

Facoltà di Ingegneria “Enzo Ferrari” di Modena
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria del Veicolo
Università di Modena e Reggio Emilia



In occasione dell'esame finale del corso di DISEGNO DI CARROZZERIA tenuto dal Prof. Fabrizio Ferrari, è stata sviluppata la carrozzeria per la futura vettura stradale ad alte prestazioni della casa automobilistica Ferrari, sulla base meccanica del modello Ferrari Enzo.

Componenti del Team:

Catasino Daniele

Colagrande Leongiona

De Luca Marco

Di Giovanni Andrea

Mastrandrea Luca Nicolò

Indice

1. Descrizione progetto
2. Cenni storici e caratteristiche tecniche
3. Considerazioni preliminari
4. Analisi percorso
5. Analisi della carrozzeria
 - 5.1 Zona anteriore
 - 5.2 Zona centrale
 - 5.3 Zona posteriore
 - 5.3.1 Diffusore
6. Posizionamento di Oscar
7. Quote fondamentali
 - 7.1 Quote fondamentali specifiche
8. Gruppi ottici
9. Apertura/Chiusura sportelli, cofano anteriore e posteriore
10. Prese d'aria e lunotto posteriore
11. Spoiler

Bibliografia

1.DESCRIZIONE PROGETTO

Il progetto in esame riguarda lo studio di una carrozzeria per una vettura sportiva ad alte prestazioni, basata sul layout meccanico della Ferrari Enzo, in osservanza alle vigenti norme di omologazione stradale.

L'obiettivo del team è stato quello di sviluppare una carrozzeria con un design sportivo estremo, che evidenziasse ancor più le prestazioni e l'unicità del prodotto, canoni caratteristici dei modelli Ferrari prodotti in serie limitata (F40, F50, Enzo). A tal fine si è cercata ispirazione nella lunga storia agonistica della casa del cavallino rampante, soffermandosi in maniera particolare sulle ultime monoposto di Formula 1, categoria in cui la scuderia ha ottenuto il maggior numero di vittorie.

Le forme tipiche di queste vetture sono state riprese e modellate sulla base del telaio proposto, considerando i criteri di progettazione e produzione delle varie parti che compongono la carrozzeria; al contempo sono state ricercate particolari ed innovative soluzioni tecniche, grazie alle conoscenze e alle esperienze dei componenti del team, nonché ad un'ampia consultazione bibliografica. Il team ha così dovuto ricercare un compromesso tra le stringenti norme di omologazione stradale e le estreme soluzioni estetiche e aerodinamiche studiate, allo scopo di realizzare una vera *F1 stradale*. Il team ha dato anche importanza al family feeling che caratterizza le vetture della casa di Maranello, riadattando alcuni elementi stilistici passati agli odierni canoni estetici, evidenti in particolare nelle prese d'aria, nel gruppo ottico posteriore e nel meccanismo di apertura a farfalla degli sportelli, brevettato dalla stessa casa automobilistica.

Alcune soluzioni stilistiche sono ispirate alle vetture Le Mans Prototype che presentano un design più adattabile ad una macchina stradale con ruote coperte rispetto a quello di una monoposto di Formula 1. Tali soluzioni si spera possano essere d'ispirazione per la realizzazione di una vettura Ferrari che riporti ai fasti di quelle nove vittorie che la casa detiene nella categoria. Il team ha infatti deciso di rendere omaggio alla prima vettura Ferrari che vinse la 24 ore di Le Mans nel 1949, richiamandola nel nome del progetto: F 166-LM.

2.CENNI STORICI E CARATTERISTICHE TECNICHE

La F 166-LM è la diretta discendente della Ferrari Enzo.

La storia della Ferrari Enzo nasce nel 2002, in occasione dei 55 anni di attività della casa di Maranello, e come tributo al fondatore dell'azienda, di cui prende il nome. Esteticamente appare sportiva e allo stesso tempo elegante. La produzione inizialmente prevista era di soli 349 esemplari, ma a causa dell'eccessiva richiesta è stata portata a 399 esemplari.

La Enzo monta un motore V12 (Dino F140) di 65° aspirato, montato in posizione centrale, di 5998,80 cm³ erogante 660 cavalli e 7800 giri/ min e con rapporto di compressione di 11,2:1. Telaio e carrozzeria sono interamente realizzati in fibra di carbonio, le sospensioni sono a doppio quadrilatero deformabile sia all'avantreno che al retrotreno. I freni sono realizzati in composito ceramica-carbonio e la potenza alle ruote posteriori viene gestita attraverso un cambio a 6 marce sequenziale con leve al volante.

La sua linea si deve, come per molti altri modelli Ferrari, alla carrozzeria Pininfarina. L'elevata conoscenza ed esperienza Ferrari nel campo della Formula 1 hanno inciso profondamente nello sviluppo aerodinamico della vettura che non fa uso di un vero e proprio alettone posteriore ma di una piccola appendice aerodinamica che si inclina quando si raggiungono velocità superiori agli 80 km/h. Gran parte del carico aerodinamico è infatti generato dal fondo della vettura appositamente studiato che con l'ausilio degli estrattori posteriori crea un effetto deportante.

Data la configurazione esclusivamente sportiva della vettura, non ha né impianto stereo né alzacristalli elettrici.

Le prestazioni di questa vettura costituiscono un caso piuttosto singolare: mentre i dati circa l'accelerazione sono stati normalmente comunicati dalla Casa, il dato relativo alla velocità massima raggiunta non è mai stato indicato con precisione.

Circa il tempo di copertura degli 0-100 km/h, la Enzo impiega appena 3,6 secondi. Impiega poi meno di 10 secondi per passare da 0 a 200 km/h; con partenza da fermo, copre il chilometro in soli 19,6 secondi, mentre la velocità massima si attesta comunque oltre i 350 km/h. Sulla base di questo layout meccanico si è deciso di progettare una nuova carrozzeria dal design ispirato a quello di una fuoriserie sportiva caratterizzante il brand Ferrari.

3. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Sviluppare questo progetto è stato molto stimolante; la particolarità e l'unicità di quest' esame hanno spinto l'intero team a produrre un lavoro in perfetta sintonia, con l'obiettivo unanime di collaborare al fine di garantire la riuscita ottimale del lavoro. Inoltre è stato un preludio ad attività future che ci vedranno lavorare all'interno di aziende in cui il lavoro di gruppo è un vero e proprio "must". Questo lavoro offre senza dubbio numerosi collegamenti con altre materie e può rappresentare un'occasione unica per una visione di sintesi relativamente a ciò che il corso di studi di ingegneria del veicolo fornisce con numerosi esami.

Abbiamo cercato di sfruttare quest'opportunità provando ad approfondire più settori, per motivare e garantire le nostre scelte, non limitandoci alle seppur numerose richieste iniziali. Tutto ciò è stato accolto come una piacevole sfida, in modo tale da riuscire a sviluppare più di una semplice idea riguardo allo sviluppo di un'intera automobile.

Lo sviluppo della vettura è iniziato in una prima stilizzazione di bozzetti rappresentanti le diverse viste assonometriche del concept. Al contempo sono state misurate le prime quote fondamentali e subito dopo gli ingombri meccanici dal layout proposto, in scala 1:5. Queste sono state successivamente riportate su un foglio bianco quadrettato per una prima rappresentazione del modello. Ogni componente del team ha partecipato al passaggio dal bozzetto alla rappresentazione in proiezione ortogonale, al fine di cercare il giusto compromesso tra soluzioni stilistiche e tecniche. Queste ultime sono state ampiamente discusse e approfondite con una ricerca letteraria, così da analizzare ogni singola scelta fatta. Durante lo sviluppo, il team ha tenuto presente degli aspetti regolamentari per l'omologazione stradale, così da rispettare ogni norma a riguardo. Il progetto definitivo è stato riportato in due fogli lucidi in scala 1:5, presentanti uno la carrozzeria esterna della vettura in quattro proiezioni ortogonali, ed un altro le relative sezioni trasversali ed assiali.

4. ANALISI PERCORSO

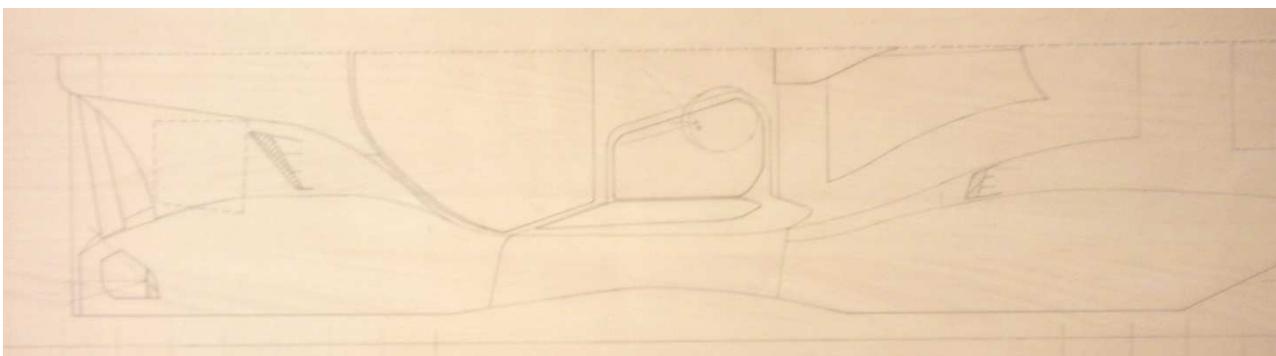
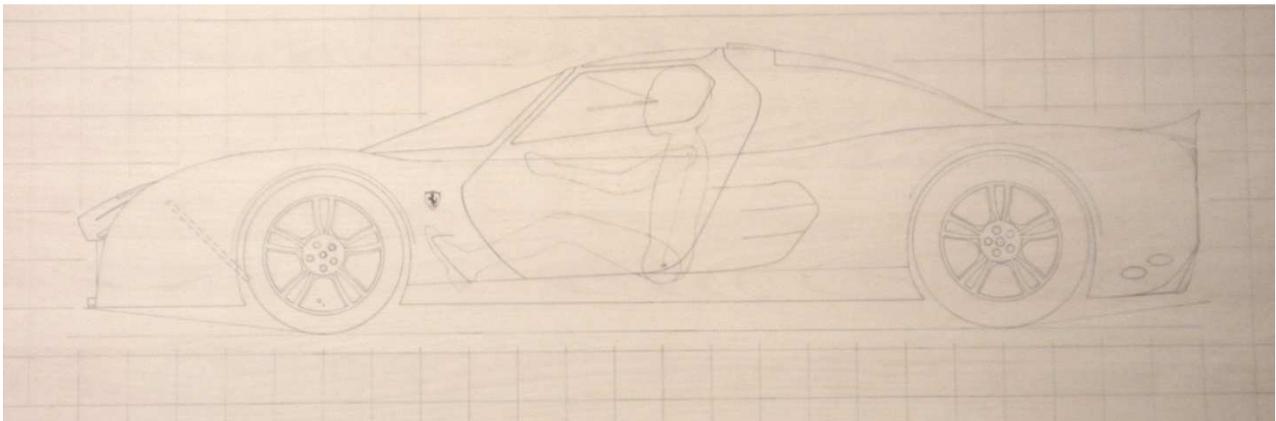
Il team, considerato l'ambiente di lavoro, ha proceduto alla scelta di una scala di rappresentazione opportuna in termini di chiarezza espositiva e praticità. Quest'ultima permette di rappresentare l'oggetto in dimensioni ridotte, rispettandone le proporzioni reali, poiché per definizione è il rapporto tra le dimensioni reali e quelle di una sua rappresentazione. Ad oggi sono utilizzate differenti scale di rappresentazione in base all'accuratezza con la quale si vuole rappresentare

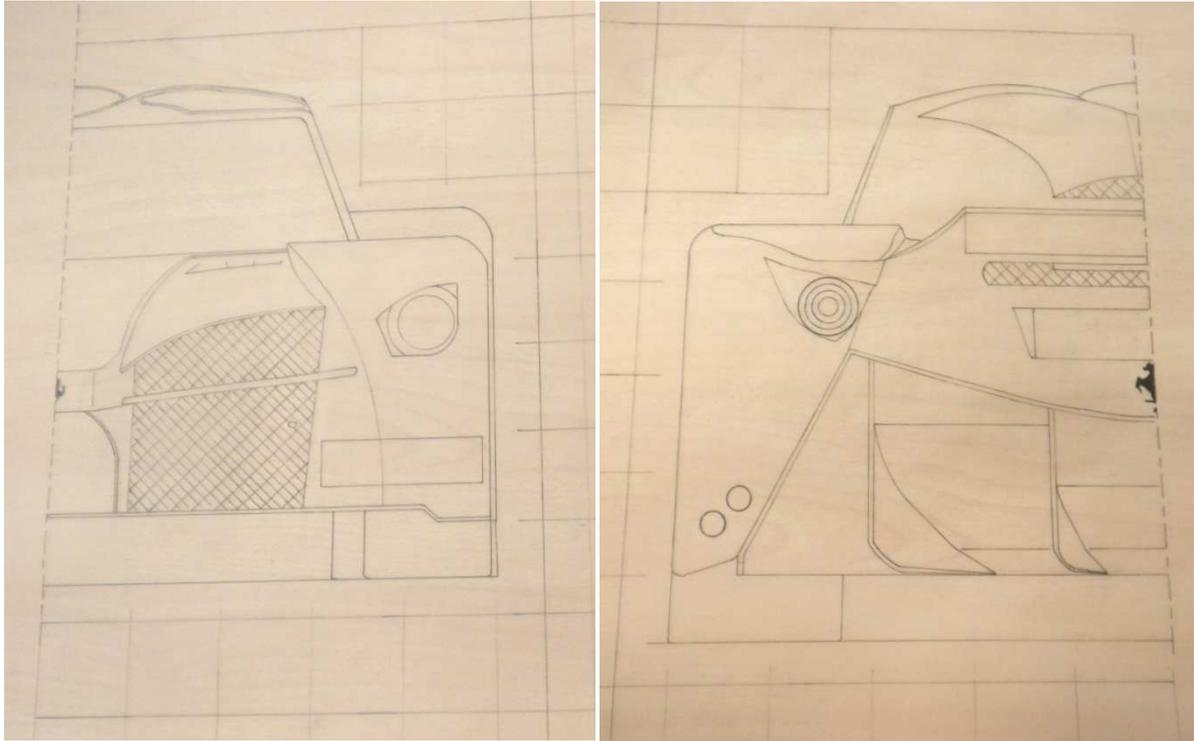
l'oggetto. Le scale più utilizzate sono la 1:1, 1:2.5, 1:4, 1:5, 1:10. La prima viene generalmente utilizzata per il passaggio dal disegno alla produzione ai modelli fisici, poiché assicura una precisione millimetrica, utile per la definizione degli ingombri di un componente. La scala 1:5 garantisce una facile comprensione delle forme e delle proporzioni tra le parti della carrozzeria, ed insieme alla scala 1:4 ha una maggiore praticità assicurando una buona precisione geometrica. La scala 1:10 viene prettamente utilizzata per dei primi bozzetti tecnici, data la sua praticità.

Per questo studio è stata utilizzata la scala di rappresentazione 1:5.

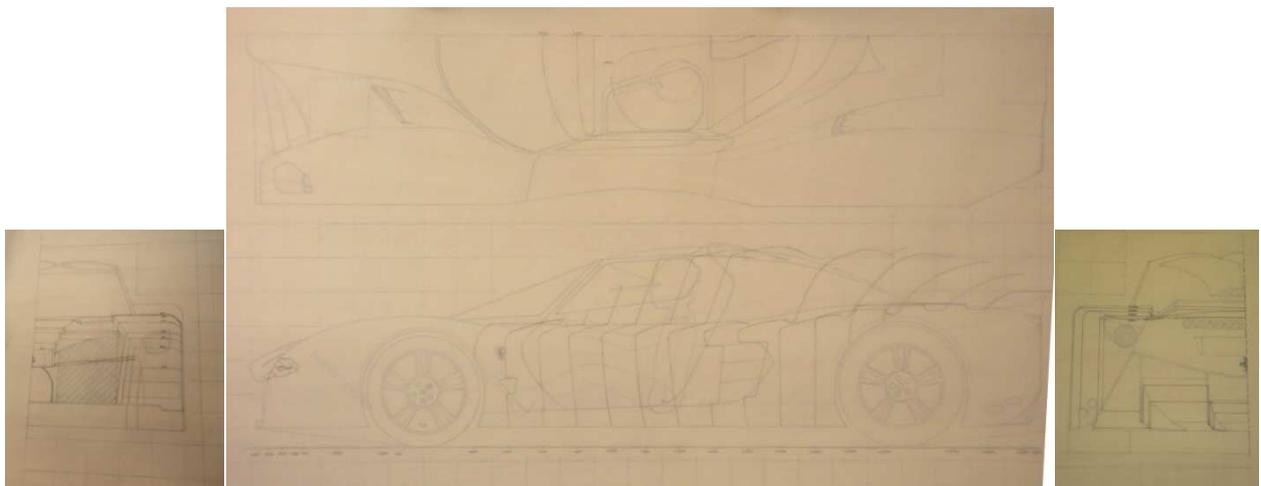
Al fine di avere una maggior completezza e comprensione della geometria da rappresentare, è stata scelta una rappresentazione in proiezioni ortogonali secondo il metodo americano, soluzione largamente impiegata nella raffigurazione di oggetti tridimensionali mediante proiezioni bidimensionali.

Lo studio è iniziato dallo sviluppo del fianco, utile per la rappresentazione successiva della semi-pianta, e dei semi-prospetti anteriori e posteriori. È stata sfruttata la simmetria della vettura, per realizzare solo metà della pianta e dei prospetti, al fine di semplificare il lavoro e non riportare parti ridondanti.





Il progetto è continuato nella definizione delle sezioni da rappresentare nelle varie viste. Al fine di descrivere accuratamente la geometria di alcuni dettagli, e soprattutto di definire una contiguità tra le varie parti della carrozzeria, sono state riportate le sezioni trasversali ribaltate a 90° sul fianco, le trasversali in loco sui due prospetti anteriore e posteriore, e quelle assiali sulla semi-pianta, quest'ultima utile in particolare per le linee del tetto e del padiglione. Il numero di sezioni riportate è stato scelto in base alla complessità delle forme di alcune zone, garantendo una ottima leggibilità del disegno.



5. ANALISI DELLA CARROZZERIA

5.1. ZONA ANTERIORE

La zona anteriore generalmente rappresenta la parte più espressiva e stilisticamente caratterizzante il veicolo. Sin dai primi bozzetti il team ha cercato di sviluppare linee ispirate direttamente alle monoposto di Formula 1, evidenziando così il forte legame con il mondo delle corse, pur mantenendo i canoni estetici di una vettura stradale con ruote coperte. Proprio questa simbiosi è stata la principale difficoltà, durante la fase iniziale, dovendo coniugare i volumi rastremati di un tale veicolo da competizione, con quelli maggiori, dovuti alla presenza dei passaruota, di un autovettura stradale. Il team ha così scelto di caratterizzare la parte centrale dell'anteriore con un "musetto" pronunciato, simile ai veicoli da corsa prima citati. Le sue dimensioni sono state progettate al fine di contenere al suo interno un crash box di forma trapezoidale (sorretto da una struttura collegata al telaio), previsto per il superamento della prova del pendolo per l'omologazione stradale (dimensioni crash box: 20 cm asse longitudinale x, 28 cm asse y, 15 cm asse z).

Un'interessante modifica ha interessato la diminuzione dello sbalzo anteriore, soluzione tecnica ed estetica, perché permette di accentrare maggiormente la distribuzione delle masse nel veicolo e conferisce un maggior aspetto sportivo. Questa scelta è stata realizzata cambiando la posizione e l'inclinazione dei radiatori rispetto al layout meccanico proposto. Questi ultimi sono stati accentrati, in modo da lasciare maggiore libertà di sterzata alle ruote, e inclinati a 45°, diminuendone l'ingombro longitudinale di ben 14 cm, rispetto alla soluzione originale. È stato così ottenuto uno sbalzo anteriore di un metro, ed una lunghezza complessiva del veicolo di 4615 mm, ben inferiore ai 4702 mm della Ferrari Enzo e di soli 15 mm superiore alla diretta concorrenza della Pagani Huayra.

I passaruota trovano diretta ispirazione dalle vetture della categoria Le Mans Prototype, conformati da una superficie piana che scende velocemente verso il suolo, comunicando quell'aggressività tipica di una supercar che vuole "mordere" l'asfalto (to grip the road). Le loro dimensioni permettono di alloggiare pneumatici di dimensioni superiori a quelli omologati per l'uso stradale, soluzione utile per un uso specifico in pista.

Tra il musetto e i passaruota sono interposte due alette a profilo alare asimmetrico, che presentano uno spessore massimo di 2 cm al 20% della corda, di lunghezza variabile da 5 a 7 cm (asse x). Tale soluzione aerodinamica permette di generare un carico deportante alle alte velocità,

che garantisce la corretta aderenza e quindi direzionalità all'anteriore. La scelta di un profilo ad incidenza nulla ha permesso di evitare regioni di flusso turbolento o possibili distacchi della vena fluida nelle zone retrostanti le ali. Questi componenti sono stati ideati in un solo pezzo cavo (lamine in fibra di carbonio), con all'interno delle opportune traverse di irrigidimento (centine), al fine di sopportare il carico aerodinamico agente. Il loro assemblaggio alle parti contigue prevede l'adozione di elementi di chiusura (tappi) alle estremità, per garantire una opportuna superficie di incollaggio e l'adozione di rivetti a strappo (facilmente applicabili, poiché è sufficiente accedere ad un solo lato della parte da giuntare).

In generale la portanza non è l'unica forza agente sul profilo: la viscosità del fluido genera anche una resistenza fluidodinamica, una componente della risultante delle forze aerodinamiche diretta parallelamente alla corrente indisturbata; in generale un aumento di portanza/deportanza, seppur minimo, determina un aumento di resistenza, tuttavia si può considerare trascurabile questa componente rispetto al vantaggio ottenuto in termini di deportanza.

Ulteriori elementi aerodinamici, ovvero dei convogliatori di flusso, sono previsti nella zona sottostante il muso, due "baffi" (whiskers) che incanalano una certa portata d'aria verso il fondo della vettura, confluendo infine nel diffusore posteriore. Allo scopo di evitare pericolosi effetti di portanza all'anteriore, possibili con vetture con motore centrale-posteriore ed importanti appendici deportanti al retrotreno, il team ha previsto l'adozione di un fondo inclinato (diffusore) nella zona antistante le ruote per garantire la corretta aderenza al suolo.

Dal muso si sviluppa la linea del cofano anteriore, particolarmente rastremato, al fine di mantenere la somiglianza con le monoposto di F1.

Due ampie bocche si aprono tra il musetto e i passaruota, che permettono un generoso flusso d'aria verso ai radiatori dell'acqua posizionati sotto il cofano anteriore. Questi ultimi smaltiscono una portata d'aria calda attraverso delle feritoie di estrazione poste in prossimità della mezzeria dell'anteriore, ai lati del cofano, anch'esse dimensionate per favorire il corretto smaltimento dei flussi caldi. Tutte le aperture di estrazione e aspirazione dell'aria prevedono l'adozione di griglie atte alla protezione dei componenti nascosti. Inoltre il team ha considerato l'adozione di canali di scolo per l'acqua piovana, costituiti da lamierini che guidano quest'ultima all'interno di un volume di raccolta per lo scarico.

Dal punto di vista produttivo, il team ha concepito le parti costituenti l'anteriore in forme semplici e facilmente ottenibili in fogli di alluminio o materiali a bassissima densità (lamine di fibra di

carbonio). Il musetto è costituito in un solo pezzo con la copertura centrale, su cui poggia il cofano anteriore, anch'esso realizzato in un pezzo unico. L'apertura del cofano avviene per rotazione attorno a due cerniere poste in prossimità della zona curvano. I "baffi" sono elementi, possibilmente realizzati in carbonio, e collegati tramite incollaggio alla superficie inferiore del musetto. Questa zona prosegue verso la parte centrale dell'anteriore, realizzando un condotto curvo che sfocia sul fondo vettura, per i motivi spiegati precedentemente, arrestandosi prima del telaio che regge i due radiatori (elemento modificato rispetto alla configurazione proposta, in considerazione della nuova posizione degli ultimi).

I passaruota sono realizzati in pezzi interi, secondo stampaggio, e comprendono la parte che si sviluppa fino alla battuta dello sportello.

Le coperture dei radiatori sono realizzabili anch'essi per stampaggio, in materiali a bassa densità, e collegabili ai passaruota e al cofano anteriore tramite incollaggio.

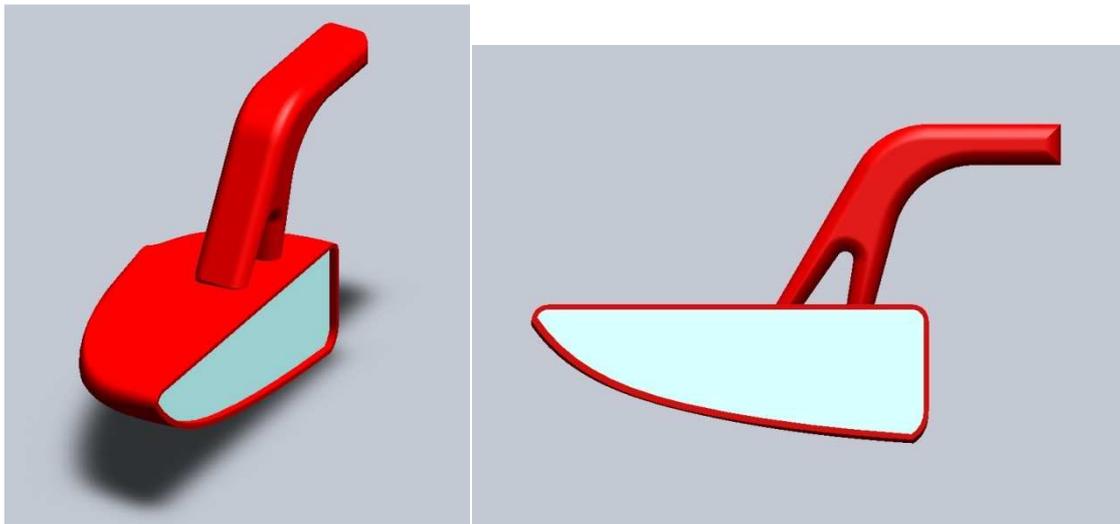
5.2.ZONA CENTRALE

La zona centrale è stata ampiamente esaminata dai componenti del team, al fine di migliorare la visibilità del guidatore (zona parabrezza), creare continuità tra anteriore e posteriore, garantire l'efficienza aerodinamica dei flussi che scorrono lungo il finestrino ed il tetto, che investiranno l'ala posteriore, e lungo le fiancate per convergere all'interno delle grandi prese d'aspirazione dei radiatori dell'olio posizionati lateralmente.

Il curvano è stato modificato rispetto all'originale, avanzando e rialzando (se pur di poco) il punto di intersezione con il cofano anteriore, al fine di ottenere una maggiore inclinazione del parabrezza, (elemento che accentua la sportività) e migliorare la visibilità del conducente. Tale soluzione richiederà un supporto differente dall'originale che non interferirà con gli organi meccanici anteriori.

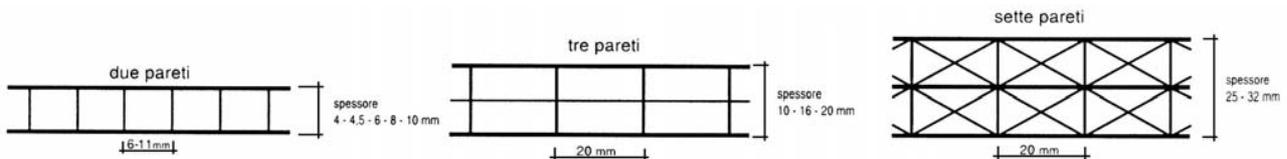
Ulteriore modifica è stata apportata al montante A, che presenta una minore sezione trasversale dell'estremità superiore per garantire una maggiore superficie vetrata al finestrino laterale ed una inclinazione ed uno sviluppo in altezza minore. Il team ha previsto anche uno spazio tra cofano anteriore e parabrezza, per accogliere le componenti meccaniche dei tergicristalli, riprendendo le stesse dimensioni di quello realizzato sulla Ferrari Enzo (circa 5 cm nella parte massima – 2 cm nella parte minima).

È stato realizzato anche un rendering del retrovisore esterno, da posizionare lungo il montante anteriore dello sportello, in una superficie di attacco rettangolare di altezza 2,5 cm.



Il tetto è stato concepito allo scopo di nascondere ed inglobare lo snorkel, grazie all'adozione di due "gobbe" che si sviluppano asimmetricamente in direzione trasversale. Questa soluzione unisce delle forme sinuose che si adattano alla forma ellittica della presa d'aria dell'airbox e ne permettono la corretta aspirazione. Inoltre è stato scelto di sviluppare la massima altezza delle stesse in corrispondenza della seduta degli occupanti (con un dislivello tra "monte" e "valle" di ben 7,5 cm), così da assicurare l'ottima abitabilità. Le due "gobbe" si sviluppano verso il posteriore, lungo il cofano motore, convergendo gradatamente, insieme alla forma della presa dell'air box, verso un'unica forma convessa che scende verso la parte posteriore. Il cofano motore trova interruzione lungo una tasca (pocket) semi-ellittica, realizzata per favorire lo smaltimento dell'aria calda all'interno del vano motore.

Il tetto accoglie due ampie zone trasparenti inglobate nel telaio dello sportello, che seguono la forma delle "gobbe". Tali superfici possono essere realizzate in policarbonato, al fine di contenere la massa del tetto, mantenendo così basso il baricentro del veicolo (densità policarbonato Lexan 9030 è di 1.2 g/cm³, contro la densità di un vetro di media qualità di 2.2 g/cm³). E' stato così ricercato un particolare policarbonato con struttura alveolare, a pareti multiple.



La particolare struttura della lastra a parete multipla con intercapedine d'aria, unitamente alle caratteristiche del polycarbonato assicurano un ottimo isolamento termico ed un'eccellente resistenza agli urti.

Inoltre presentano sul lato esterno uno strato co-estruso che ne garantisce la resistenza all'invecchiamento dovuta ai raggi U.V. ed agli agenti atmosferici.

I punti di forza di questa scelta sono:

Trasmissione della luce (metodo ISO 9050)

L'utilizzo di pigmenti, miscelati al polycarbonato, permette di ottenere un diverso passaggio della luce attraverso la lastra.

Resistenza alla grandine e ai raggi U.V.

La parte esterna del pannello è co-estrusa con polycarbonato ad alta concentrazione d'assorbitori di raggi U.V., che conferisce al prodotto un'ottima resistenza ai raggi ultravioletti, alla grandine ed ad urti accidentali anche dopo una lunga esposizione al sole.

Risparmio energetico

La struttura ad alveoli delle lastre Polycarbonato con parete multipla, offre un'ottima alternativa negli impieghi in cui è importante l'isolamento termico, diminuendo sensibilmente le perdite di calore. Tuttavia sarà necessario, qualora previsto, un adeguato impianto di condizionamento, poiché lo scambio termico risulta comunque maggiore rispetto ad una soluzione con tetto in alluminio.

La stessa scelta di materiale si è considerata per le superfici trasparenti sul cofano motore, realizzate in due pezzi, che vanno in battuta nella zona centrale lungo un telaietto, appartenente alla struttura del cofano motore. Questo telaietto potrebbe essere dipinto in nero lucido in modo da camuffare la battuta delle due parti e far sembrare il tutto un unico pezzo. Fanno parte di quest'ultimo anche le linee dell'air box, che proseguono verso il posteriore e convergono idealmente lungo l'asse di simmetria geometrico longitudinale, evidenziando così l'importanza tecnica di questo componente.

La zona laterale centrale raccorda con il tetto lungo il telaio di battuta dei finestrini, dimensionato opportunamente per racchiudere le guarnizioni, e ideato in polycarbonato così da far sembrare un unico pezzo la superficie trasparente superiore con il finestrino.

Lo sportello riprende il meccanismo di apertura scelto e brevettato dalla stessa casa del cavallino sulla Ferrari Enzo. In questo studio, il team ha modificato la forma della zona superiore dello sportello, costituente parte del tetto, e di conseguenza è stata spostata la posizione delle cerniere,

pensate così lungo la traversa del parabrezza. Tale porzione di sportello ha uno spessore di 5 cm, dimensionato opportunamente per il posizionamento di tali componenti di apertura.

L'inclinazione del finestrino è di 70°; la parte più alta lungo l'asse z è di 26 cm, mentre la parte più bassa è di 23,25 cm. Queste dimensioni sono state verificate affinché il componente potesse rientrare senza ostacoli all'interno dello sportello. Proseguendo verso il basso, lo sportello prevede una bombatura, che garantisce l'ingombro degli organi di scorrimento del finestrino, e prosegue le forme dei passaruota anteriori, nell'ipotesi di un flusso d'aria che scorra senza distacco lungo queste superfici.

La zona inferiore presenta due aperture: nella parte anteriore si trova la presa d'estrazione dell'aria calda dei freni anteriori, in quella posteriore l'ampia presa d'aspirazione dei radiatori laterali. Quest'ultima è stata dimensionata al fine di assicurare la corretta portata d'aria per il raffreddamento, rispettando inoltre la norma di omologazione stradale sulla dimensione dei condotti (impedimento al passaggio di una sfera con diametro di 165 mm).

In ultima analisi, il telaio dello sportello è stato pensato per essere realizzato in materiale a bassa densità ed alta rigidità, come la fibra di carbonio, al fine di garantire un'elevata resistenza agli urti laterali ed un peso ridotto, seguendo la filosofia della riduzione delle masse.

Il team ha previsto anche il posizionamento dello sportellino per il bocchettone di rifornimento carburante, posto sulla zona laterale destra del cofano motore, quindi non rappresentato in figura.

5.3.ZONA POSTERIORE

Il forte carattere sportivo, evidenziato all'anteriore e nella zona centrale della vettura, è stato riportato anche nelle linee del posteriore. Qui l'intervento stilistico ha interessato la definizione di passaruota di volume maggiore rispetto a quelli anteriori, ospitando i primi, pneumatici con battistrada di dimensione superiore.

La bombatura che caratterizza il fianco della vettura riprende la linea esterna del passaruota, definendo così nel complesso un'unica superficie che dall'anteriore si sviluppa verso il posteriore. Quest'ultima viene volutamente interrotta, ottenendo una vettura con coda tronca, soluzione ben evidenziata dal notevole boat tailing della superficie laterale dei passaruota. Essa infatti presenta un rientro di ben 20 cm rispetto al fuori tutto laterale, evitando la formazione di vortici dovuti al distacco della vena fluida dalla carrozzeria. Il boat tailing è un chiaro rimando alle soluzioni

aerodinamiche delle precedenti macchine sportive, rivisto per essere adattato allo studio proposto.

Nella zona centrale posteriore, a delimitare il cofano motore dai passaruota, è stato inserito uno scavo con larghezza crescente verso il retrotreno, che si sviluppa dalla battuta posteriore dello sportello, tra la superficie bombata del passaruota e quella discendente del cofano motore, e si appiattisce lungo la sua estensione longitudinale. Questo elemento permette un incanalamento della corrente d'aria che scorre lungo la linea di cintura del veicolo, aiutando l'uscita dei flussi caldi dalla zona radiatori, attraverso la feritoia posta all'interno del canale stesso. Questa aria, con un'elevata componente di velocità, viene diretta contro l'ala mobile, posta in posizione centrale, migliorandone così l'aerodinamica.

Quest'ultima è stata disegnata a ridosso del fuori tutto posteriore, e vanta una larghezza di 80 cm, presentando inoltre una forte inclinazione della sezione trasversale. L'altezza dello stesso è stata calcolata in base ai grafici riportati sul testo "Meccanica dell'autoveicolo" di Giancarlo Genta e dalla teoria appresa durante una conferenza del professore di aerodinamica dell'Università di Pisa (prof. Ing. Guido Buresti). Tutte le considerazioni tecniche sviluppate sono riportate nel paragrafo 11.

La lunghezza dello sbalzo posteriore è stata aumentata di 20 cm rispetto all'ingombro del cambio, posizionato dietro l'assale, così da ricavare maggior spazio per il passaggio dei condotti di scarico, e del collettore. Il team ha preferito posizionare gli scarichi lontani dalla zona estrattore, e quindi dal fondo del veicolo, in modo da non disturbarne l'aerodinamica. La scelta è ricaduta in un posizionamento nella zona laterale della vettura, in corrispondenza del boat tailing. Una nota stilistica è stata aggiunta a questi elementi, giocando sulle proiezioni e sfruttando l'inclinazione della superficie di carrozzeria in cui compaiono: dalla vista posteriore gli scarichi assumono una forma circolare, mentre dal fianco assumono forma ellittica.

L'aumento dello sbalzo posteriore trova motivazione anche nell'uso di un ampio estrattore, a cui il team ha dato risalto nella vista posteriore, seguendo quel concetto stilistico di *Formula1 stradale*. I costruttori di automobili ad oggi, sfruttano molto questo componente come elemento stilistico, anche sulle vetture di piccole dimensioni. Il team ha così voluto evidenziare in maniera particolare questo elemento, pur tuttavia approntando un'analisi teorica dei concetti aerodinamici.

Un ampio diffusore permette infatti di avere curvature maggiori, che evitano il distacco del flusso. Una simulazione CFD potrebbe avvalorare questa soluzione e probabilmente evidenziare valori di

deportanza elevati, notevoli per una vettura stradale. Un'ampia trattazione è stata svolta sull'utilizzo di questo diffusore nel paragrafo successivo.

5.3.1 DIFFUSORE

La vista posteriore del veicolo è dominata da un importante profilo estrattore. Non è stato possibile studiare il profilo con simulazioni CFD, e per questa ragione il team ha fatto uso di materiale didattico inerente l'argomento; in particolar modo sono stati studiati ed analizzati i grafici ed i dati dei testi "Aerodynamics of Road Vehicles " di W.H.Hucho e "Race Car Aerodynamics" di J.Katz.

Il diffusore è alimentato da una portata d'aria veloce proveniente dal fondo vettura. Il convogliatore centrale che sfocia sotto il muso e le prese d'aria anteriori favoriscono l'incanalamento del flusso sotto il veicolo.

Durante lo sviluppo di questo componente, il team ha dovuto tener conto degli ingombri meccanici dovuti ad organi quali il motore, il cambio ed anche possibili attacchi inferiori delle sospensioni.

Il diffusore "nasce" come un unico canale centrale sul fondo della vettura per poi divergere in larghezza e in altezza (asse y-asse z). Esso inizia in prossimità del fondo del motore, divergendo di 18° lateralmente, (ovvero 9° di semiapertura del divergente); successivamente si divide in tre canali con apertura crescente fino ad un massimo di 30° ; questi valori sono stati scelti in base agli angoli di massima efficienza per un divergente secondo il modello riportato nella letteratura di Hucho. Il canale diverge inizialmente anche verso l'alto, mentre i tre successivi continuano con angoli di divergenza differenti, come spiegato di seguito:

- il canale centrale, vincolato dagli ingombri del cambio, è abbastanza basso e si allunga oltre il motore, iniziando a divergere solo dopo aver oltrepassato le ruote con un angolo di circa 15° (valore che rappresenta la semi-apertura con C_d massimo);
- i due laterali, uguali, possono divergere prima, e quindi arrivare ad un'altezza finale maggiore.

Questi canali sono divisi da setti che hanno la funzione di indirizzare il flusso. Lo sviluppo del diffusore ha interessato anche l'aerodinamica legata all'ala mobile; dalla letteratura sono stati appresi cenni teorici su una possibile interazione tra le funzioni dei due componenti, al fine di migliorare la fluidodinamica del posteriore. Un'ipotetica interazione tra il flusso in uscita dal diffusore e quello che segue l'estradosso dell'ala mobile permetterebbe un'energizzazione delo

strato limite del secondo, così da aumentare il rendimento del profilo alare, generando una minore resistenza per un dato valore di deportanza. Lo sviluppo di questa teoria prevedrebbe l'utilizzo di simulazioni CFD al fine di valutarne l'effettiva efficacia.

6. POSIZIONAMENTO DI OSCAR

Le norme di omologazione stradale prevedono determinati angoli di visibilità e un valore massimo dell'inclinazione del busto di un manichino regolamentare, definito Oscar. Quest'ultimo riproduce le misure del cinquantesimo percentile della popolazione mondiale (corrispondente ad un'altezza di 175 cm; con casco 178 cm secondo regolamento per il crash test), che deve sedere comodamente, secondo gli angoli convenzionali di inclinazione delle articolazioni inferiori e superiori. Deve essere garantita anche la sicurezza del conducente, verificando che il manichino non incontri ostacoli durante la rotazione in avanti del busto, fino all'impatto sull'airbag del volante, per una data posizione spaziale nell'abitacolo.

La regolamentazione prevede che nei 45° verso destra e 15° verso sinistra, in riferimento all'asse ideale passante per la mezzera della testa del manichino, la visuale dell'Oscar non trovi ostacoli.

Quando si parla di Oscar, ci si riferisce ad un manichino regolamentare, riprodotto le misure di una persona di statura media al quale occorre garantire sempre lo spazio minimo ed una visibilità minima. Deve essere inoltre garantito sulla vista frontale, un angolo di visibilità verso il basso di 7° rispetto ad almeno un punto della carrozzeria, mentre non si devono avere ostacoli sull'intera visuale anteriore in un angolo di 5° verso il suolo.

Per il posizionamento dell'Oscar viene definito un punto H, fisicamente individuabile come l'intersezione su un piano verticale longitudinale, dell'asse teorico di rotazione che esiste fra le cosce ed il tronco. Il team ha dapprima fissato tale punto in modo da garantire una seduta confortevole (considerando un ingombro del sedile comprensivo di meccanismo di movimento, di 15cm) ed al contempo assicurare che il manichino durante la rotazione del busto in avanti non incontri ostacoli (coordinate di H: 270 mm in z rispetto alla linea di terra; 275 mm in y rispetto all'asse di simmetria; 1400 mm in x rispetto allo O). Successivamente è stata scelta un'inclinazione del busto di 15° (a fronte di un valore massimo di 25° consentito dall'omologatore), e verificato le condizioni di visibilità anteriori. Nel disegno sono stati riportati tutti gli angoli di visibilità e quello di inclinazione del busto, nonché la posizione degli arti inferiori e superiori.

Il team non ha considerato eventuali angoli di visibilità posteriori, trascurabili in una vettura in serie limitata. Tuttavia, data l'esclusività del prodotto, potrebbero essere utilizzate telecamere per una visuale posteriore, tramite schermo digitale integrato nel cruscotto della vettura.

7. QUOTE FONDAMENTALI

In questo paragrafo il team esamina quelle che sono le quote fondamentali nello studio della carrozzeria di un autoveicolo.

Dal fianco sinistro e dalla pianta è possibile rilevare la **lunghezza** complessiva. Un'altra grandezza misurabile dal fianco è l'**altezza** complessiva, che è possibile rilevare anche dai prospetti anteriore e posteriore. Le altre quote fondamentali sono il **passo** definito anche come interasse, che rappresenta la distanza tra i due assi-ruota anteriore e posteriore.

Altre misure specifiche importanti sono gli **sbalzi anteriore** e **posteriore** che rappresentano le distanze degli assi-ruota rispettivamente dalle estremità anteriore e posteriore dell'auto, detti anche "fuori tutto". Dalla somma delle tre misure di passo, sbalzi anteriore e posteriore si ottiene infine la lunghezza complessiva dell'auto.

Dalla pianta inoltre è possibile rilevare anche la **larghezza** complessiva ed anche altre misure fondamentali quali le **carreggiate anteriori** e **posteriori**, definite rispettivamente come la distanza tra i piani medi diametrali delle ruote del medesimo assale. Anche dai due prospetti anteriore e posteriore è possibile rilevare le carreggiate anteriore e posteriore.

Oltre a queste misure fondamentali, nel prossimo paragrafo saranno definite le misure specifiche nel caso dell'autoveicolo, legate per lo più a fattori tecnici e regolamentari.

Qui di seguito sono riportate le misure delle quote fondamentali della nostra vettura.

Lunghezza massima: 4615 mm

Altezza massima: 1020,25 mm

Larghezza massima: 2030 mm

Sbalzo anteriore: 1010 mm

Sbalzo posteriore: 805 mm

Passo: 2800 mm

Carreggiata anteriore: 1710 mm

Carreggiata posteriore: 1660 mm

7.1. QUOTE FONDAMENTALI SPECIFICHE.

Mentre le quote per le normative di omologazione sono le stesse per qualsiasi tipo di auto, quelle dovute invece a fattori tecnici, sono strettamente legate alla tipologia del veicolo, le cui caratteristiche tecniche possono essere definite dallo specifico layout meccanico. Per layout meccanico si intende la disposizione ed il tipo di organi meccanici utilizzati sulla vettura.

Tra queste sono da mettere :

- altezza massima del motore da terra (820 mm)
- altezza massima del radiatore dell'acqua da terra (725 mm)
- larghezza degli pneumatici prescelti. (245/35 mm (anteriore) – 345/35 mm (posteriore))

Altre misure importanti potrebbero essere gli ingombri delle sospensioni e l'ingombro del serbatoio carburante.

Una grandezza fondamentale da determinare con attenzione, è quella dell'**angolo di attacco**, ovvero l'angolo formato dalla linea del terreno con quella di massima pendenza superabile (angolo di attacco 7,5°). Importanza ha anche l'angolo di uscita, misurato tra la linea del terreno e lo spigolo inferiore della carrozzeria (7° per l'ente omologante) .

Le norme prevedono anche una altezza minima da terra, verificata mediante il libero scorrimento di un parallelepipedo alto 120 mm tra il fondo vettura e il suolo.

Un'altra misura fondamentale da rilevare è l'**altezza del curvano** da terra (altezza del curvano da terra 75 cm), cioè la base del parabrezza, che condizionerà l'**angolo di visibilità**.

Altre quote che sono state calcolate e descritte qui di seguito sono l'altezza minima da terra della zona deformabile o paraurti anteriore, stabilita dall'ente omologante secondo una prova di urto, che prevede l'utilizzo di un pendolo con una "mazza". La prova verifica che la zona deformata non contenga componenti integrate nella carrozzeria necessarie alla marcia del veicolo in strada (gruppo ottico, parti mobili come il cofano).

Infine nel paragrafo seguente, (**paragrafo 8**), saranno descritti i vincoli regolamentari per i gruppi ottici.

8. GRUPPI OTTICI

Di fondamentale importanza sempre dal punto di vista regolamentare è la posizione e la presenza obbligatoria di fari, indicatori di direzione, e segnalatori luminosi in genere.

I fari anteriori obbligatori si dividono in luci di posizione, anabbaglianti ed abbaglianti. Mentre per le luci di posizione ed abbaglianti non è stabilita nessuna specificazione particolare, se non che debbano rientrare nella sagoma del veicolo, per gli anabbaglianti esiste una regolamentazione ben precisa, che ne consente il posizionamento ad un'altezza minima da terra stabilita in 508 mm, massima di 1200 mm; inoltre i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm, mentre quelli esterni non devono trovarsi oltre 400 mm dall'estremità laterale dell'autoveicolo.

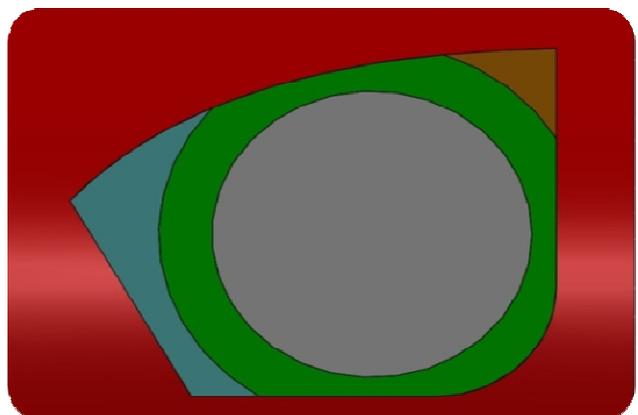
Tutte queste regole per l'omologazione dei gruppi ottici sono state ampiamente rispettate:

- altezza minima da terra : 510 mm
- distanza bordi interni : 1570 mm
- distanza bordi esterni - estremità laterale : 90 mm

Il faro anteriore è stato progettato per accogliere al suo interno tutto il gruppo ottico, comprendente luci di posizione, anabbaglianti (di dimensione prestabilite), indicatori di direzione e abbaglianti. La forma è il compromesso tra lo stile aggressivo scelto dai componenti del gruppo e il rispetto degli angoli di illuminazione.

Di seguito è rappresentata l'immagine realizzata in SolidWorks dei gruppi ottici anteriori della vettura.

-  luce anabbagliante
-  luce abbagliante
-  luce di posizione
-  luce di indicatore di direzione

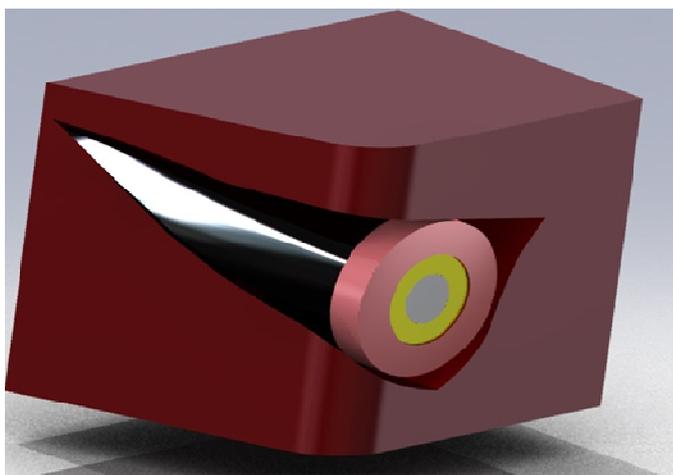
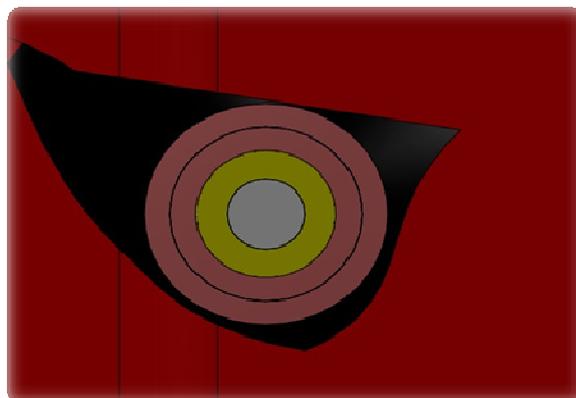


Sono stati realizzati dei rendering del faro posteriore, al fine di definire con maggior chiarezza il concept ideato dal team. Questo è realizzato all'interno di uno scavo realizzato nella carrozzeria.

 luce di posizione e luce di arresto che sono concentriche in figura

 luce di indicatore di direzione

 luce di retromarcia nel faro dx – luce di fendinebbia nel faro sx



N.B. Il colore di rappresentazione dei gruppi ottici è puramente casuale, ed è servito per facilitare a distinguere i gruppi ottici l'uno dall'altro.

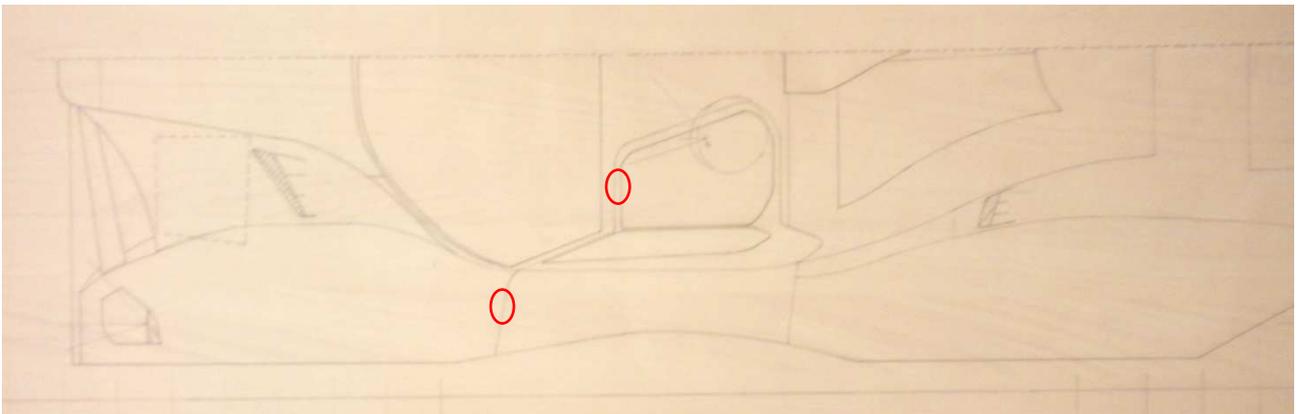
9. APERTURA E CHIUSURA PARTI MOBILI

Il meccanismo di apertura e chiusura degli sportelli è lo stesso utilizzato sulla Ferrari Enzo, realizzato e brevettato dalla stessa casa di Maranello. Gli sportelli comprendono una parte del tetto, e l'apertura avviene tramite rotazione e traslazione intorno a due punti di attacco sul montante ed in prossimità dei passaruota, creando un evidente effetto scenografico, visibile nelle due immagini sottostanti.



Il team ha scelto di conservare questo sistema per conservare il family feeling del brand Ferrari, anche perché risulta essere uno dei pochi, se non l'unico aspetto che la nostra vettura conserva rispetto alla Enzo.

Delle leggere modifiche sono state effettuate per facilitare l'accessibilità del conducente spostando leggermente più all'interno le cerniere delle portiere poste sul tetto (cerchiate nella seguente immagine), in modo da aprirne una parte maggiore.



In merito alla realizzazione delle parti mobili all'anteriore ed al posteriore, sono stati considerate eventuali difficoltà riscontrabili nella produzione di pezzi di forma complessa. Il cofano anteriore comprende solo una parte del muso ed è incernierato in prossimità del curvano, garantendo un facile accesso per la manutenzione degli organi meccanici (sospensioni) o il rabbocco dei liquidi del sistema di raffreddamento o la pulizia del parabrezza. Il cofano posteriore, incernierato nella parte

alta del tetto ai lati dello snorkel, comprende il lunotto posteriore e parte della carrozzeria nella zona posteriore centrale, escludendo il condotto dell'air box, che resta fisso.

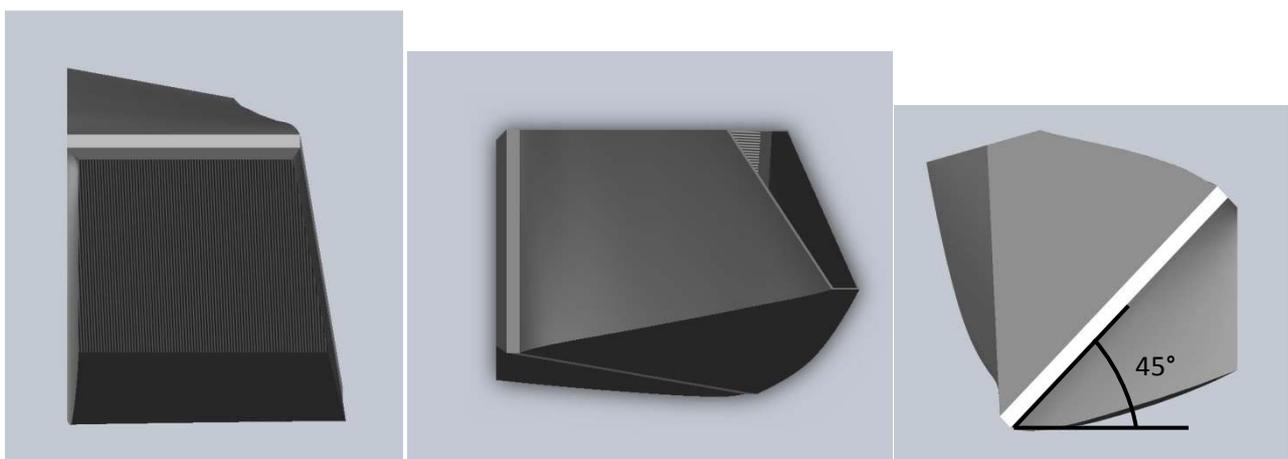
N.B. Le linee di taglio dell'anteriore e del posteriore sono tracciate in linea sottile sui disegni

10. PRESE D'ARIA E LUNOTTO POSTERIORE

Per garantire il corretto scambio termico dei radiatori nelle diverse condizioni d'uso e soprattutto in quelle più estreme, il team ha prestato particolare attenzione in fase di progetto al dimensionamento delle prese d'aria, in particolare quelle laterali per i radiatori dell'olio e per il raffreddamento dei freni posteriori e quella di estrazione del propulsore.

La presa d'aria anteriore ha come obiettivo quello di dirigere una certa portata verso i radiatori dell'acqua, favorendo il corretto raffreddamento del liquido, un'altra al fondo piatto, e una quantità inferiore verso i freni a disco anteriori .

A causa della posizione laterale dei due radiatori dell'acqua, è necessario garantire una corretta direzionalità del flusso d'aria; infatti, nel percorso compiuto dal fluido, non devono essere presenti brusche deviazioni che comporterebbero un aumento delle perdite fluidodinamiche con pesanti conseguenze a livello di efficienza nello scambiatore. Di seguito vengono riportate, in questo ordine, la vista frontale, dall'alto e laterale del radiatore acqua e condotti relativi.



Qui di seguito sono riportati i calcoli del dimensionamento dei radiatori acqua e olio. Si ipotizza che il motore al regime di potenza massima sviluppi circa 700 Cv; si considera la potenza

utile del motore circa il 30-35% della potenza totale introdotta dal combustibile, la potenza di riscaldamento dell'acqua dell'ordine del 10% e quella dell'olio circa il 5%.

Altre ipotesi:

$$\dot{m}_a = 9 \text{ kg/s}$$

\dot{m}_a : portata acqua

$$\dot{m}_o = 1,5 \text{ kg/s}$$

\dot{m}_o : portata olio

$$P_{t,a} = 42 \text{ kcal/s}$$

$P_{t,a}$: Potenza termica evacuata dall'acqua

$$P_{t,o} = 21 \text{ kcal/s}$$

$P_{t,o}$: Potenza termica evacuata dall'olio

Dati:

$$c_a = 1 \text{ kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

c_a : calore specifico acqua

$$c_o = 0,5 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

c_o : calore specifico olio

$$c_{ar} = 0,24 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

c_{ar} : calore specifico aria

Attraverso questi dati è possibile calcolare il riscaldamento dell'acqua che è di circa 5°C e dell'olio che è di circa 28°C. Ipotizzando il salto termico per l'aria di raffreddamento di 30°C occorre una portata d'aria nei tunnel di circa 5,8 Kg/s per i radiatori dell'acqua (2,9 Kg/s per ogni tunnel) e 2,9 Kg/s per i radiatori dell'olio (1,45 Kg/s singolarmente); considerando la vettura ad una velocità di 300 Km/h (83,3 m/s) a livello del mare ($d = 1,14 \text{ Kg/m}^3$), una portata d'aria di 2,9 Kg/s corrispondono a una sezione di 0,029 m² per ciascun tunnel.

La portata d'aria che passa attraverso i radiatori crea inevitabilmente una resistenza aerodinamica interna: nelle peggiori condizioni possibili, ovvero nel caso in cui la quantità di moto del flusso venga trasferita interamente alla vettura (l'aria viene scaricata dai tunnel a bassissima velocità o su direzioni ortogonali al moto dell'auto), ad una velocità di circa 300 Km/h corrisponderebbe ad una resistenza aerodinamica di 366,4 N ovvero ad una potenza assorbita alle ruote di 40,9 Cv (ovvero supponendo un rendimento di trasmissione di 0,9, al motore di 45,5 Cv).

Il valore della Resistenza è data dalla seguente formula:

$$R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$$

$$C_x = 1 \quad \rho = 1,204 \text{ kg/m}^3 \quad S = 0,058 + 0,029 = 0,087 \text{ m}^2 \quad v = 83,3 \text{ m/s}$$

$$R = 366,4 \text{ N}$$

$$P = R \cdot v = 40,93 \text{ Cv} \quad P = 45,5 \text{ Cv (Potenza riferita al motore)}$$

Fin da questo primo calcolo è possibile notare come le prese d'aria anteriori siano decisamente sovrabbondanti per garantire un efficace raffreddamento dell'acqua; per questa ragione è stata considerata, all'interno della stessa, l'adozione di canali che dirigono parte del flusso sui freni delle ruote anteriori e una portata maggiore verso il fondo piatto della vettura. È inoltre fondamentale che ai radiatori arrivi la portata calcolata senza eccedere, in quanto una quantità maggiore significherebbe un flusso d'aria più veloce in ingresso e quindi una maggiore resistenza interna indotta dai radiatori. I tunnel vengono quindi ottimizzati creando un condotto che diverge fino al radiatore e continua con un condotto effusore. In questo modo si adottano grandi superfici dei radiatori attraversati da aria a bassa velocità (l'aumento di superficie esposta sovracompenza la riduzione del coefficiente di scambio termico aumentando la potenza termica scambiata) così da ridurre drasticamente la potenza dissipata; inoltre l'aria dopo aver attraversato la matrice dei radiatori si riscalda ed in tal modo rende possibile sfruttare la sua energia attraverso un effusore che l'accelera facendo in modo che la differenza di velocità asintotica tra monte e valle non sia molto grande e la resistenza aerodinamica interna rimanga costante (considerando che il flusso in uscita a valle sia riportato a pressione atmosferica).

Seguendo l'iter di questo ragionamento, nell'efficienza aerodinamica rientra anche l'inclinazione dei radiatori a 45°, soluzione che permette alla matrice del radiatore di lavorare con un flusso più uniforme, senza disparità di velocità tra il centro e la periferia, in modo tale da ridurre le dissipazioni al suo interno ed evitare grandi cambiamenti di direzione nel tunnel che andrebbero a ridurre il rendimento del diffusore e dell'effusore. Inoltre, come è possibile vedere dal disegno, il flusso d'aria veloce uscente dai tunnel dei radiatori viene in tal modo (deflusso) verso l'alto attraverso le prese d'aria sul cofano anteriore per i radiatori dell'acqua e sul cofano posteriore per i radiatori dell'olio, generando così un supplemento di deportanza; in aggiunta, il flusso d'aria veloce, uscente dalle feritoie di sfogo dei radiatori laterali, genera un "soffiamento" dello strato limite, migliorando l'aerodinamica di quella parte e di conseguenza il funzionamento dello spoiler, sia nella posizione chiusa che in quella completamente estratta.

Al fine di smaltire il calore generato dal motore durante il suo funzionamento, il team ha previsto l'installazione di un lunotto in policarbonato, il cui obiettivo è sia quello di garantire al propulsore una sufficiente evacuazione del calore prodotto sia di conferire alla vettura una linea aggressiva tipica di una supercar. Si prevedranno dei sistemi di scolo per l'acqua piovana realizzati mediante l'opportuna disposizione di canali e lamelle convogliatrici, come di consueto si realizzano sulle altre auto della stessa categoria.

Di seguito, invece vengono riportati i calcoli eseguiti per il dimensionamento della superficie in policarbonato del lunotto.

N.B. I calcoli prevedono un'approssimazione con un margine di sicurezza opportuno.

Per prima cosa, è possibile vedere il calcolo della cilindrata unitaria:

$$V_d = (\pi * B^2 * S) / 4 = 500 \text{ cm}^3 \quad B : \text{alesaggio} \quad S : \text{corsa} \quad V_d : \text{cilindrata unitaria}$$

Come dati teorici della vettura, consideriamo quelli della versione precedente della Ferrari Enzo, conoscendo il regime di potenza massima del motore (7800 giri/min) è possibile calcolare la portata di aria elaborata dello stesso assumendo una densità dell'aria a 25°C di 1,204 Kg/m³

$$\dot{m}_a = \rho * V_d * (n_{\text{max}} / t / 2) = 0,03913 \text{ Kg/s} \quad \dot{m}_a : \text{portata di aria} \quad \rho : \text{densità aria}$$

Considerando una dosatura stechiometrica ($\alpha = 14,65$) del carburante è possibile ottenere la portata di combustibile iniettata in ogni cilindro ad ogni ciclo motore.

$$\dot{m}_f = \dot{m}_a / \alpha = 2,6 * 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

Ipotizzando di considerare come combustibile l'isottano C₈H₁₈ (K_i = 41 MJ/Kg) è possibile calcolare la portanza sviluppata nel singolo cilindro. Tale potenza che non verrà completamente sfruttata all'albero motore, ma verrà in buona parte persa.

$$P_{\text{cil}} = \dot{m}_f * K_i = 106,6 \text{ Kw}$$

$$P_{12\text{cil}} = P_{\text{cil}} * 12 = 1279,2 \text{ Kw}$$

Considerando il rapporto di compressione (r_c = 11,2) e un valore d'approssimazione per il rendimento di adiabaticità del motore di 0,83 ($\dot{\eta}_{\text{ad}} = 0,83$), è possibile ricavare il valore di Kw termici che il motore lascia fuoriuscire.

$$P_{\text{out}} = P_{12\text{cil}} * (1 - \dot{\eta}_{\text{ad}}) * 100 = 217,464 \text{ Kw} \quad P_{\text{out}} = \text{potenza termica dissipata dalle pareti delle canne cilindro}$$

Come dati riportiamo quelli della vecchia Ferrari Enzo 12 cilindri che verosimilmente saranno simili al prossimo modello.

$$n_{\text{max}} = 7800 \text{ giri/min} \quad n_{\text{max}} : \text{numero di giri a potenza massima}$$

$$r_c = 11,2:1 \quad r_c : \text{rapporto di compressione}$$

$$V_{\text{tot}} = 5998.80 \text{ cm}^3$$

V_{tot} : cilindrata totale

$$V_d = 500 \text{ cm}^3$$

V_d : cilindrata unitaria

Considerando che una data parte di questi Kw termici saranno assorbiti dalle altre parti del motore, verrà considerata solo una parte della P_{out} , ovvero circa l'80%. Lo scambio termico inoltre viene considerato per sola convezione.

$$Q_{\text{conv}} = P_{\text{out}} = h_{\text{conv}} * S_{\text{lunotto}} * (T_{\text{eng}} - T_{\text{polic}})$$

h_{conv} : coefficiente di convezione S_{lunotto} : superficie totale lunotto T_{eng} : temperatura engine

T_{polic} : temperatura policarbonato

$$h_{\text{conv}} = (Nu * \lambda) / D_{\text{caratt.}}$$

Da tabelle sperimentali è possibile definire la $D_{\text{caratt.}}$ come il rapporto tra superficie del lunotto e perimetro (per perimetro consideriamo i lati curvi come se fossero rettilinei); inoltre viene considerato il valore della conducibilità termica dell'aria λ a 400K e viene indicata una formula empirica per il calcolo del numero di Nusselt (Nu).

$$D_{\text{caratt.}} = A/p = 20,93 \text{ cm} \leftrightarrow 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$

$$Nu = 0,102 Re^{0,675} * Pr^{1/3}$$

Re : numero di Reynolds Pr : numero di Prandtl

$$Re = (v_{\text{air}} * D1) / \nu_{\text{air}} = 972973$$

$$Pr = \nu_{\text{air}} / \alpha_{\text{air}} = 0,69$$

v_{air} : velocità dell'aria nello scambio termico considerate quasi a 30 m/s

ν_{air} : viscosità cinematica (da tabella)

α_{air} : diffusività termica (da tabella)

D1 : dimensione caratteristica del lunotto

$$D1 = 4 * S_{\text{lunotto}} / \text{perimetro}$$

In questo modo è possibile trovare la superficie minima necessaria per il lunotto.

$$Nu = 992,9 \rightarrow h_{\text{conv}} = 992,9 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow S_{\text{lunotto}} = 1,82 \text{ m}^2$$

La superficie del nostro lunotto risulta essere di circa $0,46 \text{ m}^2$, valore che non basta a far disperdere completamente la potenza termica sviluppata dal propulsore ma che contribuisce in gran parte a far disperdere parte del calore, considerando che il polycarbonato Lexan riesce a lavorare fino a temperature elevate, considerando che la temperatura di fusione del polycarbonato Lexan è di 300°C .

Un aspetto che potrebbe risolvere completamente il problema sarebbe quello di forare il lunotto per permettere un raffreddamento ulteriore in modo tale da disperdere completamente la potenza termica del propulsore.

N.B. Sono stati eseguiti i calcoli considerando i parametri di diffusività termica, conducibilità termica del polycarbonato Lexan 9030.

11. SPOILER

Al fine di migliorare l'aderenza del veicolo occorre portare attenzione anche alla sua aerodinamica. Se la carrozzeria di un'auto non genera una sufficiente deportanza in certe situazioni, ad alta velocità, parte dell'auto (se non tutta) si può sollevare dal suolo generando così delle forti perdite di aderenza.

Le case automobilistiche intervengono per incrementare la deportanza, soprattutto sulle auto sportive ad alte prestazioni, con delle "parti mobili" denominate "spoiler attivi", ovvero con dei dispositivi aerodinamici che si attivano e/o cambiano geometria e/o posizione in base alla velocità di avanzamento. Per questa ragione il team ha deciso di utilizzare un sistema con spoiler mobile, con un meccanismo di funzionamento innovativo ideato dai componenti stessi del gruppo, che permette di migliorare il grip generale della vettura nelle fasi di frenata e percorrenza di curva, attraverso un aumento della deportanza complessiva.

Il sistema di apertura dello spoiler posteriore è descritto qui di seguito: al fine di evitare interferenza tra la parte mobile dello spoiler e la restante parte di carrozzeria parte è stato studiato un apposito sistema di movimentazione dello spoiler, costituito da due pistoni, collegati all' ala mobile mediante cerniere, inizialmente ad asse ortogonale al suolo; essi verranno movimentati mediante opportuni attuatori elettrici lineari. Durante la fase di traslazione verticale dell' ala mobile un dispositivo fa sì che una porzione di carrozzeria alta 12 mm scompaia dentro la carrozzeria al fine di permettere una successiva rotazione dei pistoni intorno alle cerniere poste alle

loro basi. L'adozione di tale soluzione tecnica, permette di raggiungere un angolo di rotazione di ben 58° rispetto all'asse verticale, e ciò permette all'ala mobile di posizionarsi a movimento concluso in posizione notevolmente arretrata oltre che rialzata, e ciò al fine di conseguire un'ottimale interazione tra ala mobile e diffusore come precedentemente discusso.

Le misure dello spoiler e del meccanismo che lo mette in azione sono riportate qui di seguito:

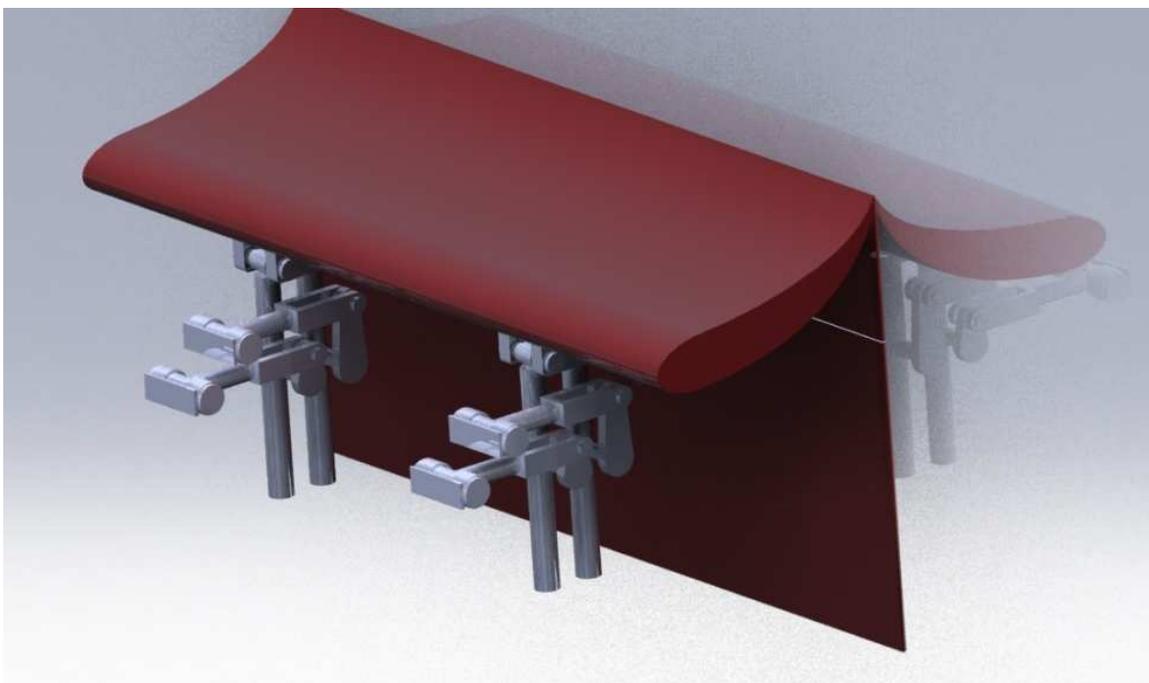
larghezza (lungo l'asse y) : 80 cm

lunghezza (lungo l'asse x) : 25 cm

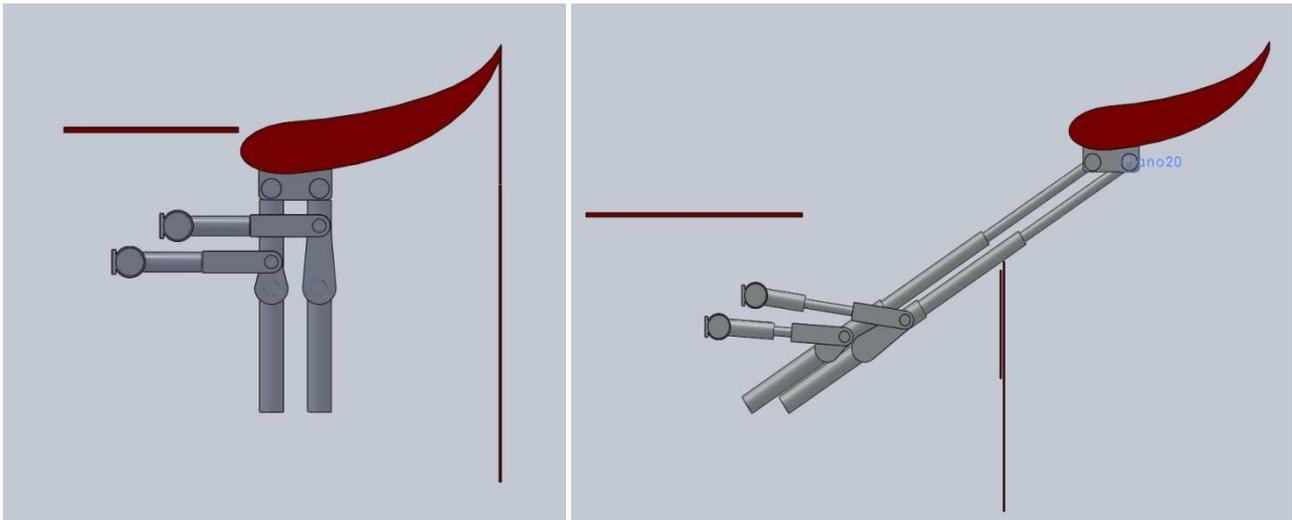
altezza (lungo l'asse z) : 12,5 cm (tra parte più alta e parte più bassa)

Il meccanismo occupato dai pistoni occupa uno spazio lungo l'asse z di 28 cm dal filo carrozzeria al punto più basso del meccanismo, considerando anche l'ingombro dell'attuatore.

Qui di seguito è riportato uno schema del sistema meccanico disegnato in SolidWorks.



Rendering alettone in posizione chiusa



Posizioni chiusa (sinistra) e completamente estratta (destra) dell'ala mobile

Bibliografia.

“Aerodynamics of Road Vehicles” di W.H.Hucho.

“Race Car Aerodynamics” di J.Katz.

“Meccanica dell'autoveicolo” di Giancarlo Genta.

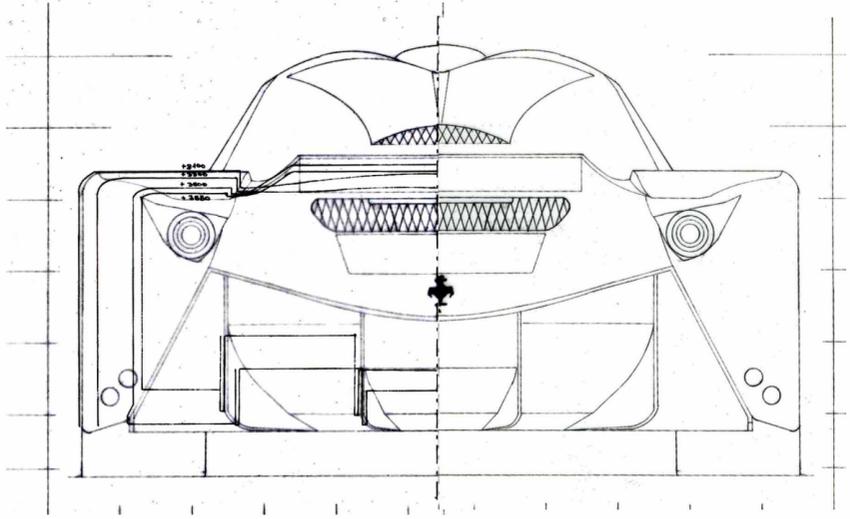
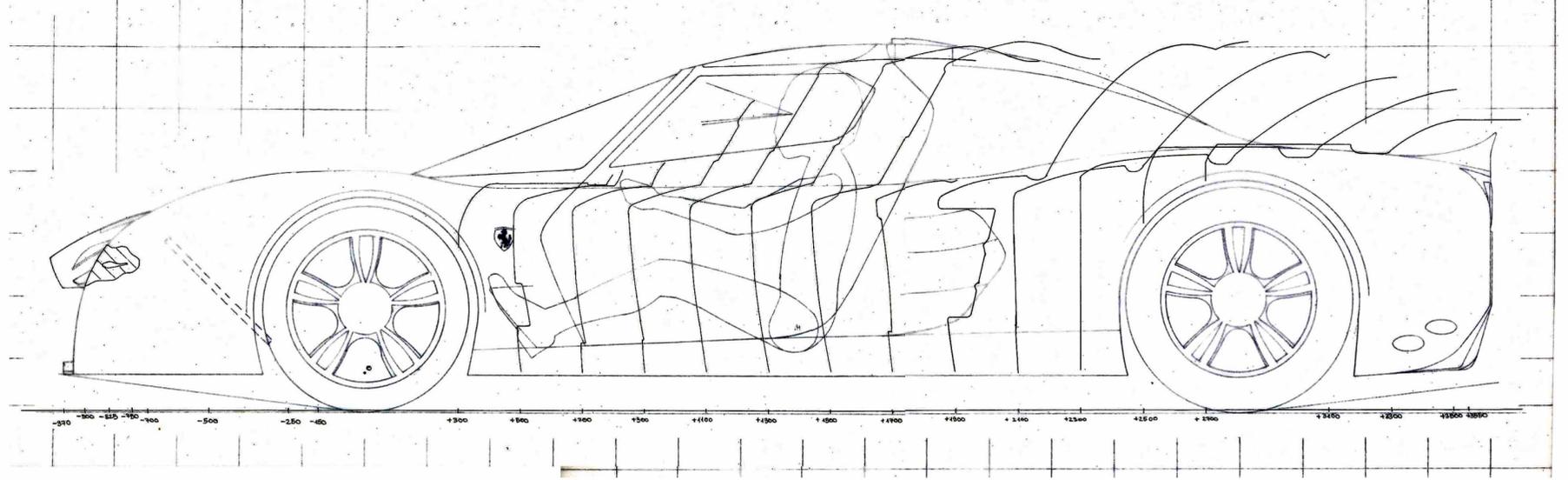
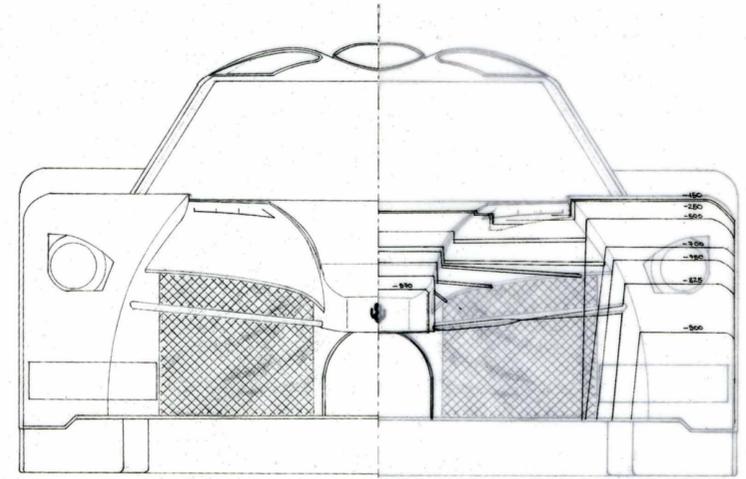
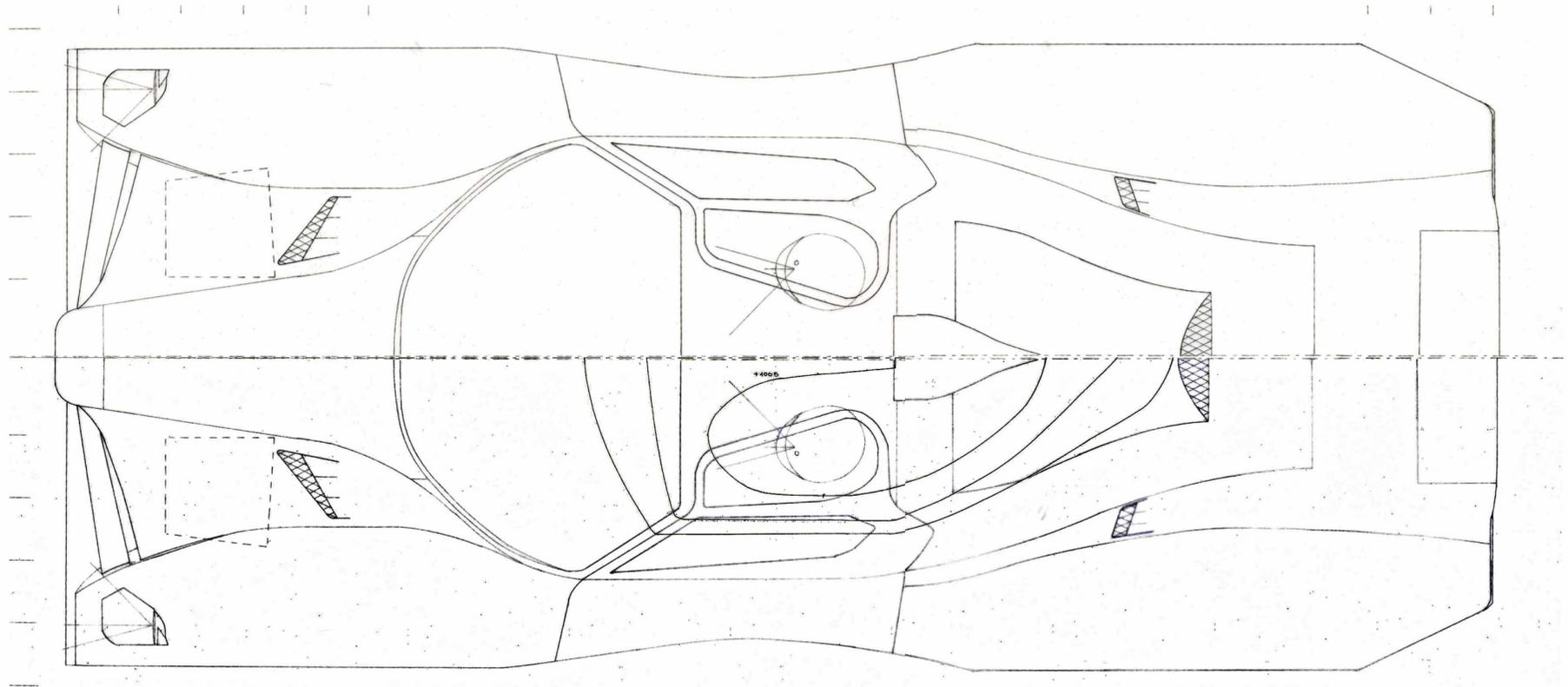
“Motori a combustione interna” di Giancarlo Ferrari.

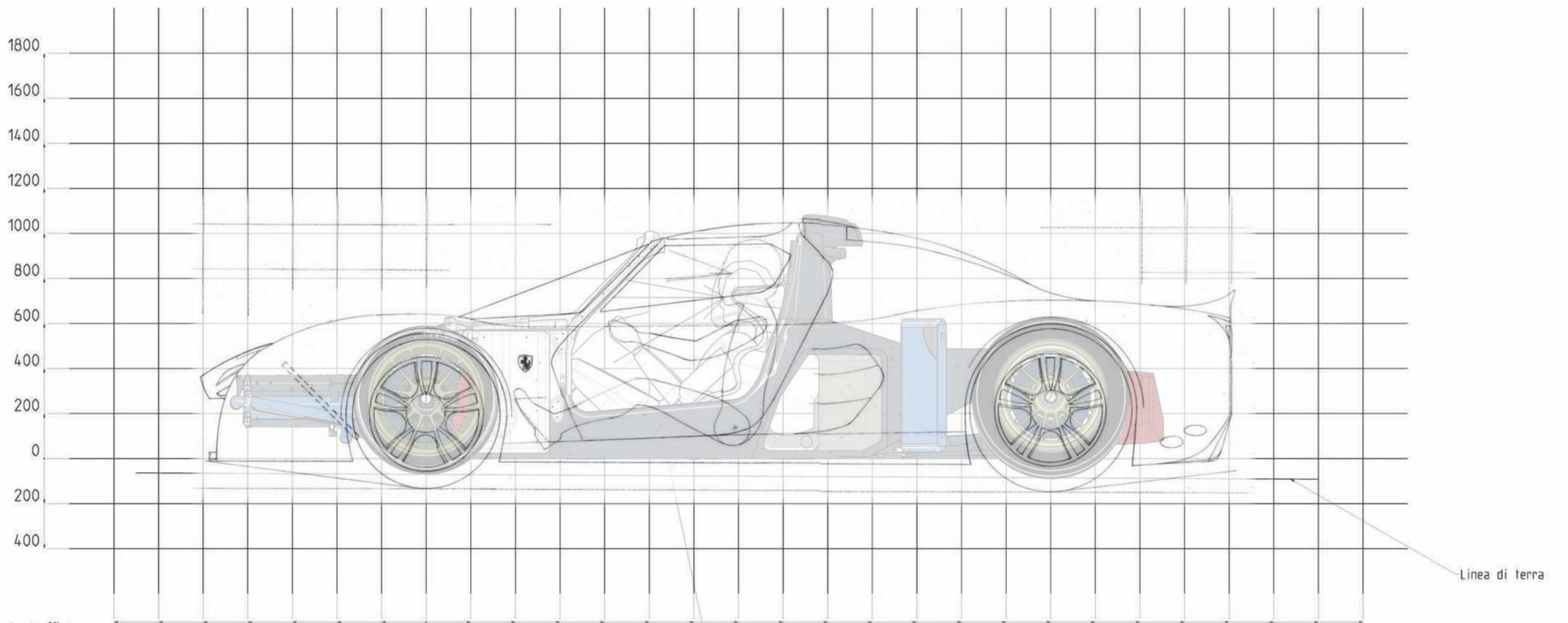
“Motori ad alta potenza specifica” di Giacomo Augusto Pignone e Ugo Romolo Vercelli.

Conferenza del professore di aerodinamica dell'Università di Pisa (Prof. Ing. Guido Buresti).

Materiale didattico tratto dal Web.

Materiale didattico del corso di disegno di carrozzeria del Prof. Designer Fabrizio Ferrari.





REV.	DATA	DESCRIZIONE
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

MODIFICABILE SOLO AL CAD

