio

Dopo le modifiche del passo è necessario rinforzare l'autotelaio con un *telaio di montaggio* passante.

Oltre certe misure, è necessario montare *traverse supplementari*, che devono essere progettate secondo i seguenti criteri:

- Adeguata rigidità verticale per prevenire fenomeni di risonanza dovuti alla rotazione degli elementi della trasmissione.
- Forza adeguata per sopportare il carico dovuto ai supporti della trasmissione nel rispetto del massimo carico verticale dovuto all'accelerazione.
- Le traverse devono essere solidamente saldate, ancorate, fissate al telaio.
- Progettate per evitare ogni ritiro di materiale
- Non deve sporgere eccessivamente sotto la struttura inferiore e i longheroni per prevenire contatti col suolo durante la percorrenza.

Se vengono modificati gli *sbalzi*:

- Un'eccessiva estensione posteriore offre la possibilità di scaricare la parte frontale del veicolo. Questo potrebbe causare variazioni nello sterzo, nelle caratteristiche di frenatura e di stabilità indesiderate
- Un'estensione posteriore del telaio deve essere lunga abbastanza da proteggere le componenti fragili (come ad esempio il *serbatoio della benzina*) e corto sufficientemente per eliminare un effetto negativo sull'*angolo d'uscita* e l'*angolo di rampa*. E' inoltre necessario verificare il carico rimorchiabile ed eventualmente ridurlo.

E' facile vedere quindi che l'allungamento del passo di un veicolo risulta un'operazione che può comportare rischi per la solidità del veicolo: ecco perche molto spesso, per veicoli soggetti a tali trasformazioni, le case costruttrici stesse forniscono direttive su come effettuare le modifiche al telaio, indicando le caratteristiche limite dei materiali, le zone in cui è meglio sezionare il telaio, e soprattutto gli intervalli di lunghezza in cui è possibile operare utilizzando componenti forniti dallo stesso costruttore per non dover richiedere l'autorizzazione dai reparti competenti (in genere il costruttore stesso).

Infatti, allungamenti estremi, o che vanno al di là da quanto previsto dal costruttore, possono comportare una domanda di autorizzazione comprendente i disegni coi dati relativi alla modifica e alla sovrastruttura: posizione dei tagli, misure di rinforzo, linea alberi di trasmissione, impiego.

Nel seguito è stato approntato un calcolo che ha il fine di mostrare come l'allungamento del passo comporta un considerevole aumento del *momento flettente* e delle *tensioni flessionali* sul longherone del telaio, che nel caso dell'Hummer H2 può essere trattato come una *trave a sezione rettangolare*.

Dai dati forniti dal costruttore conosciamo:

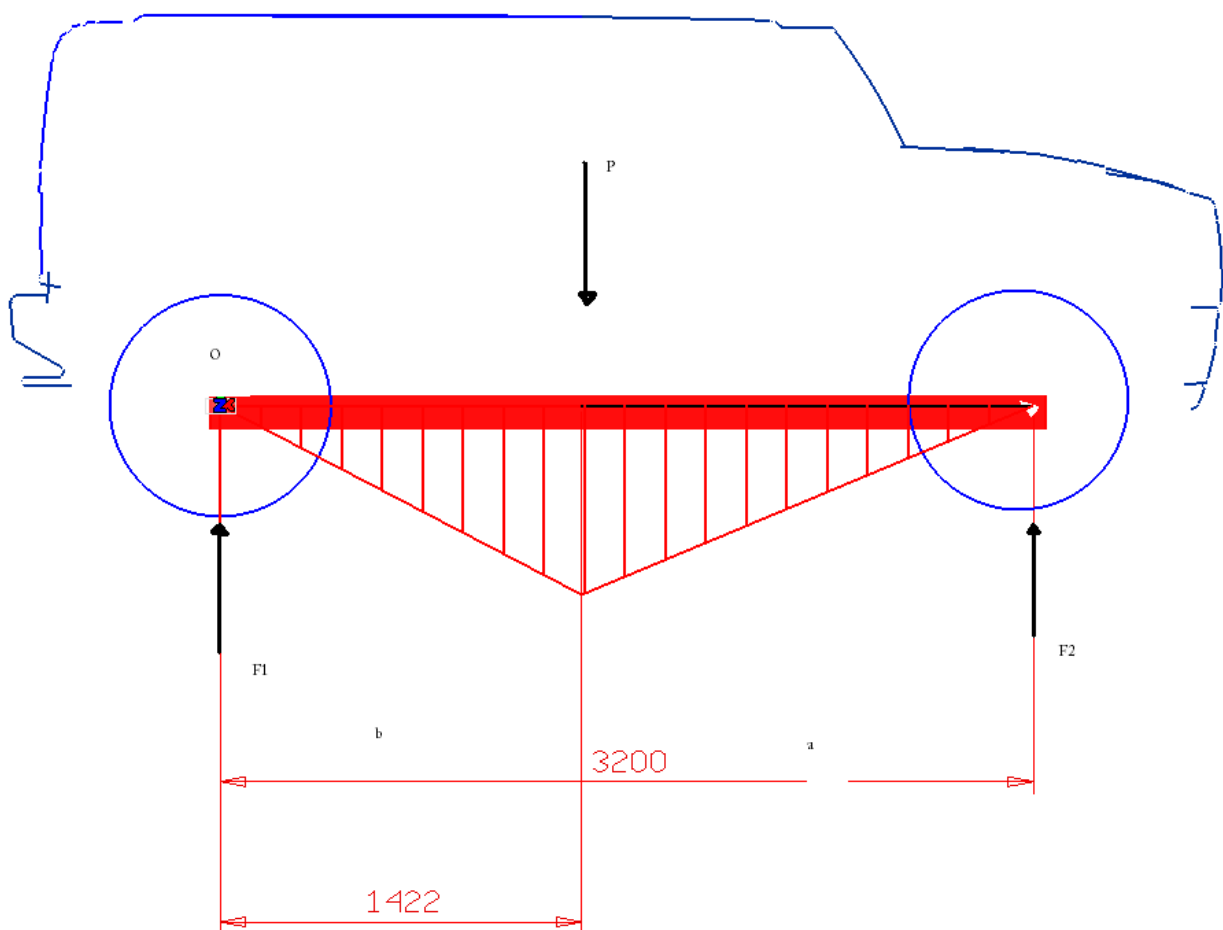
Il passo = 3200mm

Il massimo carico sopportabile dal veicolo = 2200lb = 996kg

Il massimo carico possibile sull'assale anteriore = 977 lb = 442kg

Il massimo carico possibile sull'assale posteriore = 1223 lb = 444kg

E' stato così possibile calcolare la posizione longitudinale del baricentro tramite semplici equilibri alla rotazione intorno al punto O:



$$F_1 c * P b = 0$$

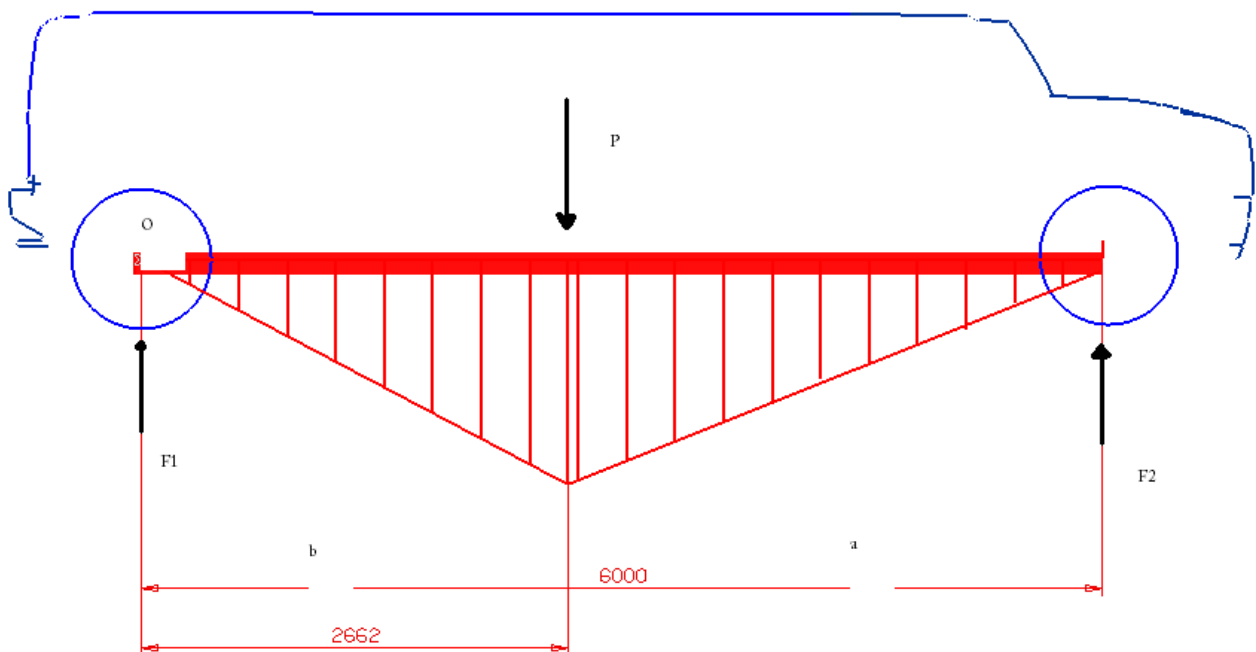
Si ricava che la lunghezza di $b= 1422\text{mm}$ e $a=1778\text{mm}$

Il momento flettente massimo sarà :

$$M_f = 554 * 1422 = 787,788\text{Nm}$$

Vediamo cosa accade allungando il passo a 6m ,misura come si spiegherà più avanti verrà scelta per il nuovo veicolo..

Il dati non cambiano poiché come abbiamo detto, non si vogliono modificare le sospensioni del veicolo originale. Perciò in ogni modo il veicolo non potrà pesare più di 996 kg dell'originale.



$$F_1c * Pb = 0 \text{ si trova che } b= 2662\text{mm}$$

Il momento flettente massimo sarà

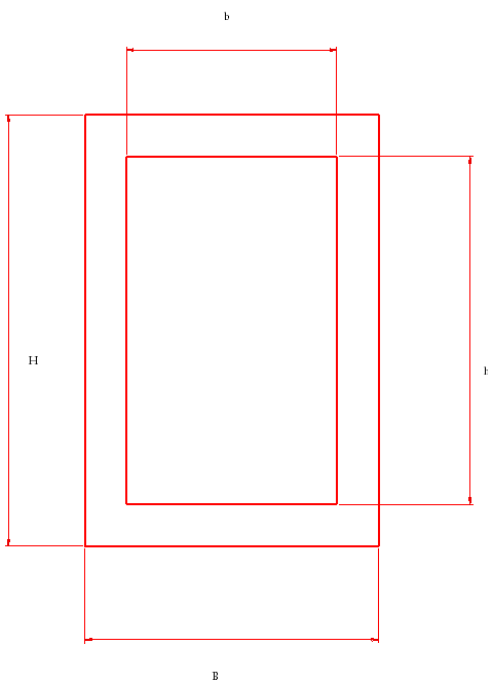
$$M_f = 2662 * 554 = 1474,748Nm .$$

Si vede come il massimo momento flettente è aumentato. Se si vuole calcolare il massimo momento flettente su un solo longherone si dovrà dividere per 2.

Nel caso si volessero calcolare le tensioni flessionali, noto il modulo di resistenza W per sezioni rettangolari:

$$W = (BH^3 - bh^3) : 6H$$

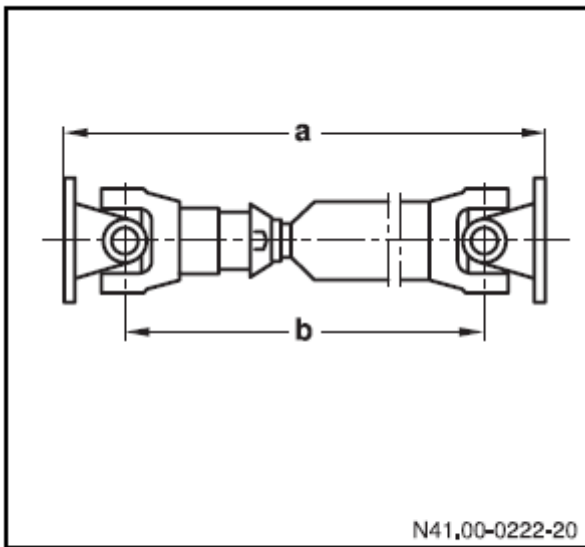
$$\sigma_f = \frac{M_f}{W}$$



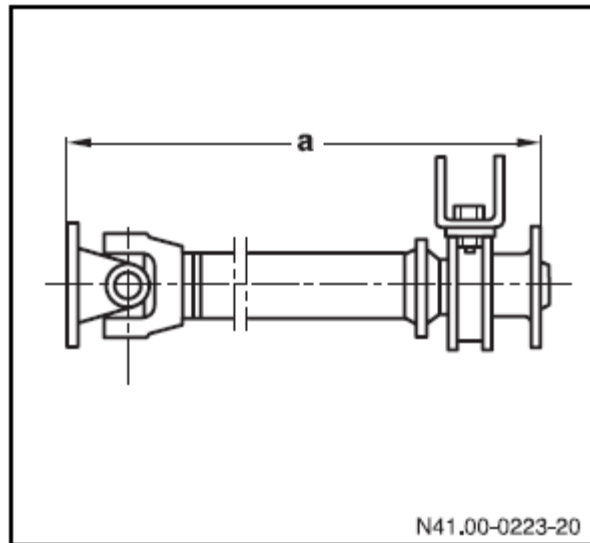
Concludiamo, sottolineando che un allungamento del telaio implica anche :

- una modifica di tutti gli impianti che legati alla lunghezza del veicolo: fili elettrici, impianto alimentazioni, condotti areazione, impianto di scarico...

- nei veicoli a trazione posteriore, o come nell'Hummer H2, a trazione integrale l'allungamento della trasmissione. Una cattiva progettazione della trasmissione rischierebbe di creare *vibrazioni e rumori*, che riducono la durata dei gruppi e possono provocare danni. Anche in questo caso come per il telaio, talvolta la casa costruttrice prevede alcuni range di allungamento, in cui vengono specificate dimensioni del tubo dell'albero di trasmissione, modalità di connessione tra più alberi di trasmissione, eventuali angoli di inclinazione.



Albero di trasmissione
 a Lunghezza di esercizio
 b Lunghezza albero ammessa



Albero intermedio
 a Lunghezza di esercizio

Fig 4.10

In caso di modifiche al passo ci si può riferire alla disposizione e alla lunghezza degli alberi di trasmissione di un veicolo di serie analogo. Il diametro e lo spessore della parete del tubo deve corrispondere a quella di serie. Se necessario utilizzare più alberi di trasmissione con supporto intermedio.

CAPITOLO 5. CARROZZERIA

In questo capitolo verrà effettuata un'analisi della *carrozzeria* del veicolo, che aiuterà a comprendere meglio quali parti della struttura sarà possibile modificare: motivi economici e legislativi staranno spesso alla base delle considerazioni e delle decisioni che verranno effettuate.. La carrozzeria dell'Hummer H2 è connessa al telaio tramite ancoraggi costituiti da tasselli elastici, soluzione come abbiamo visto tipica per quei veicoli che presentano un telaio a longheroni e traverse



Fig 5.1 e 5.1b: particolari di attacchi di una carrozzeria ad un telaio a longheroni. I componenti rossi sono tasselli elastici di materiale gommoso.

Parte degli sforzi torsionali e flessionali che subisce il veicolo, devono essere sopportati anche dalla carrozzeria: possiamo dire che questa è composta da una scocca, che ne costituisce l'elemento portante, e altre componenti, dette appunto parti mobili, come le porte laterali, il cofano, il portellone posteriore, che hanno una funzione strutturale limitata. Come vedremo in seguito fa eccezione il parabrezza, che, specialmente quando è incollato alla scocca apporta un contributo non trascurabile. Anche i parafanghi, di solito avvitati alla scocca, fanno parte delle parti mobili.

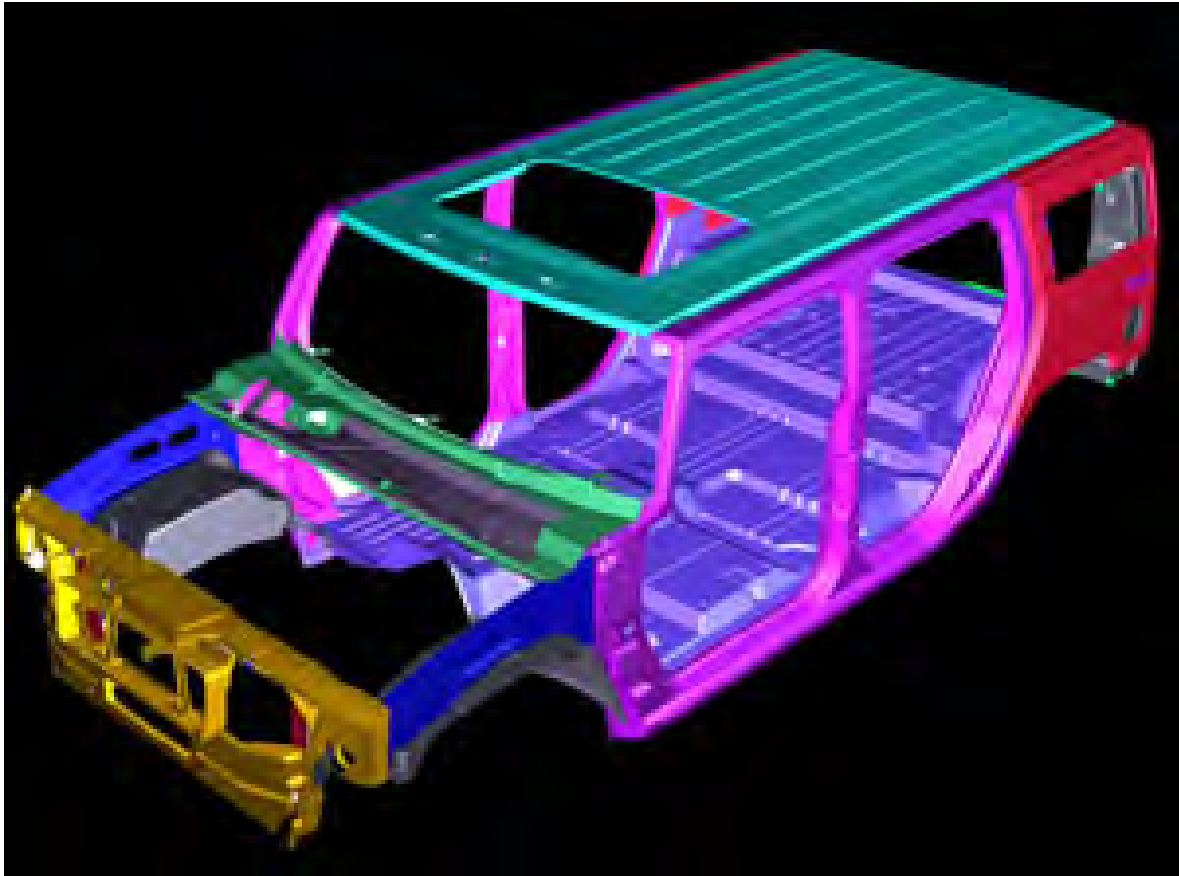


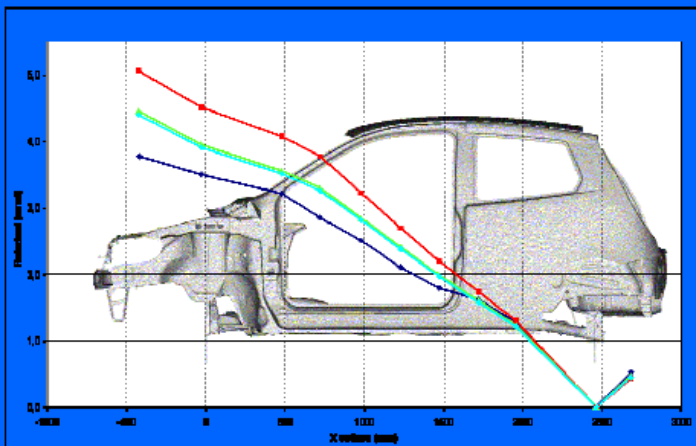
Fig 5.2 struttura portante della carrozzeria dell'Hummer H2: non sono presenti parti mobili quali sportelli vetri o pannelli in lamiera.

Prima di analizzare più in dettaglio questi aspetti, vengono mostrate alcune immagini che mostrano quanto, attualmente, le case automobilistiche dedichino una particolare attenzione all'analisi strutturale del gruppo telaio-carrozzeria di un veicolo in fase di progettazione. Non solo per aumentare il livello di sicurezza e robustezza dei nuovi autoveicoli, ma anche per studiarne le risposte a sollecitazioni torsionali e flessionali responsabili in primis del confort e della durata della vettura.

Esempio di valori di rigidità torsionali rilevati determinando il contributo dei diversi elementi di allestimento scocca

Allestimento vettura	K_t [daNm/rad]	Increment. relativo	Increment. %	Errore misura	Errore ripetibilità
Scocca nuda	56000	0%	0%	1%	< 1%
+ Parabrezza	62500	12%	12%	1%	< 1%
+ Cristalli laterali 3° luce	62500	0	0	1%	< 1%
+ Portellone con lunotto	68500	10%	22%	1%	< 1%
+ Porte anteriori	70000	2%	25%	1%	< 1%
+ Porte posteriori	71000	1%	27%	1%	< 1%

Esempio di linee elastiche torsionali scocca rilevate



Esempio di studio qualitativo della linea elastica torsionale:

indice che consente di individuare le sezioni scocca in cui la soluzione progettuale risulta maggiormente sovradimensionata o sottodimensionata.

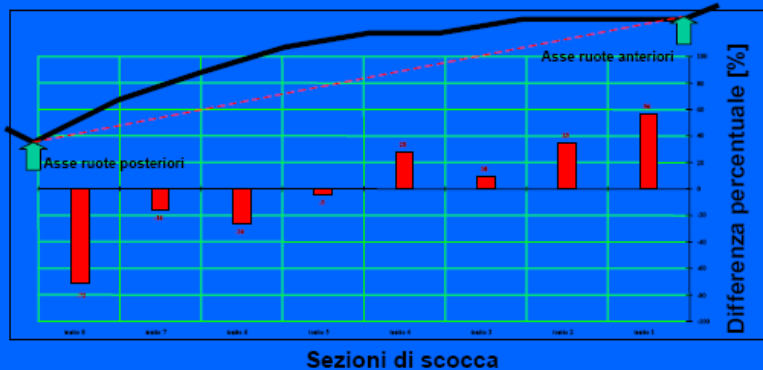


Fig 5.3.

Parametri tecnici considerati:

- K_T BIW – Scocca Allestita
- Linea Elastica Torsionale
- K_F BIW – Scocca Allestita
- Linea Elastica Flessionale
- Deformate vani
- Pesì scocca
- Efficienza (K_T /Peso)
- K_T normalizzata al passo

Legenda:

- BIW: Body In White (scocca nuda)
- K_T : rigidità torsionale
- K_F : rigidità flessionale

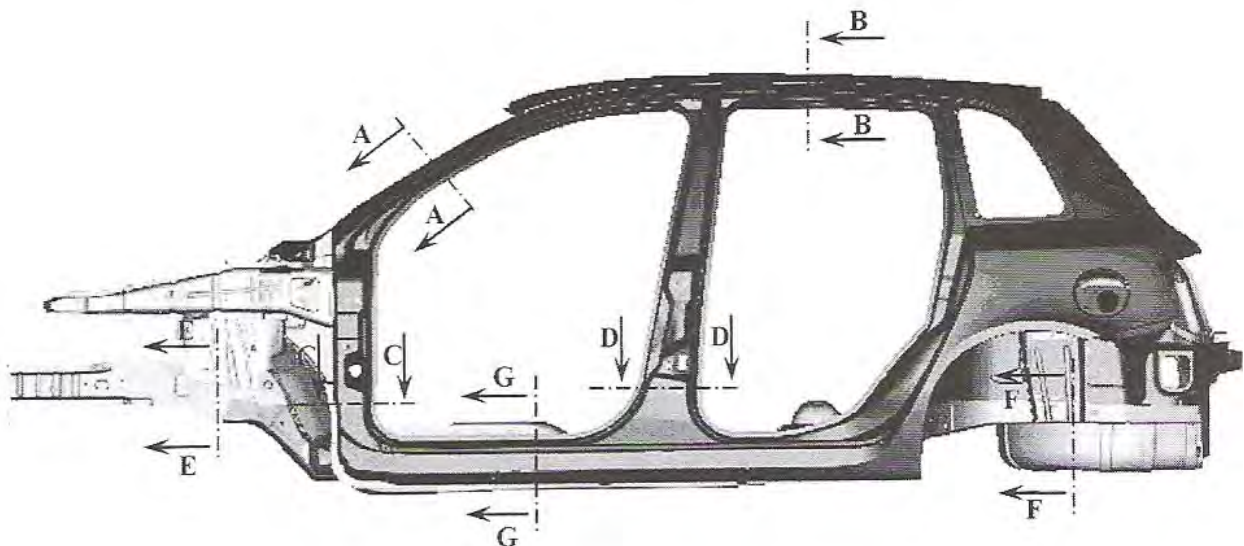
Nella **fig 5.3** è riportato un grafico che mostra l'andamento delle rigidità torsionale e flessionale della scocca su una automobile, mostrando le variazioni dovute all'aggiunta di componenti quali alcune parti mobili sopra citate, come cristalli, parabrezza e sportelli.

Nel nostro contesto, studi e sperimentazioni simili ovviamente non sono possibili, in quanto richiederebbero apparecchiature costose e lunghi tempi di progetto.

Tuttavia questo dimostra quanto sia importante avere un'idea generale di come sia strutturata una carrozzeria automobilistica; queste informazioni saranno molto utili al progettista che dovrà stabilire quali modifiche apportare, senza alterare le caratteristiche di resistenza o rigidità della struttura originale oppure nel valutare i costi che tali modifiche possono comportare.

Verrà svolta quindi un'analisi della carrozzeria che interesserà sia gli elementi strutturali sia i componenti, esterni ed interni, ad essa connessi che ci aiuterà a capire in che modo potremmo definire un nuovo disegno della carrozzeria.

5.1 CARROZZERIA: ANALISI E TAGLIO



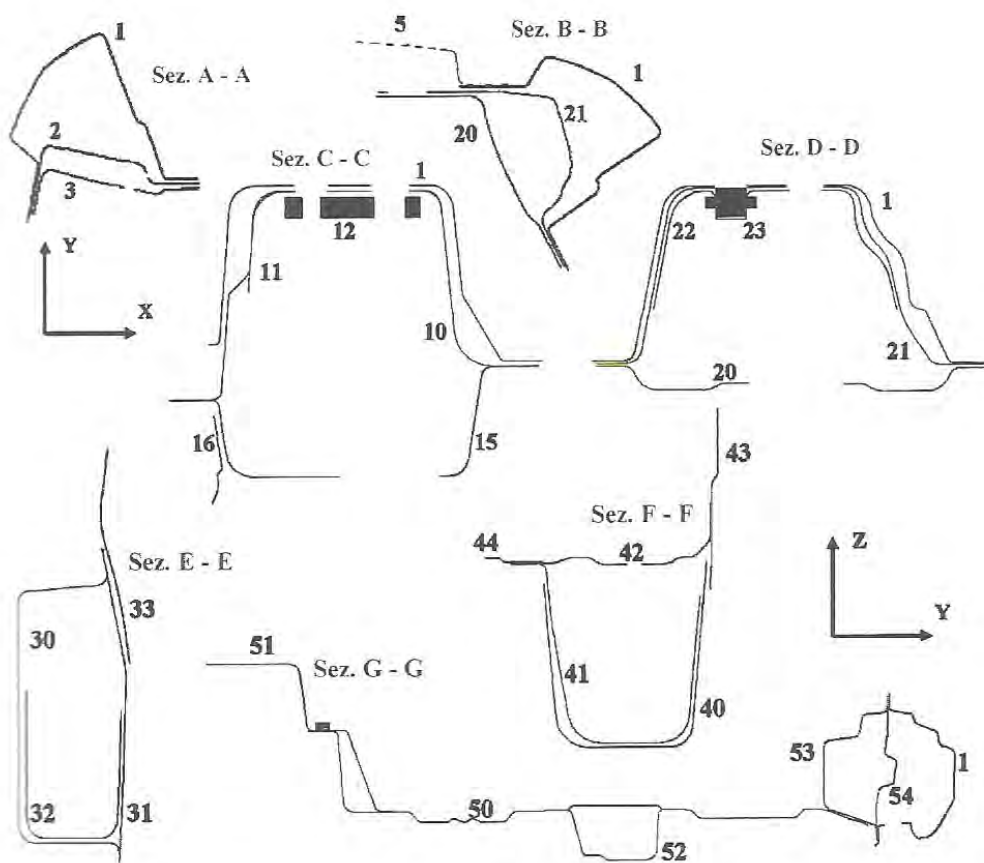


Fig 5.4a ,b : vista laterale della scocca di un generico veicolo. Sono tracciate le diverse sezioni i cui profili sono riportati nella figura sottostante

Per comprendere come in generale è costruita la parte strutturale di una carrozzeria faremo riferimento alla figura, in cui vengono analizzate in dettaglio le sezioni principali, in modo da chiarire come un insieme di particolari stampati, possano realizzare strutture a trave, di cui si è parlato nel capitolo precedente.

La sezione A-A si riferisce alla zona del montante parabrezza destro, che si interfaccia da un lato con il parabrezza e dall'altra con la porta anteriore: si può vedere come la sezione resistente sia ottenuta dalla giunzione tra il fianco esterno 1 e la longherina montante del parabrezza 3, interponendo una lamiera di rinforzo 2 che costituisce un setto tra i due componenti.

La sezione B-B si riferisce alla longherina del tetto che delimita l'anello porta posteriore e si innesta con una traversa centrale del padiglione del tetto, che delimita l'anello porta posteriore e si innesta con una traversa centrale del padiglione (non raffigurata):

La sezione resistente è realizzata dalla giunzione tra un fianco esterno 1 ed un fianco interno 20, con il setto di rinforzo, utilizzato anche per il montante centrale 21; il rivestimento del padiglione 5 si collega con la fiancata .

La sezione C-C si riferisce alla zona bassa del montante anteriore destro, a cui si collegano le cerniere fisse della porta: la sezione resistente è delimitata dal fianco destro 1 s dalla fiancata interna 15, e dal rinforzo del montante anteriore 10, che incrementa localmente lo spessore: la cerniera fissa, è avvitata alla piastrina 12 mentre il cruscotto inferiore 15, già parte del pavimento si innesta sulla parte interna.

La sezione D-D si riferisce alla zona del montante centrale destro, a cui si collegano le cerniere fisse della porta posteriore e le cinture dei sedili anteriori, (non raffigurate): la sezione resistente , è delimitata dal fianco destro 1 e dal fianco posteriore 20, con il rinforzo del montante centrale 21 , che incrementa lo spessore locale; la cerniera fissa è fissata al montante centrale tramite viti.

La sezione G-G infine, taglia per intero il pavimento anteriore e mostra le sezioni del longherone (pavimento 50 e lamierato 52) e del brancardo (elementi 1, 53, 54); è visibile un ulteriore elemento strutturale longitudinale , individuato dallo scatolamento esistente tra il pavimento 50 ed il lamierato del tunnel 51.

In generale, Gli interventi di modifica per un restyling o “tuning” della carrozzeria non devono compromettere il funzionamento e la resistenza dei gruppi e dei dispositivi di comando del veicolo nonché la resistenza degli elementi portanti. Effettuando modifiche al veicolo e montando allestimenti non devono essere apportate modifiche che compromettano il funzionamento e la libertà di movimento dei componenti del veicolo (ad esempio per gli interventi di manutenzione e controllo) e l'accessibilità degli stessi

Abbiamo già detto parlando del telaio, che, per motivi legati alla sicurezza (crash test..) e alle dimensioni, difficilmente verranno apportati cambiamenti in grado di alterare sensibilmente lo sbalzo anteriore: come si vedrà nei prossimi capitoli, verrà ridisegnato il gruppo paraurti-mascherina, rispettando pressoché gli ingombri originali, mentre verranno mantenuti invariati il cofano e la parte della scocca dove è montato il motore.

Rimanendo nella parte anteriore del veicolo ci troviamo così di fronte ad un primo elemento di fondamentale importanza: *il parabrezza*. Rispetto alle altre componenti di vetro (che fanno parte delle parti mobili della carrozzeria), il parabrezza apporta un contributo notevole alla rigidità

torsionale della struttura dell'automobile (nell'ordine del 10 %): è chiaro quindi che non potrà essere soggetto a modifiche sostanziali.

La forma del parabrezza, determina di conseguenza la struttura di tutti componenti che lo delimitano (e lo sostengono), ovvero la base e i due montanti laterali. Si ricorda che comunemente tale montante viene chiamato "A", mentre ci riferiremo al montante centrale col termine montante "B", elemento come vedremo critico nella trasformazione di una vettura in una limousine.

Come si è potuto evincere anche dallo schema iniziale la sezione del montante "A" si interfaccia da un lato, appunto col parabrezza, e da un lato con la portiera anteriore; contemporaneamente prosegue delineando il bordo superiore dell'anello porta anteriore e quindi posteriore, interfacciandosi allo stesso tempo con il padiglione del tetto. Si viene quindi a definire la forma di un elemento chiave per l'intera struttura della carrozzeria: il *giro-porta*.

Proprio perché è costituito dall'interconnessione di più elementi, si capisce come anche il cambiamento della sezione o della forma di solo uno di questi comporta di conseguenza la trasformazione dell'elemento ad esso connesso. Da quanto detto, per esempio, un nuovo disegno del parabrezza richiederebbe lo studio di un diverso montante anteriore, ed il nuovo insieme andrebbe a sua volta testato, per assicurarsi che mantenga la rigidità originale. Si capisce subito come spese di progetto e sperimentazione lieviterebbero, e potrebbero richiedere nuove procedure di omologazione.

Altro parametro inscindibilmente legato al parabrezza è il cosiddetto "*curvano*", che ne descrive la base all'altezza del cruscotto.

Anche per la zona del curvano valgono considerazioni del tutto simili a quelle fatte per gli elementi sopra citati.

Innanzitutto, perché la traversa che costituisce la base del parabrezza è a sua volta un elemento determinante per la rigidità della struttura.

In secondo luogo, perché variare l'altezza da terra del curvano (e di conseguenza le misure e dimensioni del parabrezza), comporterebbe una variazione nell'estensione o nell'inclinazione del parabrezza, modificando quindi quello che è *l'angolo di visibilità della vettura*.

Per quanto riguarda lo studio di una carrozzeria, l'angolo di visibilità è un elemento chiave, ben regolamentata da opportune normative, che spiegheremo più nel dettaglio nel capitolo ad esse relativo. Inoltre come si la posizione degli specchi è regolamentata sulla base di riferimenti presi in base alla forma del parabrezza (anche questo aspetto verrà trattato dettagliatamente nei prossimi capitoli).

L'anello porta inoltre definisce (lo dice la parola..) la forma stessa della portiera (almeno per quanto riguarda il contorno e le battute).

La *portiera* è un componente particolare, ed una sua eventuale modifica potrebbe risultare piuttosto complessa per:

- motivi di sicurezza
- componenti interne
- isolamento dell'abitacolo da rumori.

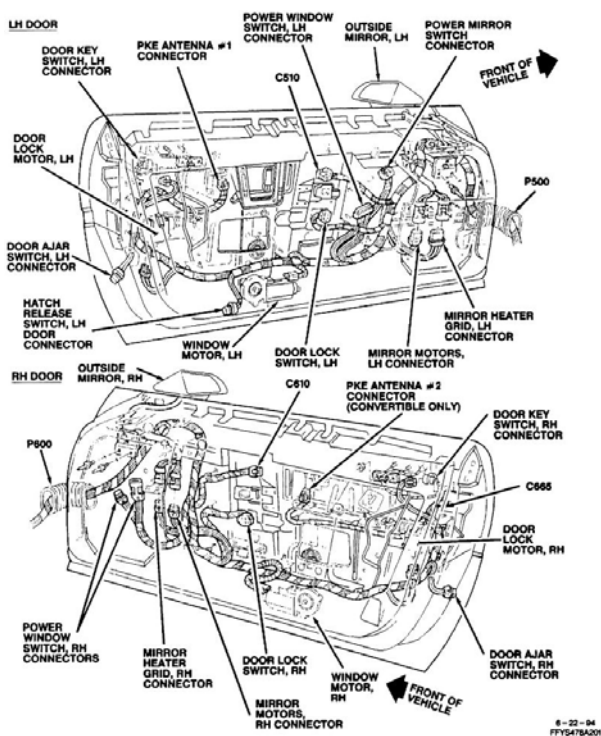


Fig 5.5. Interni di due generiche portiere. Si vedono il gran numero dei componenti elettrici e meccanici presenti all'interno.

I sedili devono essere direttamente accessibili dall'esterno attraverso una porta .

- _ Le porte chiuse devono potersi aprire rapidamente e agevolmente anche dall'interno.
- _ Le porte devono potersi aprire e gli accessi devono essere realizzati in modo da consentire di salire e scendere agevolmente e senza pericolo.

_ La distanza tra la carreggiata e il gradino più basso non deve superare i 400 mm.

_ I componenti montati devono garantire sufficiente spazio libero per le maniglie interne, in ogni posizione della porta scorrevole del vano di carico (protezione antincastro).

_ Non devono essere apportate modifiche

Infatti se, a causa di modifiche realizzate sulle porte , vengono eseguiti interventi sulla struttura portante (traverse, montanti, rinforzi , collegamento delle centine) del veicolo base, è necessario che la rigidità risultante dopo gli interventi corrisponda a quella del veicolo base. Sempre per motivi legati alla sicurezza è chiaro che le portiere svolgono un ruolo importante nella protezione degli occupanti da urti laterali, insieme ovviamente al telaio del veicolo. Le normative indicano dettagliatamente come le porte devono comportarsi in seguito ad un crash test..

Sempre all'interno delle porte trovano alloggio i *cristalli*; devono essere montati nella carrozzeria utilizzando telai robusti. Tali telai devono essere collegati agli altri elementi della carrozzeria mediante accoppiamento dinamico. Se, a causa del montaggio a posteriori di finestrini vengono eseguiti interventi sulla struttura portante (montanti, rinforzi, collegamento delle centine) del veicolo di base, è necessario che la rigidità risultante dopo gli interventi corrisponda a quella del veicolo di base.

Nella **figura 5.5** si possono vedere invece i numerosi dispositivi presenti internamente ad una generica portiera. Oltre al sistema alzacristalli, sono visibili interruttori e le relative reti di cavi per la chiusura delle portiere o per la regolazione elettronica dei retrovisori o ancora il sistema di riscaldamento vetri. Infine non è da sottovalutare il ruolo che una portiera ricopre nell'isolamento dell'abitacolo da agenti esterni come pioggia, aria, polveri e dal rumore esterno.

Perciò anche guarnizioni e organi di tenuta sono componenti che vengono progettati con cura. In figura viene mostrata la sezione di una guarnizione di tenuta tra il cristallo e la struttura dello sportello.

In base a queste considerazioni riteniamo opportuno mantenere le portiere del veicolo originale.

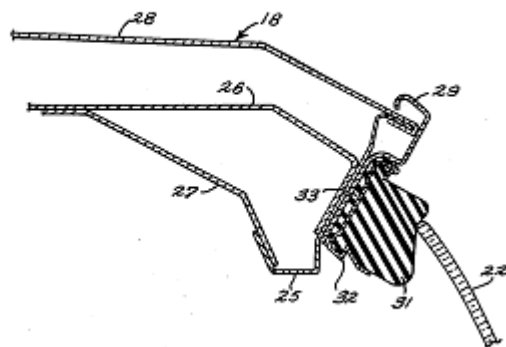


Fig 5.5. Particolare di una guarnizione (31) tra vetro sportello (22) e montante sportello (29)

Si potrà eventualmente personalizzare lo stile delle portiere tramite l'incollaggio di "fascioni" in vetroresina sui pannelli delle porte, senza intervenire sulla parte strutturale..

Anche eventuali modifiche del *portellone posteriore* , compresa la zona del tetto, potrebbero intaccare notevolmente la rigidità del veicolo originale e per questo può essere necessario rilascio di un nullaosta da parte del reparto competente del costruttore nel caso si volesse procedere con modifiche di questo tipo .

Trasformazioni alla carrozzeria possono inoltre interessare anche sistemi e componenti interni:

Per esempio, riferendoci ancora all'area del curvano, nel pannello sottostante il parabrezza è connesso tutto il cruscotto con la relativa strumentazione, comparti, quadranti e sistemi di controllo. Questo elemento come questo svolge anche un compito di protezione dell'abitacolo da fumi del motore, polveri o acqua. Inoltre è solitamente progettato affinché vi trovino una perfetta aderenza cavi, condutture e controlli. Infine vi trova posto tutto il sistema dello sterzo, composto dalla colonna dello sterzo volante e relativi montanti. Interventi sulla posizione del volante potrebbero comportare anche mutamenti nell'impatto della testa del conducente contro di esso a scapito della sicurezza del veicolo.

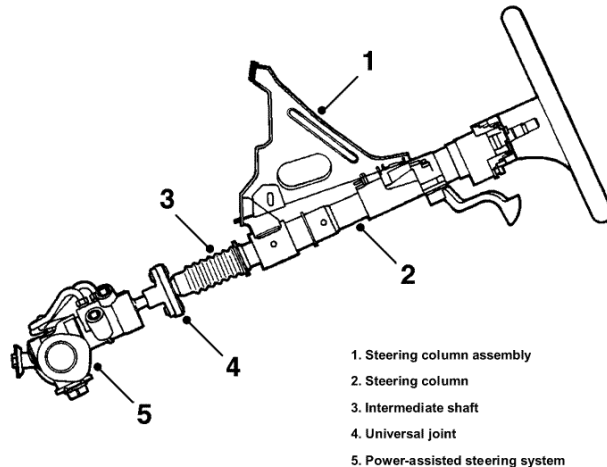


Fig 5.7. Gruppo dello sterzo dell'Hummer H2.

Nel cruscotto trovano alloggio anche il dispositivo di condizionamento (e aerazione), e i relativi comandi (fig 5.9).

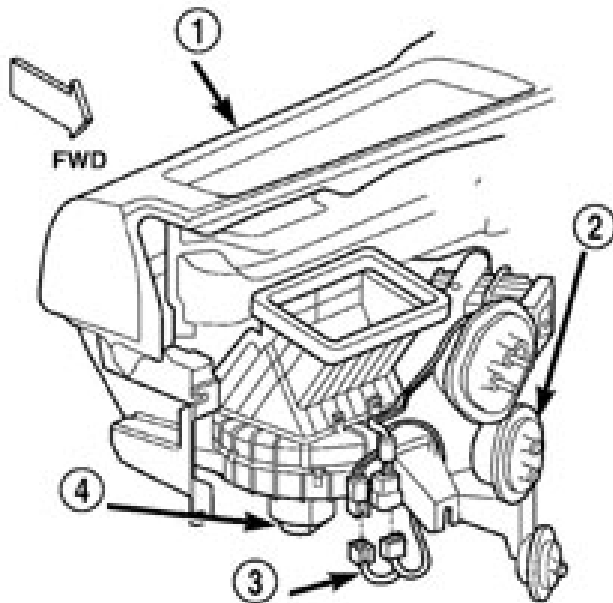


Fig. 35 HEATER AND AIR CONDITIONER HOUSING CONNECTIONS

- 1 - INSTRUMENT PANEL
- 2 - HVAC HOUSING
- 3 - INSTRUMENT PANEL WIRE HARNESS
- 4 - BLOWER MOTOR

Fig 5.9 Particolare del sistema di aerazione dell'Hummer H2

Tuttavia poiché si dovrà allungare la vettura di partenza, la parte centrale della carrozzeria sarà inevitabilmente soggetta a tagli che potrebbero modificarne sostanzialmente alcune caratteristiche strutturali della carrozzeria.

Nel nostro contesto, è bene fare un'analisi *qualitativa* di come potrebbe avvenire tale trasformazione.

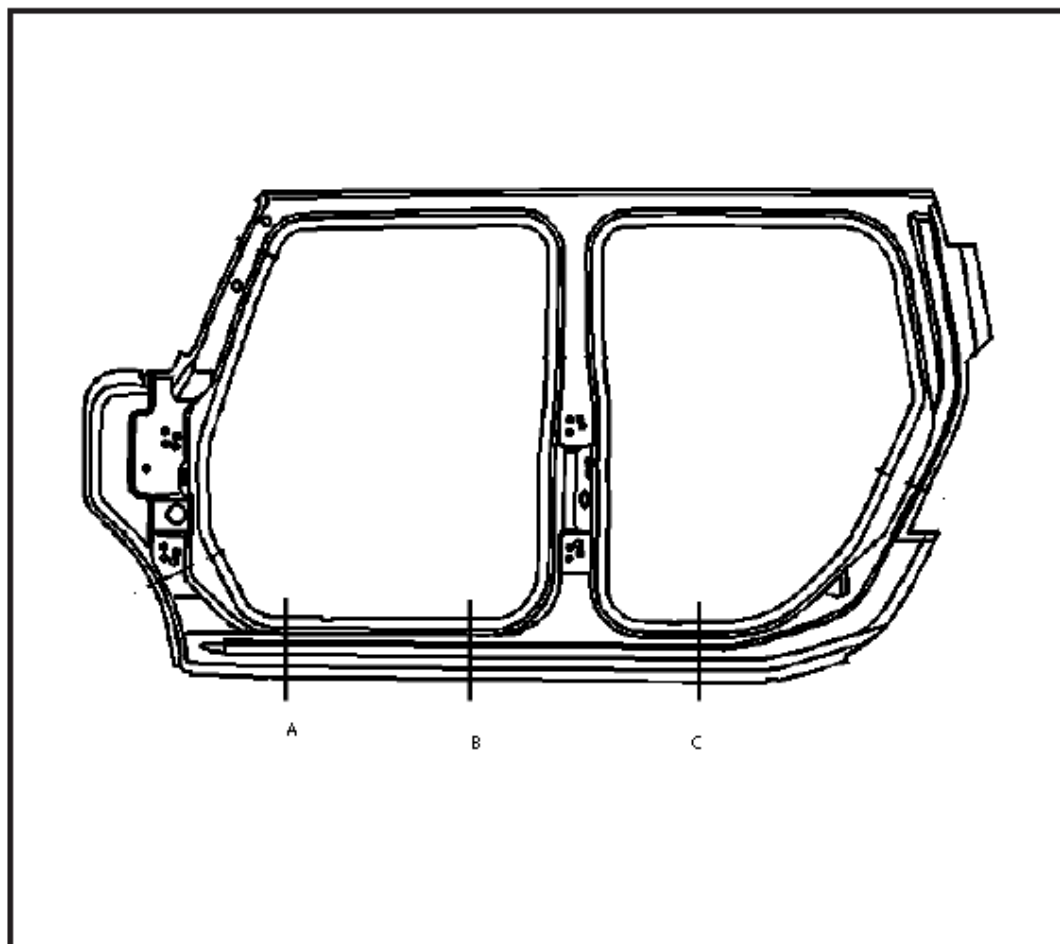


Fig 5.10 In figura sono indicate le zone dove conviene tagliare la carrozzeria del veicolo mantenendo elevata la rigidità della struttura

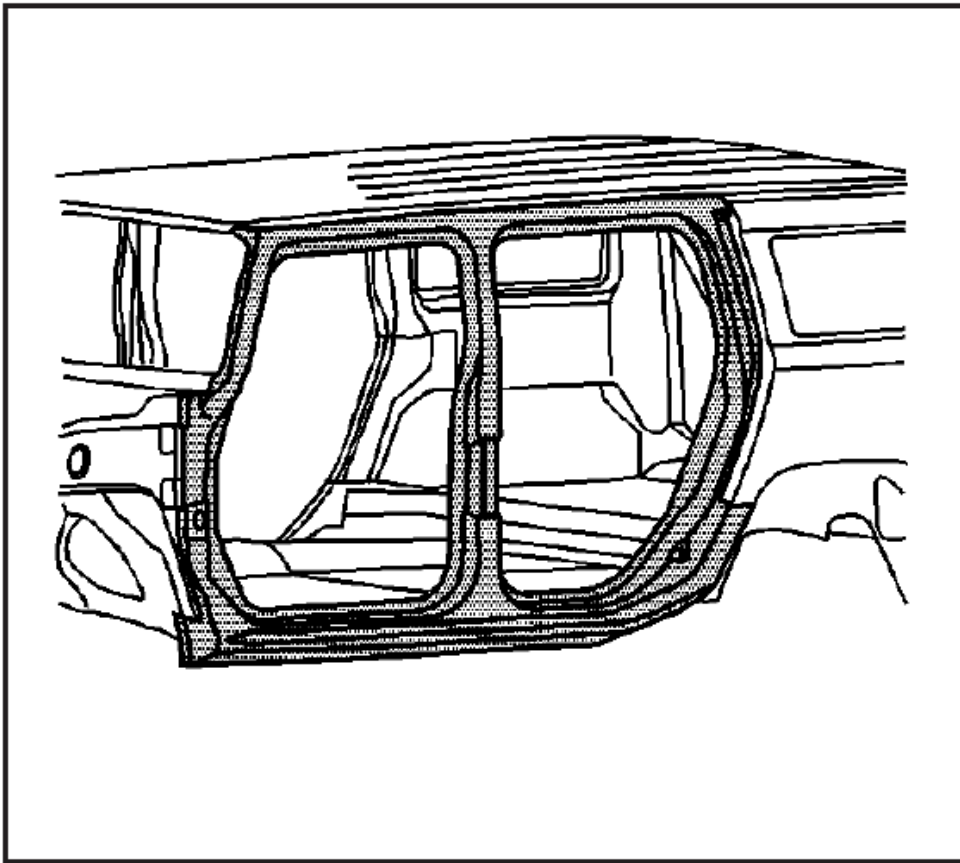


Fig 5.11 Particolare degli anelli porta del Hummer H2.

La **figura 5.10** mostra, da studi appositi fatti dalla casa costruttrice, tutte le zone dove è possibile eseguire tagli per sezionare la carrozzeria del veicolo senza compromettere l'integrità strutturale del veicolo.

Ovviamente questa è la parte più delicata e più problematica nella costruzione di un veicolo allungato.

Si nota che il montante B definisce contemporaneamente la struttura del *giro porta* anteriore e di quello posteriore. Tale elemento allo stesso tempo contiene tutti i dispositivi di apertura della porta posteriore e di chiusura di quella anteriore.

Alcuni metodi di realizzazione di limousine propongono una costruzione modulare della scocca della nuova vettura interfacciando appunto le sezioni del montane centrale **INSERISCI FIGURA**

Sono soluzioni sviluppate sempre per velocizzare la produzione e limitarne i costi, in relazione anche al tipo di telaio del veicolo..

Ulteriori difficoltà costruttive sono presenti nei casi in cui si punta alla realizzazione di una limousine a 5 porte.

Nel nostro caso, data la tipologia costruttiva dell'Hummer H2, l'allungamento verrà realizzato tagliando la scocca nei punti A o B (**fig 5.10**): il montante "B" che completerà il giro-porta rimasto "aperto" può essere facilmente sostituito come pezzo di ricambio della casa madre.

La parte centrale (brancardi, longherina del tetto, ...) verrà ricostruita, tramite strutture di lamiera del tutto simili a quelle originali.

Lungo la nuova fiancata saranno poi montati longheroni tubolari che avranno una funzione, sia di sostegno dei pannelli di lamiera, sia di rinforzo per l'intera struttura portante.

(fig 5.14).

Una soluzione di questo tipo condiziona quindi, unita alle precedenti considerazioni, tutto lo stile della fiancata del nuovo veicolo, in particolare modo il disegno dei cristalli.

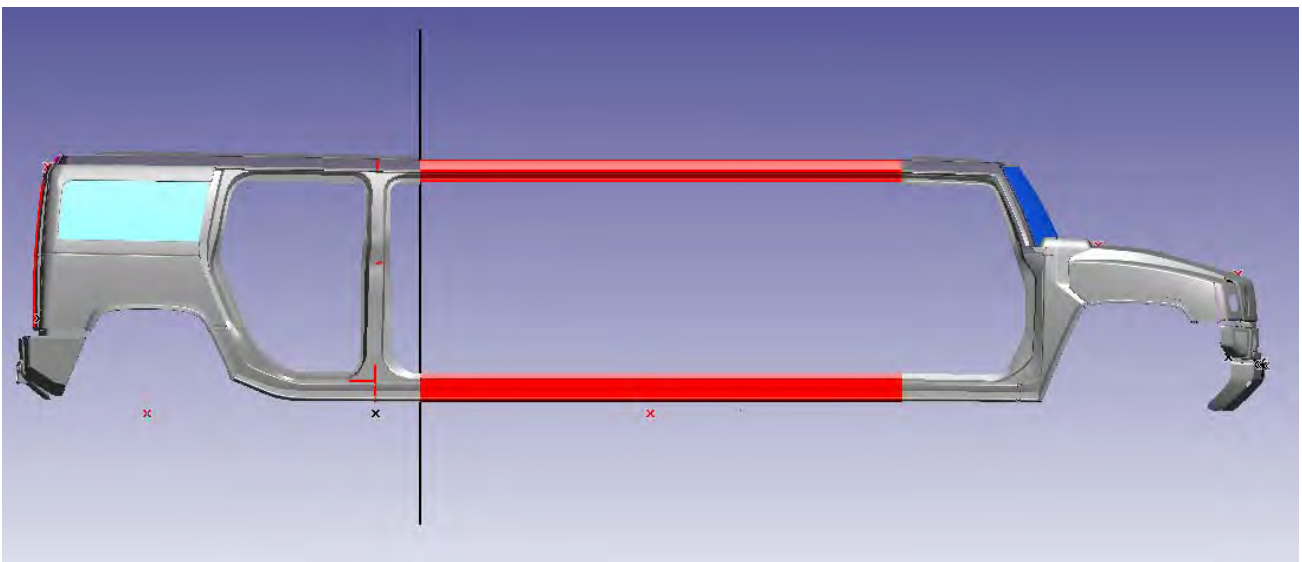


Fig 5.12 Studio al CAD per l'allungamento della carrozzeria dell'Hummer H2. I brancardi, in rosso, vengono aggiunti, e sono della stessa forma e materiale dei componenti del veicolo originale.

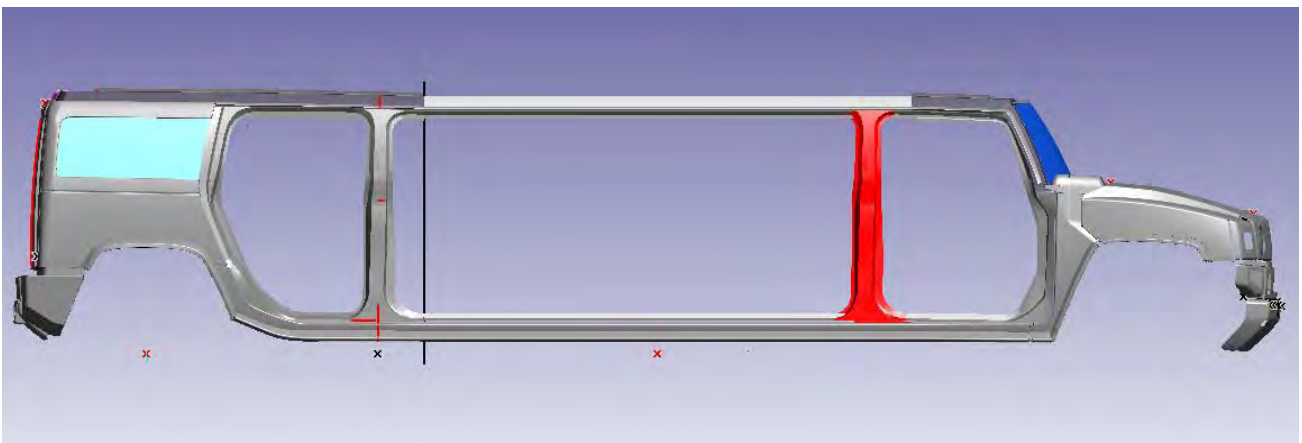


Fig 5.13 In rosso viene aggiunto un secondo montante "b", componente acquistabile dalla casa costruttrice. Viene così ricreato un secondo "anello porta" identico alla struttura originale.

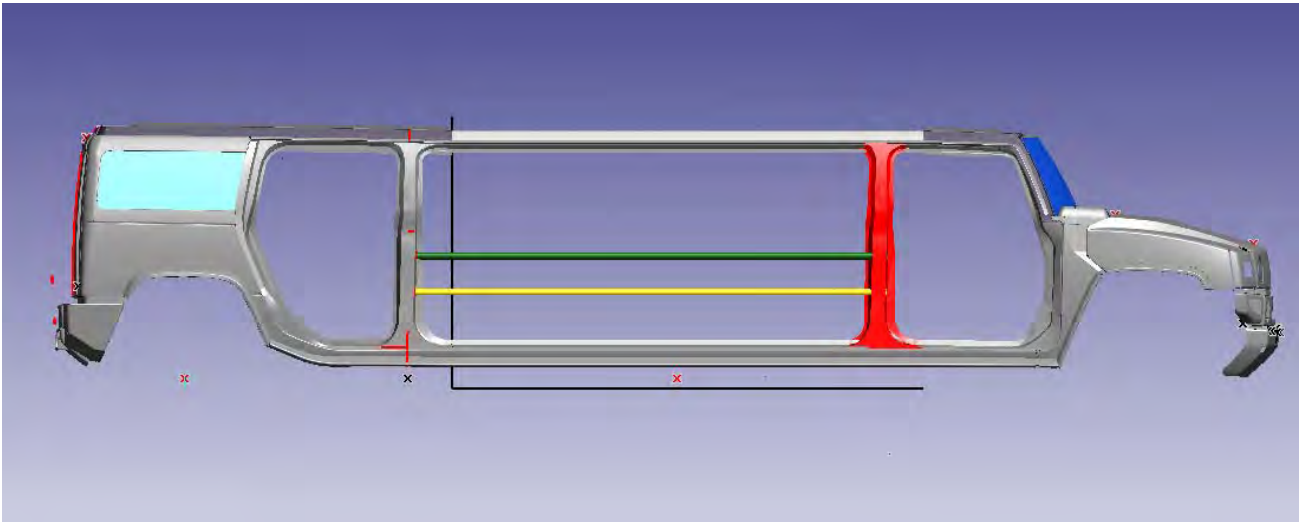


Fig 5.14 I componenti in giallo e in verde sono strutture tubolari montate per rinforzare la parte centrale. Queste strutture aiutano a contenere il maggior momento flettente che agisce sui longheroni del telaio.

CAPITOLO 6. OMOLOGAZIONE

Un autoveicolo può essere immesso sul mercato, ed ottenere il permesso di circolazione solo se rispetta determinate caratteristiche imposte dalla legge. Questo deve essere dimostrato da due documenti ufficiali: il certificato di omologazione ed il certificato di conformità.

Il primo documento comprova la rispondenza del progetto del veicolo ai requisiti di legge e viene rilasciato da un ente preposto dallo stato per questa funzione; in Italia, tale funzione è svolta dal ministero dei trasporti. Il certificato di omologazione viene concesso a fronte di una documentazione tecnica fornita dal costruttore e dai risultati di determinate prove eseguite su di un prototipo del veicolo.

Il secondo documento comprova che un generico veicolo prodotto è identico, per quanto riguarda le caratteristiche oggetto dell'omologazione, al prototipo omologato; tale documento viene rilasciato da un delegato, nominato dal costruttore, ad esempio dal responsabile dello stabilimento di montaggio finale del veicolo. La conformità, dichiarata mediante un'autocertificazione può essere, in qualsiasi momento, verificata da enti proposti dallo stato, mediante ispezioni sui veicoli circolanti, relativamente ad uno o più requisiti dichiarati in sede di omologativa.

I requisiti di omologazione sono enunciati in leggi dello stato, che impongono per essi valori quantitativi minimi e/o massimi e le metodologie di prova per verificarli; al costruttore è lasciata la libertà di determinare le tecnologie più appropriate per ottenerli.

Tali requisiti sono costituiti da:

- visibilità
- prestazioni minime del veicolo necessarie alla guida sicura
- protezione degli occupanti
- riduzione dell'impatto ambientale causato dalla circolazione del veicolo, con riferimento ai gas inquinanti, propriamente detti, all'anidride carbonica, al rumore esterno, ed ai rifiuti prodotti dall'eliminazione dei veicoli fuori uso.

Le leggi di cui sopra, sono emesse, come abbiamo detto, da ogni governo nazionale; in passato, alcune leggi sono state sviluppate anche in campo internazionale, per facilitare la circolazione dei veicoli ed, in particolare, la loro commercializzazione, in paesi diversi da quello di produzione.

La comunità economica europea, ha affrontato, già negli anni 60, il problema di armonizzare le leggi nazionali, allo scopo di impedire ogni difficoltà alla libera circolazione delle merci all'interno della Comunità e di garantire, ai cittadini degli stati membri, il fatto che gli autoveicoli venduti sono adeguati allo stato dell'arte; questo compito è stato ripreso e continuato, più recentemente dall'unione europea.

A tutti gli effetti si comporta come un organismo sovranazionale, che impone agli stati membri di sviluppare leggi conformi ad uno standard comune, definito ed accettato dal parlamento europeo: tali leggi sono chiamate *direttive* e vengono citate con la lettera D, seguita da un numero indicante l'anno di pubblicazione, seguito da un secondo numero progressivo preceduto da una barra.

Ad esempio la direttiva D 60/156 è la centocinquantesima approvata dal parlamento nel 1960 e riguarda l'omologazione degli autoveicoli;

Parallelamente alle direttive, sono nati i regolamenti, che riassumono in un unico documento le procedure approvate per eseguire misure di requisiti oggetto di omologazione; questi documenti saranno citati con la lettera R, seguita da un numero progressivo, unico per ogni titolo, indipendentemente da eventuali aggiunte o modifiche. Nessuno stato membro può impedire la commercializzazione, l'immatricolazione o la circolazione di veicoli conformi alle direttive vigenti.

Ciò che ci interessa maggiormente in questa sede sono naturalmente le direttive ed i regolamenti che riguardano i componenti dell'autotelaio:

In generale si può dire che nella realizzazione di un'autovettura, un progettista deve conoscere tutto ciò che riguarda la regolamentazione del:

- Sistema veicolo
- Ruote
- Sterzo
- Freni
- Strutture autotelaio
- Cambio

Nella fig 6.1, vengono riepilogate le direttive che regolamentano l'omologazione dei componenti e dei sistemi dell'autotelaio.

Tema	Riferimento	Contenuto del documento
Sistema veicolo	D 70/156	Informazioni generali, necessarie per l'omologazione dei veicoli a motore e dei rimorchi.
	D 87/403	Completamento della D 70/156, con definizione dei veicoli fuoristrada.
	D 92/21	Aggiornamento della D 70/156, per quanto riguarda le masse e le dimensioni.
	D 92/53	Aggiornamento e riscrittura della D 70/156.
	D 95/48	Aggiornamento della D 92/21 in materia di controllo di conformità.
	D 98/14	Aggiornamento della D 92/21 in materia procedurale.
	D 70/220	Misurazione delle emissioni gassose inquinanti.
	D 80/1268	Misurazione del consumo di combustibile.
	D 1999/100	Aggiornamento della D 80/1268, per la soppressione dei consumi a velocità costante ed introduzione del ciclo suburbano.
	R 101	Misurazione del consumo di carburante.
	D 2000/53	Smaltimento dei rifiuti derivanti dalla rottamazione dei veicoli.
	Ruote	D 78/549
D 92/23		Omologazione dello pneumatico come componente.
D 94/78		Aggiornamento della D 78/549 in materia procedurale.
D 2001/43		Prescrizione sul massimo rumore emesso dagli pneumatici in condizioni di rotolamento.
R 30		Omologazione degli pneumatici per veicoli M ₁ .
R 54		Omologazione degli pneumatici per veicoli M ₂ ed M ₃ .
R 64		Omologazione degli pneumatici di tipo T, per veicoli M ₁ .
Sterzo	D 70/311	Dispositivi di sterzo: tipi ammessi e sforzi massimi.
	D 74/297	Protezione del guidatore dallo sterzo nell'urto contro barriera.
	D 91/662	Retifica della 74/297 per le date d'entrata in vigore.
	D 1999/7	Aggiornamento della D 70/311 per l'aggiunta dei veicoli che utilizzano la stessa fonte energetica per servosterzo e servofreno.
	R 12	Omologazione dello sterzo per la protezione del guidatore in caso d'urto.
	R 79	Omologazione del dispositivo di sterzo; aggiornamenti alla D 70/311 per tipi ammessi e sforzi massimi.
Freni	D 71/320	Sistemi di frenatura dei veicoli M, N, O.
	D 91/422	Aggiornamento della D 71/320 con limiti aggiornati al progresso tecnico.
	D 98/12	Ulteriore aggiornamento della D 71/320 con limiti aggiornati, con introduzione del sistema ABS e dell'omologazione dei ricambi.
	R 13	Omologazione dei sistemi di frenatura dei veicoli M, N, O.
Strutture	R 90	Omologazione di guarnizioni frenanti per ricambi.
	D 96/79	Capacità di protezione degli occupanti della struttura dei veicoli M ₁ , nell'urto frontale.
Cambio	D 75/443	Prescrizione dell'esistenza di tachimetro e retromarcia.
	D 97/39	Aggiornamento della D 75/443.
	R 39	Omologazione del tachimetro e della retromarcia.

Fig 6.1 riepilogo delle direttive e dei regolamenti dell'Unione Europea con impatto e sistemi dell'autotelaio.

La d60/650, definisce la procedura di omologazione; secondo questa direttiva, il costruttore è tenuto a presentare all'ente omologatore una scheda informativa, che riporta tutte le caratteristiche del veicolo che non possono essere alterate senza necessità di procedere ad un'ulteriore omologazione .

In questa sede, tratteremo più nel dettaglio quelle normative relative al sistema veicolo in generale che ci è stato indispensabile conoscere per la realizzazione del nostro progetto e che quindi hanno influenzato le *nostre* scelte.

6.1 MASSE E DIMENSIONI

In seguito all'allungamento del passo previsto nel nostro progetto, il veicolo di partenza subirà un accrescimento di masse e dimensioni.

Poiché si vuole mantenere il veicolo all'interno della categoria "M1", servirà una conoscenza delle normative che regolamentano le dimensioni massime dei veicoli per ogni categoria, in modo che già in sede di progetto si possano fare una valutazione di quali dimensioni limite possa assumere il mezzo che intendiamo realizzare..

Il veicolo non deve superare:

- *Dimensioni*

Le dimensioni massime autorizzate per un veicolo sono le seguenti:

Lunghezza: 12 000 mm.

Larghezza: 2 500 mm.

Altezza: 4 000 mm.

- *Massa*

La massa massima autorizzata di un veicolo non deve superare la massa massima a pieno carico tecnicamente ammessa, conformemente a quanto stabilito dal fabbricante. La massa massima tecnicamente ammessa del veicolo e dei suoi assi deve essere determinata dal costruttore tenendo conto in particolare della resistenza dei materiali impiegati e a condizione che la massa massima a pieno carico tecnicamente ammessa così determinata non sia inferiore alla massa del veicolo in ordine di marcia più 65 kg moltiplicati

per il numero di posti per passeggeri. Per calcolare la massa massima tecnicamente ammessa del veicolo e degli assi si devono disporre correttamente le masse dei passeggeri e del bagaglio. Il numero di posti per passeggeri deve essere indicato dal costruttore. Se il veicolo è destinato a trainare un rimorchio, il costruttore può dichiarare un secondo valore ammesso sull'asse o sugli assi posteriori, valido soltanto per questa particolare utilizzazione. La somma delle masse massime tecnicamente ammesse per gli assi deve essere pari o superiore alla massa massima tecnicamente ammessa del veicolo. Nel caso specifico dell'*Hummer H2* infatti il costruttore dichiara 3895kg come massa a pieno carico mentre gli assali possono sostenere 4066kg (1812kg sull'anteriore, e 2265kg sul posteriore). Se il veicolo e, nello stesso tempo, il suo asse posteriore sono caricati con la massa massima tecnicamente ammessa, la massa che grava sull'asse anteriore non deve essere inferiore al 30% della massa massima tecnicamente ammessa per tale veicolo.

La normativa definisce anche i veicoli fuoristrada, di cui fa parte anche l'*Hummer H2*.

Essi fanno parte delle categorie M1 ed N1 con peso limite 2t e devono avere le seguenti caratteristiche: **(metti fig)**

- almeno un differenziale bloccabile od autobloccante.
- Poter superare, come veicolo isolato, almeno il 30% della pendenza massima,
- Possedere , almeno 5 dei seguenti requisiti

1: angolo di attacco di almeno 25°

2: angolo di uscita di almeno 20°

3: angolo di rampa di almeno 20°

4 altezza libera sotto l'asse anteriore di almeno 160mm

5 altezza libera sotto l'asse posteriore di almeno 160mm



6 altezza minima fra gli assi di almeno 200mm.



Fig 6.1 altezze e angoli significativi del Hummer H2, che rispetta le caratteristiche imposte dalla normativa per veicoli fuoristrada.

6.2 RIFERIMENTI

Prima di approfondire i regolamenti che riportano ciò che la legge stabilisce in materia di visibilità, illuminazione, sicurezza e così via, indichiamo i riferimenti, delineati anch'essi nelle direttive, in base ai quali vengono definite le norme; si tratta di un piano di riferimento solidale col veicolo, e di tutti i punti caratteristici presenti nel *manichino regolamentare* che ne simulano la posizione della testa del collo del bacino ecc..

Per prima cosa quindi bisogna definire il reticolo di riferimento (fig.6.2);

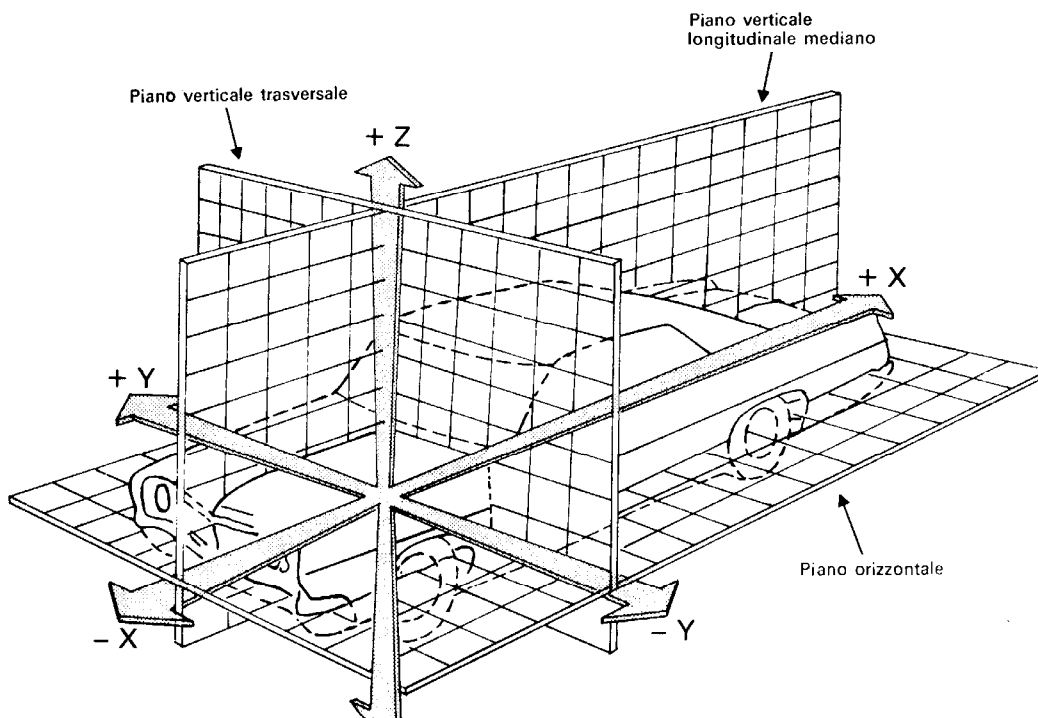


Fig 6.2 Reticolo di riferimento di riferimento

Si intende un sistema di riferimento composto da un piano verticale longitudinale x-z, da un piano orizzontale y-z e da un piano verticale trasversale y-z.

Tale reticolo serve a determinare il rapporto dimensionale fra la posizione dei punti di progettazione sui disegni e la loro posizione effettiva sul veicolo.

Tale riferimento consente di dare una collocazione definita ai *punti di riferimento principali* ;

questi possono esser rappresentati da fori, superfici, punti e segni di identificazione sul corpo del veicolo. Il costruttore deve specificare il tipo di punto di riferimento usato e la posizione di ciascun punto di riferimento (rispetto alle coordinate x, y, z e del reticolo tridimensionale di riferimento) nonché la loro distanza rispetto ad un piano teorico rappresentato dal suolo. Questi punti di riferimento possono corrispondere a quelli utilizzati per il montaggio della carrozzeria.

Il *manichino regolamentare* (fig.6.3, 6.4) simula invece la posizione del conducente: si tratta di un manichino simulante una persona, su cui sono indicati i punti chiave in riferimento rispetto ai quali si determinano le misure necessarie per l'omologazione.

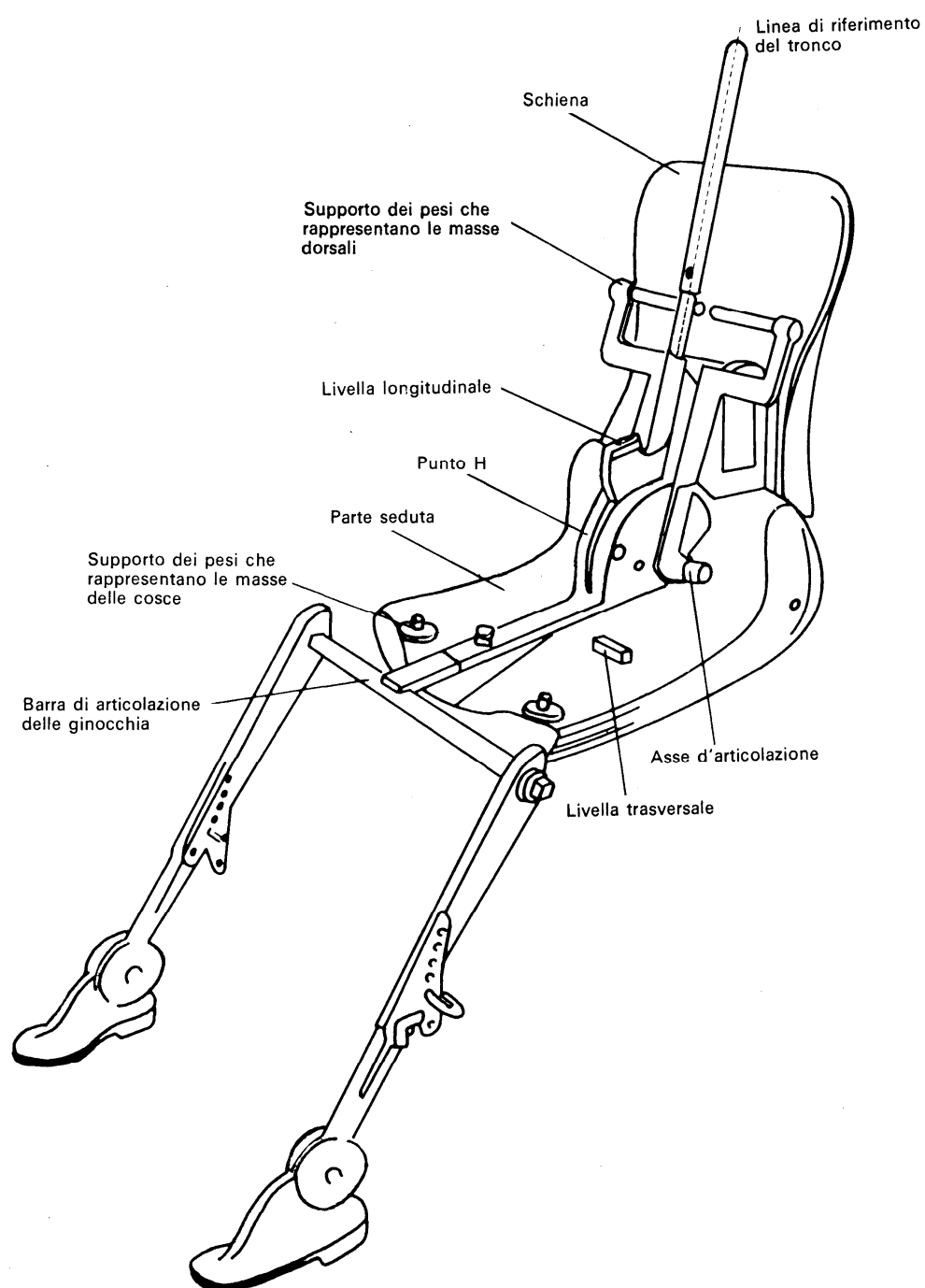


Fig 6.3 manichino regolamentare

<i>Massa del manichino</i>	<i>kg</i>
Elementi che simulano la schiena e le parte seduta del corpo	16
Masse dorsali	31
Masse della parte seduta	8
Masse delle cosce	7
Masse delle gambe	13
Totale	75

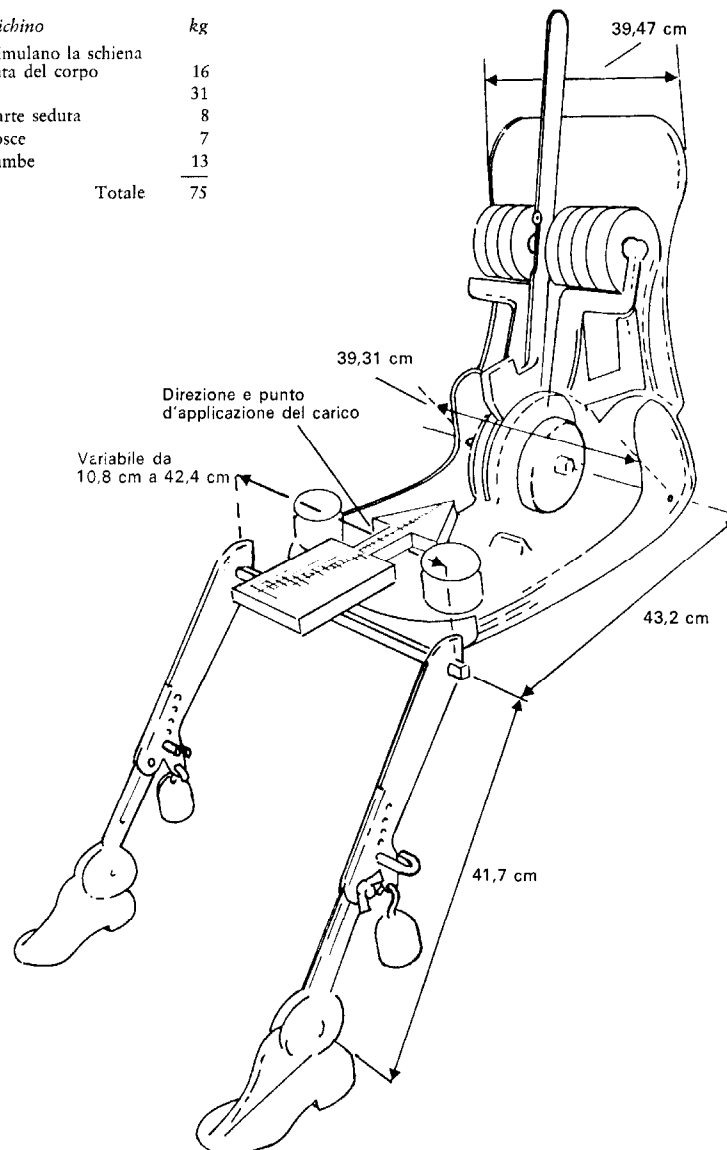


Fig 6.4 manichino regolamentare: pesi e distribuzione delle masse

In primis vengono definiti i punti di riferimento del manichino di simulazione;

Caratteristiche del manichino

Si utilizza un manichino tridimensionale che, per massa e forma, rappresenta un adulto di media statura. Questo manichino è rappresentato nelle figure sopra 6.3 e 6.4. Esso comporta:

due elementi che riproducono le gambe e che sono articolati rispetto all'elemento che simula la parte seduta.

Due elementi che simulano i piedi collegati alle gambe da articolazioni che simulano le caviglie.

Inoltre l'elemento che simula la parte seduta è munito di una livella che permette di controllare la sua inclinazione nella direzione trasversale.

Dei pesi che rappresentano la massa di ogni elemento del corpo sono collocati nei punti appropriati che costituiscono i corrispondenti centri di gravità, in modo da dare al manichino la massa totale di circa 65kg +/- 1

<i>Massa del manichino</i>	<i>kg</i>
Elementi che simulano la schiena e le parte seduta del corpo	16
Masse dorsali	31
Masse della parte seduta	6
Masse delle cosce	6
Masse delle gambe	13
Totale	65

La linea di riferimento del tronco del manichino è rappresentata da una retta che collega il punto di articolazione tra il tronco e le cosce e il punto di articolazione teorico del collo sul torace (vedi figura **6.4**).

- *Punto h*

Per punto H che rappresenta la posizione dell'abitacolo di un occupante seduto, si intende l'intersezione, su un piano verticale longitudinale, dell'asse teorico di rotazione che esiste fra le cosce e il tronco di un corpo umano rappresentato dal manichino descritto sopra

- *Punto R*

Per “punto R” o “punto di riferimento di un posto a sedere”, si intende il punto di riferimento

Indicato dal costruttore del veicolo, che:

- ha delle coordinate definite rispetto alla struttura del veicolo:
- corrisponde alla posizione teorica del punto di rotazione tronco/cosce (punto H) per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata indicata dal costruttore del veicolo per ciascuno dei posti a sedere da lui previsti.

- Angolo di inclinazione dello schienale

Per “angolo di inclinazione dello schienale” si intende l’inclinazione dello schienale rispetto alla verticale.

Angolo effettivo d’inclinazione dello schienale

Per “angolo effettivo dello schienale “ si intende l’angolo formato dall’incontro della verticale passante per il punto H con la linea di riferimento del tronco del corpo umano rappresentato dal manichino descritto in precedenza.

-Angolo teorico previsto d’inclinazione dello schienale

Per angolo “angolo teorico previsto d’inclinazione dello schienale” si intende l’angolo indicato dal costruttore del veicolo, che:

- determina l’angolo di inclinazione dello schienale per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata indicata dal costruttore del veicolo per ciascuno dei posti a sedere da lui previsti.
- È formato, nel punto R, dall’incontro della verticale con la linea di riferimento del tronco;
- corrisponde teoricamente all’angolo effettivo di inclinazione dello schienale.

Una volta stabilita la determinazione dei punti di riferimento, la normativa indicherà come deve essere sistemato il manichino, per le eventuali prove.

Senza dilungarci sulla procedura di posizionamento del manichino, serve comunque sapere che quando il manichino viene sistemato, il punto “H” del sedile considerato, e l’angolo effettivo di inclinazione dello schienale sono costituiti dal punto “H” che figura sul manichino e dall’angolo di inclinazione della linea di riferimento del tronco del manichino.

Le coordinate del punto H rispetto ai tre piani perpendicolari tra loro e l’angolo effettivo di inclinazione devono essere misurati per confrontarli coi dati forniti dal costruttore: la normativa cioè chiarisce come deve essere verificata la posizione relativa del punto R e H e le relative tolleranze .

6.2.1 VISIBILITA’

Questa direttiva regola tutto ciò che concerne il campo di visibilità del veicolo, e come vedremo gli angoli di visibilità e tutti parametri che influenzano il campo visivo del conducente sono tra quei fattori che maggiormente influenzano il lavoro del designer.

Ogni qual volta infatti che si interviene sulla forma, sulla posizione, il montaggio o il fissaggio del parabrezza è necessario verificare se si rispetta ancora quanto stabilito dalla legge.

Quindi il progettista che dovrà disegnare l’abitacolo di un veicolo, dovrà necessariamente conoscere a fondo quali sono i limiti imposti da questa normativa: rappresenta sicuramente un vincolo notevole alla libertà creativa del designer .

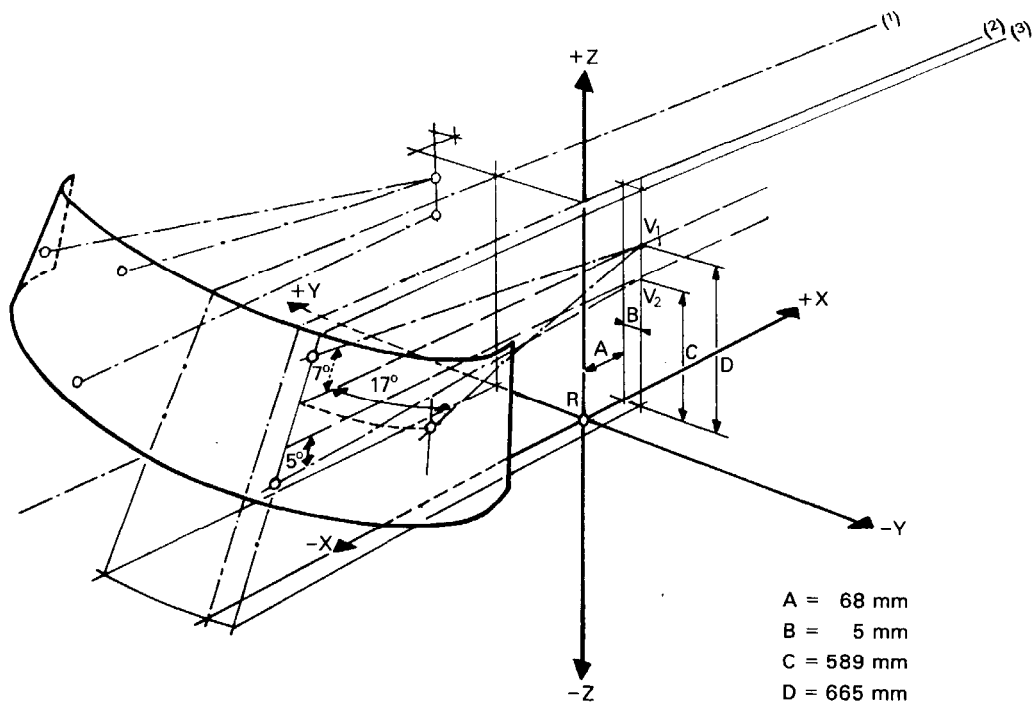


Fig 6.5 determinazione dei punti V.
 (1)traccia del piano longitudinale mediano del veicolo
 (2)traccia del verticale passante per R
 (3)traccia del piano verticale passante per v1 e v2

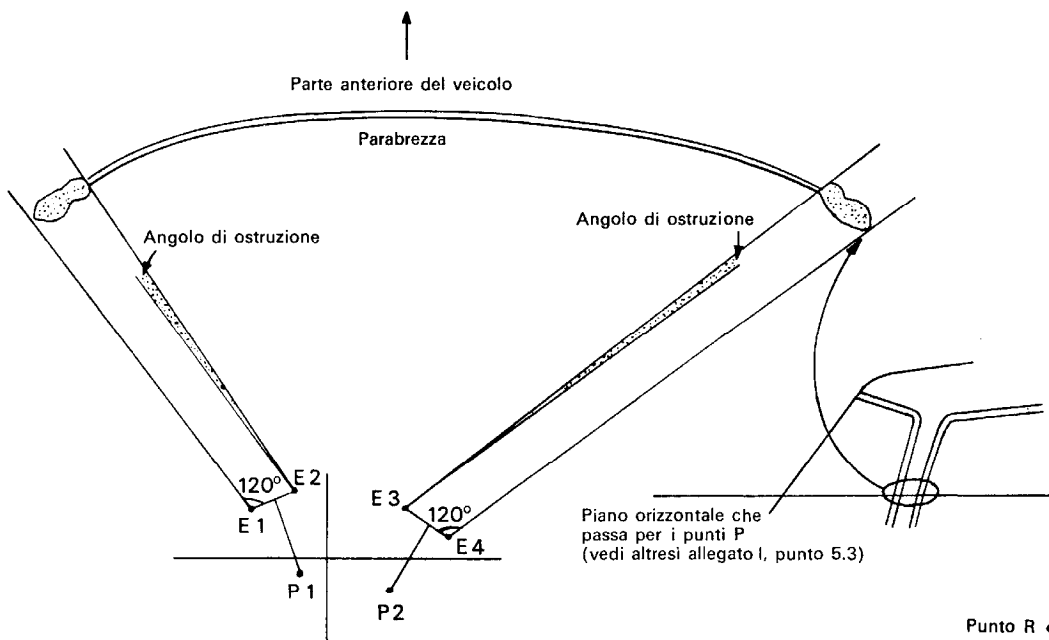


Fig 6.6 ostruzione dei montanti: schema che illustra l'angolazione visuale dei punti P ed E rispetto ai montanti sinistro e destro.

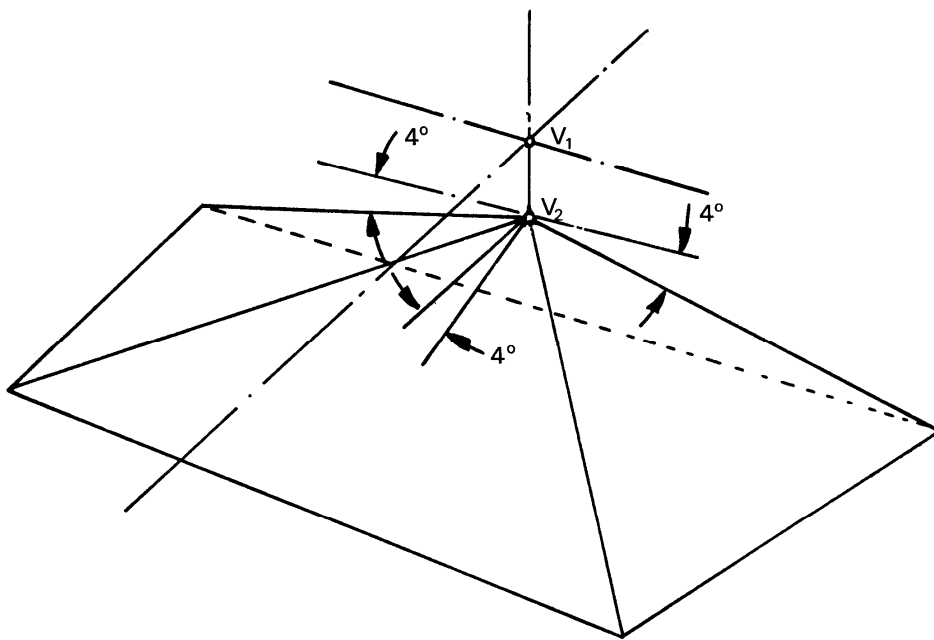
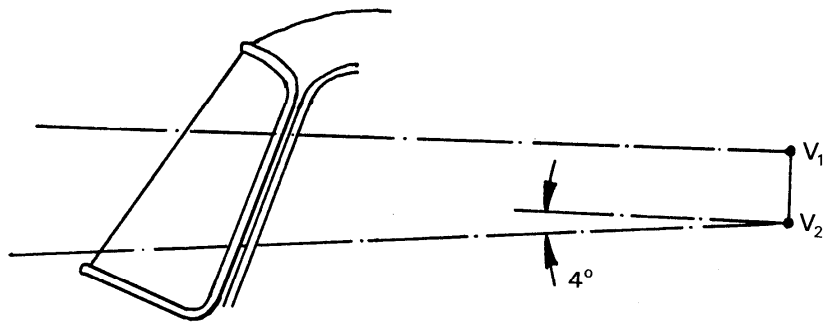


Fig 6.7 calcolo delle ostruzioni nel campo di visibilità diretto del conducente su 180° verso l'avanti

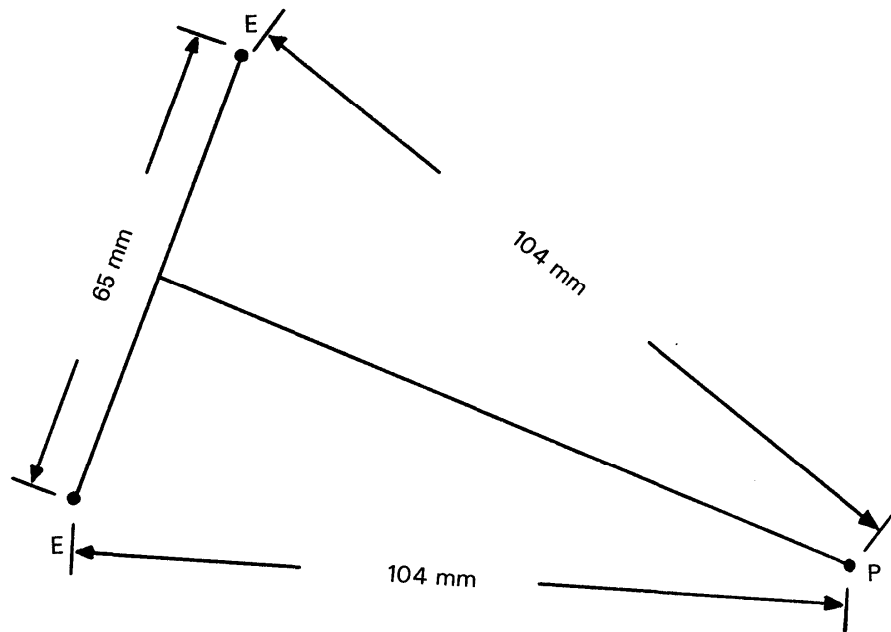


Fig 6.8 schema quotato che indica la posizioni relative dei punto E rispetto al punto P

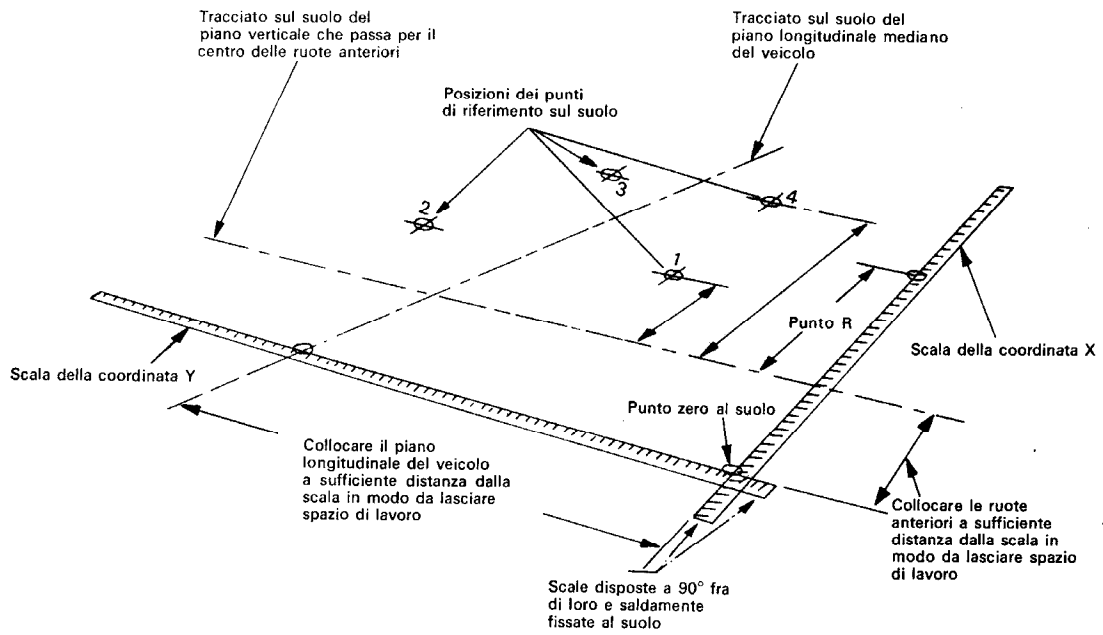


Fig 6.9 superficie orizzontale di misura

Facendo riferimento alle figure 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, la normativa stabilisce punti di riferimenti, presi ovviamente rispetto al reticolo tridimensionale di riferimento che servono per delineare il campo di visibilità.

- Punti V

Per “punti V” si intendono i punti la cui posizione all'interno dell'abitacolo è determinata dai piani verticali longitudinali passanti per i centri delle posizioni a sedere previste come estreme per il sedile anteriore e rispetto al punto R per l'angolo teorico previsto per l'inclinazione dello schienale; questi punti servono a verificare la conformità di requisiti relativi al campo di visibilità.

- Punti di riferimento del parabrezza

Per “punti di riferimento del parabrezza” si intendono i punti posti all'intersezione tra il parabrezza e le linee che, partendo dai punti V, si irradiano verso l'avanti fino alla superficie esterna del parabrezza.

- Superficie trasparente

Per “superficie trasparente” di un parabrezza o di altra superficie vetrata si intende la parte di questa superficie il cui fattore di trasmissione luminosa, misurato perpendicolarmente alla superficie stessa, corrisponde almeno al 60 %.

- Punti P

Per “punti P” si intendono i punti attorno ai quali ruota la testa del conducente allorchè egli osserva degli oggetti situati su un piano orizzontale posto all'altezza dei suoi occhi.

- Punti E

Per “punti E” si intendono i punti che rappresentano il centro degli occhi del conducente e servono a determinare in quale misura i montanti A ostruiscano il campo di visibilità.

-Montanti A

Per montanti A (già incontrati nei capitoli precedenti) si intendono tutti i supporti del tetto situati davanti al piano verticale trasversale posto a 66 mm davanti ai punti V, comprese le parti non trasparenti fissate o contigue a questi supporti, quali la cornice del parabrezza e l'intelaiatura delle portiere.

- Corsa di regolazione orizzontale del sedile

Per “corsa di regolazione orizzontale del sedile” si intende la successione delle posizioni normali di guida previste dal costruttore per la regolazione del sedile del conducente nella direzione dell'asse x (del reticolo di riferimento).

- Corsa supplementare di spostamento del sedile

Per «corsa supplementare di spostamento del sedile» si intende la corsa prevista dal costruttore per lo spostamento del sedile nella direzione dell'asse x (del reticolo di riferimento), al di là della successione delle normali posizioni di guida (nei limiti delle regolazioni orizzontali del sedile), e utilizzata per la trasformazione dei sedili in cuccette o per facilitare l'accesso al veicolo.

Questi riferimenti sono indispensabili per definire le misure minime atte a delineare il campo di visibilità minimo stabilito per legge.

6.2.2 CAMPO VISIBILITA' CONDUCENTE

La superficie trasparente del parabrezza deve comprendere almeno i punti di riferimento del parabrezza stesso, e precisamente:

un “punto di riferimento orizzontale” posto davanti a V1 e a 16° a sinistra (vedi figura 6.5);

un “punto di riferimento verticale superiore” posto davanti a V1 e a 6° al di sopra del piano orizzontale.

un “punto di riferimento” verticale inferiore posto davanti a V2 e a 5° al di sotto del piano orizzontale.

Per verificare la visibilità anteriore per l'altra metà del parabrezza, si considerano altri tre punti di riferimento, simmetrici ai punti di riferimento orizzontale, verticale inferiore e superiore, rispetto al piano longitudinale mediano del veicolo.

L'angolo di ostruzione binoculare di ciascun montante A non deve superare, all'altezza dei punti di rotazione della testa P1 e P2 (figura 6.6), il valore di 6°

L'angolo di ostruzione binoculare viene misurato su un piano orizzontale tra le tangenti che uniscono:

-il punto E1 con il bordo posteriore e il punto E2 con il bordo anteriore del montante A sinistro;

- il punto E3 con il bordo anteriore e il punto E4 con il bordo posteriore del montante A destro.

Nessun veicolo può avere più di due montanti A.

Oltre alle ostruzioni binoculari costituite dai montanti A e/o dai montanti dei deflettori, dagli specchietti retrovisori e dai tergicristallo, non devono esistere altre ostruzioni nel campo di visibilità anteriore diretta di 180° del conducente al di sotto di un piano orizzontale passante per V1e al di sopra di tre piani passanti per V2, dei quali uno è perpendicolare al piano x-z e inclinato in avanti di 4° al di sotto dell'orizzontale, e gli altri due sono perpendicolari al piano y-z ed inclinati di 4° al di sotto dell'orizzontale (figura 6.7).

- Posizione dei punti V

Le tabelle I e IV indicano le posizioni dei punti V rispetto al punto R, quali risultano dalle coordinate x, y, z del reticolo tridimensionale di riferimento.

La tabella I indica le coordinate di base per un angolo teorico d'inclinazione dello schienale di 25°. Il senso positivo delle coordinate è indicato nella fig 6.6.

TABELLA I

Punto V	x	Y	z
V1	66 mm	- 5 mm	665 mm
V2	66 mm	- 5 mm	569 mm

- Posizione dei punti P

Le tabelle II, III e IV indicano le posizioni dei punti P rispetto al punto R, quali risultano dalle coordinate x, y, z del reticolo tridimensionale di riferimento.

La tabella II indica le coordinate di base per un angolo teorico d'inclinazione dello schienale di 25°. Il senso positivo delle coordinate è indicato nella figura 1 dell'appendice dell'allegato IV.

TABELLA II

Punto P	x	y	
Pt	35 mm	- 20 mm	626 mm
P2	63 mm	46 mm	626 mm

La tabella III indica le ulteriori correzioni da apportare alle coordinate x di P1 e P2, quando la corsa di regolazione orizzontale del sedile, quale definita al punto relativo alla corsa di regolazione orizzontale del sedile, supera 106 mm. Il senso positivo delle coordinate è indicato nella figura 6.6.

TABELLA III

Corsa di regolazione orizzontale del sedile		A x
106	+ 120 mm	- 13 mm
121	+ 132 mm	- 22 mm
133	+ 145 mm	- 32 mm
145	+ 156 mm	- 42 mm
piu di 156 mm		- 46 mm

TABELLA III

Corsa di regolazione orizzontale del sedile	A x
106+ 120 mm	- 13 mm
121+ 132 mm	- 22 mm
133+ 145 mm	- 32 mm
145+ 156 mm	- 42 mm
piu di 156 mm	- 46 mm

Correzione degli angoli teorici d'inclinazione dello schienale, superiori o inferiori a 25°

La tabella IV indica le ulteriori correzioni da apportare alle coordinate x e z di ciascun punto P e di ciascun punto V, quando l'angolo teorico d'inclinazione dello schienale e diverso da 25°. Il senso positivo delle coordinate e indicato nella figura 6.6.

TABELLA IV

Angolo di (in °)	Coordinate orizzontali A x	Coordinate verticali A z	Angolo di (in °)	Coordinate orizzontali A x	Coordinate verticali A z
5	- 166 mm	26 mm	23	16 mm	5 mm
6	- 166 mm	26 mm	24	9 mm	3 mm
6	- 166 mm	26 mm	25	0 mm	0 mm
6	- 156 mm	26 mm	26	9 mm	3 mm
9	- 146 mm	26 mm	26	16 mm	5 mm
10	- 136 mm	25 mm	26	26 mm	6 mm
11	- 126 mm	24 mm	29	34 mm	- 11 mm
12	- 116 mm	23 mm	30	43 mm	- 14 mm
13	- 109 mm	22 mm	31	51 mm	- 16 mm
14	99 mm	21 mm	32	59 mm	- 21 mm
15	90 mm	20 mm	33	66 mm	- 24 mm
16	61 mm	16 mm	34	66 mm	- 26 mm
16	62 mm	16 mm	35	64 mm	- 32 mm
16	62 mm	15 mm	36	92 mm	- 35 mm
19	53 mm	13 mm	36	100 mm	- 39 mm
20	44 mm	11 mm	36	106 mm	- 43 mm
21	35 mm	9 mm	39	115 mm	- 46 mm
22	26 mm	6 mm	40	123 mm	- 52 mm

-Posizione dei punti E

E1 ed E2 sono posti entrambi ad una distanza di 104 mm da P1. E2 è posto ad una distanza di 65 mm da E1 (figura 6.8).

La retta che congiunge E1 ed E2 viene fatta ruotare attorno a P1, finché risulti perpendicolare al piano longitudinale mediano del veicolo a condizione che:

-in tale posizione la tangente che va da E1 al bordo posteriore del montante A sinistro formi un angolo di almeno 120° con la retta E₁-E₂;

-se l'angolo così formato è superiore a 120°, si deve continuare a ruotare la retta E₁-E₂ attorno a P1 finché l'angolo formato diventi uguale a 120° (figura 6.6).

-E3 ed E4 sono posti entrambi ad una distanza di 104 mm da P2. E3 è posto ad una distanza di 65 mm da E4 (figura 6.8).

La retta che congiunge E1 con E4 viene fatta ruotare attorno a P2, finché forma un angolo di 120° con la tangente che va da E4 al bordo posteriore del montante A destro (figura 6.6).

6.2.3 TERGICRISTALLO

Continuando nell'analisi del gruppo cruscotto-parabrezza, anche il tergicristallo e il sistema lavavetri in generale è regolato da apposite norme per l'omologazione.

Tale componente è chiaramente legato al parabrezza, perciò i riferimenti che la direttiva usa per la descrizione del dispositivi sono gli stessi del cristallo anteriore.

Tuttavia è interessante mostrare quanti sono i parametri valutati dalla normativa per regolamentare anche un componente apparentemente così piccolo e che quindi è bene non sottovalutare in sede di progetto.

Il tergicristallo viene definito come un dispositivo atto a detergere la superficie esterna del parabrezza e dagli accessori e comandi necessari per azionare e fermare il dispositivo stesso, mentre il lavacristallo comprende il sistema atto a contenere ed a spruzzare un liquido sulla superficie esterna del parabrezza, con i comandi necessari per azionare e fermare il dispositivo stesso.

La direttiva regola e spiega ogni parametro del sistema tergicristallo-lavavetri.

Sono regolamentati

- raggio d'azione (in riferimento alle dimensioni del parabrezza),

- le frequenze di funzionamento.

- Il posizionamento delle spazzole.

- Tempi di funzionamento e temperature con parabrezza asciutto

La direttiva si occupa anche degli effetti aerodinamici provocati dalle spazzole: alcune prove cioè devono valutarne l'efficacia sotto determinate caratteristiche di velocità e quindi di vento.

Lo stesso lavacristallo è a sua volta regolamentato nella capacità, e nelle condizioni di funzionamento, per esempio anche in caso di parziale ostruzione degli ugelli.

Viene inoltre riportato come devono essere effettuate le prove.

La direttiva specifica anche che modifiche a tale sistema possono avvenire in seguito a cambiamenti nella forma e fissaggio del parabrezza, oppure a forme e sistemazioni interne ed esterne che possono influire sempre sulla visibilità.

Si sottolinea ancora come la modifica del singolo componente o particolare, può dare via ad una catena di conseguenti modifiche ad altri dispositivi ad esso connessi.

Sempre legate al gruppo parabrezza-cristalli sono i dispositivi di sbrinamento e disappannamento dei vetri.

Le norme specificano le superfici (per esempio % del parabrezza) e i tempi per lo sbrinamento o il disappannamento, al fine di garantire sempre una buona visibilità. Significativo il fatto che stando alla direttiva, un *cambiamento del numero posti a sedere*, come appunto nel nostro caso, può richiedere una verifica di tale sistema.

6.2.4 SPECCHI RETROVISORI (QUANDO PARLI DEL PARABREZZA METTI SPECCHI RETRO CHE CAMBIANO)

Questi componenti sono sempre legati al discorso visibilità.

In questa sede abbiamo dato uno sguardo alle normative che li regolamentano, in quanto in un contesto di tuning estetico possono essere elementi soggetti a modifiche estetiche da parte del designer.

Per “retrovisore” o “apparecchio retrovisivo” si intende un dispositivo destinato ad assicurare, entro un campo di visibilità geometricamente definito dalla normativa, una buona visibilità posteriore non impedita, entro limiti ragionevoli, da parti costitutive del veicolo o dagli occupanti del veicolo stesso. Si dividono in esterni ed interni.

In generale la normativa descrive le modalità di posizionamento, dimensioni regolazione e caratteristiche di riflessione /visibilità degli specchietti.

Ogni veicolo infatti deve essere per legge provvisto di uno specchio retrovisore collocato in modo da permettere al conducente seduto nella normale posizione di guida di controllare la strada retrostante al veicolo e devono essere visibili attraverso l'area del parabrezza pulita dai tergicristalli oppure dai vetri laterali.

Non devono inoltre sporgere per più di 20cm dalla larghezza massima del veicolo senza specchietti, ed inoltre la superficie riflettente deve avere dimensioni tali da potervi iscrivere un rettangolo la cui altezza sia di 4 cm e la cui base in cm abbia per valore “a” ed un segmento che sia parallelo all'altezza del rettangolo e la cui base in cm abbia per valore b.

La seguente tabella chiarisce il significato di a e b.

Categoria dei retrovisori	Categoria di veicoli ai quali sono destinati i retrovisori	a	b
II	M ₂ , M ₃ , N ₂ e N ₃	$\frac{17}{1 + \frac{1000}{r}}$	20
III	M ₁ e N ₁ N ₃	$\frac{13}{1 + \frac{1000}{r}}$	7

R è il raggio di curvatura dello specchio, che deve essere minore di 1600mm.

Per quanto riguarda la regolazione lo specchietto deve essere regolabile dall'interno del veicolo mentre la porta è chiusa.

Retrovisori esterni

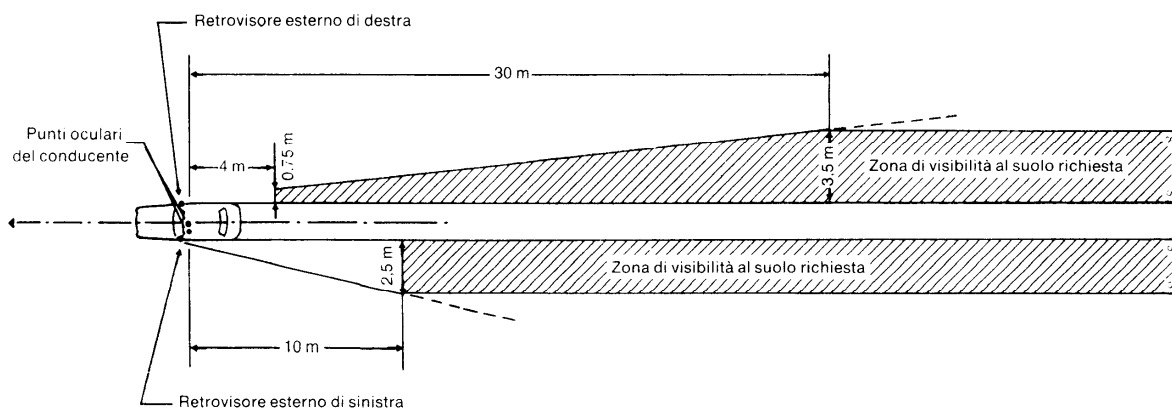


Fig 6 .10retrovisori esterni

Infine la fig 6.10 per gli specchietti laterali il campo minimo di visibilità richiesto per legge..

E' superfluo dire che ogni caratteristica viene valutata attraverso opportune procedure di omologazione. Sono previste inoltre prove di urto e resistenza per gli specchietti descritte accuratamente nella normativa.

6.2.5 VETRI DI SICUREZZA

Oltre agli aspetti legati alla visibilità, la normativa regola anche i materiali e gli aspetti legati alla sicurezza delle componenti in vetro dell'autoveicolo, ovvero parabrezza finestrini e specchi.

Tutti i vetri (specialmente quelli destinati alla fabbricazione del parabrezza) devono essere di qualità tale da ridurre nella misura del possibile il pericolo di lesioni corporali in caso di rottura. Devono inoltre essere sufficientemente resistenti alle sollecitazioni dovute agli incidenti prevedibili in una circolazione normale, agli agenti atmosferici, agli agenti chimici, alla combustione e all'abrasione.

I vetri devono avere una trasparenza sufficiente, non devono provocare alcuna deformazione notevole degli oggetti visti in trasparenza né alcuna confusione fra i colori impiegati nella segnaletica stradale. In caso di rottura, essi devono permettere al conducente di continuare a vedere chiaramente la strada per frenare e fermare il suo veicolo in tutta sicurezza.

Poiché quindi sono tanti i requisiti che un vetro deve rispettare, altrettanto numerose saranno le prove a cui deve essere sottoposto per l'omologazione. Prove di

- Frammentazione
- Resistenza meccanica
- Resistenza all'abrasione
- Resistenza alle radiazioni
- Resistenza all'umidità
- Resistenza al fuoco
- Resistenza ai cambiamenti di temperatura
- Trasmissione luminosa
- Distorsione ottica

-Separazione dell'immagine secondaria

-Identificazione dei colori

E' chiaro quindi che un progetto nuovo di un componente di questo tipo implicherebbe costi molto elevati, e anche il reperimento di componenti già presenti sul mercato incide sensibilmente sui costi di realizzazione del veicolo.

6.4 DISPOSITIVI DI ILLUMINAZIONE

Tutto ciò che riguarda la regolamentazione del posizionamento di fari, luci, e qualsiasi altro dispositivo di illuminazione assume un'importanza fondamentale nel progetto o nel disegno di una carrozzeria automobilistica.

La forma e il disegno dei gruppi ottici, spesso da un contributo determinante allo stile e alla personalità estetica di un veicolo, ma il progettista deve rispettare tutto ciò che impongono le normative in materia di ingombri, dimensioni e modalità di collocamento di questi dispositivi.

Le procedure di omologazione per tali componenti risultano complesse, rendendone molto difficile la realizzazione di nuovi appositamente per una piccola produzione a causa degli elevati costi che ciò implicherebbe. In questi casi si ricorre spesso all'utilizzo di componenti già presenti sul mercato scegliendo quelli che più soddisfano le scelte stilistiche del progettista.

La direttiva regola tutto ciò che riguarda dispositivi di illuminazione che possono essere installati su un veicolo:

La normativa da disposizioni riguardo ad ogni dispositivo di illuminazione (per esempio, luci di arresto emergenza, luci targa luci equivalenti, luci indipendenti, luci raggruppate, luci di posizione..ecc).

Nel nostro contesto ci occorre conoscere come devono essere disposti proiettori abbaglianti, quelli anabbaglianti, i fendinebbia anteriori, gli indicatori di direzione, ed eventualmente le luci di posizione anteriori e posteriori.

Proiettore abbagliante

-Presenza: su veicoli a motore obbligatoria

Numero: 2 o 4.

-Posizionamento:

In larghezza: i bordi esterni della superficie illuminante devono essere in nessun caso più vicini all'estremità della *larghezza fuori tutto* del veicolo rispetto ai bordi esterni della superficie illuminante dei proiettori anabbaglianti. Per larghezza fuori tutto si intende la larghezza fra due piani verticali paralleli al piano longitudinale mediano del veicolo tangente all'estremità laterale di quest'ultimo senza tener conto delle parti sporgenti.

In altezza: nessuna disposizione particolare

In lunghezza: nella parte anteriore del veicolo e montato in modo che la luce emessa non disturbi il conducente, direttamente o indirettamente mediante, specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

Orientamento: Verso l'avanti. Oltre ai dispositivi necessari per mantenere una regolazione corretta e quando vi sono due coppie di proiettori abbaglianti, una di esse, costituita da proiettori che svolgono soltanto la funzione «abbagliante» può muoversi in funzione dell'angolo di sterzata, con rotazione attorno ad un asse approssimativamente verticale.

-Proiettore anabbagliante

Presenza: obbligatoria

Numero: 2

Posizionamento:

In larghezza: bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità fuori tutto del veicolo. I bordi interni delle superfici illuminanti devono essere distanti almeno 600 mm. Tale distanza può essere ridotta di 400mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300mm.

In altezza:

Dal suolo minimo 500 mm massimo 1200 mm

In lunghezza: Nella parte anteriore del veicolo; tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente, né direttamente né

indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

-Proiettori fendinebbia

Presenza: facoltativa sui veicoli a motore

Numero: 2

Posizione:

in larghezza : il punto della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

In altezza: almeno 250 mm dal suolo. Nessun punto della superficie illuminante deve trovarsi ad un'altezza superiore al punto più alto della superficie illuminante del proiettore anabbagliante.

In lunghezza : nella parte anteriore del veicolo; tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente, né direttamente né indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

-Proiettore di retromarcia

Presenza: obbligatoria su veicoli a motore

Numero; 1 o 2

Posizione:

in larghezza: nessuna disposizione in particolare

In altezza; dal suolo minimo 250mm , massimo 1200mm

In lunghezza: nella parte posteriore del veicolo

Orientamento: verso il retro

-Indicatori di direzione:

Presenza. sono obbligatori. Esistono diversi tipi di indicatori di direzione divisi in rispettive categorie, 1, 1a, 1b, 2°, 2b, 5, il cui montaggio su uno stesso veicolo forma uno schema di montaggio. Lo schema A si applica per i veicoli a motore, come nel nostro caso.

Numero: deve essere tale che possano dare le indicazioni corrispondenti ad uno dei diversi schemi di montaggio previsti dalla normativa.

Schema di montaggio:

Lo schema A prevede 2 indicatori di direzione anteriori delle seguenti categorie:

-1 o la o lb,

se la distanza tra il bordo della superficie illuminante di questo indicatore e quello della superficie illuminante del proiettore anabbagliante e/o dell'eventuale proiettore fendinebbia anteriore è di almeno 40 mm;

-la o lb,

se la distanza tra il bordo della superficie illuminante di questo indicatore e quello della superficie illuminante del proiettore anabbagliante e/o dell'eventuale proiettore fendinebbia anteriore è superiore a 20mm e inferiore a 40mm

-1b

Se la distanza tra il bordo della superficie illuminante dell'indicatore e quello della superficie illuminante del proiettore anabbagliante e/o dell'eventuale proiettore fendinebbia anteriore è inferiore o pari a 20mm

- 2 indicatori posteriori <math><62^\circ</math>

- 2 indicatori laterali (5)

Posizione

In larghezza:

Il bordo della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. La distanza minima tra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm.

Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza dal suolo:

L'altezza della superficie di uscita della luce degli indicatori di direzione laterali (categoria 5) non deve essere inferiore a 500 mm misurati dal punto più basso superiore a 1500 mm misurati dal punto più elevato.

L'altezza dal suolo degli indicatori di direzione delle categoria 1, 1a, 1b, 2a e 2b, misurata conformemente al punto 3.6, non deve essere inferiore a 350 mm ne superiore a 1 500 mm.

Se la struttura del veicolo non consente di rispettare questi limiti massimi misurati come detto in precedenza, questi possono essere aumentati a 2 300 mm per gli indicatori di direzione laterali della categoria 5 ed a 2 100 mm per gli indicatori di direzione delle categoria 1, 1a, 1b, 2a e 2b.

In lunghezza:

La distanza tra la superficie di uscita della luce dell'indicatore di direzione laterale (categoria 5) ed il piano trasversale che limiti anteriormente la lunghezza fuori tutto del veicolo non deve essere superiore a 1 600 mm.

Se la struttura del veicolo non consente di rispettare gli angoli minimi di visibilità, tale distanza può essere portata a 2 500 mm.

-Luci di arresto

Presenza: obbligatoria

Presenza Obbligatoria.

Numero 2.

Posizione

In larghezza:

Almeno 600 mm fra le due luci. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1 300 mm.

In altezza:

Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 1 500 mm o 2 100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm.

In lunghezza:

Nella parte posteriore del veicolo.

- Luci di posizione anteriori

Presenza.. Obbligatoria su tutti i veicoli a motore.

Obbligatoria sui rimorchi di larghezza superiore a 1 600 mm. Facoltativa sui rimorchi di larghezza inferiore o uguale a 1 600 mm.

Numero 2.

Posizione.

In larghezza:

Il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. Nel caso di un rimorchio, il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 150 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

La distanza minima fra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1 300 mm.

In altezza: Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 1 500 mm o 2 100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm.

In lunghezza: Nessuna disposizione particolare

-Luci di posizione posteriori

Presenza: Obbligatoria.

Numero: 2.

Posizione

In larghezza

Il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo stesso.

La distanza minima fra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1 300 mm. In altezza: Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 1 500 mm o 2 100 mm, se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm.

In lunghezza: Nella parte posteriore del veicolo.

con quella delle luci di posizione anteriori.

- Luci posteriori per nebbia

Presenza: Obbligatoria.

Numero: 1 L'installazione di una seconda luce è facoltativa.

Schema di montaggio

Nessuna disposizione particolare.

Posizion

In larghezza: Quando è unica, la luce posteriore per nebbia deve essere situata sul lato del piano longitudinale mediano del veicolo opposto al senso di circolazione prescritto nel paese di immatricolazione; il centro di riferimento può essere situato anche sul piano longitudinale mediano del veicolo.

In altezza: Fra 250 e 1 000 mm dal suolo.

In lunghezza: Nella parte posteriore del veicolo.

Orientamento: Verso il retro.

- Luci di stazionamento

Presenza: Sui veicoli a motore la cui lunghezza non superi 6 metri e la cui larghezza non superi 2 metri: facoltativa.

Su qualsiasi altro veicolo: vietata. Numero

In funzione dello schema di montaggio. Schema di montaggio

-due luci anteriori e due posteriori,

-oppure una luce su ogni lato.

Posizione

In larghezza: Il punto della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. Inoltre, se ci sono due luci, esse devono essere situate sui lati del veicolo.

In altezza: Dal suolo: minimo 350 mm,

massimo 1 500 mm o 2 100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm.

In lunghezza: Nessuna disposizione particolare.

Orientamento

Tale che le luci soddisfino alle prescritte condizioni di visibilità verso l'avanti e verso il retro.

In lunghezza: Nessuna disposizione particolare.

Orientamento

Tale che le luci soddisfino alle prescritte condizioni di visibilità verso l'avanti e verso il retro.

-Luci d'ingombro

Presenza: Obbligatoria sui veicoli di larghezza superiore a 2 100 mm. Facoltativa sui veicoli di larghezza compresa fra 1 600 e 2 100 mm.

La luce d'ingombro posteriore è facoltativa sui telai cabinati.
Numero: 2 visibili anteriormente e 2 visibili posteriormente.

Schema di montaggio: Nessuna disposizione particolare.

Posizione

In larghezza

Anteriore e posteriore: Quanto più vicino possibile all'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. Questa prescrizione è ritenuta soddisfatta se il punto della superficie illuminante è lontano dal piano mediano longitudinale del veicolo non si trova a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

In altezza

Anteriore: Veicoli a motore: il piano orizzontale tangente al bordo superiore della superficie illuminante del dispositivo non deve essere più basso del piano orizzontale tangente al bordo superiore della zona trasparente del parabrezza.

Posteriore: Alla massima altezza compatibile con le prescrizioni sulla larghezza, con quelle costruttive e funzionali del veicolo e con quelle sulla simmetria delle luci.

In lunghezza: Nessuna disposizione particolare.

Orientamento: Tale che le luci soddisfino le prescritte condizioni di visibilità verso l'avanti e verso il retro.

- Catadiottri posteriori, non triangolari

Presenza: Obbligatoria sui veicoli a motore.

Facoltativa sui rimorchi purchè raggruppati con altri dispositivi di segnalazione luminosa posteriori.

Numero 2.: Dispositivi e materiali retroriflettenti addizionali sono ammessi a condizione che non riducano l'efficacia dei dispositivi di illuminazione e segnalazione obbligatori.

Schema di montaggio: Nessuna disposizione particolare.

Posizione

In larghezza: Il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo stesso.

La distanza minima fra i bordi interni dei catadiottri deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1 300 mm.

In altezza: Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 900 mm.

In lunghezza: Nella parte posteriore del veicolo.

- *Catadiottri laterali, non triangolari*

Presenza: Obbligatoria su tutti i veicoli a motore la cui lunghezza superi i 6 metri e facoltativa sui veicoli a motore la cui lunghezza è inferiore o uguale a 6 metri.

Numero minimo per lato: Tale che siano rispettate le regole di posizione in lunghezza. Dispositivi e materiali retroriflettenti addizionali sono ammessi a condizione che non riducano l'efficacia dei dispositivi di illuminazione e segnalazione obbligatori.

Schema di montaggio: Nessuna disposizione particolare.

Posizione:

In larghezza: Nessuna disposizione particolare.

In altezza: Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 900 mm o 1 500 mm se la struttura del veicolo non permette di rispettare i 900 mm.

In lunghezza: Almeno un catadiottro laterale deve trovarsi nel terzo medio del veicolo; il catadiottro laterale situato più avanti non deve trovarsi a più di 3 metri dalla parte anteriore; per i rimorchi si tiene conto anche della lunghezza del timone.

La distanza fra due catadiottri laterali successivi non deve superare 3 metri.

Se la struttura del veicolo non consente di rispettare tale prescrizione, questa distanza può essere aumentata fino a 4 metri.

La distanza tra il catadiottro laterale più arretrato ed il retro del veicolo non deve superare 1 metro.

Tuttavia, per i veicoli la cui lunghezza non supera i 6 metri è sufficiente un catadiottro laterale che si trovi nel primo terzo e/o uno che si trovi nell'ultimo terzo della lunghezza del veicolo.

Orientamento: L'asse di riferimento del catadiottro deve essere orizzontale, perpendicolare al piano longitudinale mediano del veicolo, e diretto verso l'esterno.

- Luci di posizione laterali

Presenza: Obbligatoria su tutti i veicoli la cui lunghezza superi i 6 metri, ad eccezione dei telai cabina

Facoltativa sui veicoli la cui lunghezza è inferiore o uguale a 6 metri.

La lunghezza dei rimorchi è calcolata tenendo conto anche della lunghezza del Timone.

Numero minimo per lato

Tale che siano rispettate le regole di posizione in lunghezza.

Schema di montaggio

Nessuna disposizione particolare. Posizione

In larghezza

Nessuna disposizione particolare. In altezza

Dal suolo: minimo 350 mm, massimo 1 500 mm.

Se la struttura del veicolo non consente di rispettare l'altezza massima, questo limite può essere aumentato fino a 2 100 mm.

In lunghezza

Almeno una luce di posizione laterale deve trovarsi nel terzo medio del veicolo; la luce di posizione laterale situata pia avanti non deve trovarsi a pia di 3 metri dalla parte anteriore; per i rimorchi si tiene conto anche della lunghezza del timone. La distanza fra due luci di posizione laterali successive non deve superare i 3 metri.

Se la struttura del veicolo non consente di rispettare tale prescrizione, questa distanza può essere aumentata fino a 4 metri.

La distanza tra la luce di posizione laterale pia arretrata ed il retro del veicolo non deve superare 1 metro. Tuttavia, per i veicoli la cui lunghezza non supera i 6 metri e per i telai cabinati, è sufficiente una luce di posizione laterale che si trovi nel primo terzo e / o una che si trovi nell'ultimo terzo della lunghezza del veicolo.

Orientamento: Verso i lati.

Sono obbligatorie anche le *luci targa*, ma la normativa si limita a specificare che debbano illuminare il vano targa

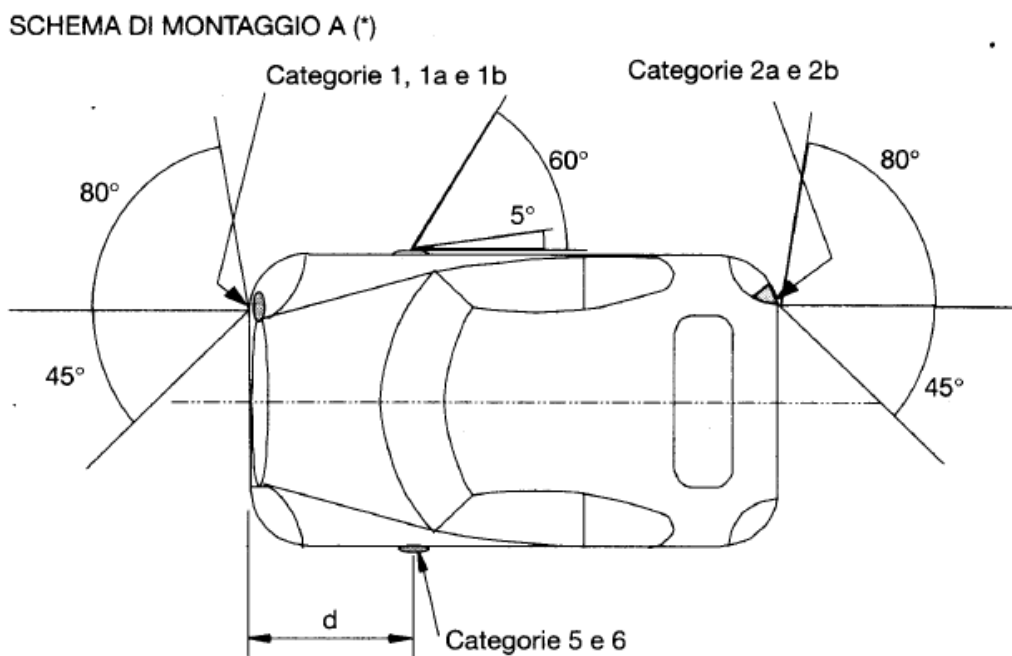


Fig 6.11 schema di montaggio aA

6.2.6 SPORGENZE ESTERNE

E' possibile che, nel personalizzare l'estetica di una vettura si possa ricorrere a motivi ornamentali, griglie, o comunque componenti sporgenti dal corpo vettura che potrebbero risultare non conformi a quanto predisposto dalla normativa.

Sono direttive atte anche a ridurre il rischio o la gravità delle lesioni corporali subite da una persona urtata o sfiorata dalla carrozzeria in caso di scontro.

La superficie esterna dei veicoli infatti non deve comportare ne parti spigolose o taglienti, ne sporgenze esterne the per la loro forma, per le loro dimensioni, per il loro orientamento o per la loro durezza, aumenterebbero il rischio o la gravità delle lesioni corporali subite da una persona urtata o sfiorata dalla carrozzeria in caso di scontro.

Parliamo di motivi ornamentali, proiettori, griglie, tergicristalli, paraurti, maniglie e pulsanti, coprimozzi, e ovviamente spigoli e pannelli della carrozzeria.

Innanzitutto bisogna precisare che nessun motivo sporgente dalla superficie esterna , deve avere un raggio di curvatura inferiore a 2,5mm, fatte salve le parti che si trovano a più di 2mt di altezza, al di sotto della linea base, oppure situate in modo che non possono essere toccate, in condizioni statiche, da una sfera di 100mm di diametro.

- Motivi ornamentali

I motivi ornamentali applicati, che sporgono più di 10 mm rispetto al loro sostegno, devono annullarsi, staccarsi o abbassarsi sotto una forza di 10 N esercitata in una direzione qualsiasi sul loro punto più sporgente, su un piano approssimativamente parallelo alla superficie sulla quale sono montati. Queste disposizioni non si applicano ai motivi' ornamentali esistenti sulle griglie dei radiatori, per i quali vige quanto detto sopra.

- Proiettori

Le visiere e le incorniciature sporgenti sono ammesse sui proiettori a condizione the non sporgano più di 30 mm rispetto alla superficie esterna del vetro del proiettore e the il loro raggio di curvatura non sia in nessun punto inferiore a 2,5 mm.

- Griglie ed intervalli tra elementi

Per quanto riguarda gli elementi di griglie di entrata o di uscita dell'aria e della calandra se la distanza tra due elementi consecutivi è compresa tra i 25 e i 40mm i raggi di curvatura devono essere uguali o superiori ad un mm. Se la distanza tra due elementi consecutivi è invece uguale o inferiore a 25mm, i raggi di curvatura delle superfici esterne degli elementi devono essere almeno di 0,5m. Se tali distanze sono superiori a 40mm i raggi di curvatura devono essere di almeno 2,5mm.

- Tergicristallo

I tergicristalli devono essere fissati in maniera tale che l'albero portante sia ricoperto da un elemento protettore che abbia un raggio di curvatura maggiore di 2,5mm e una superficie minima di 150 mm².

- Paraurti

Le estremità laterali dei paraurti devono incurvarsi verso la "superficie esterna" in modo da ridurre il pericolo di agganci. Inoltre gli elementi costitutivi del paraurti devono essere progettati in modo che tutte le superfici rigide volte verso l'esterno abbiano un raggio di curvatura minimo di 5mm.

- Maniglie , cerniere e pulsanti delle porte, cofani e sportelli: orifici e coperchi di serbatoio

Questi elementi non devono sporgere di oltre 40 mm per le maniglie laterali e di 30 mm in tutti gli altri casi. Se le maniglie delle porte laterali sono del tipo girevole, devono presentare i seguenti requisiti: l'estremità aperta della maniglia deve essere orientata verso la parte posteriore e la maniglia deve essere disposta in modo da girare parallelamente al piano della porta e non girare verso l'esterno; l'estremità della maniglia deve essere incurvata verso la porta e alloggiata in un alveolo.

- Dadi delle ruote

Quando un veicolo procede in linea retta , nessuna parte delle ruote, fatta eccezione dei pneumatici, situata al di sopra del piano orizzontale che passa attraverso il loro asse di rotazione, deve sporgere al di là della proiezione verticale, su un piano orizzontale, della superficie o struttura esterna.

Spigoli di lamiera, quali i bordi di gocciolatoi e le slitte di porte scorrevoli, sono ammessi a condizione che i loro bordi siano incurvati o che questi spigoli siano ricoperti da un elemento protettore conforme alle disposizioni ad esso applicabili.

- Pannelli di carrozzeria

Il raggio di curvatura delle pieghe dei pannelli di carrozzeria può essere inferiore a 2,5mm a condizione che non sia inferiore al decimo di altezza H della sporgenza misurata conformemente al metodo esposto nella direttiva (figura 6.12)

- Deflettori laterali per l'aria e per la pioggia

Gli spigoli dei deflettori laterali che possono essere volti verso l'esterno debbono avere un raggio di curvatura di almeno 1mm.

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di una superficie esterna si fa riferimento alla figura 6.12

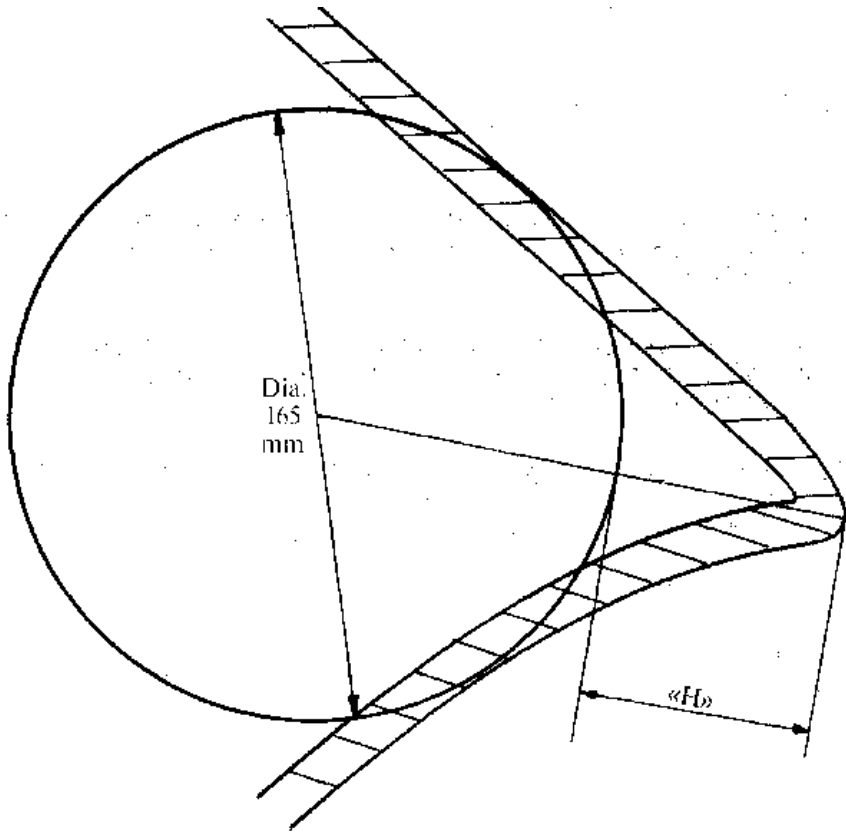


Figura 1

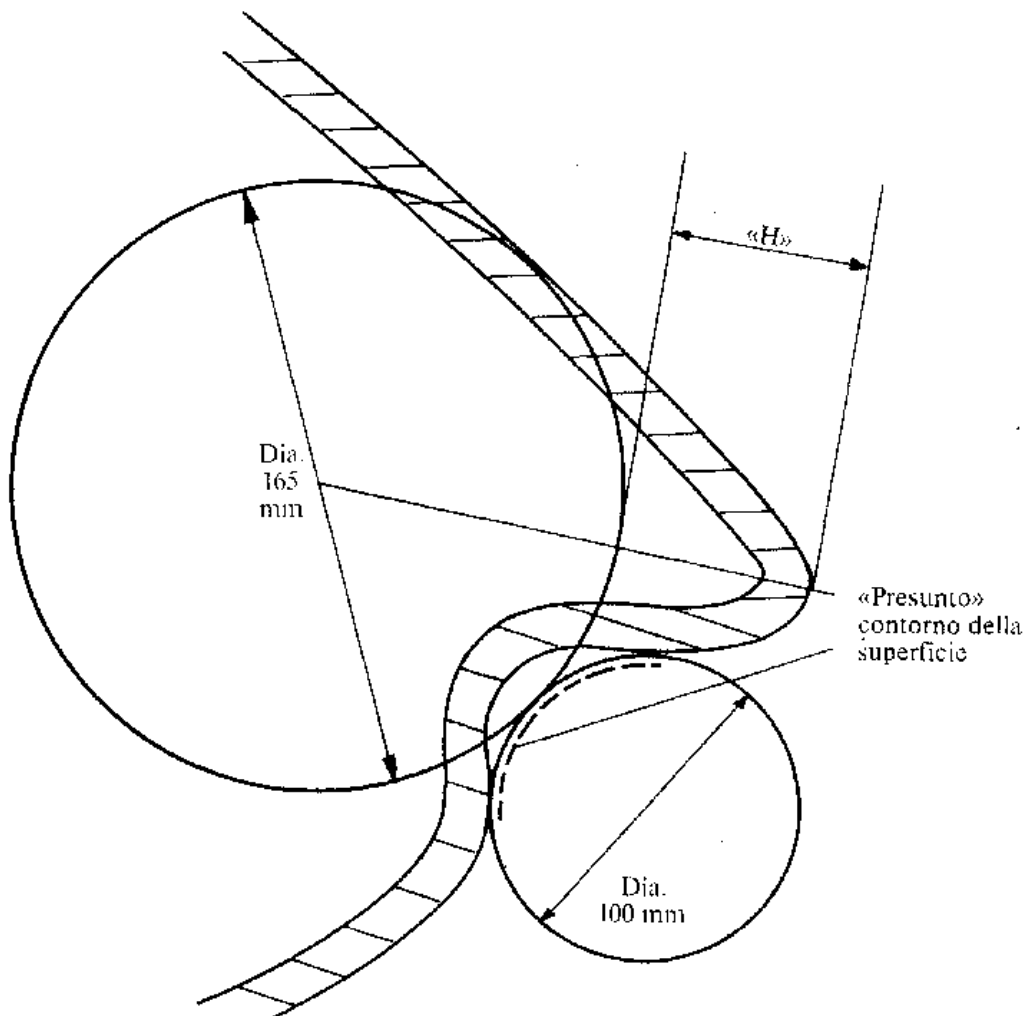


Fig6.12 a e b

Fig 6.12 metodo per determinare l'altezza delle sporgenze sulla superficie esterna

1) L'altezza H di una sporgenza si determina graficamente rispetto alla circonferenza di un **cerchio** di 165 mm di diametro, tangente internamente ai contorni esterni della «superficie esterna della parte da verificare.

2) L'altezza H è il valore massimale della distanza, misurata su una retta che passi per il centro del cerchio di 165 mm di diametro, tra la circonferenza del suddetto cerchio e il contorno esterno della sporgenza (vedasi figura a).

3) Se la sporgenza ha una forma tale che una parte del contorno esterno della «superficie esterna della parte esaminata non possa essere toccata dall'esterno da un cerchio di 100 mm di diametro, si presume che il contorno della superficie di questa zona corrisponde a quello della circonferenza del cerchio di 100 mm di diametro tra i suoi punti di tangenza con il contorno esterno (vedasi figura 1b).

4) Schemi in sezione della «superficie esterna delle parti esaminate devono essere forniti dal fabbricante per permettere di determinare in base a tale metodo l'altezza delle sporgenze.

6.2.6 PARAFANGHI

I veicoli a motore devono essere muniti di parafanghi (facenti parte della carrozzeria o montati separatamente).

I parafanghi devono essere progettati e costruiti in modo da proteggere nella misura del possibile agli altri utenti della strada dalle protezioni da pietre, fango, ghiaccio, neve e acqua, nonché in modo da ridurre per detti utenti i rischi di contatto con le ruote in movimento.

In questa sede ci siamo proposti di ridisegnare i parafanghi, perciò ci è utile conoscere come le direttive regolamentano queste componenti.

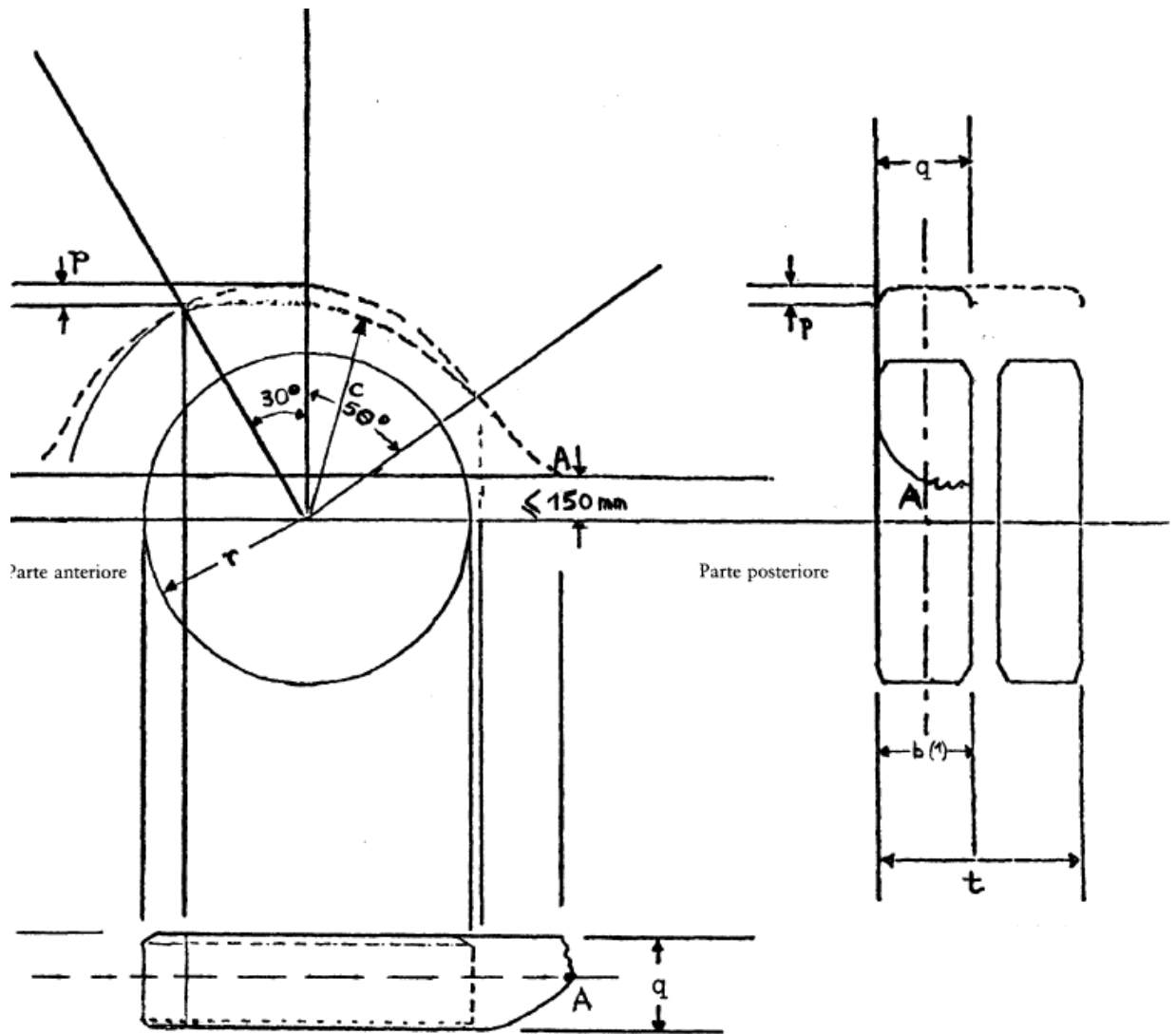


Fig 6.13 dimensioni significative per riguardanti il parafango. La misura b si effettua nella parte superiore del pneumatico.

La figura mostra le dimensioni massime all'interno delle quali può essere collocato il parafango.

Nel settore formato dai piani radiali costituenti un angolo di 30° davanti e di 50° dietro il centro delle ruote (vedi figura 6.13), la larghezza totale (q) del parafango deve essere almeno sufficiente a coprire la larghezza (b) del pneumatico, tenendo conto delle condizioni estreme della combinazione pneumatico/ruota, quali sono specificate dal costruttore .

Nel determinare queste larghezze non devono essere prese in considerazione le iscrizioni, le decorazioni, i cordoni, o le nervature di protezione dei fianchi dei pneumatici.

Inoltre, la parte posteriore dei parafanghi non deve terminare oltre un piano orizzontale situato a 150mm al di sopra dell'asse di rotazione delle ruote (distanza misurata rispetto all'asse delle ruote); l'intersezione del bordo del parafango con tale piano (punto A della figura 6.13) deve trovarsi all'esterno del piano longitudinale mediano del pneumatico della ruota più esterna.

Per quanto riguarda il profilo e la collocazione dei parafanghi:

La proiezione (situata nel piano assiale verticale del pneumatico) della profondità (p) dei bordi esterni dei parafanghi, misurata sul piano verticale longitudinale passante per il centro del pneumatico, deve essere almeno 30mm. tale profondità (p) può ridursi progressivamente a 0 sui piani radiali sopra descritti.

La distanza (c) tra i bordi inferiori dei parafanghi e l'asse passante per il centro delle ruote non deve superare due volte r, dove "r" è il raggio statico del pneumatico.

Importante: i parafanghi non possono essere costituiti da più elementi purchè, una volta montati, non esistano fessure tra i singoli elementi o all'interno di questi.

I parafanghi infine devono essere solidamente fissati, anche se tuttavia essere amovibili interamente o parzialmente.

6.2.8 SERRATURE E CERNIERE

Nel capitolo precedente abbiamo visto come nelle stesse portiere e montanti siano presenti i relativi sistemi di chiusura e apertura che sono stati tra i motivi per cui si è ritenuto di non modificare il disegno delle porte.

Tuttavia bisogna conoscere che anche queste componenti sono regolate da apposite norme che ne permettono l'omologazione.

Possono sembrare particolari ininfluenti, ma dando uno sguardo a ciò che richiede la normativa relativa alle cerniere o serrature si può vedere che anche tali sistemi possono vanificare l'omologazione della nuova vettura.

La direttiva stabilisce che le cerniere e serrature, devono essere ideate in modo da garantire la massima sicurezza nella discesa e nella salita, usate comodamente e senza

presentare pericoli, e senza presentare rumori molesti o rendere possibile l'apertura involontaria.

Senza entrare nel dettaglio, la norma stabilisce che tali sistemi devono superare prove che ne valutino:

- carico longitudinale
- carico trasversale
- resistenza agli effetti inerziali

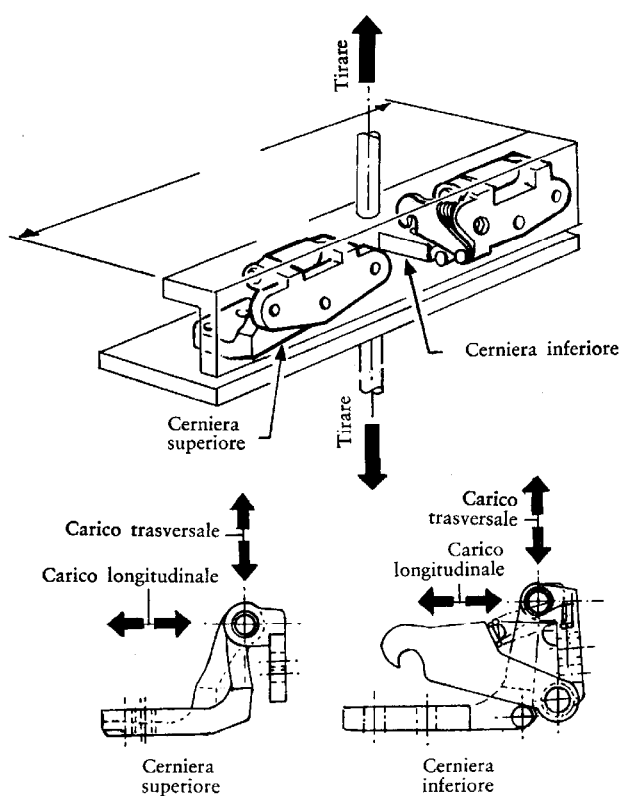


Fig 6.14 cerniera di porta: dispositivo di prova per il carico statico (carico trasversale)

6.3 SICUREZZA

La sicurezza di un veicolo viene normalmente classificata sotto 3 diversi aspetti :

- *sicurezza preventiva*, definita come la proprietà del veicolo di tenere il pilota costantemente informato su quanto avviene e concentrato sulle azioni correttive da intraprendere in caso di necessità; esempi di questa categoria sono la visibilità esterna e la visibilità di alcuni strumenti (ad esempio tachimetro, termometro temperatura esterna, ecc), senza distogliere chi guida dall'attenzione su quanto sta accadendo.
- *sicurezza attiva*, intesa come la proprietà del veicolo di rispondere in modo immediato, stabile ed efficace alle azioni che il pilota è chiamato ad intraprendere , per evitare gli ostacoli o le situazioni di pericolo.
- *Sicurezza passiva* , definita come la proprietà del veicolo, in caso di impatto inevitabile, di limitare le lesioni agli occupanti del veicolo, a quelli di altri veicoli coinvolti ed ai pedoni.

E' chiaro che per la sicurezza passiva non si possono richiedere requisiti che rendano immuni da danni gli occupanti, in qualsiasi situazione , ma solo quelle che sono state ritenute statisticamente significative; in questo campo assumono particolare importanza i regolamenti omologativi e la prassi tecnica dei costruttori. Secondo quanto prescritto dalle normative, un veicolo per essere omologato deve superare alcuni test di *urto frontale ed impatto laterale*.

Nella normativa viene riportato esattamente come questi test devono essere svolti, nonché come deve essere preparato il veicolo e quali parametri devono essere rilevati.

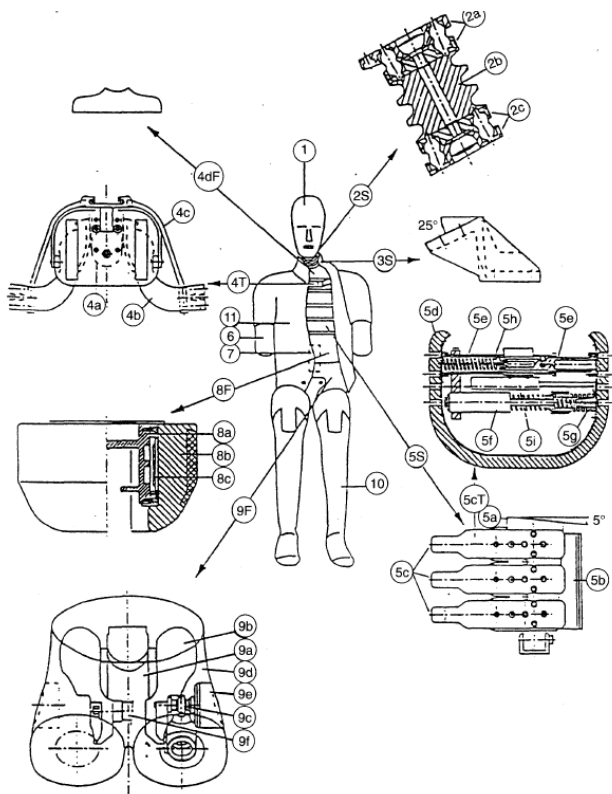


Fig 6.15 costruzione manichino prova urto laterale.

La seguente figura è presa direttamente dalla direttiva:

REQUISITI TECNICI

1. CAMPO DI APPLICAZIONE **IMPORTANTE**

La presente direttiva riguarda il comportamento in caso di urto laterale della struttura dell'abitacolo dei veicoli delle categorie M₁, ed N₁, in cui il punto R del sedile più basso si trova a una distanza massima di 700 mm dal suolo quando il veicolo si trova nella condizione corrispondente alla massa di riferimento di cui al punto 2.10 del presente allegato, ad esclusione dei veicoli costruiti in più fasi e prodotti in quantitativi non superiori a quelli fissati per le piccole serie.

Nel nostro caso non verranno eseguite prove di urto in quanto la normativa non lo prevede. e quindi non approfondiremo gli aspetti legati alle modalità con cui si svolgono tali prove. Questo sicuramente inciderà in modo positivo sui *costi di realizzazione* del veicolo.

La sicurezza passiva resta comunque un aspetto molto importante nella progettazione di un veicolo: perciò in sede di modifica si tenderà a non intervenire sui componenti che maggiormente influiscono sulla sicurezza passiva.

Infatti, anche se per questo veicolo non saranno svolti test d'impatto, ciò non toglie che il progettista non deve porre in secondo piano la sicurezza degli occupanti. Perciò riallacciandoci a ciò che già è stato detto nei capitoli precedenti riteniamo opportuno non apportare trasformazioni che possano rendere la nuova vettura meno sicura del modello originale (per esempio lunghezza dello sbalzo anteriore, portiere, posizione volante, parti strutturali..).

La carrozzeria risulta in particolare coinvolta per la sicurezza preventiva (visibilità esterna ed interna, illuminazione esterna), e per la sicurezza passiva (comportamento strutturale , sistemi di ritenuta passiva e attiva, disposizione degli organi interni , finizioni esterne ed esterne).

L'autotelaio determina i principali requisiti della sicurezza attiva, attraverso sospensioni, freni e pneumatici, e della sicurezza passiva, limitando l'eventuale intrusione nell'abitacolo di organi meccanici in seguito agli urti.

Il motore stesso è coinvolto nella sicurezza passiva per quanto riguarda l'immunità da perdite di carburante ed incendi, in conseguenza agli urti.

6.4 SCELTA DIMENSIONI NUOVO VEICOLO

Abbiamo quindi analizzato ciò che è stato ritenuto più utile conoscere in previsione di una trasformazione della carrozzeria (illuminazione, visibilità, dimensioni ecc)

Come abbiamo però visto già all'inizio di questo capitolo sono molteplici gli aspetti che sono soggetti a prescrizioni e regolamenti: freni, ruote, sterzo e così via.

La maggior parte di questi sistemi non saranno soggetti a modifiche, come detto sia per motivi economici, sia per evitare di alterare componenti originali che andrebbero quindi testati incrementando ulteriormente i costi di realizzazione.

Tuttavia, l'allungamento del veicolo comporta un inevitabile aumento di *dimensioni* e *pesi*.

Quindi test in pista per valutare il comportamento su strada del veicolo ultimato saranno comunque necessari (prove di accelerazione laterale, velocità di imbardata, angolo d'assetto, angolo di rollio, impianto frenante, sospensioni..).

L'incremento di peso potrebbe incidere sulle *emissioni* ed i *consumi* del veicolo, aspetti anch'essi regolamentati da determinate normative.

Inoltre, l'aumento del passo come abbiamo visto comporta il conseguente allungamento di componenti che si estendono longitudinalmente lungo il veicolo, come la trasmissione o l'impianto di scarico: ciò potrebbe comportare un aumento delle *emissioni sonore* o delle

vibrazioni a valori non conformi a quanto stabilito dalle normative. Anche questi aspetti dovranno perciò essere testati.

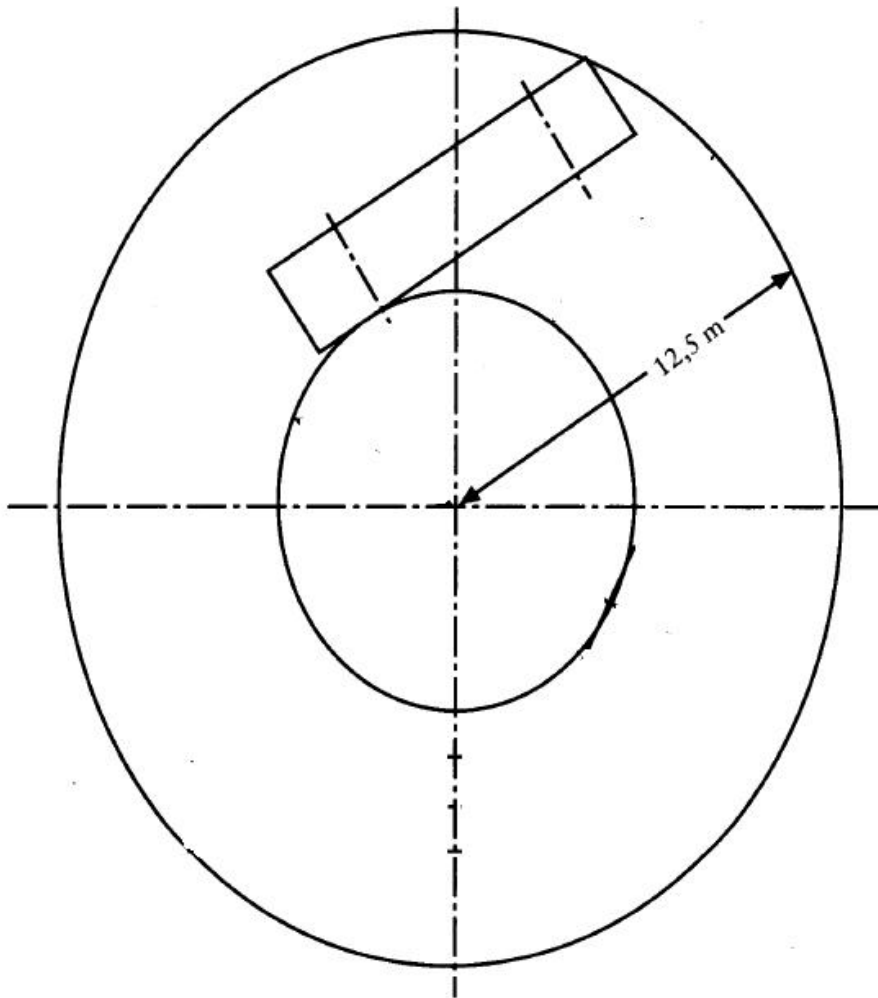
Per evitare quindi di realizzare un mezzo che rischia di non risultare conforme alle normative sono state valutate attentamente le dimensioni massime oltre le quali sarebbe stato necessario eseguire calcoli strutturali più accurati;

Sulla base cioè di informazioni ottenute dallo studio di veicoli simili già esistenti (se ne parlerà anche nel capitolo 7.5) si è potuto evincere che con un allungamento del passo di ca 3 metri (la vettura passa così da una lunghezza di circa 5 metri ad una lunghezza di 6 metri) si potrebbe realizzare una vettura dallo spazio interno ottimale per il collocamento di altri 3 posti ; allo stesso tempo l'aumento di peso non dovrebbe richiedere un impianto frenante modificato ne dovrebbero insorgere problemi legati alle emissioni inquinanti o sonore. Il costruttore inoltre realizza già componenti per il sistema di scarico e la trasmissione pensati per allungamenti di questo tipo.

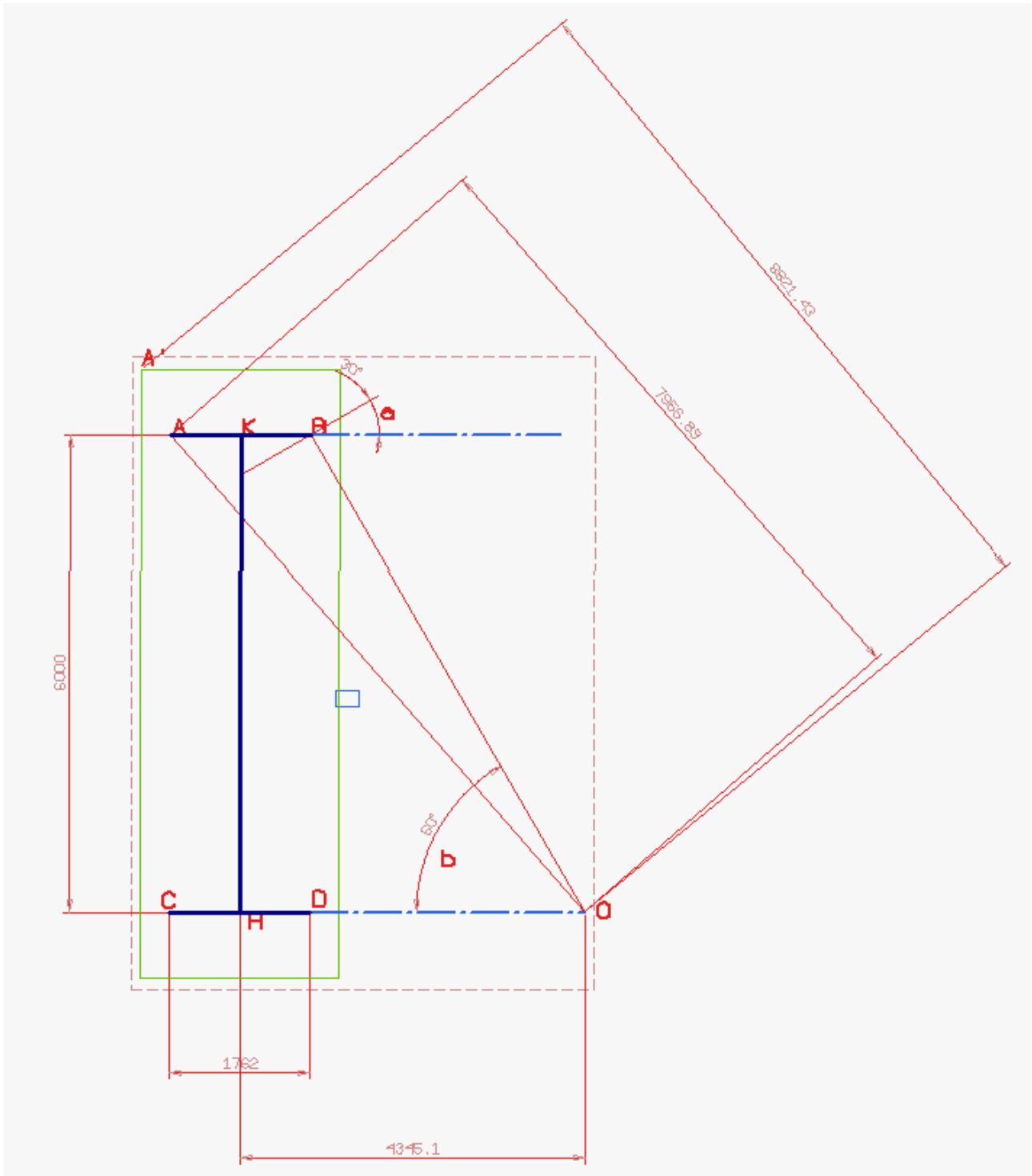
Esistono veicoli ben più lunghi, ma spesso si ricorre all'aggiunta di un secondo assale posteriore e sono richiesti interventi pesanti su freni, strutture di rinforzo e così via, senza contare che si finirebbe al di fuori della categoria M1.

Ipotizzato l'allungamento del passo di 3mt si è proceduto alla verifica che il raggio di curvatura del veicolo sia inferiore a 12,50 m come stabilito dalla normativa.

Infatti secondo quanto stabilito dalla legge in materia di manovrabilità , un veicolo a motore deve poter essere manovrato in entrambi i sensi, per una traiettoria completa di 360° entro una circonferenza circolare dal raggio di 12.50m dei punti più esterni del veicolo sporga dalla circonferenza.



Per verificare questa condizione è stato approntato un calcolo come segue:



Si vuole verificare che $A'A$ sia inferiore a 12.50m.

E' stato misurato l'angolo di sterzo della ruota interna del veicolo originale, $a=30^\circ$

Si conoscono inoltre:

passo = 1662 mm

carreggiata = 6000m (come da progetto)

Si suppone che la sterzata sia *cinematica* ovvero il veicolo viaggia a velocità bassissime. L centro di istantanea rotazione O sarà quindi sulla retta che rappresenta il prolungamento dell'assale posteriore.

Si calcola l'angolo b: $90-a=60$

Dalla relazione $\tan b = \frac{KH}{HO - \frac{CD}{2}}$ si ricava HO :

$$HO = \frac{6000 + (881 * 1.732)}{1.732} = 4349mm \quad \text{da cui} \quad CO = 4349 + 661 = 5230 \text{ mm.}$$

Tramite il semplice teorema di pitagora si ricava $AO = \sqrt{CO^2 + AC^2} = 6959mm$

La misura è nettamente inferiore a 12.50m. Il dato è confermato dall'analisi grafica effettuata tramite think3. Date le ridottissime dimensioni dello sbalzo anteriore anche la misura A'O sarà sicuramente inferiore a 12.50m. Graficamente si è ricavato che $A'O = 6621mm$.

CAPITOLO 7 DESIGN

Una volta definiti tutti i vincoli strutturali, legali ed economici legati al progetto, si vuole ora trovare una soluzione stilistica, di restyling, che dia un'impronta più originale al nuovo veicolo.

È questa sicuramente la parte più creativa, e “affascinante” di tutto il progetto.

Prima di analizzare le tappe e le procedure che abbiamo seguito nella scelta dello stile per il veicolo trasformato, cercheremo di dare qualche informazione in più sulla figura del designer/progettista moderno. Come si sono evolute le tecniche del disegno di carrozzeria nel corso della storia, e soprattutto come al giorno d'oggi interagiscono i moderni metodi di design (cad, modellatori virtuali, ecc) con le tecniche usate nel passato dove mancava l'appoggio tecnologico e computazionale.

7.1 IMPORTANZA DELLO STILE

Nonostante il comfort, la sicurezza, la stabilità e molte altre caratteristiche prettamente funzionali del veicolo dipendono dalle soluzioni tecniche adottate, le quali sono sempre in continua evoluzione, il design della carrozzeria è sicuramente ciò che apporta il contributo maggiore alla personalità, ed al primo impatto estetico che offre il veicolo, tant'è che oggi la ricerca dello stile sembra essere un'esigenza quasi irrinunciabile. È ricorrente la considerazione che, in un mercato altamente competitivo e globalizzato come quello attuale, un aspetto estetico accattivante costituisce un valore aggiunto in grado di conquistare il cliente. In altri termini, il valore reale dell'oggetto, cioè la sua capacità di soddisfare le esigenze dell'utente mediante la sua funzionalità, viene integrato da fattori che soddisfino ulteriori esigenze, meno razionali ma non per questo meno rilevanti, anche in oggetti non destinati al largo consumo. L'aspetto degli oggetti dovrebbe certamente derivare in primo luogo dal soddisfacimento delle esigenze funzionali prima accennate, indipendentemente da teorie estetiche o concezioni puramente formali, ma è anche vero che queste affiorano nel momento in cui gli oggetti vengono osservati. E se l'osservazione viene fatta da un potenziale utente, in particolare nella sua veste di potenziale acquirente, l'aspetto acquista una valenza primaria.

Nel campo automobilistico questo aspetto ha assunto un'importanza sempre maggiore. Nei progetti sono ormai sempre presenti simulazioni al computer che riproducono il modello virtuale in un contesto urbano, proprio per valutarne l'impatto nell'ambiente circostante.

Si è arrivati oggi ad una ricerca quasi sfrontata da parte delle case automobilistiche di una linea stilistica. Vi è stata una netta presa di coscienza che il consumatore, molto più di un tempo, spende i soldi per un'automobile “bella”.

Si prende spesso come esempio l'industria automobilistica giapponese, che fino ad un decennio fa produceva ottime vetture qualitativamente parlando, ma anonime nello stile : ora si sono adeguati a questa tendenza. Un prodotto di design è un prodotto che viene acquistato per i valori intrinseci che incorpora: posso acquistare una determinata automobile per cercare uno status che altri modelli non ugualmente validi sul piano tecnico nonmi possono dare. Riconosco un premium price al prodotto per contenuti scarsamente riconducibili a benefici tangibili e/o funzionali.

Nel settore automobilistico è in atto un processo che si potrebbe definire “democratizzazione dello stile”, tale per cui ogni casa investe molto in R&D design-oriented (ricerca e sviluppo), non potendo più permettersi il lusso di immettere nel mercato auto ottime, magari tecnologicamente all'avanguardia, ma di scarso appeal: un tempo auto, non belle ma robuste, oppure con un buon rapporto qualità/prezzo o rapporto/dotazione avevano estimatori .Negli ultimi Saloni dell'auto invece vi è stata una notevole sferzata in tal senso, con prototipi, (si guardi soprattutto di case automobilistiche coreane e asiatiche) davvero interessanti dal punto di vista del design. Fino a qualche anno fa l'accento era posto più sulla tecnologia che sullo stile: le evoluzioni tecniche erano fonte di vantaggio competitivo. Oggi, in parte la prospettiva è differente: tutte le case continuano a innovare, a rincorrersi e a superarsi su questo campo (motori sempre più potenti, sospensioni intelligenti, sensori per il parcheggio...), ma questo campo non fa più la differenza come un tempo: ormai si da per scontato che un'auto nuova sia sufficientemente sicura, potente e accessoriata (abs, servosterzo, clima...). I forti investimenti tecnologici, nel campo automobilistico, hanno fatto sì che la tecnologia si ponesse quasi a livello “commodity” nella testa del cliente: dispositivi di sicurezza e confort bene o male sono oramai di serie su qualsiasi vettura di fascia media (intendendo per fascia media il posizionamento non il segmento d'appartenenza). Inoltre col diffondersi della progettazione a piattaforma molte auto hanno la stessa base di partenza e condividono le stesse parti meccaniche Anche il rapporto prezzo/equipaggiamento, pur sempre molto importante come fattore di scelta, propone meno differenze all'interno della categoria. Dunque aumenta l'importanza dello stile. Una democratizzazione dello stile insomma. Nel campo automobilistico sta funzionando.



Fig 7.1 bozzetti di studio

7.2 IL DISEGNO DI UNA CARROZZERIA : IL PIANO DI FORMA

Nel seguente capitolo analizzeremo ciò che sta alla base nel progetto di una carrozzeria di un'automobile: questo non solo aiuterà a rapportarsi meglio con l'approccio computazionale (cad), ma rappresenta un elemento in più per il progettista.

PIANO DI FORMA

In passato, ciò che definiva interamente il progetto della carrozzeria di un'automobile era il *piano di forma*.

Si tratta del disegno di progetto tra i più importanti per la realizzazione pratica dell'oggetto stesso che si è rappresentato.

Il piano di forma consiste nel rappresentare fedelmente (con tutte le misure), su *due dimensioni* (il foglio) quello che poi verrà tradotto esattamente nelle tre dimensioni: cioè l'oggetto reale, la carrozzeria dell'automobile.

Generalmente segue i primi bozzetti a matita (che sono senza dimensioni), con cui il designer definisce la linea generale, ovvero lo stile della futura auto.

Per la corretta realizzazione di un piano di forma devono essere seguite alcune regole.

1) scelta della scala di rappresentazione

Per prima cosa occorre subito scegliere la scala di rappresentazione dell'oggetto; che può essere sia quella reale 1:1, che pur essendo la più difficile da realizzare resta sempre la più precisa, oppure si può optare per altre scale ridotte; come la scala 1:10 che per praticità è spesso usata per studi preliminari, o anche, prevalentemente, le scale 1.5 e 1.4 che sono le più usate anche per la realizzazione di *modelli*, perchè uniscono il vantaggio di non essere troppo voluminose ed impegnative, pur rimanendo sempre sufficientemente precise.

2) tracciatura del reticolo di riferimento quotato

A questo punto occorre tracciare sul foglio un reticolo di riferimento formato da una serie di linee longitudinali e trasversali, equidistanti tra loro, e munite di quote; per suddividere lo spazio e creare così il maggior numero di punti di riferimento possibile ; Tali punti di riferimento saranno di grande

aiuto nella realizzazione delle *proiezioni ortogonali della vettura*; le quali dovranno essere il più possibile precise, ma soprattutto combaciare perfettamente tra di loro.

Le proiezioni ortogonali della vettura consistono in una serie di disegni, di altrettante viste dell'auto stessa, sempre perfettamente ortogonali rispetto a chi guarda; cioè riprese perfettamente perpendicolari, vale a dire proprio con un angolo formato dall'oggetto di chi lo guarda, sempre esattamente di 90 gradi.

Si tratta principalmente di quattro viste fondamentali:

Il fianco

La pianta

Prospetto anteriore

Prospetto posteriore

7.2.1 TRACCIATURA FIANCO SX

Il fianco è generalmente la prima vista da realizzare perché è la più semplice ed intuitiva, ma anche la più rappresentativa.

Si tratta della vettura vista lateralmente secondo la sua lunghezza, che risulta così essere la misura principale della vista. Non esiste una regola particolare che indica quale fianco destro o sx della vettura scegliere per la rappresentazione. Noi sceglieremo il fianco sinistro, cioè col frontale dell'auto direzionato verso la vostra sx del foglio.

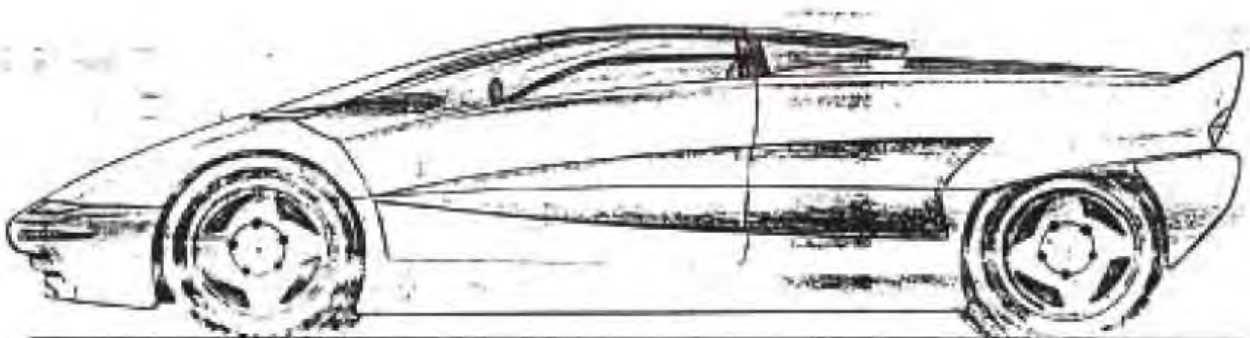


Fig 7.2 fianco sx

7.2.2 TRACCIATURA DELLA PIANTA

La seconda vista da realizzare è la pianta : si tratta praticamente della vettura vista dall'alto, nel senso del suo asse, ovvero l'altezza stessa dell'auto.

La pianta va sempre posizionata in corrispondenza dell'omonimo fianco sx, cioè perfettamente perpendicolare e parallela, con le sue quote principali coincidenti, per comodità di rappresentazione e realizzazione, ma soprattutto anche per riferimento di controllo delle quote, e delle forme, che devono sempre combaciare perfettamente.

Si usa indifferentemente a seconda della superficie a disposizione sul foglio la rappresentazione della pianta completa divisa in due parti uguali dalla linea di mezzeria (che va sempre rappresentata) oppure solo della metà di sinistra della vettura essendo l'altra parte generalmente perfettamente speculare e perciò riproducibile semplicemente ribaltando il disegno.



Fig 7.3 pianta

7.2.3 TRACCIATURA DEI PROSPETTI ANTERIORE E POSTERIORE

A questo punto si può passare alla rappresentazione dei due prospetti anteriore e posteriore, cioè delle due viste anteriore e posteriore, naturalmente sempre perfettamente a 90 rispetto a chi guarda. Questi andranno a loro volta posizionati con le quote principali perfettamente coincidenti al fianco

sx .Per comodità si usa mettere il prospetto anteriore a sinistra del fianco proprio in corrispondenza della stessa parte anteriore dell'auto mentre viceversa, il prospetto posteriore andrà rispettivamente a destra del fianco, sempre in corrispondenza della parte posteriore dell'auto; questo sempre per motivi di controllo e praticità.

A questo punto è chiaro che questa 4 viste dovranno, come già ricordato, risultare sempre perfettamente coincidenti, e perciò ogni eventuale modifica di quote su una delle viste, andrà poi sempre riportata sulle altre viste interessate.

Uguualmente, ogni quota della vista considerata definitiva, dovrà perciò coincidere con le corrispondenti quote delle altre viste interessate, che dovranno così necessariamente essere costruite (o" ricostruite") esattamente sulla base di quelle precise informazioni e quote.

Risulta anche altrettanto chiaro che queste quattro viste, perfettamente ortogonali, insieme possono definire perfettamente l'oggetto su tre dimensioni, con rappresentazione su due dimensioni.

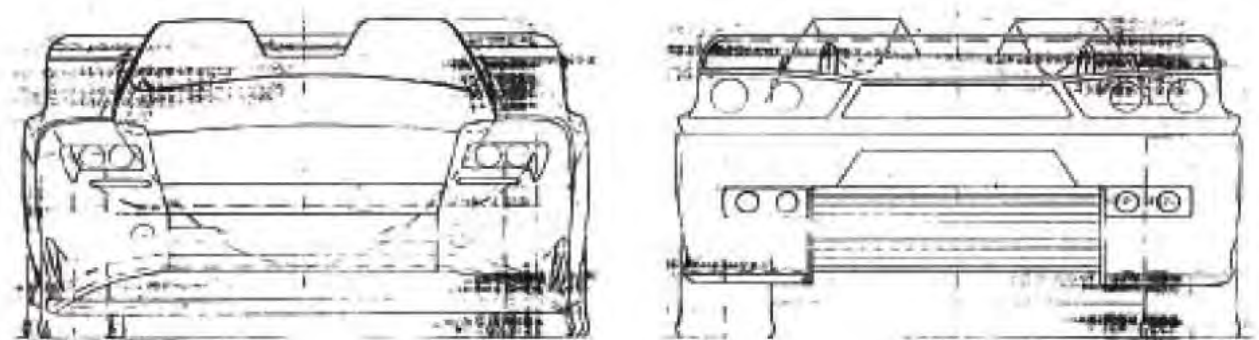


Fig 7.4 prospetti anteriore e posteriore

7.3 COSTRUZIONE DEL PIANO DI FORMA

Ulteriori informazioni su come l'oggetto rappresentato sul foglio si svilupperà nelle tre dimensioni reali, le può fornire il cosiddetto piano di forma, che è costituito da varie sezioni (letteralmente tagli) delle 4 viste appena descritte.

In pratica per realizzare un piano di forma, occorre prima di tutto costruire il più correttamente possibile le 4 viste, su cui si andranno poi a tracciare le varie sezioni, che possono essere nelle tre dimensioni: longitudinali, trasversali ed assiali.

7.3.1 REALIZZAZIONE DELLE SEZIONI TRASVERSALI

In genere nella rappresentazione di un piano di forma della carrozzeria di un'automobile, le sezioni più importanti, sono sempre quelle trasversali, che vengono così tracciate in due modi: si tratta della vettura sezionata trasversalmente, cioè in vari punti della sua lunghezza; quello che interessa sono le linee o contorni dell'auto sezionata, che danno così lo sviluppo della forma della carrozzeria nello spazio (le " famose " tre dimensioni reali) mettendo in evidenza le eventuali variazioni del profilo nel suo sviluppo.

Generalmente queste sezioni vengono rappresentate sul disegno in questo modo: sui due prospetti ant e post vengono tracciate in loco, cioè direttamente sulla vista interessata, ed in corrispondenza della quota fissata data dal reticolo di riferimento, mentre quelle sul fianco sx vengono sempre realizzate in corrispondenza della quota fissata, ma ribaltate a 90gradi, per poter essere agevolmente rilevate (la rispettiva rappresentazione in loco, darebbe in questo caso sempre ed invariabilmente luogo ad una linea retta più o meno estesa, di nessuna utilità); questa convenzione è molto sfruttata soprattutto per poter così rappresentare meglio la parte centrale dell'auto, generalmente quasi impossibile da realizzare sui due prospetti.

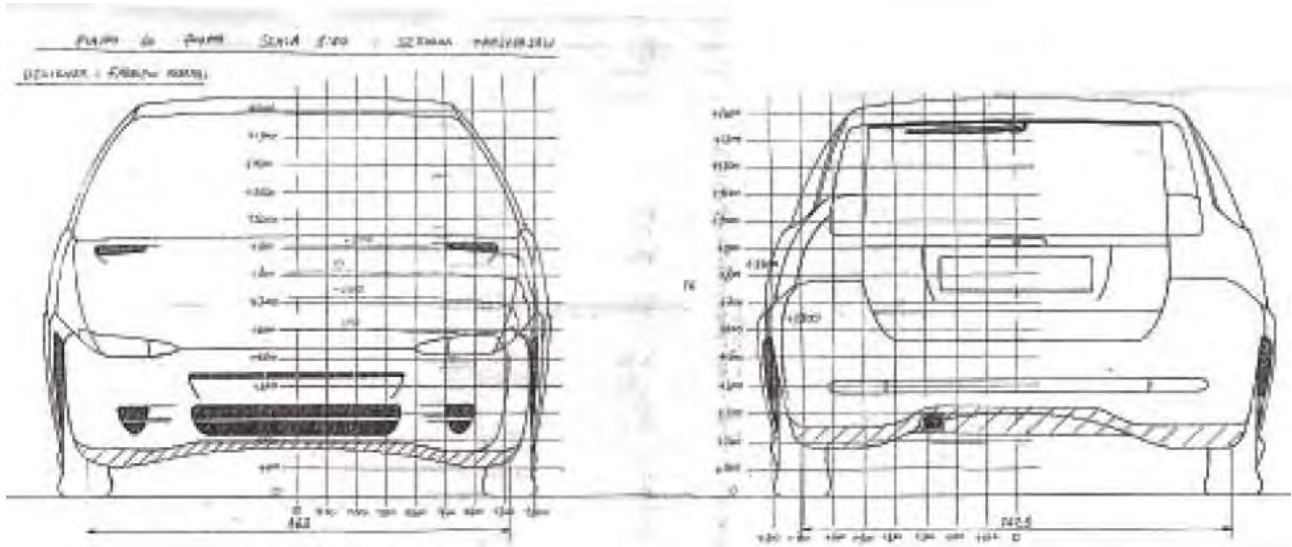


Fig 7.5 sezioni trasversali in loco

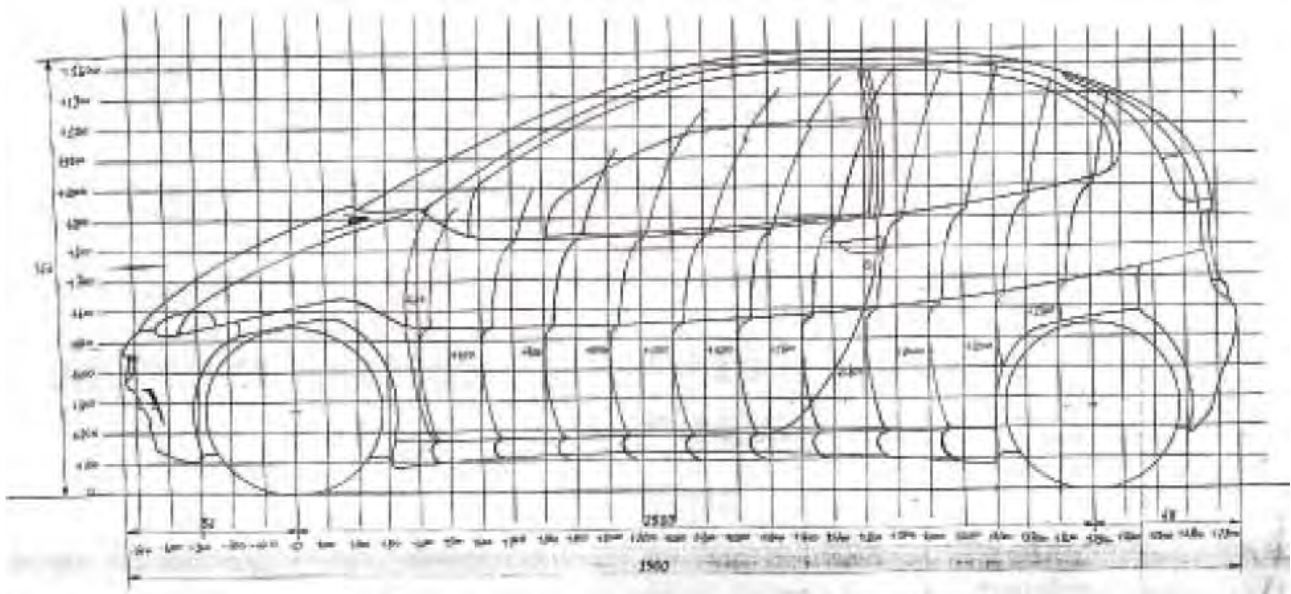


Fig 7.6 sezioni ribaltate a 70°

7.3.2 REALIZZAZIONE DELLE SEZIONI ASSIALI

Le altre sezioni abbiamo detto possono avere un'importanza minore nello studio della carrozzeria di un'automobile, ma a volte possono anche risultare utili. Le sezioni assiali possono talvolta servire per definire meglio l'andamento di un cristallo o del padiglione dell'auto; si tratta di sezioni nel senso dell'asse, in questo caso l'altezza dell'auto, e vengono rappresentate soprattutto in pianta.

Poi occorre anche sempre determinare l'ingombro trasversale, che determinerà la massima larghezza dell'automobile, ed in questo caso oltre che alle carreggiate, entreranno in gioco la larghezza degli pneumatici prescelti o anche eventuali radiatori laterali ecc..

Altre misure importanti potrebbero essere gli ingombri delle sospensioni, l'ingombro del serbatoio carburante, ed in generale tutti i radiatori, che determineranno poi la posizione, l'ampiezza ed in alcuni casi anche la forma delle prese d'aria, che dovranno poi essere presenti anche per l'aerazione dell'abitacolo, oppure per le uscite, o sfoghi di raffreddamento.

Risulta perciò chiaro che sarebbe troppo lungo (ed anche inutile) elencare tutta una serie di fattori troppo particolari, troppo legati ad un particolare layout meccanico che ci si trova a studiare di volta in volta, con una serie pressoché infinita di "casi" che occorrer necessariamente studiare ogni volta sul momento.

7.3.3 REALIZZAZIONE DELLE SEZIONI LONGITUDINALI

Le sezioni longitudinali, sono le meno importanti, e non vengono quasi mai usate perché le informazioni che contengono si possono semplicemente “estrapolare” con le trasversali.

Si tratta di sezioni nel senso della longitudinale o lunghezza dell’autoveicolo.

Naturalmente è chiaro che la frequenza delle sezioni (cioè la loro distanza), viene di volta in volta stabilita a seconda della complessità (o meno) della forma tridimensionale (la carrozzeria) da rappresentare: tanto più complessa e ricca di variazioni sarà la forma studiata, tante più sezioni occorreranno per non perdere dettagli fondamentali., viceversa tanto più semplice e monotona risulterà la forma, tanto più le sezioni (che in questo caso tenderanno a risultare simili tra loro) potranno essere spaziate tra loro e quindi realizzate in numero minore.

Certamente, anche per forme tridimensionali molto complesse e “variate” non si potrà mai eccedere nel numero delle sezioni sul foglio (ovviamente nel caso di disegni manuali o, semplicemente anche per stampare a plotter di più immediata leggibilità- completamente opposto al caso dello studio della matematica con un qualsiasi modello software), pena l’inevitabile perdita di comprensibilità e leggibilità dello studio stesso.

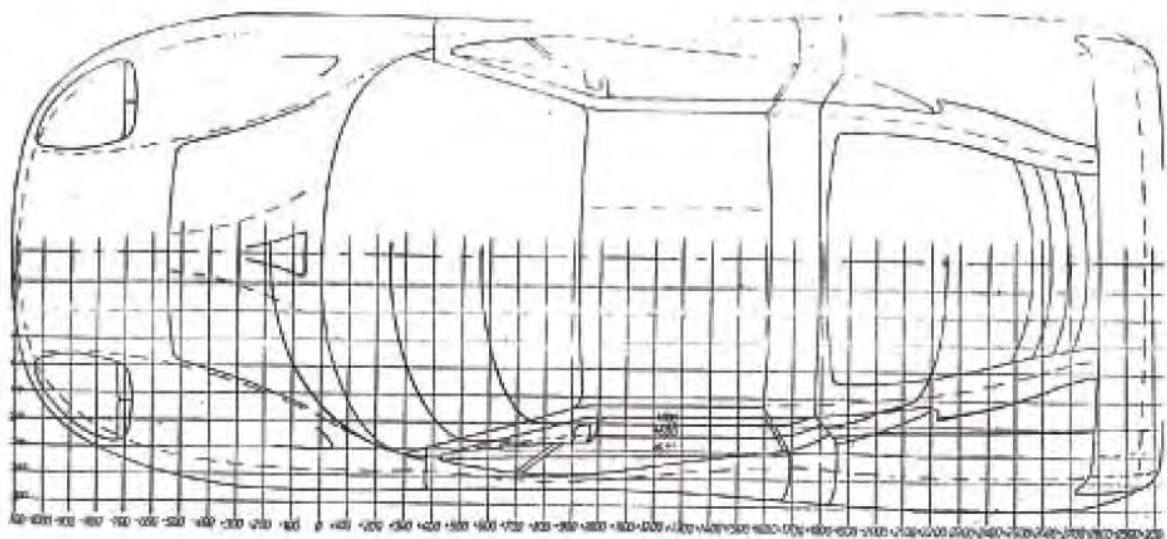


Fig 7.7 sezioni longitudinali

7.4 IMPOSTAZIONE MODERNA

Come abbiamo visto, il piano di forma ci fornisce tutte le informazioni necessarie per la costruzione dell'oggetto 3D.

Un approccio di questo tipo, presenta tuttavia dei limiti legati ai lunghi tempi di realizzazione e comunque ad una difficoltà di lettura del disegno stesso sempre molto maggiore rispetto ad un modello tridimensionale realizzato con un moderno software cad.

Modifiche e correzioni al progetto di partenza, per esempio, le quali devono essere ovviamente riportate su ogni vista, implicano un'operazione laboriosa, che si traduce in lunghi tempi di lavoro.

Con le moderne tecnologie, computer, CAD, CAM, è oggi possibile tradurre le idee dei bozzetti degli stilisti in un modello tridimensionale. Se necessario si possono ricavare con apposite funzioni, gli stessi piani di forma del modello. La fig 7.7b riporta i piani di forma del Hummer H2 ottenuti dal nostro modello 3d. Inoltre modifiche, correzioni, possono essere effettuate direttamente sul modello 3d comprimendo notevolmente i tempi che tali procedure avrebbero richiesto se compiute manualmente.

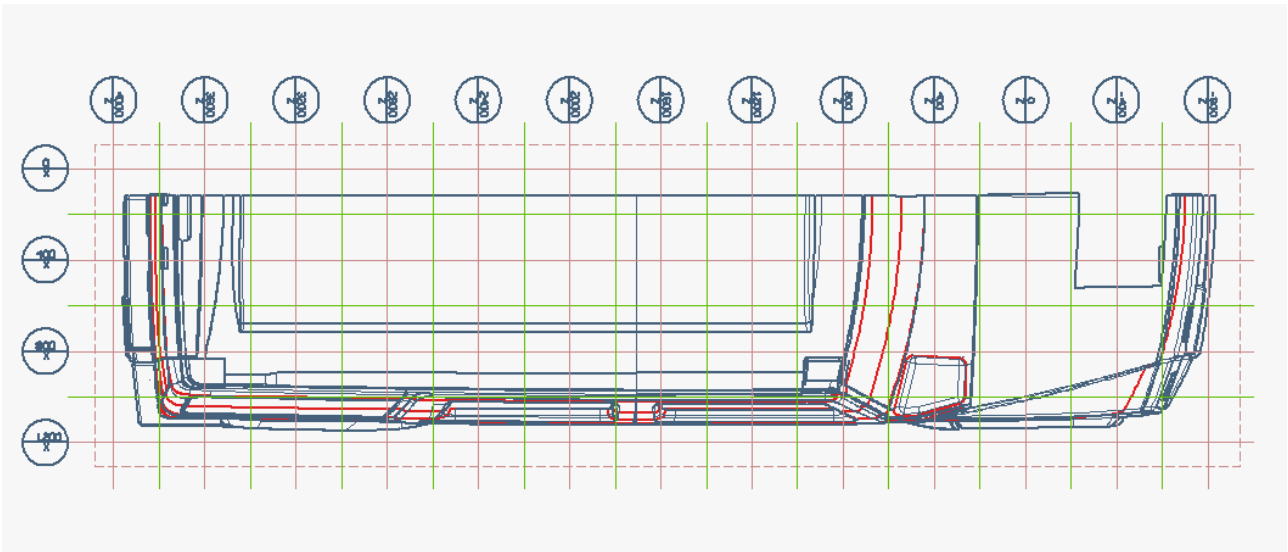
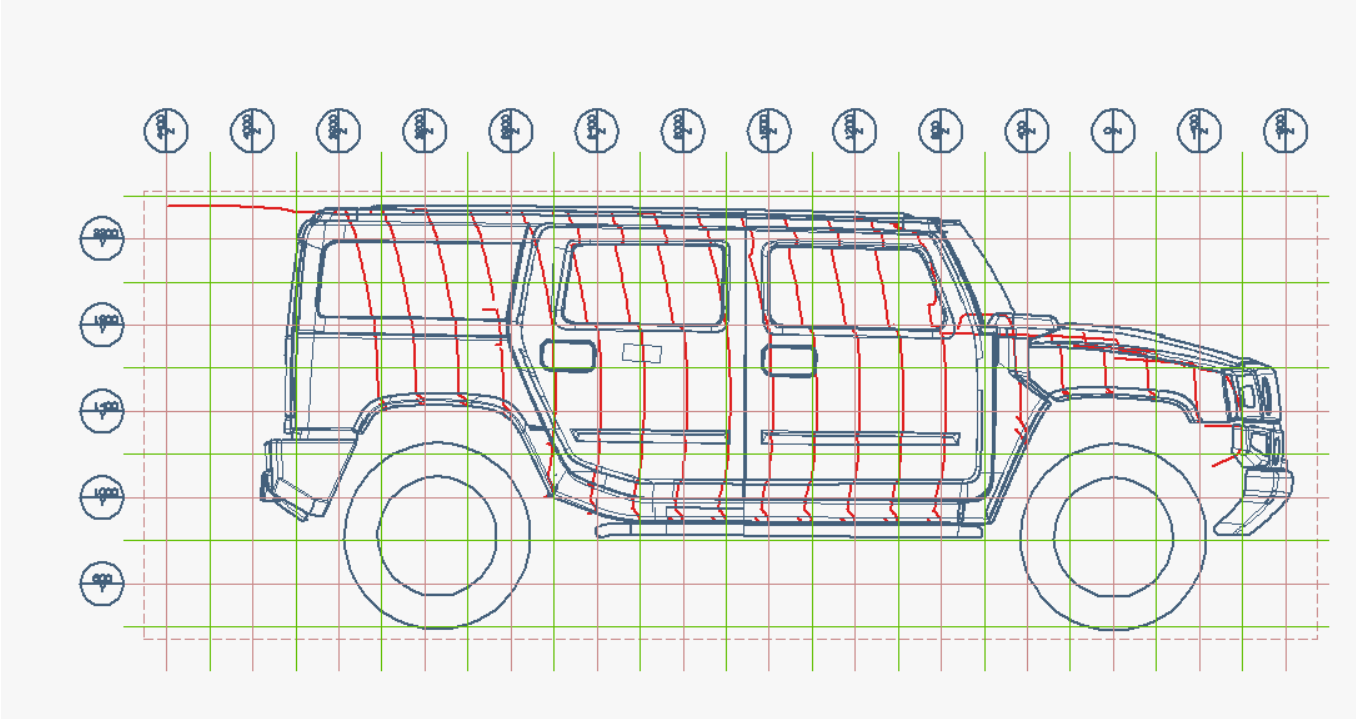
Talvolta la realizzazione dei piani di forma viene addirittura saltata, passando direttamente dalla traduzione delle idee iniziali direttamente al disegno CAD.

Questi metodi inoltre consentono ancora meglio di organizzare progetti che valutano contemporaneamente più di una soluzione, giungendo poi alla delineazione del *concept* finale attraverso un percorso di iterazione tra designers ingegneri e marketing.

Ciò che si vuole sottolineare però, è che tali strumenti, devono rappresentare solo lo strumento di supporto alle idee ed alla creatività;

In altre parole, in questo contesto cercheremo di raggiungere il nostro scopo cercando di implementare i moderni strumenti di design e progettazione con i metodi grafici convenzionali, cercando di sfruttare i *vantaggi di entrambi gli approcci*: l'obiettivo è di fare in modo che il computer diventi lo strumento con cui il designer possa concretizzare le proprie idee, evitando che si trasformi in un fattore limitante, che induca cioè il designer ad accontentarsi degli strumenti fornitigli dal software.

Le figure mostrano i piani di forma del Hummer H2 ottenuti con think3d.



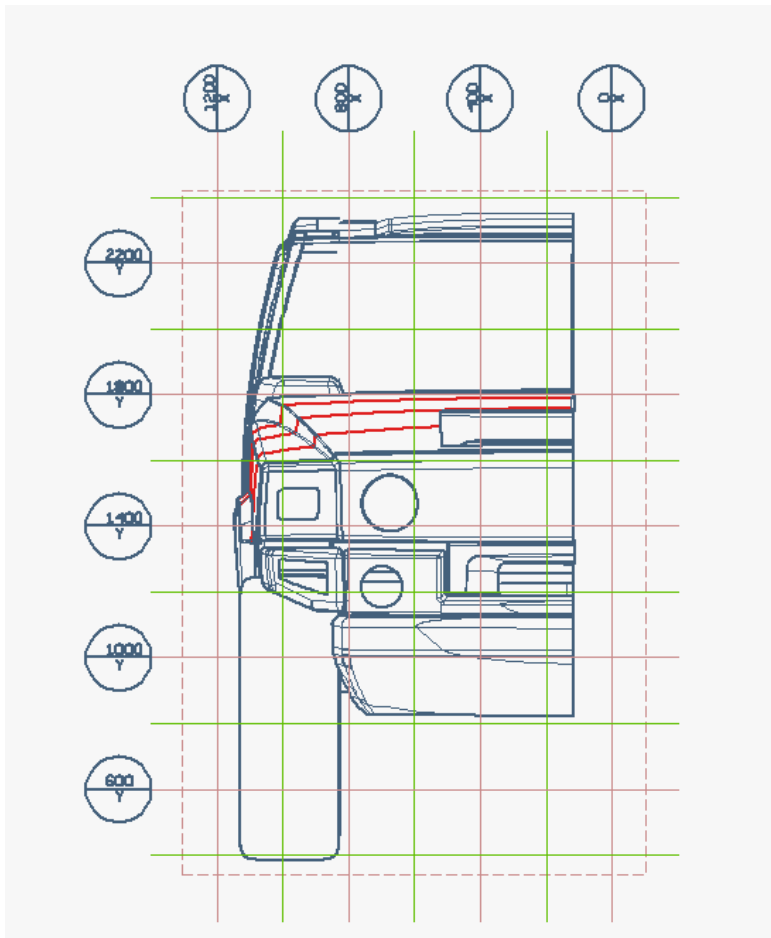
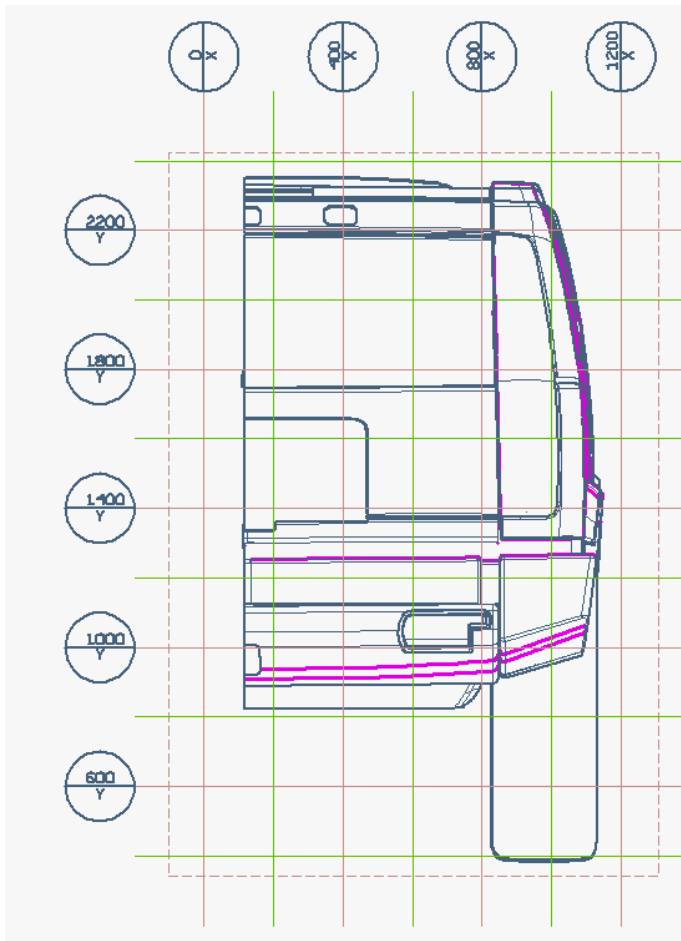


Fig 7.7b piani di forma del Hummer h2 ottenuti con thin3d dal modello matematico

7.5 DEFINIZIONE DELLO STILE

Come detto, in questa sede ci proponiamo di realizzare un mezzo dal design originale che rispecchi anche le scelte stilistiche degli altri veicoli prodotti dall'azienda.

Un *analisi del mercato (bench-marking)* per venire a conoscenza di quali prodotti simili ci sono in commercio è sicuramente utile al progettista per capire in quale direzione lavorare.

Le seguenti immagini mostrano alcuni veicoli in commercio della stessa tipologia del mezzo in progetto in questa sede.





Fig 7.7

In queste figure sono rappresentati alcuni modelli già esistenti di Hummer H2 modificati. Le ultime due foto invece mostrano 2 modelli di produzione intercar: la mascherina lunga con la caratteristica griglia è un marchio di fabbrica di questa azienda

Una ricerca di questo tipo, può rappresentare uno studio volto a selezionare informazioni utilizzabili per le decisioni riguardanti il prodotto.

Nel nostro caso questa operazione è stata utile a valutare le varie soluzioni stilistiche dei veicoli simili già presenti sul mercato; Definire le dimensioni ottimali per il veicolo, i costi, capire meglio cosa cerca il cliente e quindi farsi un'idea di quali elementi è meglio mantenere e quali, con l'intervento del designer, potrebbero contribuire a rendere più valido il proprio prodotto.

7.5.1 DESIGN ORIGINALE H2

L'hummer h2 è già di per se stesso, caratterizzato da una forte personalità.

Il primo fuoristrada prodotto dalla casa costruttrice "Hummer" per uso civile è stato l'h1, direttamente derivato dal modello in dotazione alle forze armate americane, e divenuto così il fuoristrada estremo per eccellenza, caratterizzato nel design da linee che conferiscono un senso di grande solidità e robustezza.

L'h2 è stato concepito per realizzare un veicolo che avesse un'impostazione meno "essenziale" del h1 ma conservandone allo stesso tempo le linee imponenti tipiche della casa.

Forme squadrate, con superfici piatte e cesellate, linee appuntite, spazi vetri piani; tanti componenti a vista che esprimono robustezza, funzionalità e abilità nella lavorazione.

I componenti tipicamente spessi, pesanti e massicci, come i paraurti in acciaio rinforzato e gli specchietti retrovisori esterni, esprimono una forza straordinaria e comunicano un aspetto e una sensazione pressoché di indistruttibilità, un punto fermo della marca Hummer.

Il largo battistrada, il lungo interasse, gli sbalzi corti e gli enormi pneumatici, progettati per una straordinaria stabilità, segnano subito l'impareggiabile capacità da fuoristrada dell'H2. Il finestrino verticale, le larghe maniglie del cofano e gli anelli del rimorchio, i fari rotondi- e anche la griglia (ventilazione) con torretta – riflettono tutti l'eredità militare dell'H2 che discende, ancora una volta, direttamente dall'H1.

Tutto questo ha reso l'hummer h2 un vero e proprio veicolo di culto.

Per questo, la strada che sceglieremo per definire lo stile del nuovo veicolo, consisterà in un'operazione di restyling (o tuning...) volta da un lato a rendere il nuovo veicolo un prodotto originale, ma che allo stesso tempo non stravolga ciò che ha reso celebre il modello da cui deriva.

Poiché l'idea di limousine è da sempre associata ad un ambiente di lusso, si cercherà di addolcire l'aspetto "off road puro" che caratterizza l'h2, ma difficilmente verranno cambiati gli elementi che più hanno contribuito a rendere celebre questa vettura.

7.6 REALIZZAZIONE MODELLO MATEMATICO H2 LIMOUSINE

A questo punto, abbiamo tutto il materiale necessario per realizzare il modello matematico della carrozzeria della nostra limousine.

Procederemo secondo questo schema:

- definizione della linea generale attraverso bozzetti preliminari
- realizzazione dei piani di forma del nuovo veicolo
- creazione delle matematiche con l'utilizzo di think3d sfruttando i piani di forma prima realizzati.

7.6.1 BOZZETTI PRELIMINARI

Le seguenti figure mostrano disegni realizzati a mano libera il cui scopo è stato quello di definire la linea del nuovo veicolo.

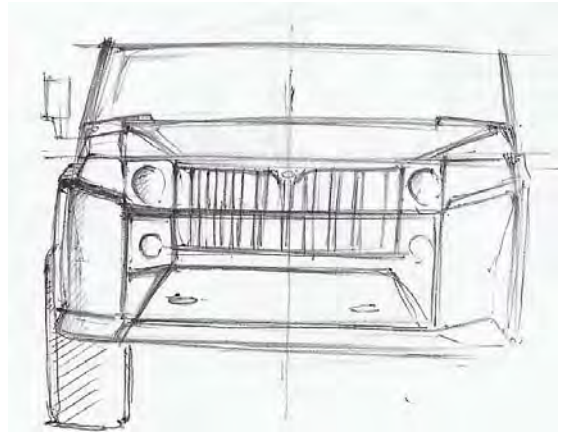
Questi bozzetti, secondo ciò che già è stato specificato nei capitoli precedenti sono privi di quote o proporzioni esatte, ma sono stati realizzati sulla base di tutto l'iter descritto in questa tesi.

Tenendo infatti conto di tutto ciò che è stato definito riguardo a costi, norme di omologazione, stile dell'auto originale, è stato deciso di modificare sostanzialmente il disegno della mascherina anteriore, parafranghi anteriori e posteriori.

Verranno lasciati nella posizione originale i gruppi ottici anteriori: questa scelta, oltre che a rendere più semplice lo studio per il collocamento di nuovi proiettori, che richiederebbe una ricerca di componenti soddisfacenti sul mercato, e lo studio del posizionamento per rientrare nei parametri imposti dalla legge, è stata effettuata per mantenere come detto quegli elementi che più di tutti hanno contribuito al successo del design dell'h2.

Superfluo dire che non cambierà nemmeno il disegno delle parti vetrate.

Verranno poi aggiunte le luci necessarie, come abbiamo visto, per veicoli lunghi più di 6mt.



L1100 2 -
L1100 3
L1100 4

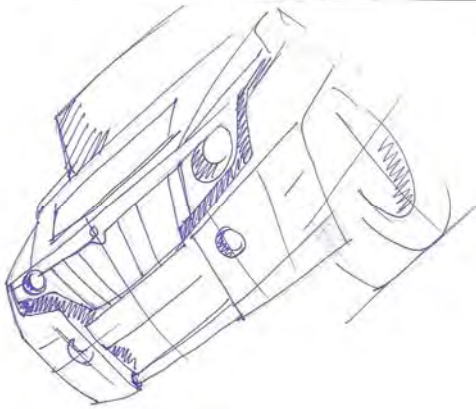
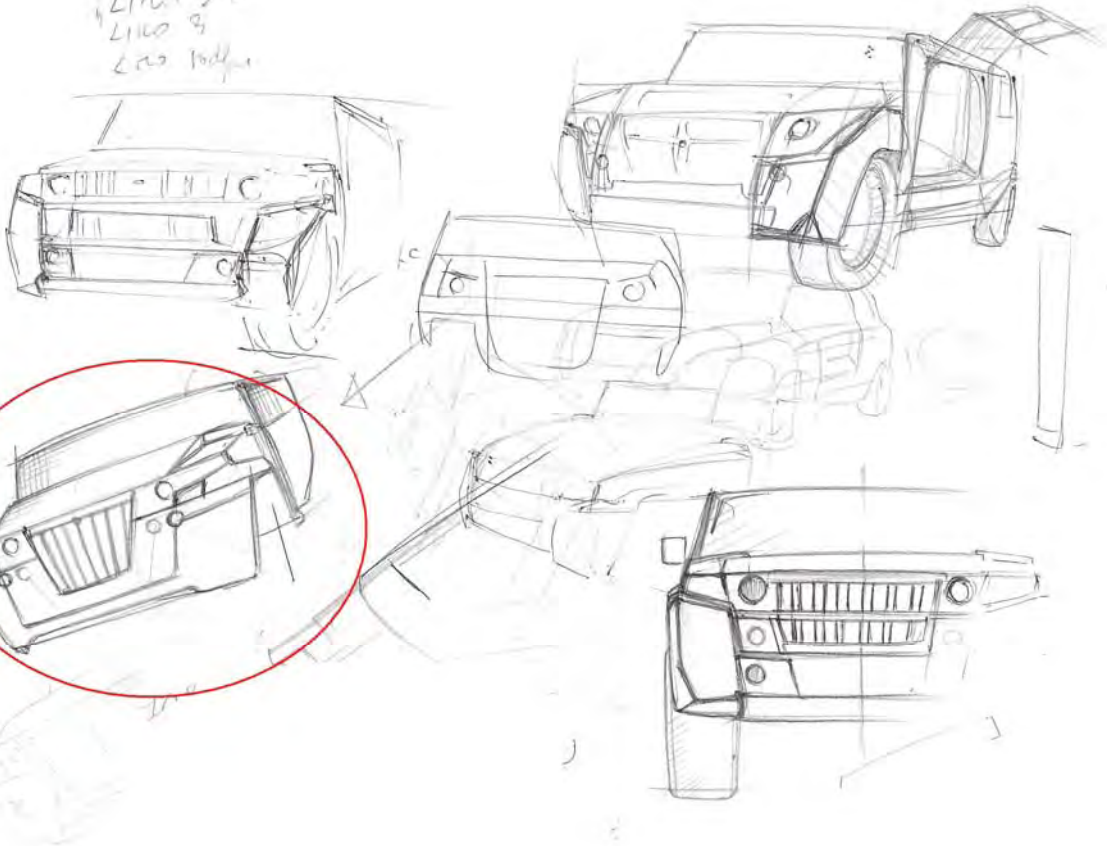


Fig 7.10 bozzetti a penna o matita che rappresentano le prime idee per la linea del nuovo veicolo. Cerchiato in rosso quello più interessante

7.6.2 REALIZZAZIONE DEI PIANI DI FORMA DEL NUOVO VEICOLO

Tra le varie proposte espresse coi bozzetti è stato scelto questo:

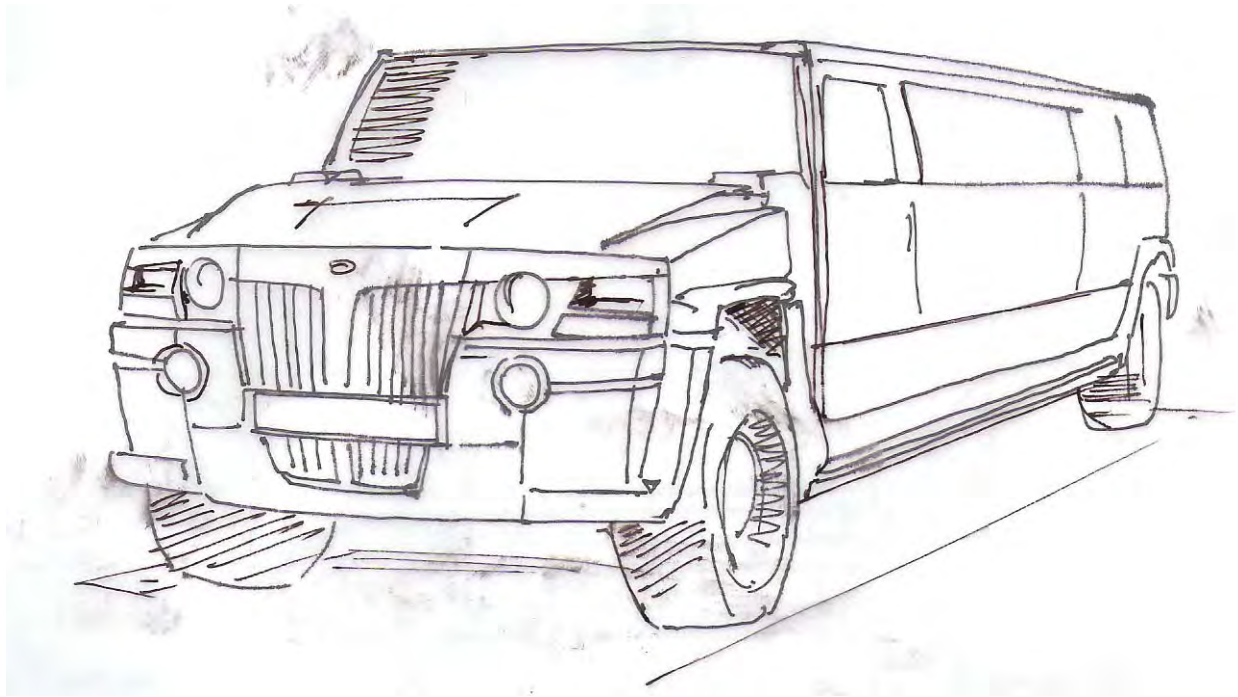


Fig 7.11 questo bozzetto riproduce la linea che si è scelta per il nostro veicolo

Si è scelta una linea che mantiene l'impostazione spigolosa e massiccia del mezzo originale, ma sono stati aggiunti elementi volti a mitigare l'aspetto di "fuoristrada purosangue" del h2 per dargli

un'impronta più elegante, che comunichi un'idea di lusso o comodità propria del mondo delle limousine.

Quindi sono stati ridisegnati i parafranghi anteriore e posteriore, ora più avvolgenti collegati da un fascione che costeggia tutta la parte bassa della fiancata.

La mascherina è l'elemento che più caratterizza le vetture di produzione intercar (**figura**), ed è stata studiata appositamente per ottenere un disegno che potesse sposarsi al meglio con le linee dell'hummer. Altre modifiche al frontale sono state effettuate modificando le frecce anteriori e aggiungendo tasche e insenature intorno ai proiettori.

Nel bozzetto però, non sono rispettate proporzioni o dimensioni esatte: può capitare, che alcuni particolari presenti sullo schizzo, qualora si discostino dalle proporzioni reali o non rispettino i limiti imposti dalle norme, debbano essere lievemente modificati durante la realizzazione dei piani di forma influenzando negativamente sull'idea di partenza.

Si deve perciò procedere alla stesura dei *piani di forma* del nuovo veicolo.

Cercheremo come detto di sfruttare i vantaggi sia dell'approccio grafico che di quello computazionale.

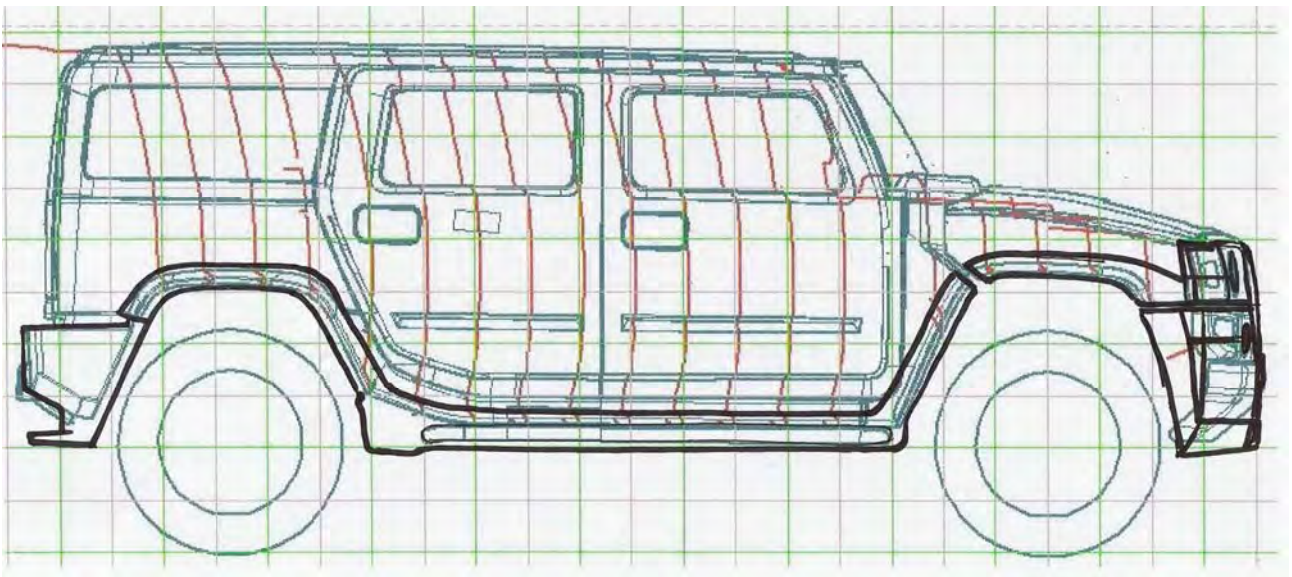
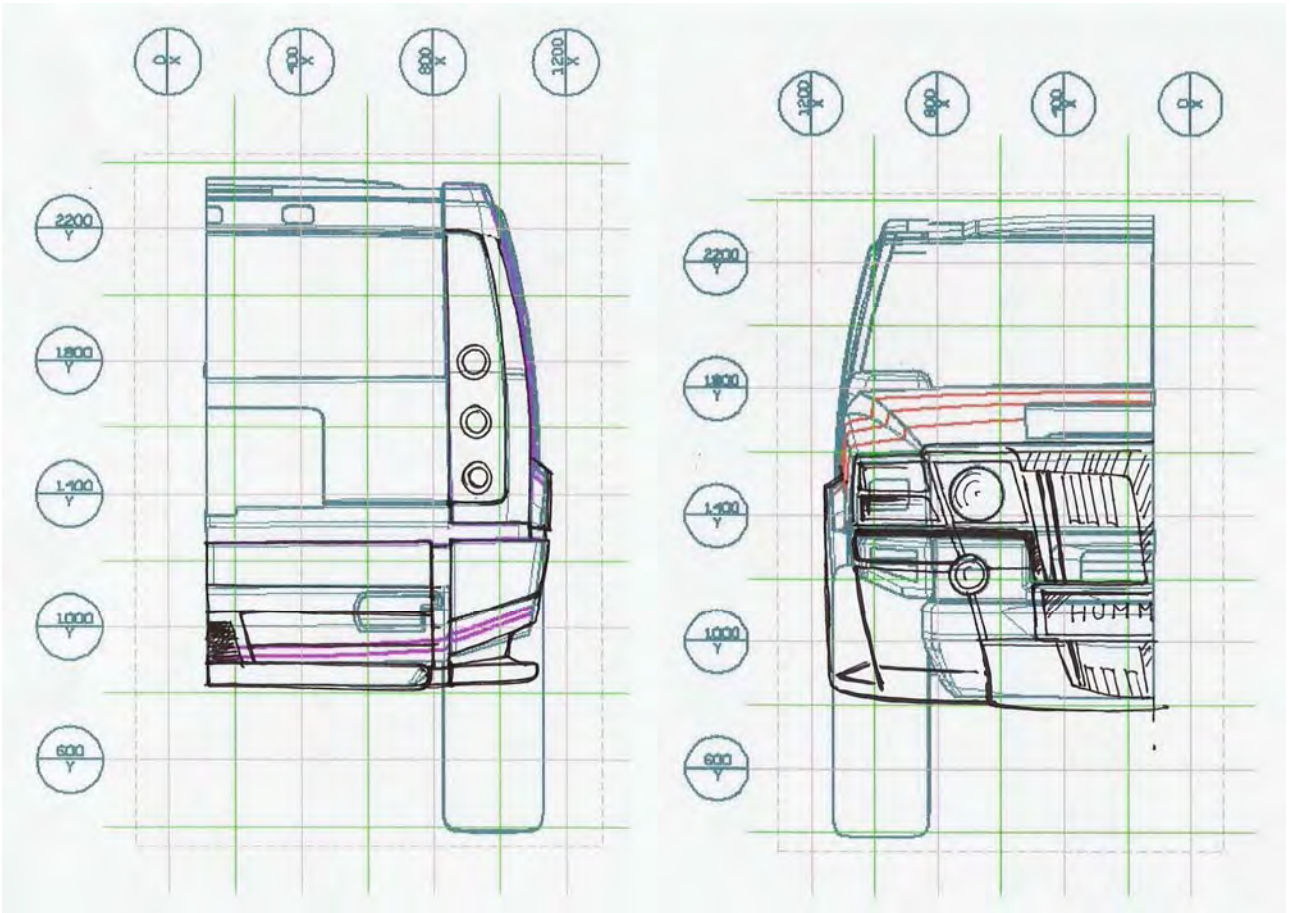
Infatti, per il nuovo veicolo, non sono stati realizzati dei piani di forma completi.

Sfruttando quelli realizzati dal modello matematico del veicolo originale sono state realizzate le viste del nuovo veicolo senza però ricavare le relative sezioni.

I disegni così ottenuti, che però rispettano tutte le proporzioni desiderate verranno importati sul computer sempre tramite il software think3d: In questo modo sulla base delle viste, disegnate dal progettista, e il modello matematico del mezzo scansionato, viene ricostruito il modello 3d della nuova vettura (fig 7.12b).

La lunga procedura di realizzazione delle sezioni sui disegni è stata saltata, con un notevole guadagno di tempo, ma allo stesso tempo il modello rappresenta esattamente ciò che il progettista ha stabilito. In più, il modello 3d fornisce una visualizzazione molto più realistica e completa del veicolo, fornendo tutte le informazioni necessarie sull'andamento delle superfici (uno dei problemi maggiori del metodo grafico). Eventuali correzioni, o cambiamenti possono poi essere effettuati velocemente direttamente sul modello cad, evitando un lungo lavoro di modifica delle viste disegnate.

Le seguenti immagini chiariscono quanto detto.



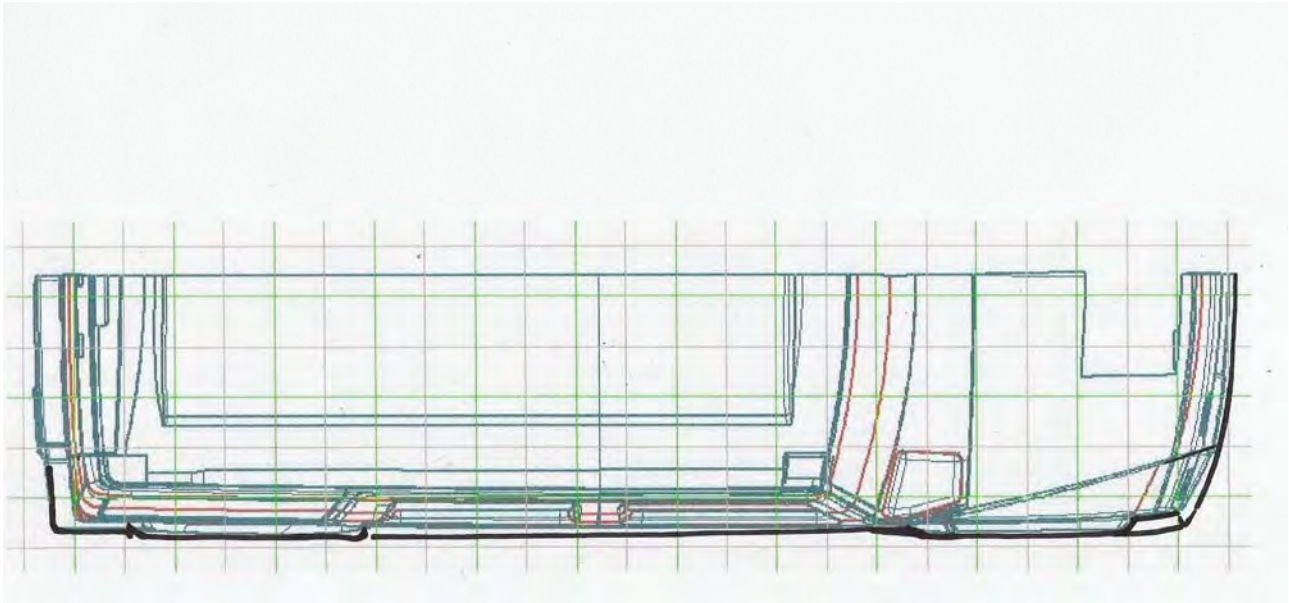


Fig 7.12

Queste figure rappresentano i piani di forma del nuovo veicolo. I disegni sono stati ottenuti sfruttando direttamente i piani di forma del modello base: queste fungono da *lay-out* meccanico per lo sviluppo della nuova carrozzeria.

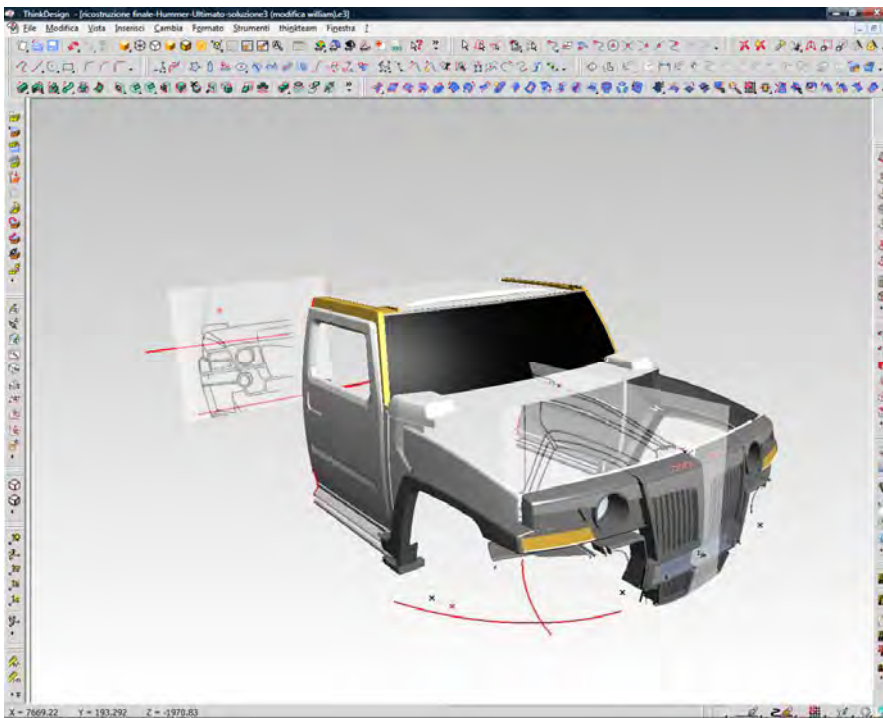


Fig 7.12b i disegni delle viste vengono inseriti nel programma , ed integrandole col modello 3d del veicolo base si sviluppa la nuova vettura.

Le *dimensioni* del veicolo come detto sono state stabilite in base a tutte le analisi strutturali descritte nei precedenti capitoli.

Ovviamente sono state aggiunte nelle fiancate, le luci previste dalla normative: catadiottri e luci posizione laterali.

La seguente figura mostra il modello matematico del primo modello realizzato:



Fig 7.13 Primo modello realizzato. Sono state cambiate le frecce anteriori, ridisegnati i parafranghi, paraurti anteriore ed è stata aggiunta una mascherina stile “intercar”

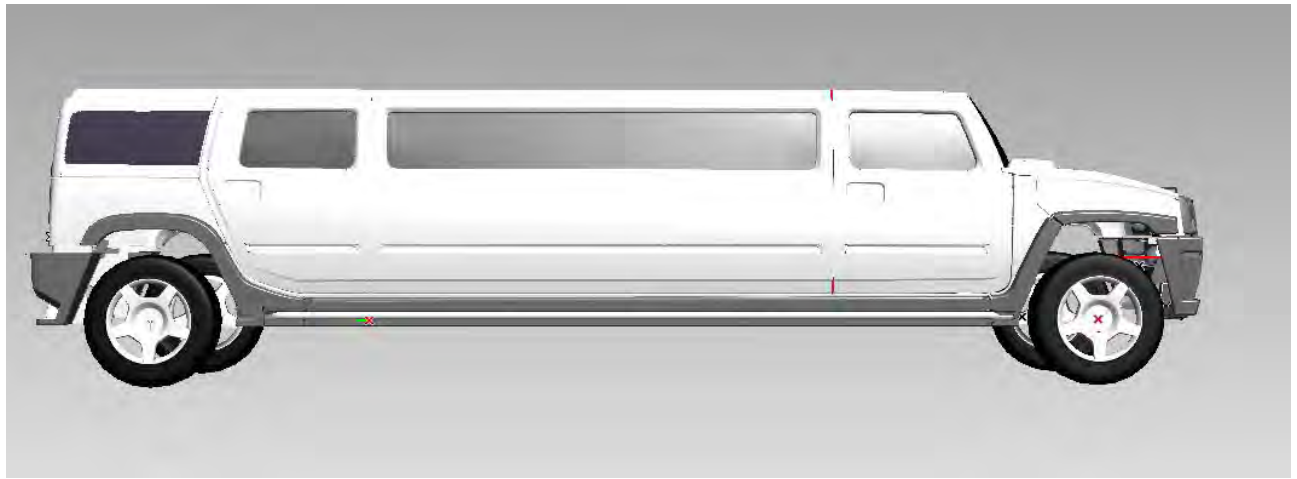


Fig 7.13 b fianco della limousine. Il parafrango laterale ora circonda la protezione laterale dell'h2 originale.



Fig 7.13c Particolare del posteriore del nuovo veicolo. Nuovo paraurti e proiettori posteriori.

In questa prima soluzione il parafrangente posteriore è stato lasciato piatto per dare spazio alla ruota di scorta, con i relativi fori per i ganci di traino.

Successivamente è stato pensato di dare una maggiore continuità al disegno dei passaruota allargati col paraurti anteriore.

Questa modifica è stata direttamente tramite l'uso del cad, a dimostrazione appunto come correzioni che vengono decise successivamente, in base all'analisi del modello 3d possono essere apportate in modo rapido e preciso, e confrontarle con quelle precedenti per arrivare alla soluzione definitiva.



Fig 7.14 confronto tra la prima e la seconda soluzione. Cambia il disegno del bordo del paraurti anteriore



Fig 7.14b

Il paraurti anteriore è stato allargato, ed eliminando la ruota di scorta è stato ridisegnato anche il paraurti posteriore, allungandolo, e dandogli un'impostazione più sportiva, e meno "off road" (nel disegno non è ancora presente un foro per il gancio di traino).

Si vede come la mascherina è l'elemento più di rottura con le linee originali dell'hummer h2, ed anche il vano targa vetrato costituisce un elemento distintivo dei veicoli intercar.

7.6.3 VERSIONE DEFINITIVA

Tuttavia, dopo ulteriori valutazioni legate soprattutto a ciò che ricerca la clientela legata a questo tipo di veicolo, si è deciso di rendere meno evidenti le modifiche apportate al paraurti anteriore, evidenziano la derivazione della nostra limousine dal modello hummer h2.

Come si è sempre sottolineato, l'obiettivo è di mantenere comunque la forte personalità dell'hummer h2.



Fig 7.15 versione definitiva dell'Hummer h2. Il frontale ricorda di più il veicolo originale, anche se restano gli elementi distintivi dell'intercar. Anche il paraurti posteriore è stato "alleggerito" dandogli uno stile più sportivo. Per il gancio di traino è stato ricavato un foro nella parte centrale del paraurti

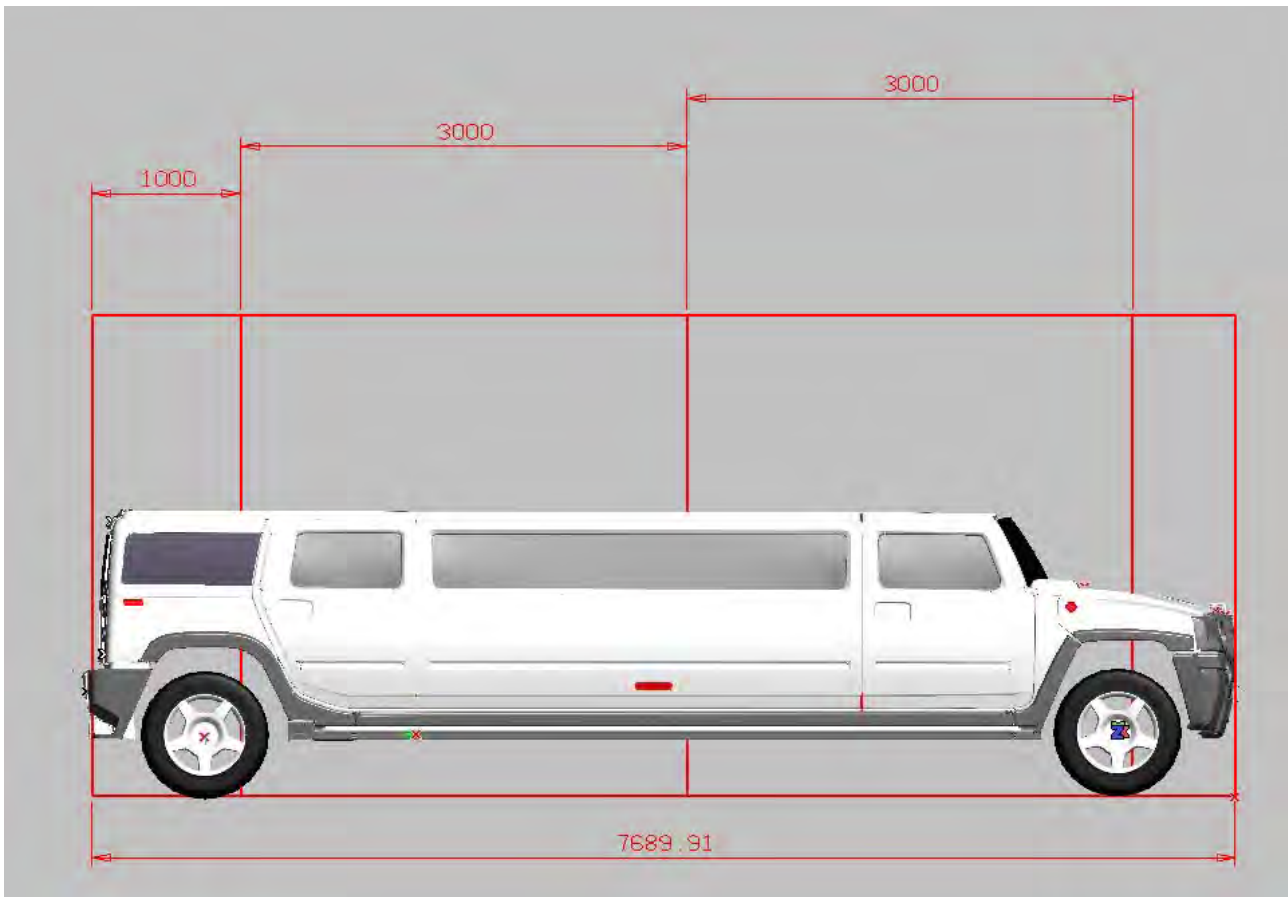


Fig 7.16. Devono essere collocate le luci di ingombro secondo quanto previsto dalle normative. A tal fine è stato verificato che tali dispositivi siano stati posizionati nel modo esatto.

Sono state ovviamente le luci laterali richieste dalle norme per l'omologazione riguardanti i veicoli lunghi più di 6mt.

E' stato controllato che il posizionamento dei proiettori posteriori risultasse conforme a quanto stabilito nelle norme sui dispositivi di illuminazione, soprattutto riguardo l'altezza dal suolo e la distanza minima tra i proiettori: Per quanto riguarda le dimensioni e le loro caratteristiche costruttive, sono componenti già omologati, scelti tra quelli già presenti sul mercato e prodotti da apposite aziende, per i motivi già descritti riguardo alle difficoltà e ai costi necessari per l'omologazione di gruppi ottici di propria produzione.

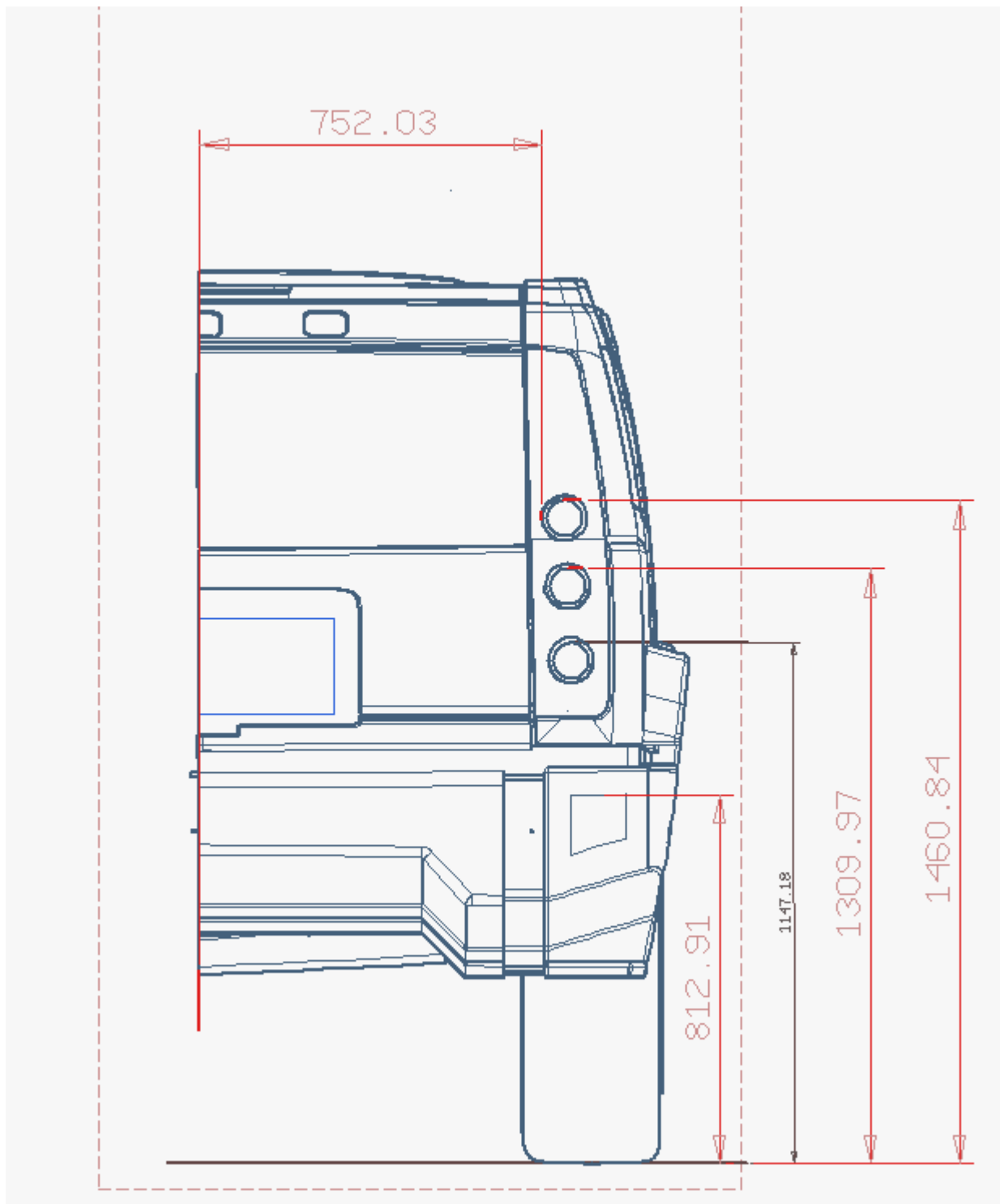


Fig 7.17

Catarifrangenti e antinebbia a 712mm

Luce di retromarcia a 1147mm

Indicatori di posizione a 1307mm

Luci di arresto e posizione a 1460mm.

I componenti originali sono stati sostituiti con dispositivi realizzati da aziende specializzate: il designer ha solo dovuto verificare se il loro posizionamento fosse conforme a quanto stabilito dalle normative

Stesse valutazioni valgono per gli indicatori di posizione anteriori, unico dispositivo di illuminazione che è stato cambiato rispetto al modello originale. Per quanto riguarda gli abbaglianti,anabbaglianti e fendinebbia si sono mantenuti i componenti originali.

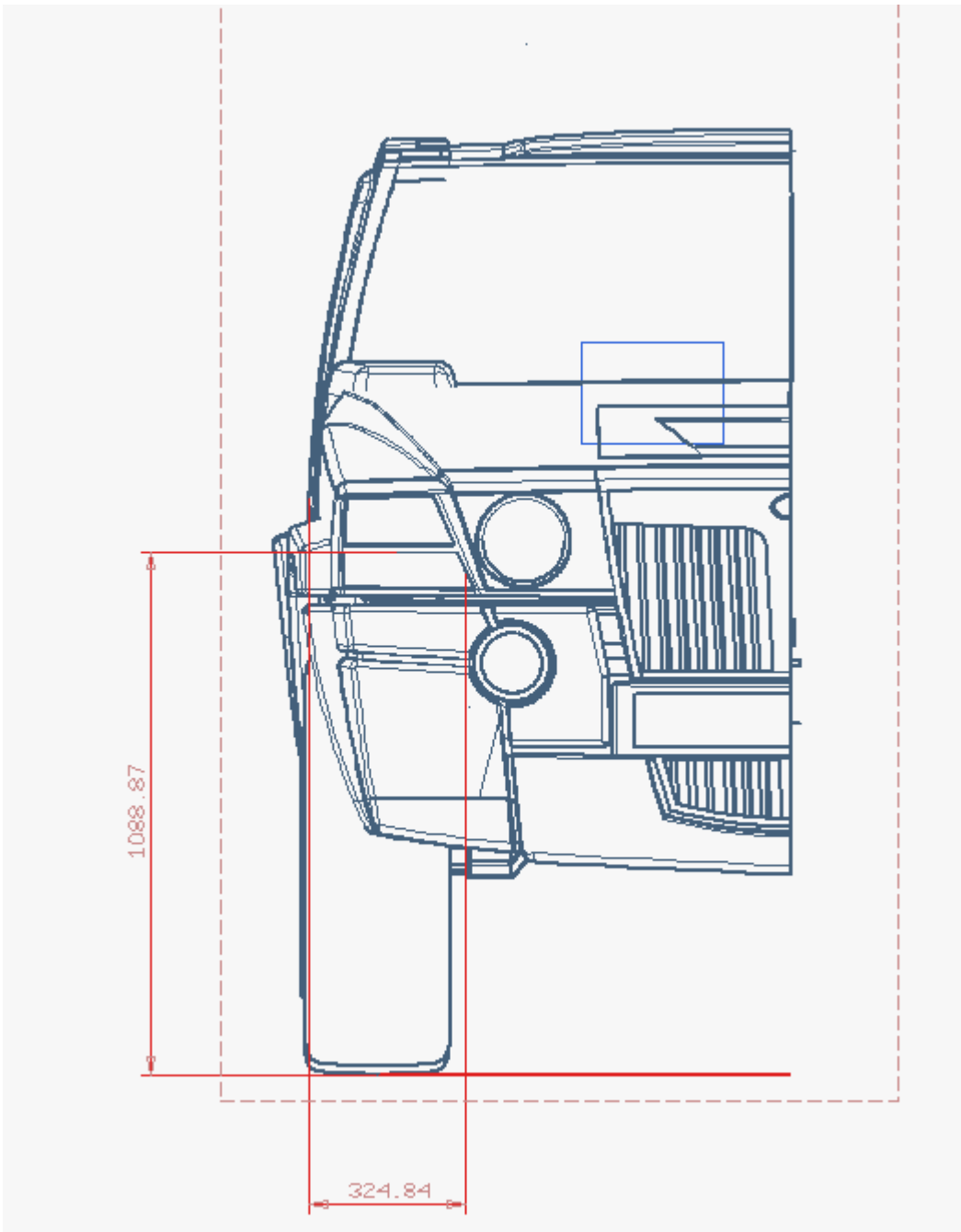


Fig 7.17 stesse verifiche sono state condotte per gli indicatori di posizione anteriori.

7.6.4 RENDREIZZAZIONE

L'ultimo passo prima di procedere alla fresatura del modello è la renderizzazione.

Questa operazione, effettuata tramite un apposito software ,consente di dare un aspetto realistico al modello cad.

Ad ogni componente viene dato un determinato materiale, riflessi, luci, ecc ed il risultato è una rappresentazione tridimensionale del veicolo molto simile a come questo apparirebbe nella realtà.





Fig 7.17 tramite un apposito software è stato realizzato il rendering del nuovo veicolo.; è stato poi inserito in un ambiente “urbano” .Si può così valutare come apparirebbe il veicolo reale.

Questa operazione , è molto utile soprattutto nella scelta dei materiali che possono essere scelti per alcuni componenti del veicolo: per esempio acciai o parti cromate possono contribuire a dare un aspetto più elegante alla nostra limousine.

CAPITOLO 8 CREAZIONE MODELLO IN POLIURETANO

Sulla base dei quanto costruito al cad, verrà ora realizzato un modello in scala.

Anche se le attuali tecniche di visualizzazione ci permettono di avere una buona percezione delle tre dimensioni dell'oggetto creato, un modello in scala ci permetterà ancora meglio di capire come potrà apparire il nostro prodotto una volta finito.

E' stato deciso di realizzare il modello in scala 1:10. Un modello di tali dimensioni rappresenta un giusto compromesso tra i particolari rappresentabili sull'oggetto ed il tempo di realizzazione dello stesso.



Fig 8.1 Fresa mecoff a 5 assi

L'Intercar service dispone di una fresa a 5 assi caratterizzata da un volume di lavoro 5x2x1m.

Come già è stato spiegato nel corso della trattazione (capitolo 1, Prototipazione), il modello matematico CAD passa dapprima attraverso un software CAM, tramite il quale viene definito il percorso utensile.

Verrà generato così un file .iso, che verrà letto dal processore della macchina utensile, che quindi potrà disporre di tutte le informazioni necessarie per realizzare l'oggetto.

Il materiale scelto per tale lavorazione è il poliuretano.

E' un materiale che presenta pregi quali bassi costi, buona lavorabilità e mantenimento della forma nel tempo.

Nel nostro caso verrà realizzato solamente un modello in poliuretano per una pura valutazione estetica; generalmente, se il prodotto viene ritenuto valido, si procederà con la fresatura degli stampi per la realizzazione delle componenti in vetroresina da montare sul nuovo veicolo .

Anche per questi stampi il materiale utilizzato è il poliuretano: questi consistono nel “negativo” del pezzo che si vuole realizzare.

8.1 CARROZZERIA IN VETRORESINA

Di seguito descriviamo i materiali utilizzati nella produzione di una carrozzeria in vetroresina:

Gelcoat:

Costituisce la parte in vista dei manufatti. Viene applicato mediante verniciatura manuale a doppio strato. Conferisce alla struttura un’ottima resistenza agli urti, una buona resistenza termica, protegge dagli agenti atmosferici e dai raggi ultravioletti e dall’attacco di sostanze chimiche, oltre a dare alla struttura una superficie continua e liscia.

Resina:

Ha la funzione di vero e proprio “collante”, è il materiale che determina, con la polimerizzazione, la forma permanente della carrozzeria. Ha un’elevata resistenza al carico di rottura e trazione.

Fibra di Vetro:

Composta da fogli spessi 1 mm applicata a mano in tre strati incrociati (MAT), conferisce un’elevata elasticità al materiale finito.

Poliuretano espanso:

Alternato a listelli di multistrato fenolico per un miglior fissaggio degli arredi, è composto da lastre spesse 20 mm (costituisce la maggior parte dello spessore), conferisce alla struttura robustezza ed un’elevata resistenza tecnica. E’ un materiale autoestinguento.

Caratteristiche tecniche del prodotto

Resistenza e flessione: superiore a qualsiasi altro prodotto utilizzato per la costruzione di carrozzerie in genere

Resistenza all'urto: grazie alla elevata flessibilità assorbe notevolmente gli urti riducendone gli effetti negativi sulla struttura e riducendo altresì i rischi per gli occupanti dell'abitacolo

Resistenza tecnica: una carrozzeria in vetroresina possiede un’ottima climatizzazione. In climi freddi, in la struttura ha una bassissima dispersione di calore interno. In climi caldi protegge dalle radiazioni solari.

In caso di urti violenti, come in un incidente stradale, una carrozzeria in vetroresina, si comprime, ammortizza l'impatto e ritorna nella posizione originale, senza schiacciamenti permanenti. Le riparazioni risultano quindi essere semplici ed economiche, riducendo notevolmente la necessità del ricorso a pezzi di ricambio ed alla sostituzione di parti danneggiate.

La struttura in vetroresina è continua ed esclude completamente il rischio di infiltrazioni d'acqua.

La mancanza di usura e l'inattaccabilità da parte degli agenti atmosferici, fa sì che dopo diversi anni di utilizzo, l'unico intervento di manutenzione richiesto, sia una semplice lucidatura.

- Vantaggi

La totale assenza di giunti nei pezzi realizzati in resina, garantisce, a vita, un'assoluta impermeabilità ed una perfetta coibentazione.

Un'altra caratteristica, da non trascurare, della vetroresina, è la cattiva conduzione del calore.

Chiunque può effettuare personalmente una prova come questa: parcheggiando al sole due veicoli, uno con carrozzeria tradizionale realizzata con pannelli di alluminio ed una in vetroresina monoscocca, si è rilevato all'interno di quest'ultima, una temperatura inferiore, con variazioni dai 6 ai 7 gradi centigradi. Un risultato di sicura eccellenza. È importante valutare altri vantaggi delle scocche in vetroresina che nel tempo, annullano totalmente i maggiori costi d'investimento da sostenere all'atto dell'acquisto. Come già detto, la robustezza è un vantaggio rilevante; tutti sono al corrente che strisciare una fiancata contro un oggetto anche di modesta grandezza, arreca un notevole danno alle pareti in alluminio (o lamiera). La riparazione delle carrozzerie in alluminio richiede lo smontaggio della parte danneggiata che deve essere sostituita previo incollaggio sotto pressa; operazione laboriosa ed onerosa, da eseguire esclusivamente presso centri specializzati o direttamente in fabbrica. La vetroresina, al contrario, è come già detto, un materiale altamente resistente ed elastico che, sottoposto agli stessi eventi può, al massimo, presentare una minima rigatura sulla superficie del GEL COAT, che a sua volta è di spessore quasi pari a quello dell'alluminio!

Con un po' di pasta abrasiva ed una lucidata si risolve l'inconveniente. In caso di un grosso incidente, si asporta la parte rovinata e si interviene con del MAT e resina poliesteri fino a tamponare la falla. Successivamente si stucca ed si vernicia il tutto come una normale carrozzeria d'automobile.

L'intervento può essere effettuato da qualsiasi carrozziere.

Questo rende il mezzo più sicuro nella guida, più veloce e con notevole riduzione dei consumi.

Ribadiamo che l'unico svantaggio è che questi prodotti sono difficilmente industrializzabili e ciò comporta costi leggermente superiori che tuttavia vengono abbondantemente recuperati con la notevole riduzione delle spese di gestione.

Oggi il mercato offre dei mezzi denominati "in vetroresina" che ben poco hanno a che fare con una vera carrozzeria in vetroresina. Infatti tali prodotti hanno sì, sostituito la lamiera di alluminio esterna con un foglio calandrato da 8/10 di vetroresina, ma rimangono sempre delle strutture assemblate (pareti-tetto-mansarda) mantenendo in pratica le stesse peculiarità e gli inconvenienti (come le infiltrazioni) di tale sistema produttivo.

8.2 MODELLO ULTIMATO

Le seguenti figure mostrano il modello in scala 1.10 ultimato. Naturalmente può capitare che in alcuni punti la fresatura sia risultata un po' imprecisa. Ecco perché per un risultato ancora migliore prima di passare alla verniciatura l'operatore dovrà provvedere a rifinire manualmente il modello: il poliuretano risulta infatti un materiale relativamente facile da lavorare. Tuttavia, data la porosità che lo caratterizza per ottenere il massimo risultato sarà comunque necessario un trattamento post-fresatura volto a rendere più lisce le superfici del modello, anche solo con l'uso della carta vetrata, e di qualche mano di cementite.

Poi si può procedere con la verniciatura vera e propria.



Fig 8.2 Fianco del modello in poliuretano. Le vetrate sono state realizzate tramite decalcomanie appositamente realizzate



Fig 8.3 Retro del modello in poliuretano. Sono stati inseriti gli scarichi in metallo



Fig 8.3 fronte del modello. Si notano le cromature realizzate con apposito materiale adesivo, e i fanali realizzati in vetro.

