

**ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
-Sede di Forlì-**

CORSO DI LAUREA
IN INGEGNERIA MECCANICA

**ELABORATO FINALE DI LAUREA IN
DISEGNO TECNICO ASSISTITO DAL CALCOLATORE (c.i.)**

**STUDIO ED OTTIMIZZAZIONE DI UN
VEICOLO
TRASPORTO MERCI PER USO DESERTICO**

CANDIDATO

Giacomo Ballani

RELATORE

Prof. Ing. Luca Piancastelli

Anno Accademico 2012/2013
Sessione III

Capitolo 1

Presentazione del progetto

1.1 Introduzione

L'obiettivo di questa tesi è studiare ed ottimizzare un autocarro per il deserto atto al trasporto di materiale di ricambio per oleodotti.

Devono essere sviluppati:

- un telaio di tipo reticolare, formato da travi di acciaio di dimensioni commerciali che permetta l'utilizzo del mezzo anche in terreni instabili e guadi;
- un sistema di sospensioni appositamente studiato per questo telaio, progettate per assorbire gli urti dovuti ad un utilizzo su fondo irregolare;
- sistema di carico-scarico che possa permettere il trasporto sia di un numero consistente di personale qualificato che di materiale di ricambio di ingombro vario per oleodotti.

Le specifiche di progetto sono:

- La capacità di carico del mezzo pari a 15000 kg;
- Le dimensioni del veicolo di circa 7 metri di lunghezza e 4 metri di larghezza;
- Velocità massima a cui il veicolo possa procedere di 200 km/h su di una pista asfaltata nel deserto a pieno carico, anche durante la sterzata.
- La parte inferiore del telaio dell'autocarro dovrà essere simile ad uno scafo, con forma a V, per permettere al mezzo di superare più agevolmente gli eventuali guadi che si presentassero lungo il percorso.

- Deve avere ruote sterzanti sia all'anteriore che al posteriore per garantire un raggio di sterzata minimo.

La problematica che spinge alla realizzazione di un veicolo con le specifiche sopra citate è essenzialmente la possibilità di intervenire tempestivamente su oleodotti danneggiati.

Oggi le procedure di diagnosi e di riparazione sono decisamente lunghe in quanto, nel momento in cui viene identificato un guasto di un oleodotto, viene inviato un elicottero per la supervisione, l'accertamento e la stima dell'intervento da realizzare. Segue poi la comunicazione ai mezzi via terra, i quali intervengono in tempi lunghi, visto le notevoli distanze da percorrere e le velocità limitate di cui dispongono tali mezzi.

Con un mezzo capace di percorrere lunghe distanze in tempi brevi e allo stesso tempo dotato di un'elevata capacità di carico, quindi in grado di trasportare materiale di ricambio per le riparazioni, sarà possibile intervenire rapidamente evitando l'impiego dell'elicottero che ai fini della rigenerazione dei guasti risulta essere del tutto inefficace e al contempo ha costi molto alti.

Come già accennato, il mezzo dovrà essere in grado di sterzare ad alte velocità, quindi il veicolo sarà caratterizzato da un baricentro molto basso per limitare le instabilità. Da qui la scelta di disporre le ruote del veicolo a sbalzo, realizzando una altezza dal suolo di minimo 400 mm. Se così non fosse, dato che le dimensioni devono essere elevate per evitare l'insabbiamento (sia in termini di diametro esterno che in termini di larghezza), si avrebbe un'altezza minima del mezzo dal suolo molto elevata. Il baricentro si troverebbe perciò ad una quota più alta dal terreno e verrebbe così a mancare la condizione di stabilità ad alte velocità in caso di sterzate, con pericolo di ribaltamento.

L'autocarro dovrà inoltre essere dotato di una doppia motorizzazione: i due propulsori identici trasmettono indipendentemente la potenza alle ruote posteriori e anteriori mediante differenziali opportunamente dimensionati, in modo tale da avere una trazione a quattro ruote motrici. Vista la notevole lunghezza del veicolo viene prevista una terza coppia di ruote, in posizione di mezzzeria rispetto alle altre coppie di ruote. Queste avranno la funzione principale di appoggio durante i "fuoristrada" ma potranno anche trasmettere coppia motrice attraverso due motoriduttori di tipo commerciale da 40 KW.

Capitolo 2

2.1 Il Telaio

Il telaio è definito come la struttura portante del nostro veicolo e rappresenta l'elemento al quale verranno assemblati tutti i componenti che andranno a formare l'intero automezzo.

Questo telaio dovrà garantire un'elevata solidità e rigidità, essendo progettato per lavorare con carichi molto elevati e ad alte velocità in terreni di qualsiasi natura. Per questo è stata scelta una struttura reticolare tubolare, che ci garantisce il massimo delle prestazioni e il minor peso possibile, per ridurre il consumo di carburante.

La scelta del materiale da impiegare è assai importante, per questo abbiamo adottato un acciaio di tipo Fe 42 che presenta ottime caratteristiche di saldabilità, necessaria in applicazioni di questo tipo.

Riporto una piccola tabella che riunisce le caratteristiche più significative dell'acciaio scelto:

Fe 42	$R_m = 420 \div 529 \text{ MPa}$	$R_s = 230 \div 260 \text{ Mpa}$
-------	----------------------------------	----------------------------------

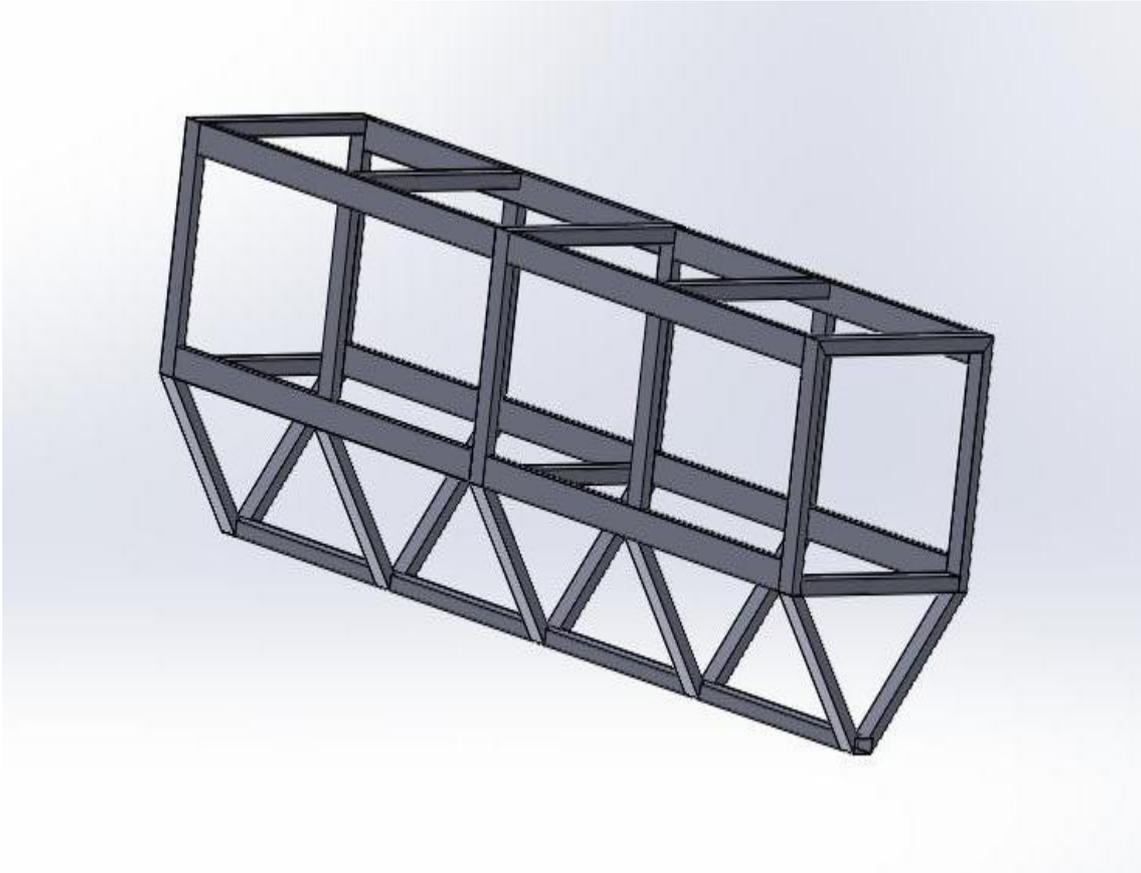
2.2 Elementi del Telaio

Per formare i diversi elementi sono stati scelti tubi (scatolati) a sezione rettangolare in acciaio, di dimensioni commerciali per facilitarne la reperibilità. Di seguito riporto una tabella con le dimensioni e le caratteristiche dei tubi scelti.

Sezione [mm]	Spessor e [mm]	Peso [kg/m]	Jx [cm ⁴]	Jy [cm ⁴]	Wx [cm ⁴]	Wy [cm ⁴]
150 x 100	4	15.20	617.00	329.00	82.30	65.80
200 x 100	4	18.40	1240.00	421.00	124.00	84,20

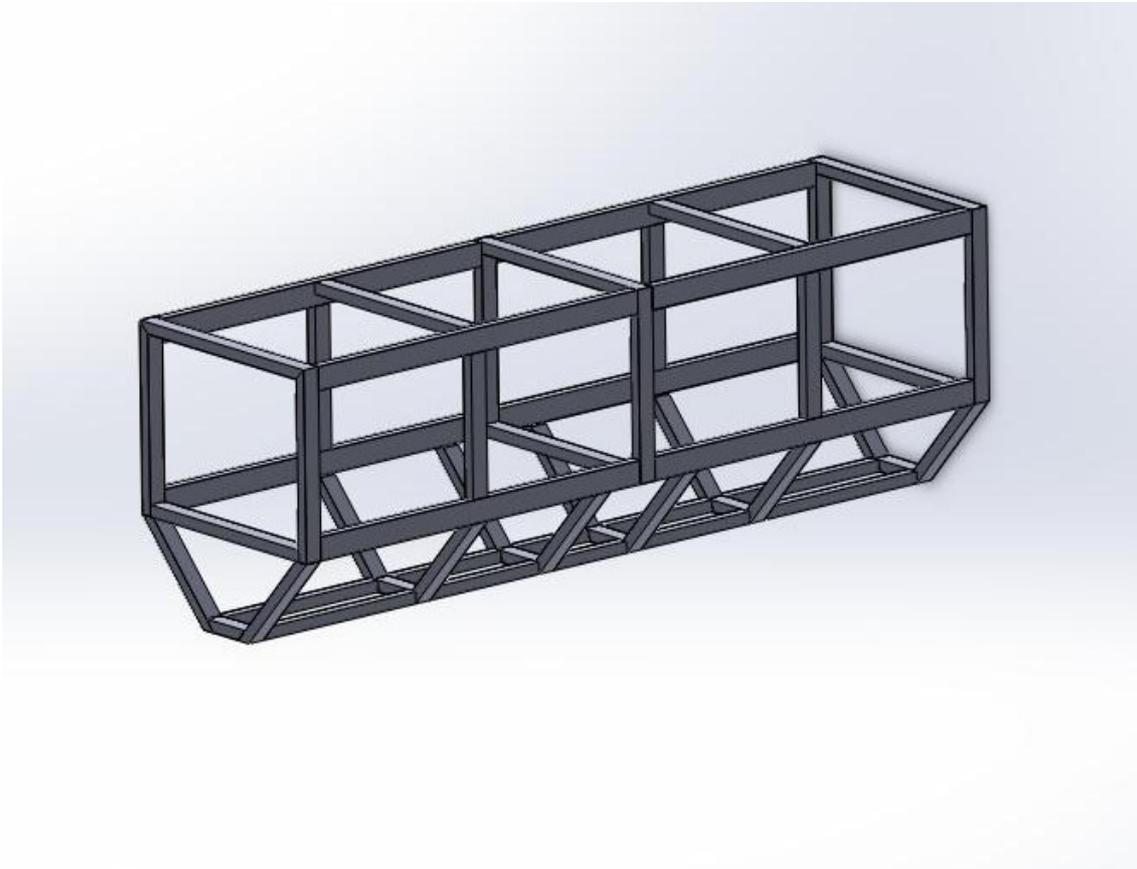
I tubi 200mm * 100mm sono i due elementi principali ai quali verranno saldati i reticoli che formano la cabina e che, come vedremo in seguito, dovranno sostenere il peso del carico da trasportare oltre che a proteggere gli occupanti.

Nel primo progetto del telaio la parte inferiore era costituita da una sezione triangolare che permetteva di alloggiarvi i due motori, gli organi della trasmissione e tutti i componenti ausiliari del veicolo, come da foto che segue.

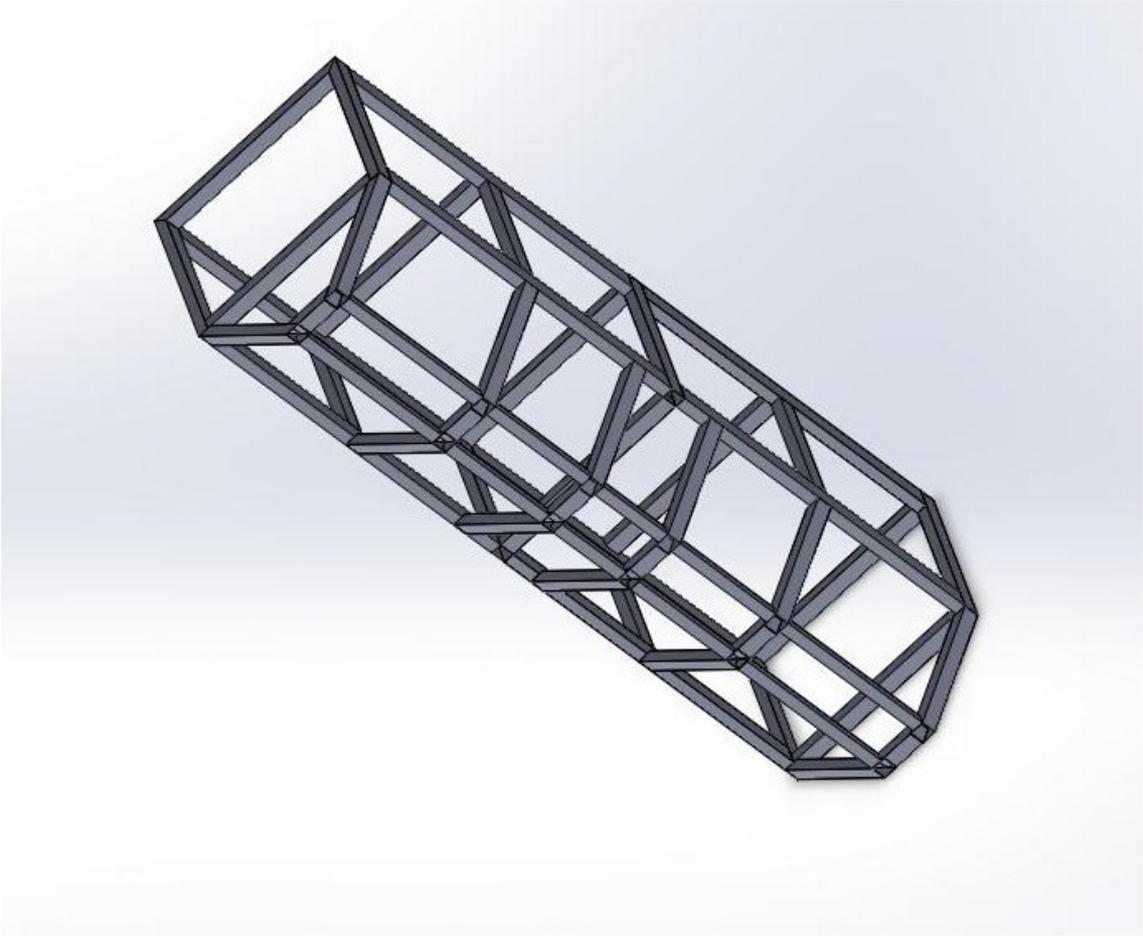


Durante l'assemblaggio però si è notato che la parte inferiore del telaio fatta in questo modo comportava un notevole spreco di materiale e di spazio, quindi per diminuire il peso del telaio stesso e soprattutto per abbassare il baricentro del nostro autocarro abbiamo deciso di modificare la parte inferiore eliminando la trave centrale che percorreva l'intera lunghezza del veicolo e di inserire due travi parallele più corte, con una sezione di 50mm x 50mm, che garantiscono la stessa resistenza e che ci permettono di abbassare il baricentro di circa 200mm.

La configurazione definitiva del telaio si presenta così:



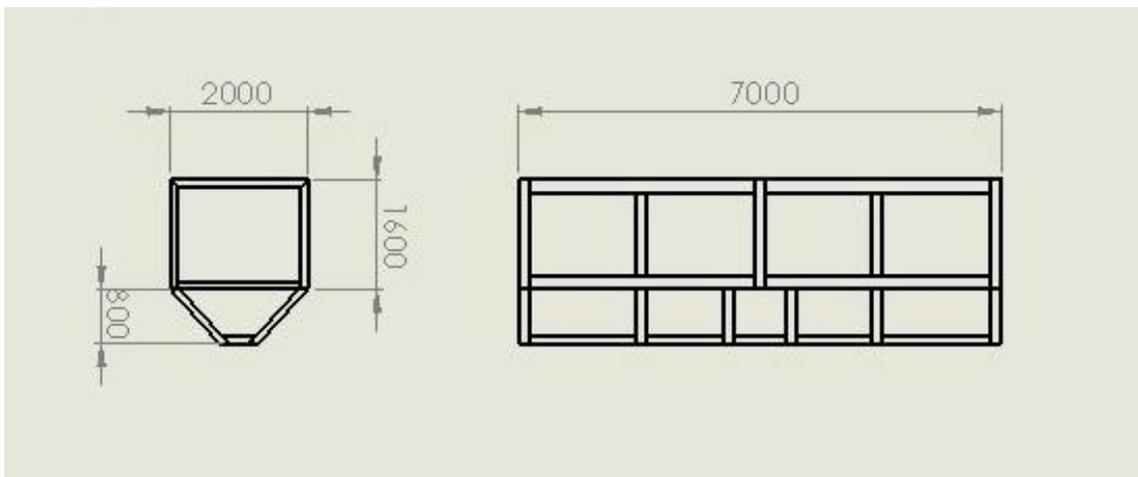
L'abitacolo è rimasto invariato, mentre la parte inferiore è stata completamente ridisegnata rispetto il progetto il iniziale, gli elementi trasversali della parte inferiore sono passati da 4 a 5, questo per permettere il montaggio dell'asse centrale con la relativa sospensione alimentato da due motori elettrici descritti in seguito.



2.3 Le Dimensioni

Questo automezzo è stato pensato per essere utilizzato in caso di guasto di un oleodotto, infatti in caso di malfunzionamento la chiusura della parte danneggiata porterebbe all'azienda un notevole disagio ed una notevole perdita economica, per questo si è deciso di sviluppare il progetto di un automezzo in grado di trasportare un buon numero di tecnici e un'elevata quantità di ricambi anche molto voluminosi e pesanti in un tempo relativamente breve.

Le dimensioni del telaio sono molto elevate, essendo il telaio stesso a sopportare il peso e il volume del carico, abbiamo una lunghezza di 7 metri più i portelloni di carico e una larghezza del solo abitacolo di 2 metri.



(vista 2d del telaio con dimensioni di massima)

2.4 L'assemblaggio

Essendo un automezzo di tipo speciale e non destinato alla produzione in serie l'assemblaggio sarà curato da personale qualificato e non da una catena di montaggio robotizzata, avendo scelto come materiale per il telaio un acciaio di tipo Fe 42 che presenta un'ottima caratteristica di saldabilità possiamo creare un telaio di tipo reticolare con elementi saldati fra loro in modo da creare un reticolo rigido e particolarmente resistente a flessione.

La tipologia di saldatura scelta è il TIG (Tungsten Inert Gas), una tecnologia di saldatura autogena ad arco nel quale la copertura del giunto avviene attraverso un flusso di gas convogliato opportunamente in prossimità del bagno fuso. La zona di saldatura è immersa in un atmosfera costituita generalmente da elio, argon o da una miscela di entrambi.

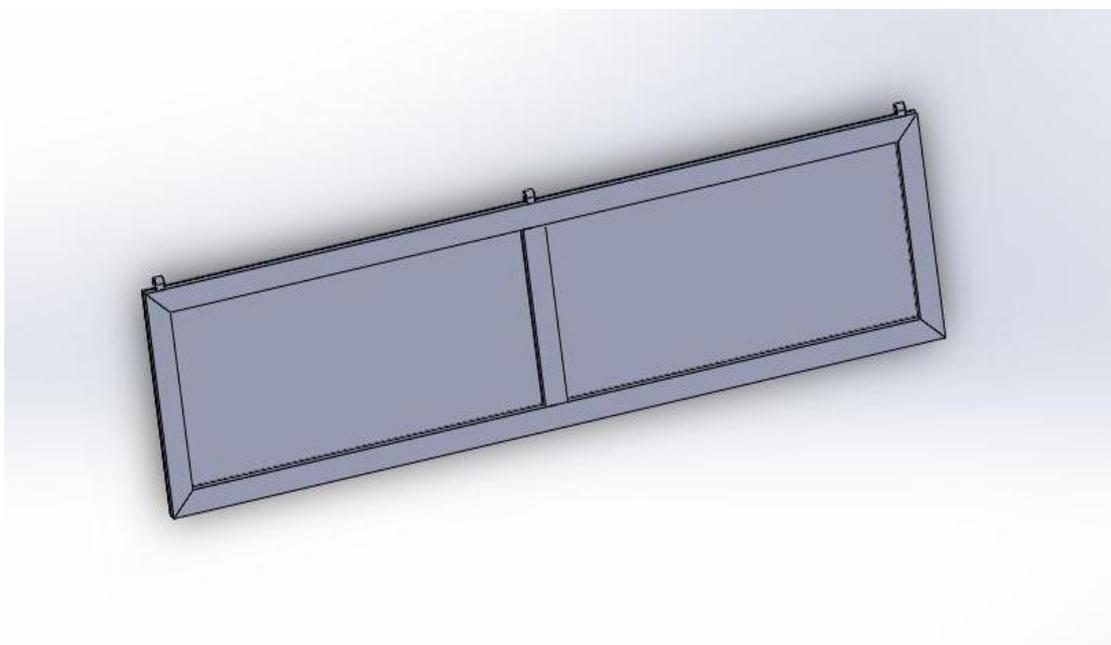
Abbiamo scelto questa tipologia perché permette di ottenere cordoni di elevata qualità sia dal punto di vista estetico che meccanico e perché è estremamente versatile ed applicabile ad una grande varietà di spessori e posizioni di saldatura. Per contro è una saldatura lenta e quindi costosa, però non essendo prevista una produzione in serie ed essendo un automezzo speciale ciò non crea problemi.

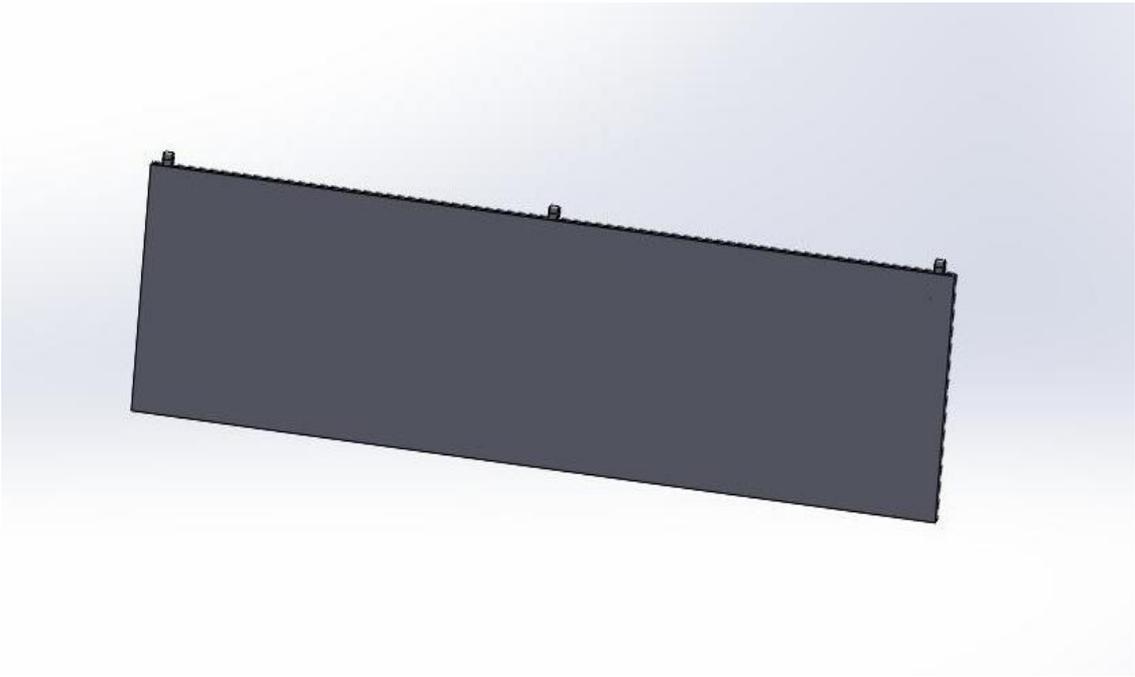
Capitolo 3

3.1 Sistema di carico esterno

Il nostro automezzo è destinato al carico di parti di oleodotti che generalmente sono di notevoli dimensioni e con un peso molto elevato, per questo abbiamo deciso di sfruttare tutta la parte superiore del telaio come piano di appoggio del carico.

Nella parte superiore sono stati montati quattro sportelli che permettono l'apertura e la chiusura del cielo dell'abitacolo, questi sono formati da tubi (scatolati) a sezione rettangolare in acciaio di sezione 100mm * 50mm con uno spessore di 3mm ai quali è fissata una lamiera sempre in acciaio di spessore 3mm.

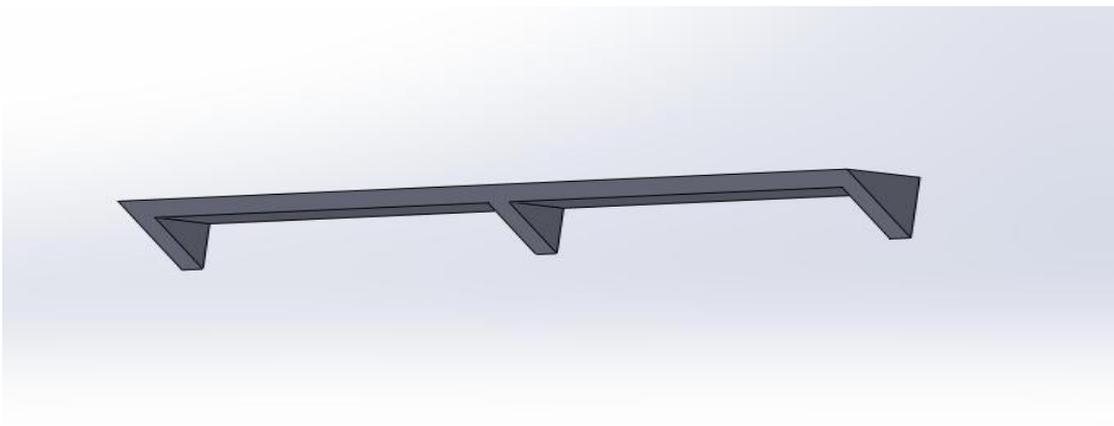




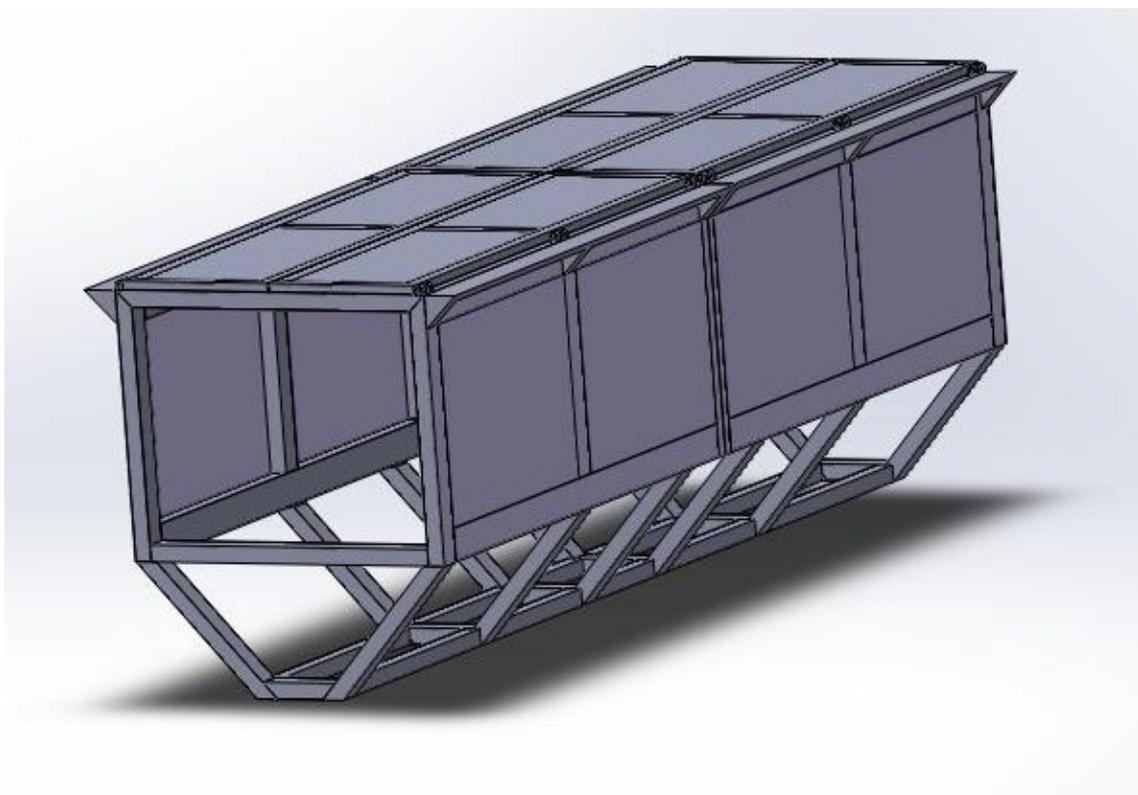
Il fissaggio a telaio avviene attraverso tre perni (per ciascun sportello) a sezione cilindrica di 30mm di diametro per permetterne il movimento, questi andranno lubrificati periodicamente.

Il perno sarà ricavato da una barra di acciaio di qualità, lavorato alle macchine CNC e verrà sottoposto ad un trattamento termico di tempra superficiale, per renderlo più resistente alla corrosione dovuta allo strisciamento.

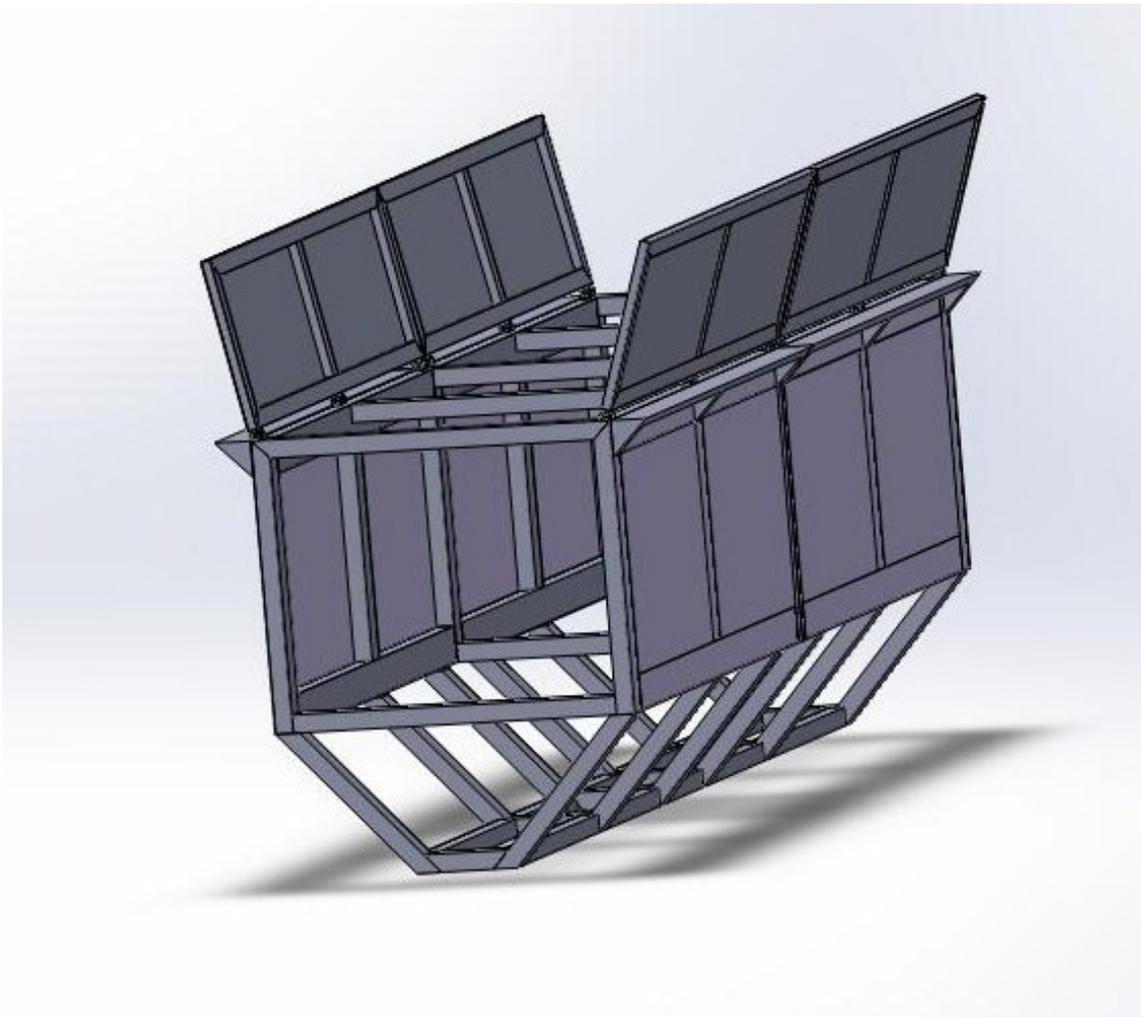
Per avere in fine corsa degli sportelli abbiamo installato un supporto saldato alla parte laterale del telaio che conceda una rotazione di 180°.



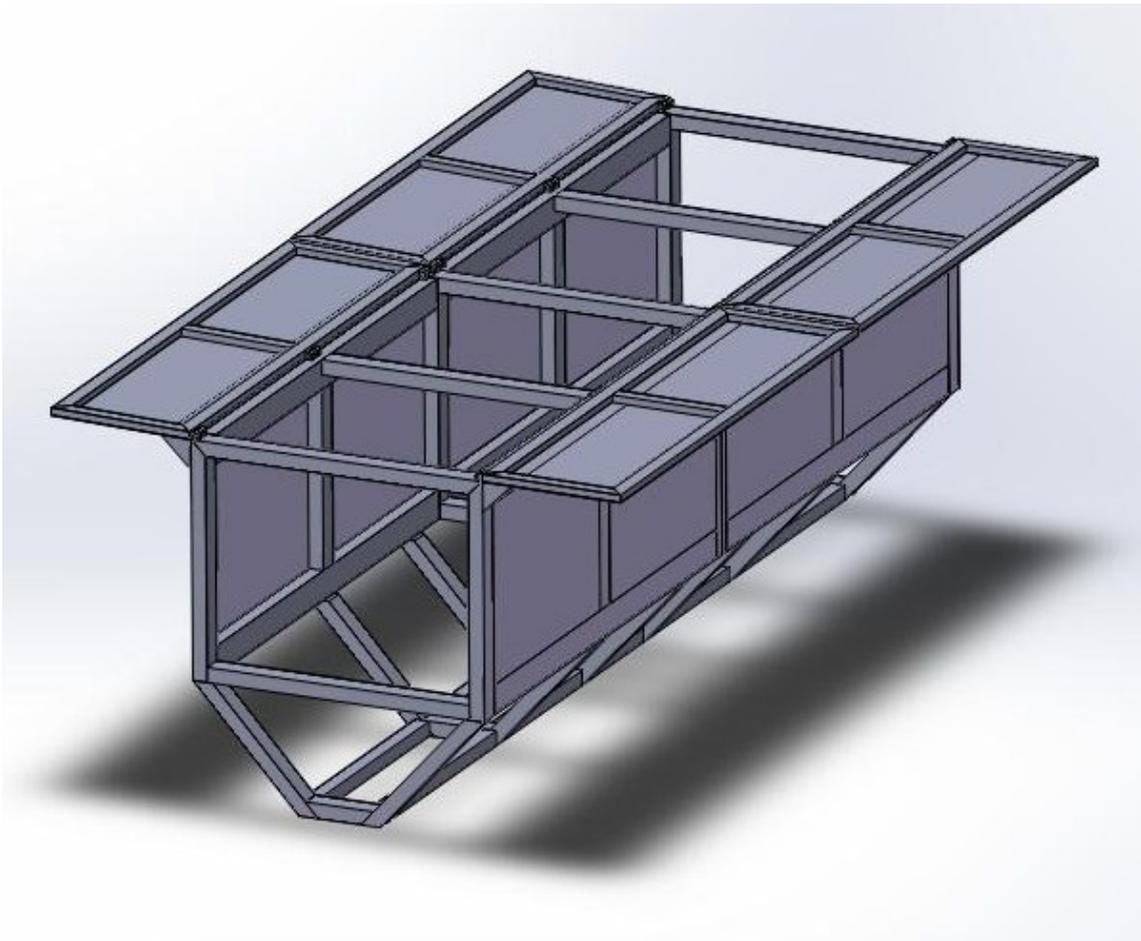
Questo risulta il complessivo montato con sportelli di carico chiusi:



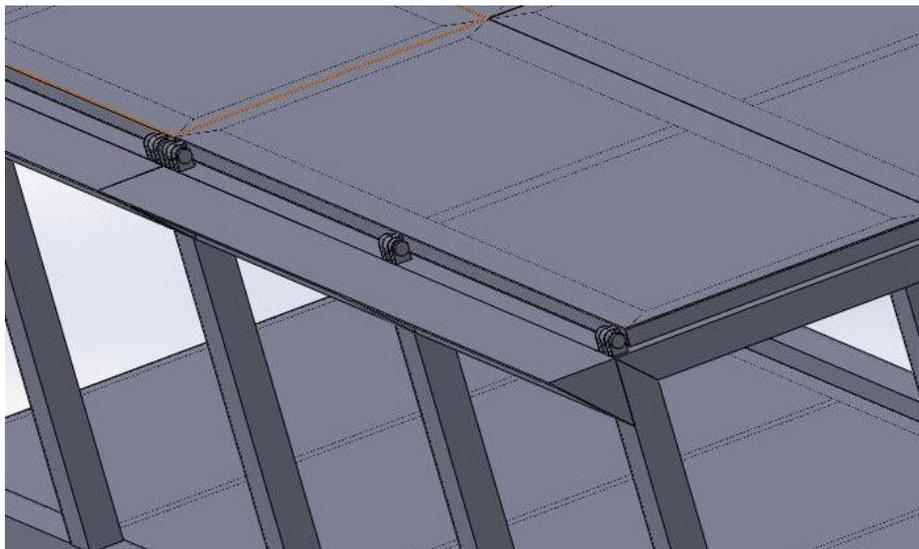
Durante la fase di apertura:



Mentre in questa foto si vede il sistema di carico esterno con sportelli aperti:



Particolare del fissaggio a telaio:



Nella modalità di massimo carico, cioè con gli sportelli aperti, riusciamo a

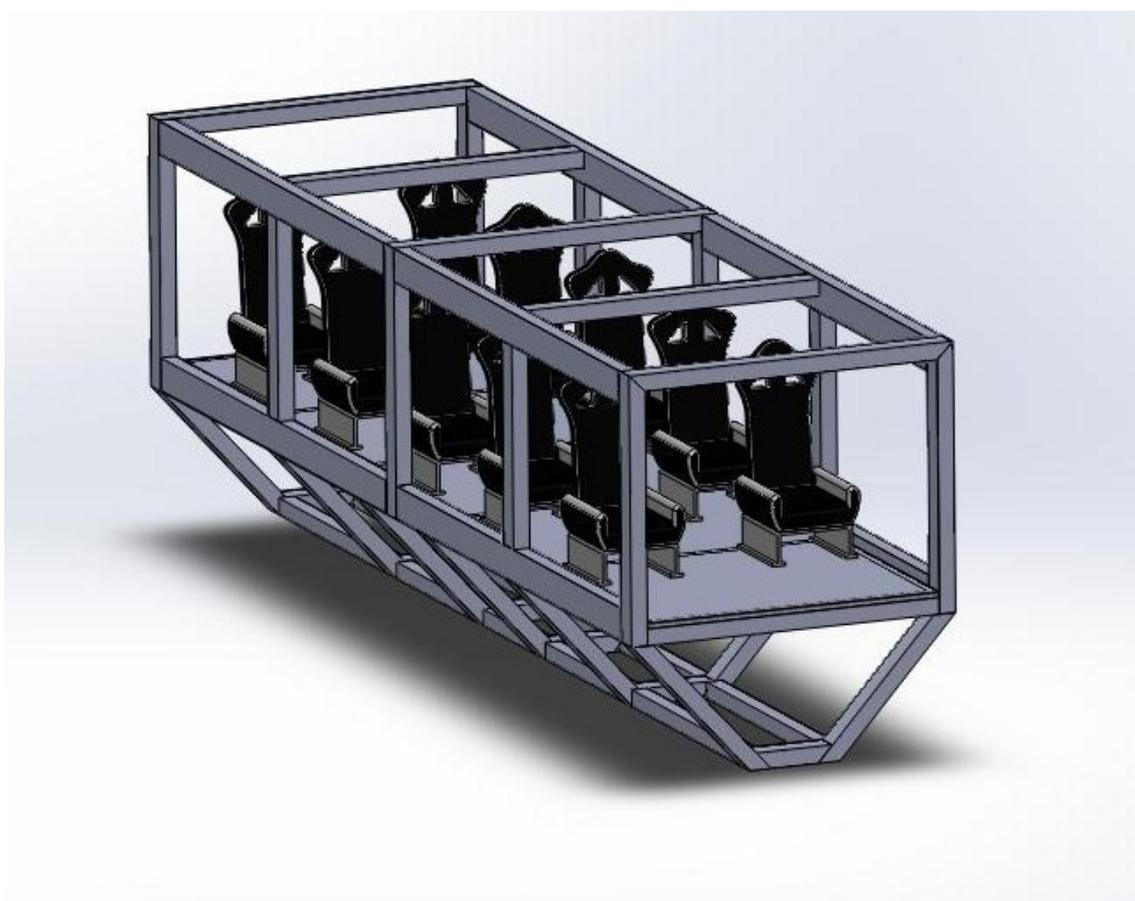
raggiungere una area disponibile di circa **21m²** che permette all'automezzo di assolvere egregiamente il compito per il quale è stato progettato.

Nella fase di progettazione finale dovranno poi essere aggiunti i sistemi di bloccaggio del carico esterno e il sistema di apertura e chiusura degli sportelli con martinetti a circuito idraulico in quanto non è possibile pensare ad un sistema di apertura manuale date le dimensioni ed il peso di questi.

3.2 Sistema di carico interno

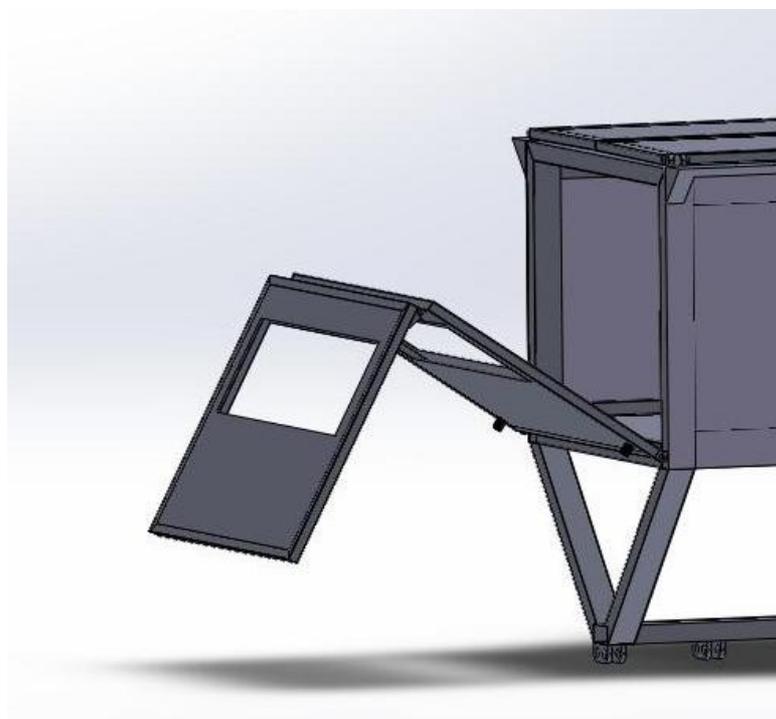
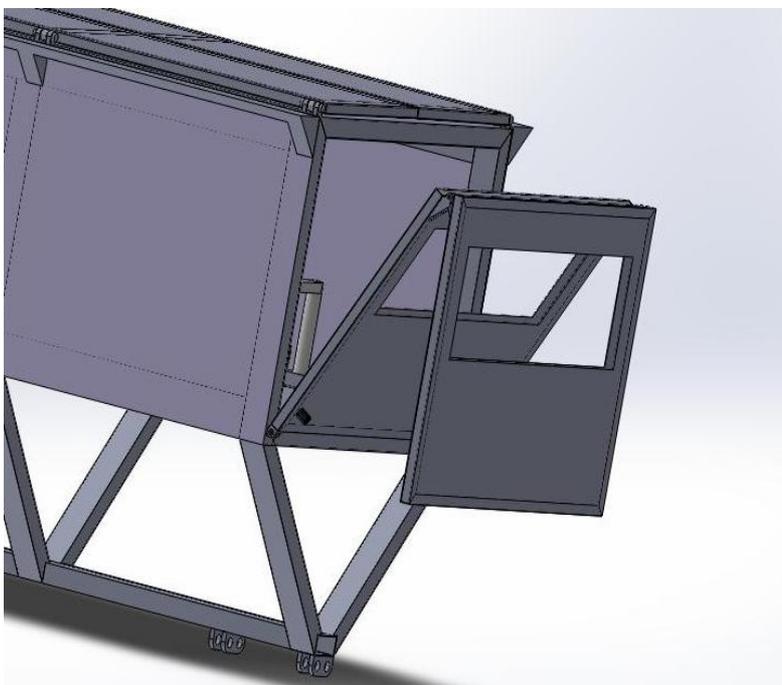
Il nostro veicolo, oltre alla possibilità di carico esterno, prevede anche la possibilità di un carico interno, essendo di notevoli dimensioni, infatti la superficie interna è di circa **13m²** che porta ad avere una capienza complessiva dell'abitacolo di circa **20m³**.

Pensato per il carico di materiali, può comunque ospitare fino a dieci persone a sedere, grazie alla progettazione di sedili appositamente studiati per essere in grado di ripiegarsi ma anche di garantire una adeguata sicurezza con l'impiego di cinture di sicurezza a quattro punti di attacco, questi saranno descritti nel capitolo successivo.



Grazie alle particolare caratteristiche dei sedili possiamo decidere quanto

volume interno utilizzare per il carico, a secondo del numero di persone da cui è composto l'equipaggio, potrà anche essere disposto sopra i sedili infatti la parte che vi andrà a contatto sarà fatta in lamiera di alluminio.



3.3 Portellone anteriore e posteriore

Data la conformazione del nostro veicolo, è stato necessario progettare un sistema di carico in grado di far salire e scendere comodamente gli operatori e il materiale. Per questo sono stati disegnati due portelloni identici nella parte frontale e nel retro del nostro veicolo, sono studiati per formare, una volta aperti completamente, una rampa di lunghezza tale da consentire la salita e la discesa in maniera agevole senza avere una pendenza eccessiva della rampa stessa.

L'anima dei portelloni è costruita in tubolari di acciaio a sezione quadrata, rivestiti da uno strato di lamiera da 2mm, i perni che ne permettono il movimento sono torniti da una barra di acciaio e trattati termicamente con una tempra superficiale che ne limita la corrosione dovuta allo sfregamento provocato dalla rotazione dei portelloni.

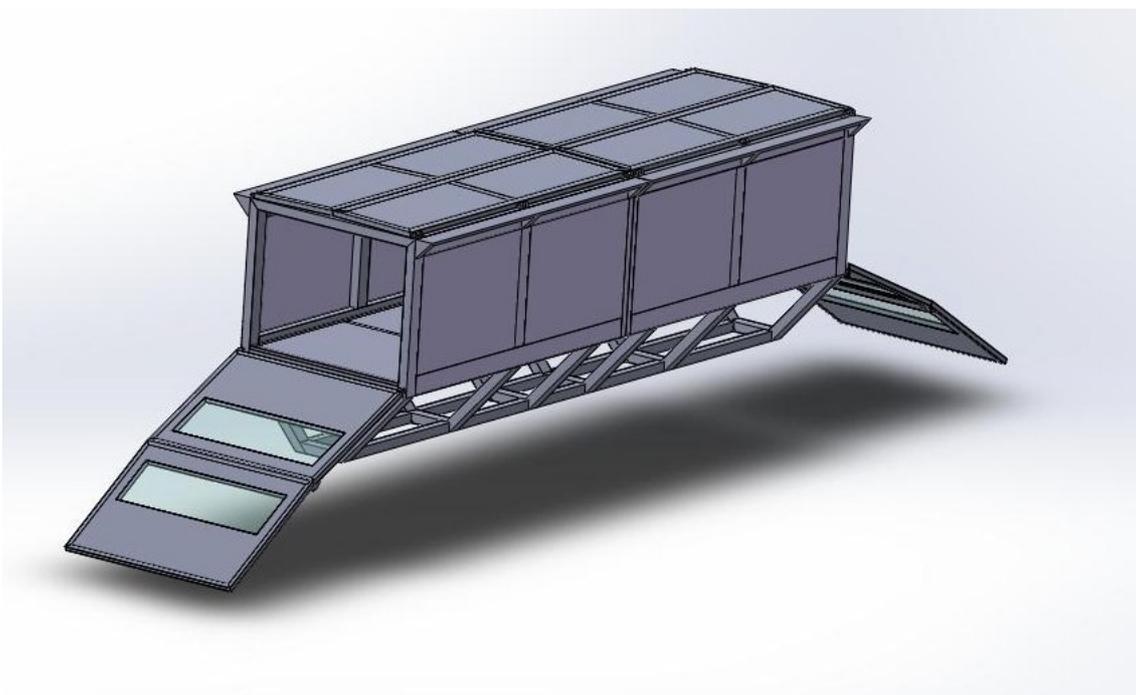
Sono necessari per la visibilità dei lunotti trasparenti, sia sul portellone anteriore che su quello posteriore, quattro lastre di vetro calpestabile a tempra termica parziale che permette di reggere sia il carico proprio sia quello delle persone che lo attraversano in fase di salita e discesa dal veicolo.

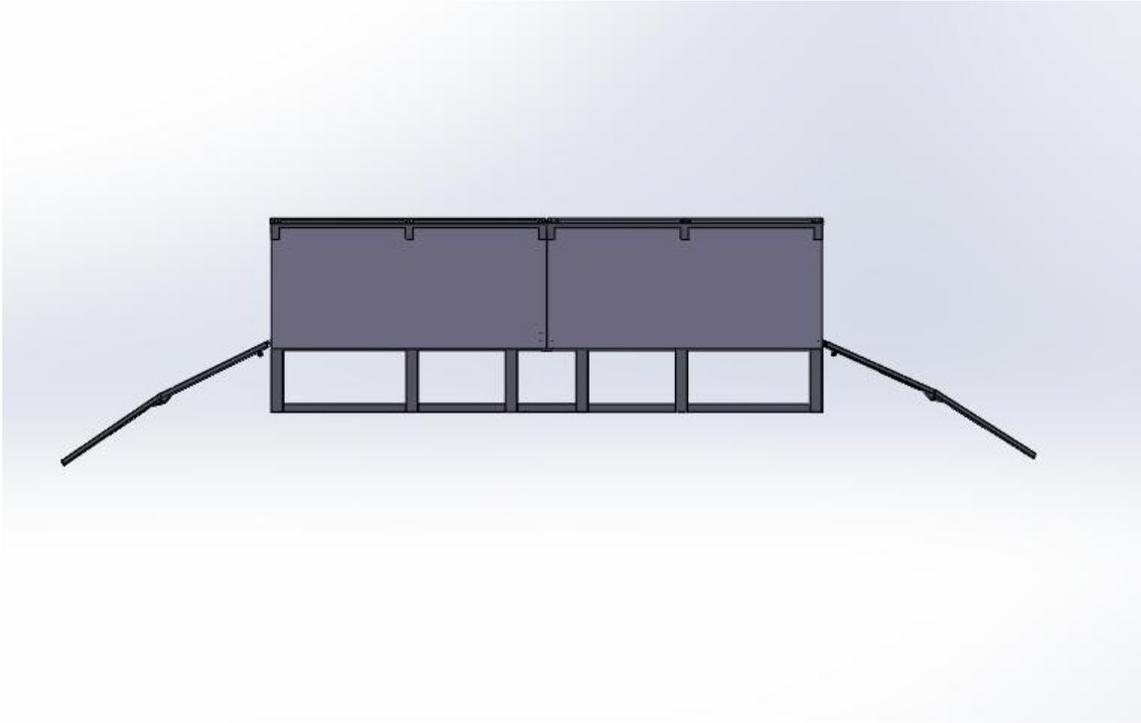
Prima del montaggio il portellone si presenta così:



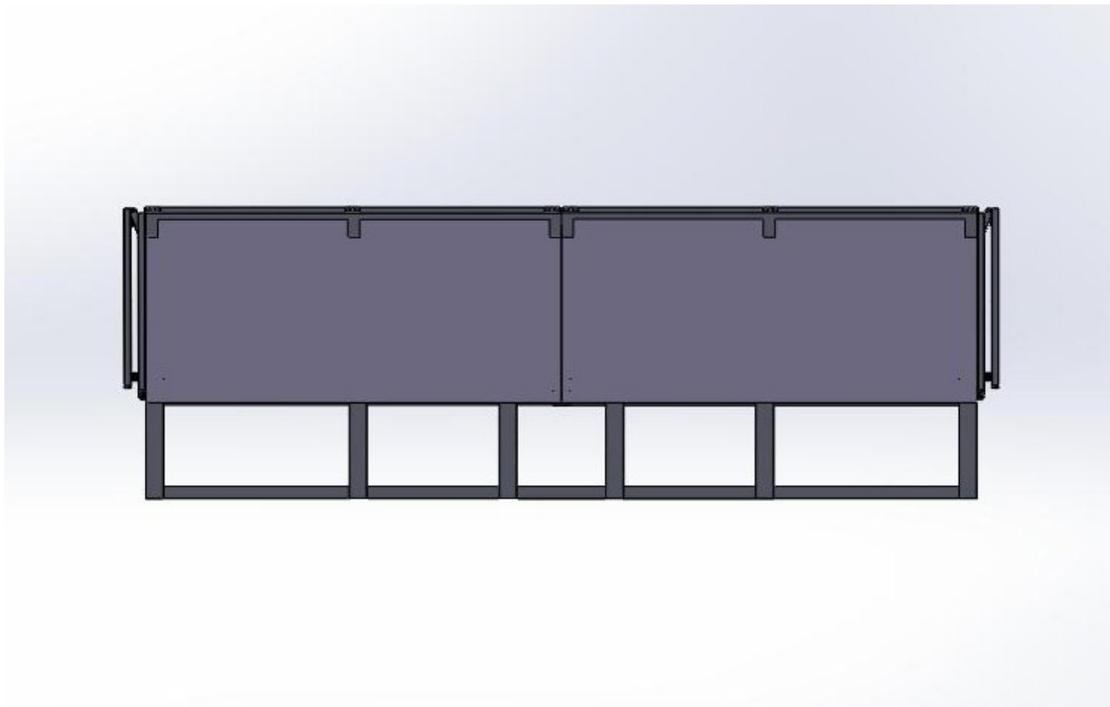
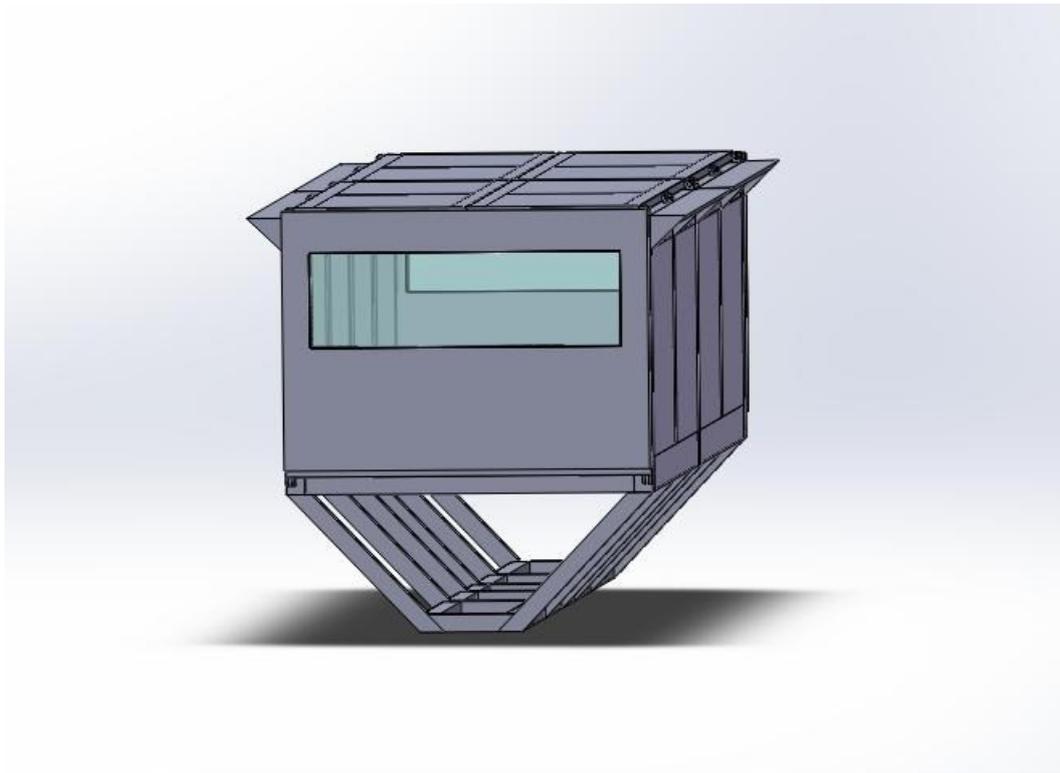
Inserisco una sequenza di immagini del portellone montato al veicolo in fase di apertura\chiusura:

Portellone anteriore e posteriore completamente aperto:





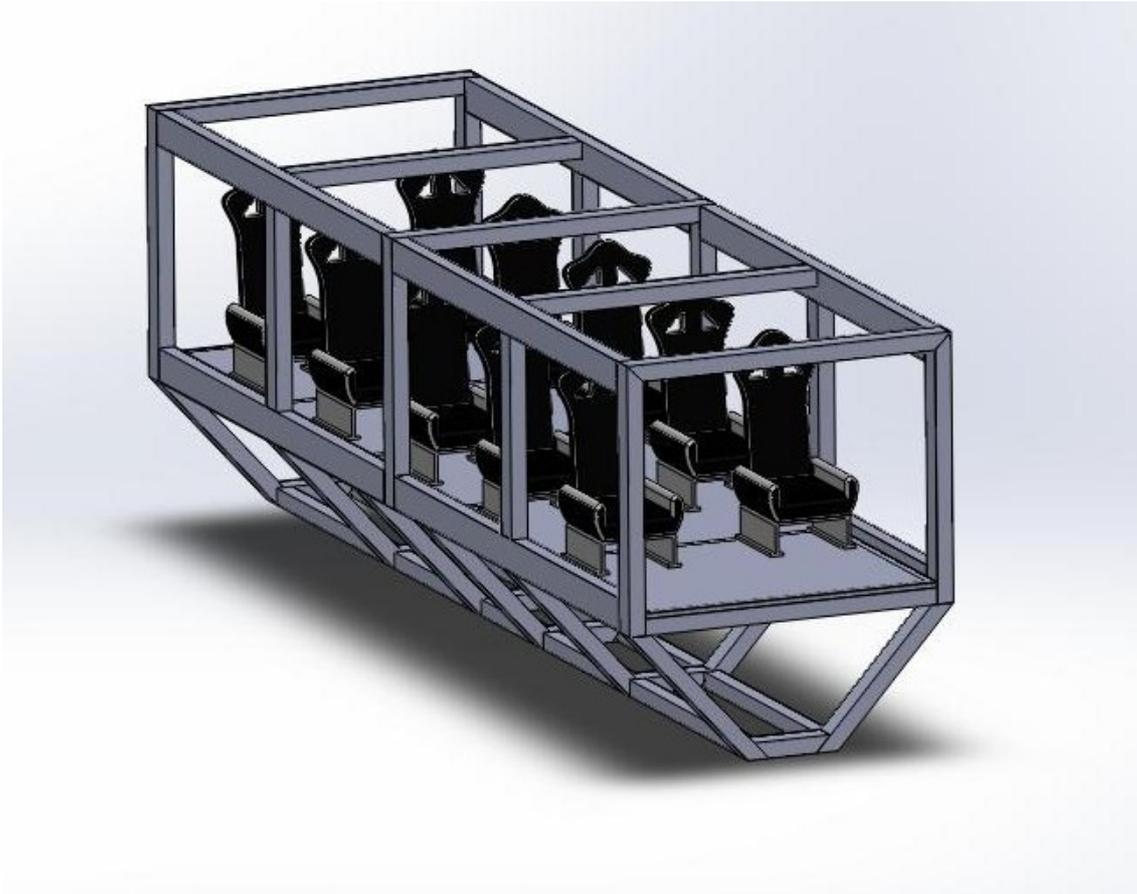
Portellone anteriore e posteriore completamente chiuso:



Capitolo 4

4.1 I Sedili

L'interno dell'abitacolo è stato pensato per contenere il maggior numero di persone, per permettere all'intera squadra di arrivare sul posto con un unico mezzo, ma anche per avere uno spazio di carico interno.



I sedili infatti sono stati appositamente studiati per essere utilizzati su questo mezzo, grazie alla loro forma, che richiama quella delle automobili da

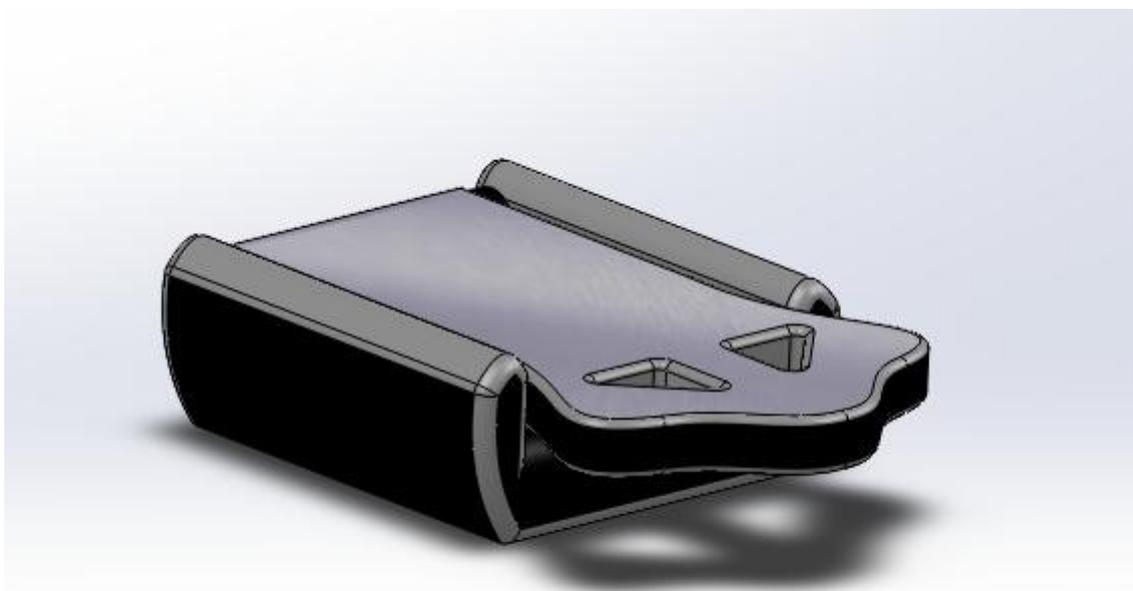
competizione, garantiscono ai passeggeri un'adeguata sicurezza viste le velocità che può raggiungere il veicolo. Questi infatti permettono il montaggio delle cinture di sicurezza a quattro punti.



La struttura del sedile è stata pensata in fibra di carbonio per diminuirne il peso senza inficiarne la resistenza, il tessuto è di tipo ultra-resistente per garantirne la durata anche per un utilizzo frequente.

I posti a sedere possono variare da 1 a 10 grazie allo schienale reclinabile che permette al sedile di formare un piano di carico perfettamente orizzontale quando è necessario.

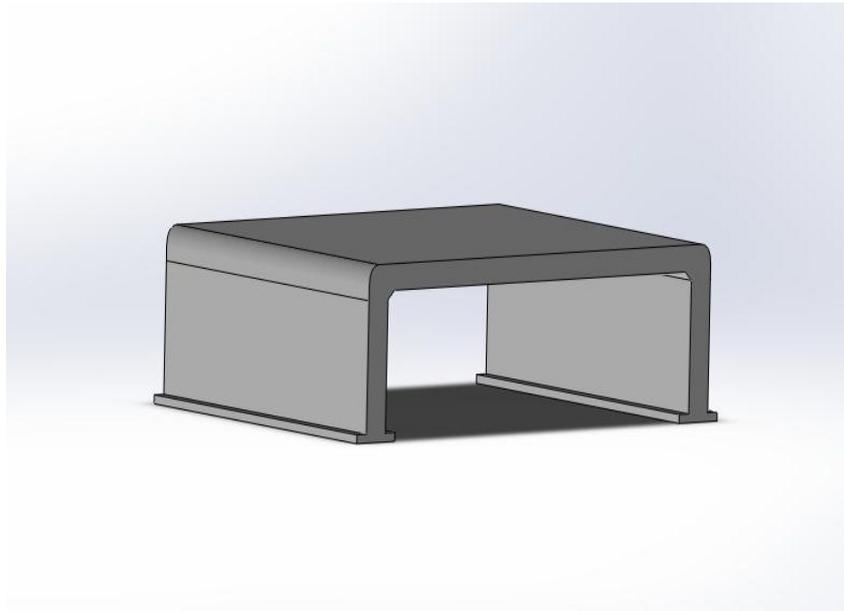
La parte posteriore dello schienale è ricoperta da una lamina di alluminio nella quale poter appoggiare il carico senza arrecare danno al sedile stesso.



4.2 il supporto del sedile

Ovviamente il sedile non può essere appoggiato direttamente al pavimento

dell'abitacolo per questo è stato disegnato un adeguato rialzo che permetta agli occupanti una comoda seduta. Per diminuirne il peso è stato creato di sezione sottile in alluminio.



Le dimensioni sono state calcolate in base alle dimensioni del sedile, all'altezza dell'abitacolo e per garantire la maggiore comodità possibile in un autoveicolo di questo tipo.

L'assieme del sedile si presenta in questo modo:



Capitolo 5

5.1 I propulsori

Il nostro autocarro sarà equipaggiato da due propulsori, uno per la trazione delle ruote anteriori ed uno per la trazione delle ruote posteriori.

Le specifiche ci impongono di utilizzare dei propulsori ad alte prestazioni dettate dalle alte velocità (200 km/h) e da un'elevata coppia motrice necessaria per le ardue condizioni del terreno desertico sul quale il veicolo verrà impiegato.

Considerando la forma e lo spazio in cui saranno montati i propulsori abbiamo deciso in primo luogo di escludere dalla scelta quelli utilizzati in autotrazione perché, dato l'ingombro ed il peso, non ci permettevano di rimanere nelle specifiche di progetto date.

Per tali motivi la scelta è ricaduta su un gruppo propulsore-cambio di tipo automobilistico **Audi 8 cilindri a V Biturbo Diesel** di cilindrata 4200cm³, che ci garantisce una potenza complessiva di 326 Cv con una coppia motrice pari a 650Nm costante da 1600 a 3500 giri/minuto.

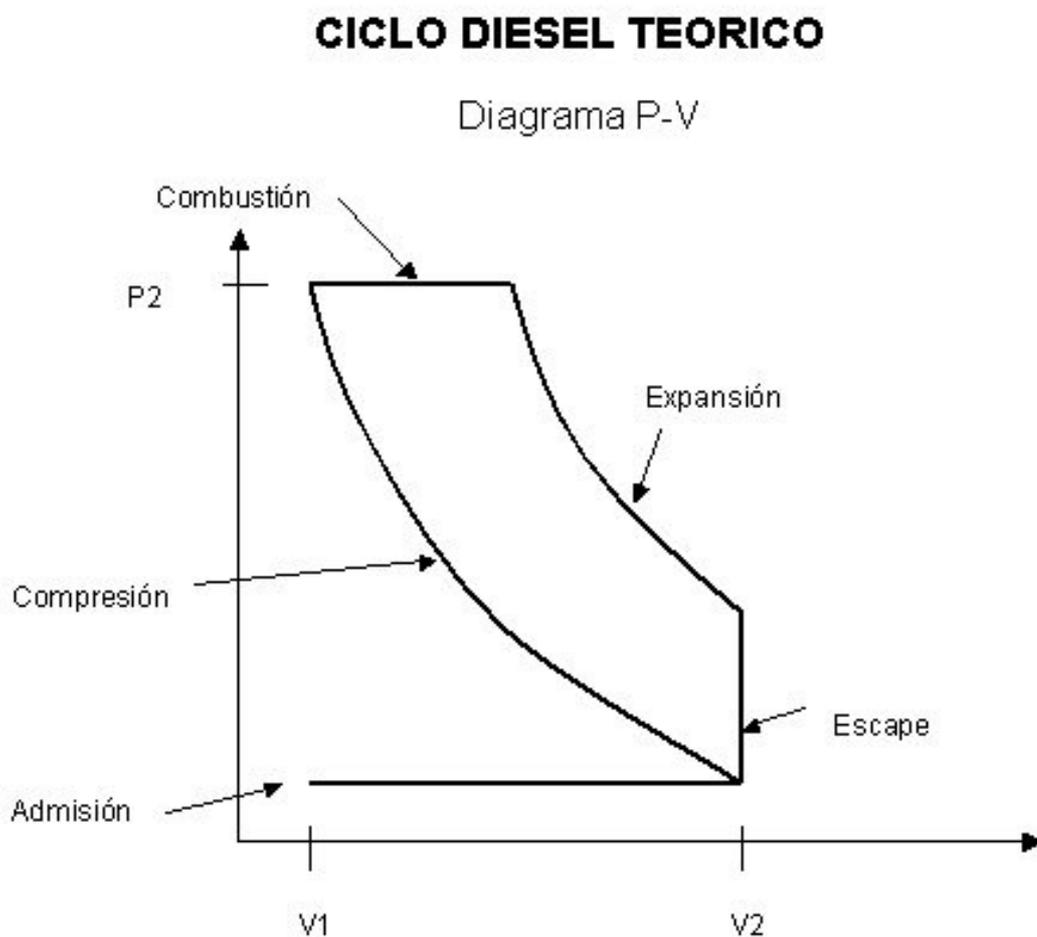
Il blocco motore che pesa 62 kg, è realizzato in ghisa a grafite vermicolare (GGV), caratteristica importante che permette di limitare il peso del motore a soli 255kg. Con una cilindrata di 4134 cm³, alesaggio 83 mm, corsa 95,5 mm ed un rapporto di compressione di 16,5:1 lo rendono un propulsore ad altissime prestazioni, capace di garantire performance straordinarie e per questo impiegabile in un elevatissimo numero di applicazioni.

La superficie dei cilindri è trattata utilizzando l'esposizione ai raggi laser UV. Questo speciale processo di microfinitura garantisce un consumo nettamente limitato di olio nel motore TDI e, di conseguenza, una riduzione significativa

della formazione di particolato durante la combustione.

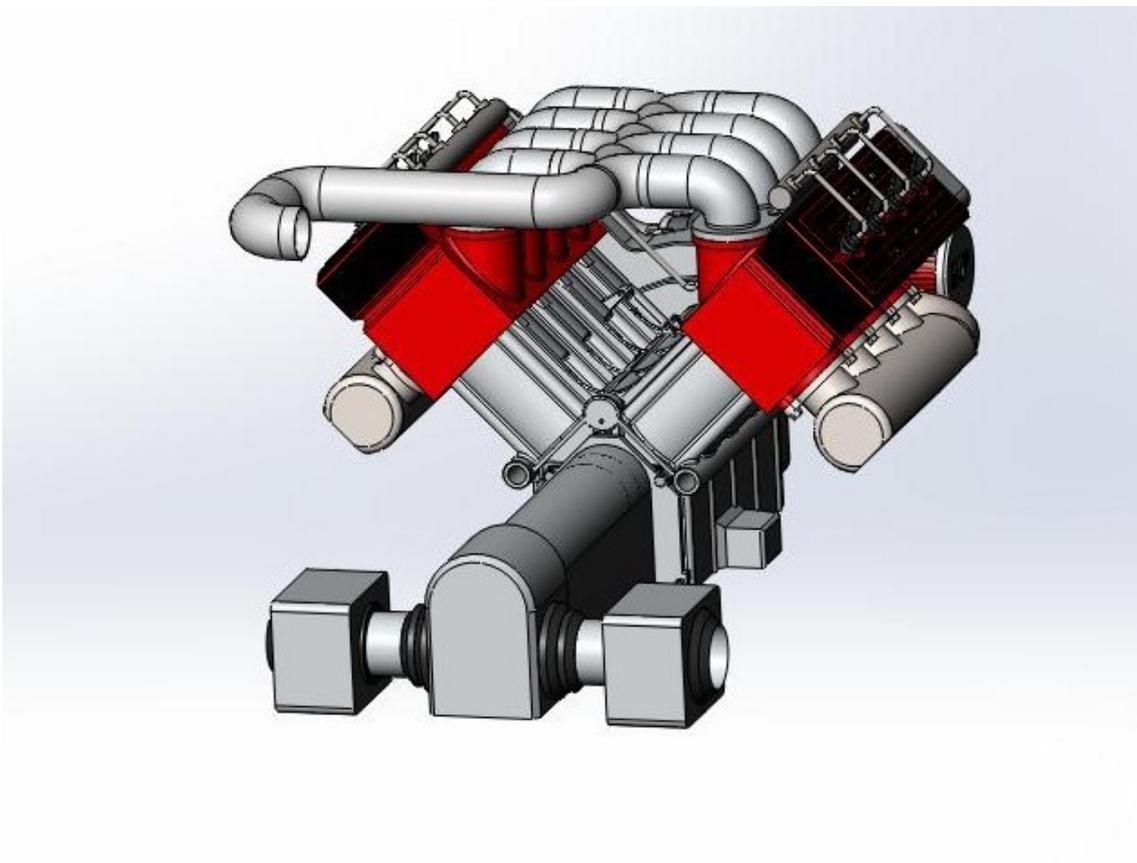
La gestione dei motori è completamente elettronica per poter sfruttare al meglio le potenzialità e ridurre i consumi, ottimizzando così le prestazioni dei motori.

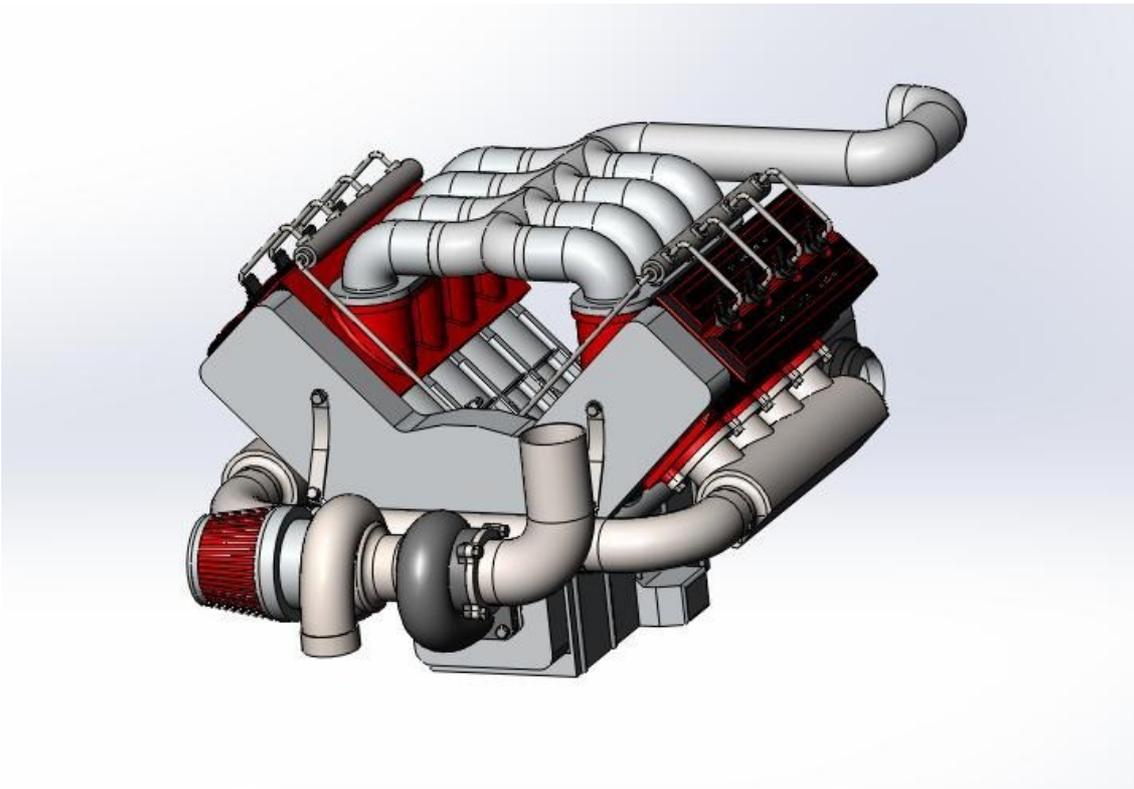
Inserisco un diagramma di funzionamento del ciclo diesel teorico:



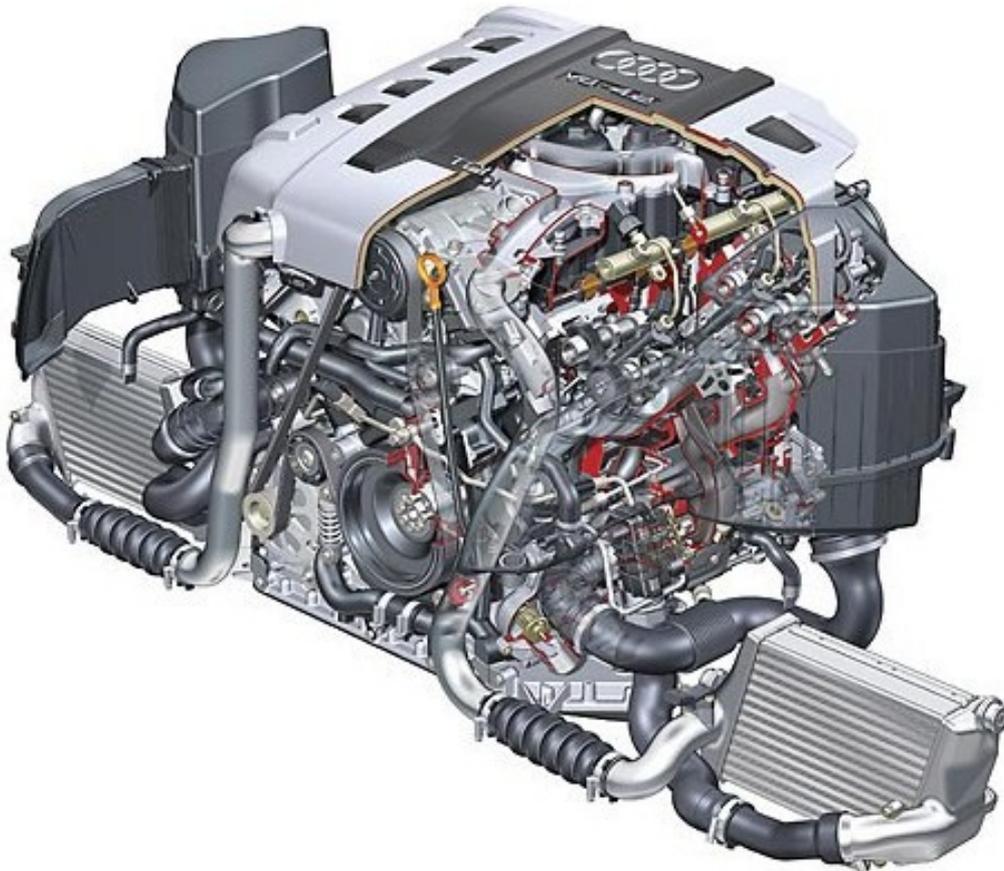
La massa complessiva di ogni motore è pari a 255 kg, considerando che ne sono presenti 2 e tenendo anche in considerazione un valore di circa 200 kg per tutta la componentistica si arriva ad una massa, per la parte dell'intera

motorizzazione, di circa 700 kg.





Schema originale Audi del propulsore V8:



Come si nota dalle immagini, nel motore disegnato non sono presenti i sistemi di raffreddamento, che verranno trattati in seguito, perché viste le specifiche di progetto è stato necessario posizionarli al di fuori del vano motori per motivi di areazione.

Sono state inoltre effettuate modifiche ai collettori di scarico, rispetto al progetto originale, per permetterne l'assemblaggio nel vano adibito.

Abbinato al motore è stato utilizzato il cambio **Audi Tiptronic 6 rapporti**. Con la trasmissione tiptronic a sei marce, tutti i cambi di marcia sono completati con la minima interruzione nella potenza erogata. La trasmissione tiptronic consente al conducente di scavalcare la modalità automatica spostando la leva in una seconda posizione del cambio e permette, ad esempio, di scalare le marce per aumentare l'effetto frenante del motore durante la guida su strade di montagna o quando si desidera passare a uno stile di guida particolarmente sportivo.

Abbinato al cambio è presente il differenziale montato di serie sul motore Audi v8 4.2 TDI, ma visto che questo motore può spingere la vettura su cui è montato a 300km/h (per l'uso stradale autolimitato a 250 km/h) è necessario all'uscita del differenziale inserire su ogni asse un riduttore epicicloidale a ruote dentate elicoidali con un rapporto di trasmissione di 3:2 che ci permette di limitare la velocità massima a 200km/h su pista asfaltata.

5.2 Supporto motore

Per permettere l'alloggiamento del gruppo propulsore-cambio all'interno del vano destinatogli è stato necessario progettare due supporti diversi tra loro in grado di sostenere e fissare il propulsore al telaio.

In fase di studio finale dovranno essere impiegati dei supporti antivibranti, che isoleranno il propulsore impedendo la trasmissione delle vibrazioni al telaio.

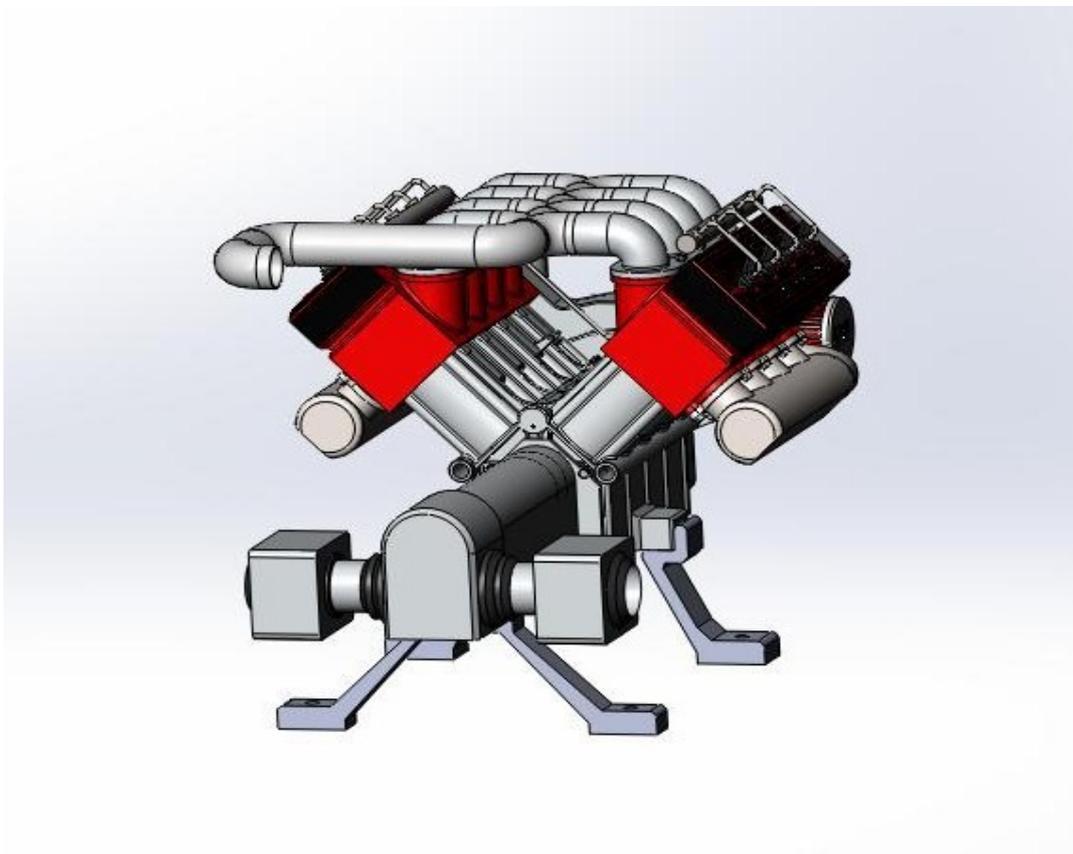
Nell'immagine è rappresentato uno dei due supporti motore impiegati, i quali dovranno essere fissati a telaio con una vite M16 x 50.



Per la parte anteriore del complessivo motore-cambio-differenziale è stato invece dimensionato un supporto intero, diverso dal precedente, che andrà anch'esso fissato a telaio con due viti passanti M16 x 50.



Riportiamo l'immagine del motore completo di supporti, pronto al montaggio.



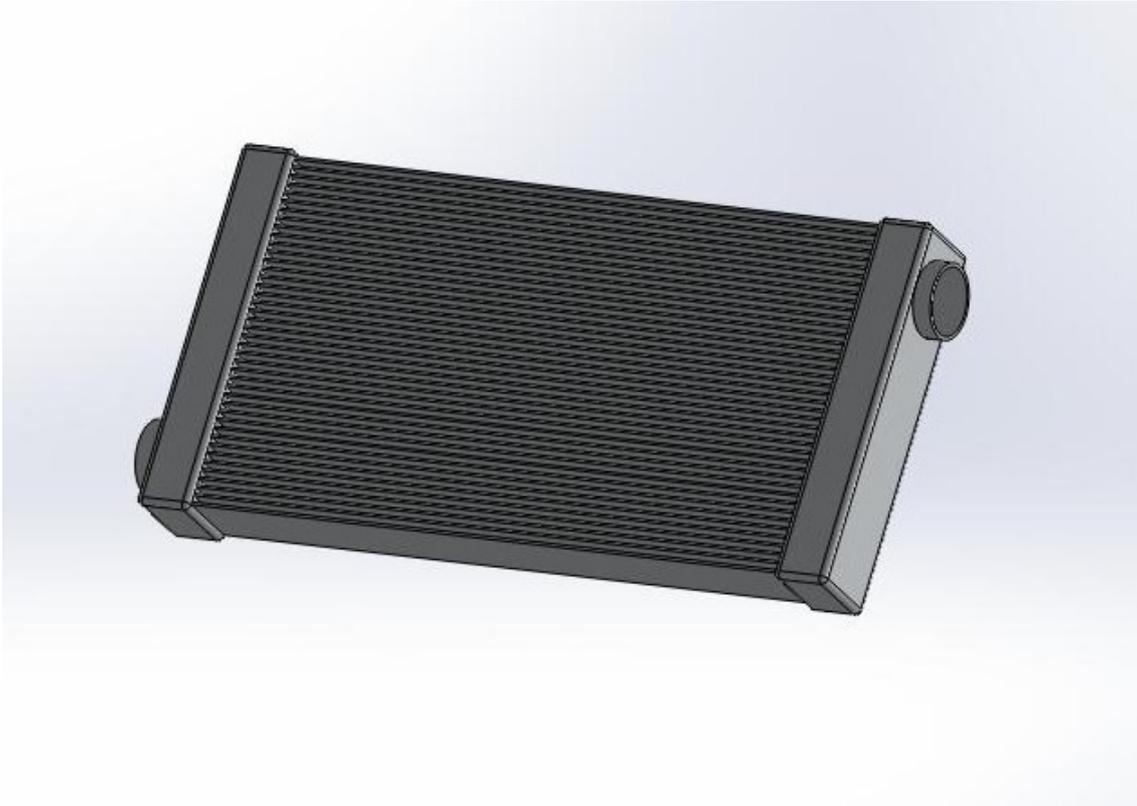
Capitolo 6

6.1 Sistema di raffreddamento

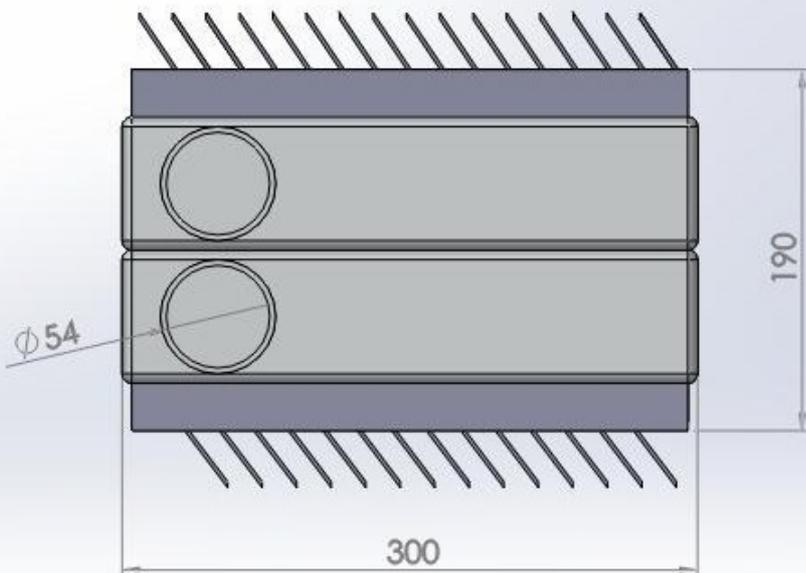
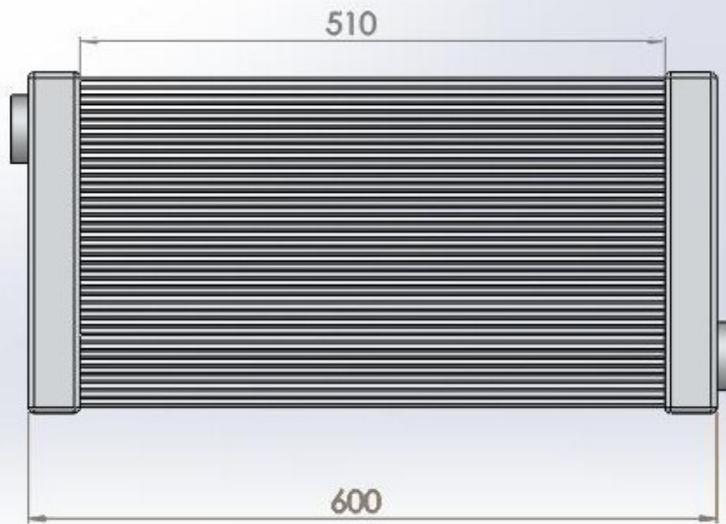
Come accennato in precedenza il sistema di raffreddamento dei nostri propulsori non è stato inserito nel vano motore perché, come da specifiche di progetto, questi deve essere a tenuta stagna.

Per tali motivi abbiamo deciso di posizionare gli scambiatori all'esterno del telaio per permettere un notevole e costante afflusso d'aria attraverso essi, inoltre per evitare il rischio di danni provocati da urti contro pietre o oggetti contro cui il veicolo rischia di impattare durante la marcia si è deciso di disporli parallelamente al terreno. Questa decisione comporta però una diminuzione della capacità di smaltimento del calore che verrà colmata attraverso l'adozione di un convogliatore e di un estrattore.

Gli scambiatori scelti sono di tipo aria-acqua ed utilizzano una miscela di acqua e liquido refrigerante per svolgere a pieno il compito assegnatogli.



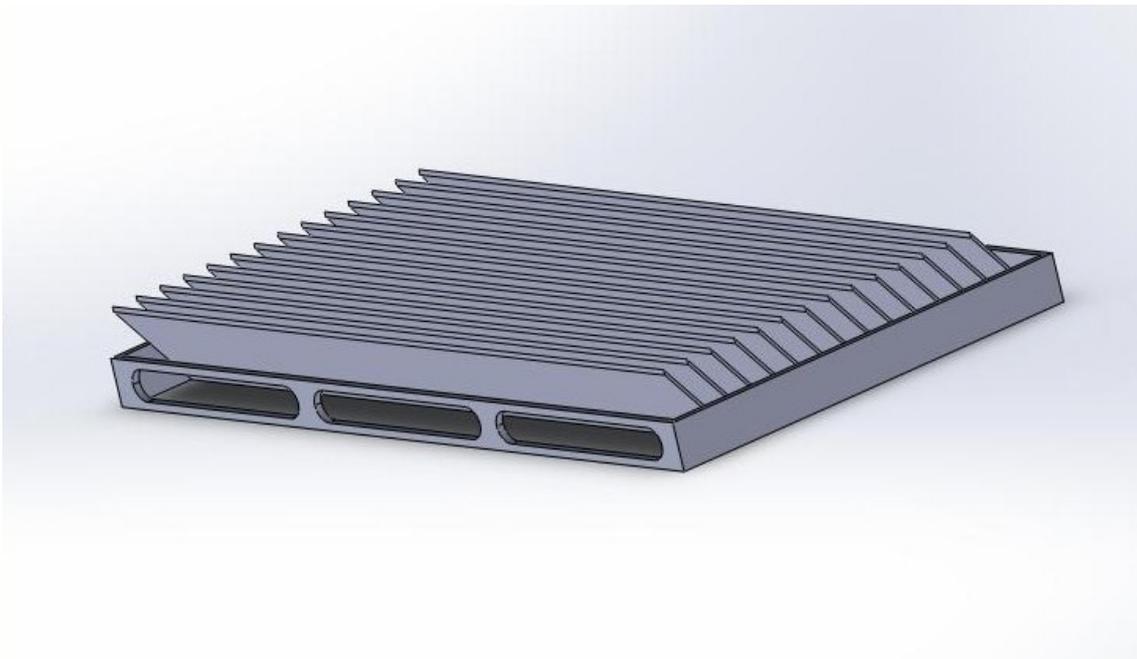
Inseriamo due immagini in cui si notano le dimensioni di massima dei due scambiatori accoppiati:



Sono state inserite nel progetto quattro unità di raffreddamento, due sul lato destro e due sul lato sinistro, ognuna formata da due scambiatori accoppiati (vedi figura di pagina precedente), un convogliatore ed un estrattore.

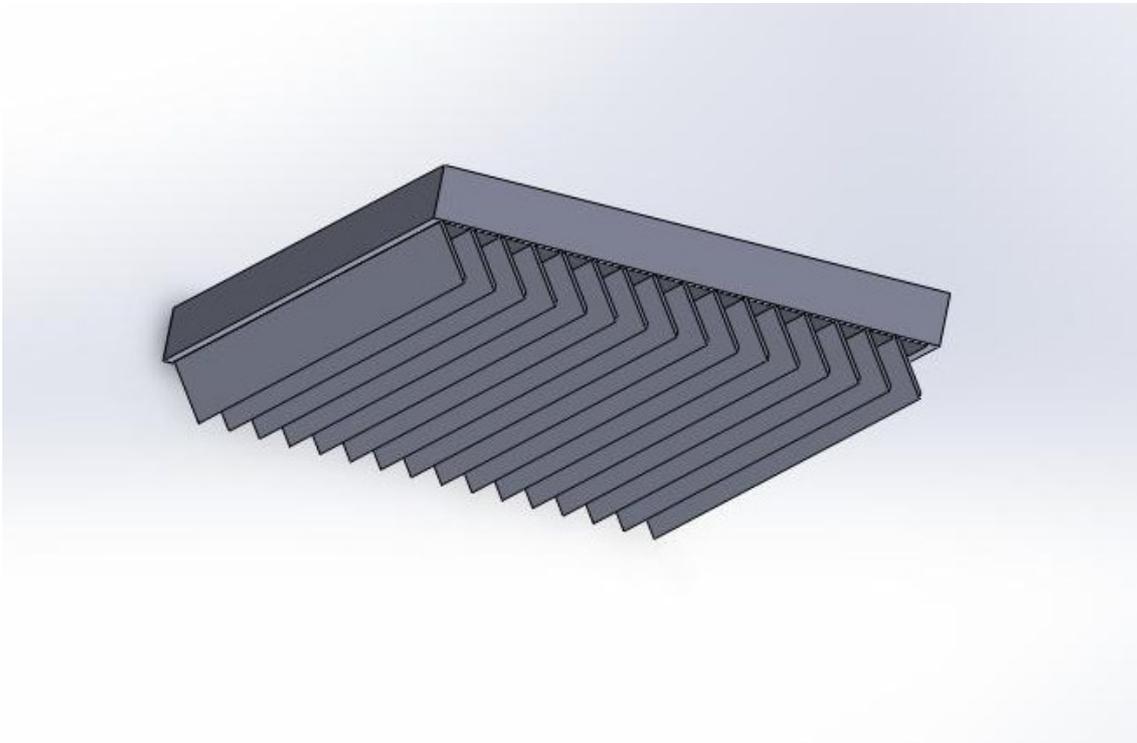
6.2 Convogliatore

Vista la disposizione parallela al terreno degli scambiatori è stato necessario progettare un convogliatore in grado di deviare il flusso d'aria all'interno di essi. Questo è formato da 14 alette inclinate di 60° rispetto al terreno di lunghezza pari a 500mm e da un bordo esterno che ne funge da protezione per lo scambiatore sottostante. Nella sua parte anteriore sono presenti delle aperture che aumentano il flusso dell'aria verso la prima aletta.



6.3 Estrattore

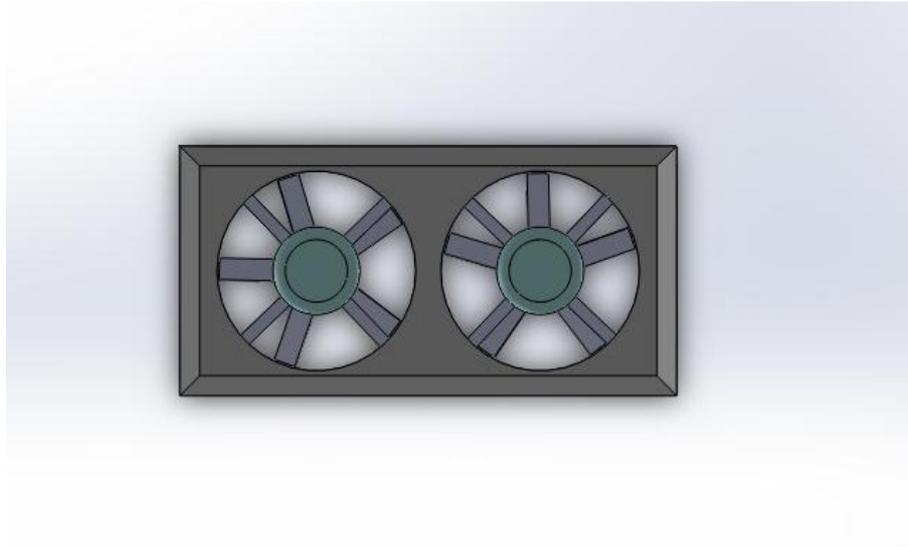
L'estrattore è l'elemento che agevola lo smaltimento del calore e indirizza l'aria calda in uscita verso il retro del veicolo, anch'esso è formato da alette, questa volta 16, di lunghezza pari a 500mm e da un bordo esterno che ripara lo scambiatore sovrastante.



Sarà da notare che anche le ruote del veicolo, sottostanti al nostro estrattore agevoleranno l'evacuazione dell'aria calda attraverso i vortici creati proprio dal rotolamento di esse.

6.4 Elettroventola

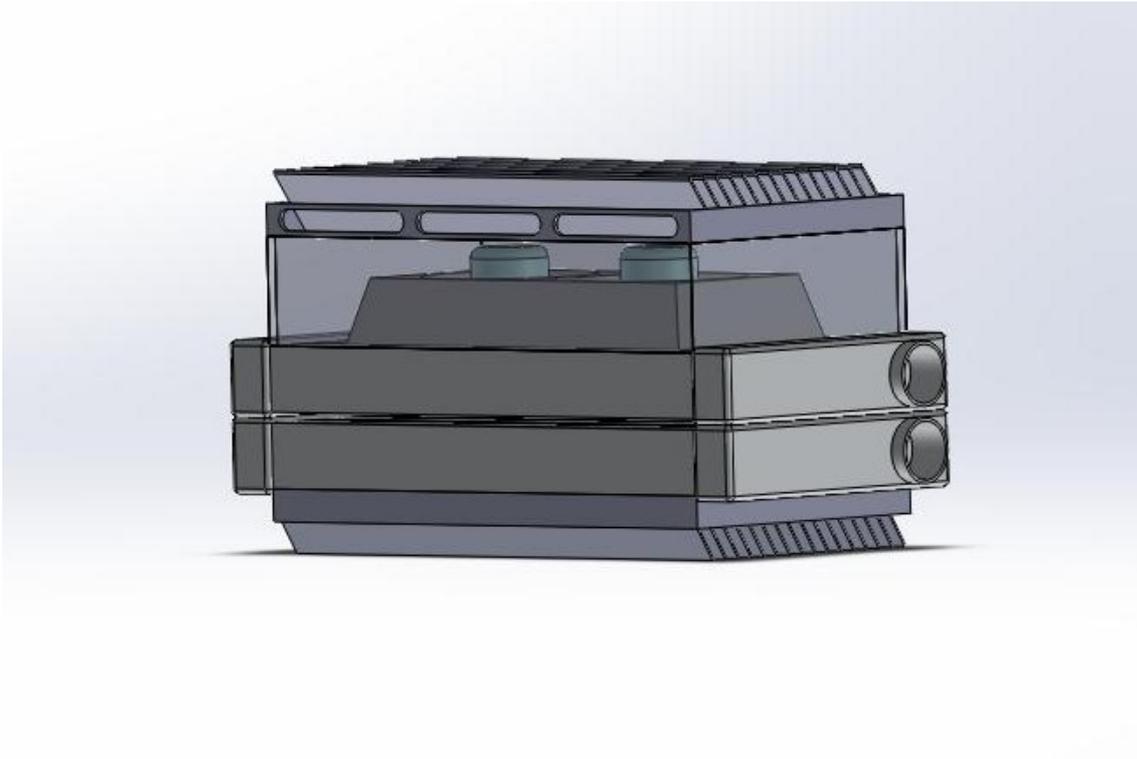
Per garantire sufficiente raffreddamento dei liquidi dei motori si è deciso di aggiungere una coppia di elettroventole sopra al primo scambiatore e al di sotto del convogliatore.



Dato il campo d'impiego dell'autocarro è consigliabile creare, o rivestire, le pale delle ventole di materiale ceramico perché altrimenti la sabbia le corroderebbe molto velocemente.

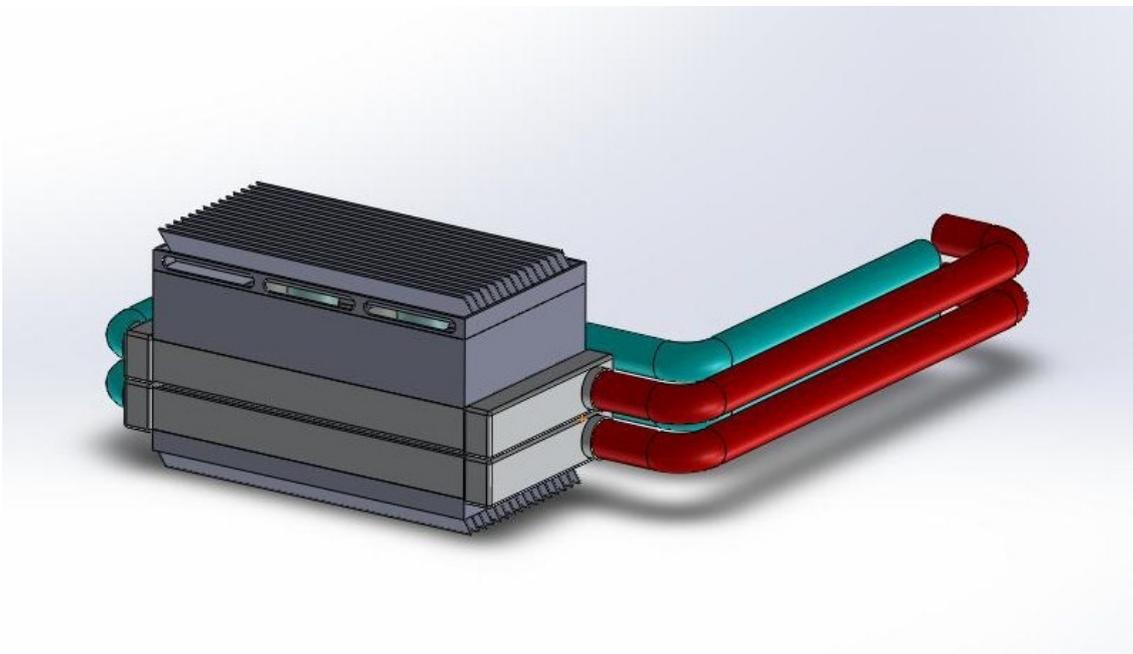
6.5 Unità completa di raffreddamento

L'assemblaggio di due scambiatori, del convogliatore e dell'estrattore ci porterà ad ottenere l'unità di raffreddamento da noi progettata che si presenterà in questo modo:



Come detto ne saranno presenti quattro sul nostro veicolo, le due anteriori serviranno il motore anteriore e le due posteriori serviranno il motore posteriore. Ovviamente dovranno essere collegate ai motori attraverso delle tubazioni di metallo che saranno poi ricoperte con un isolante termico.

Nella figura seguente si nota il percorso del liquido refrigerante, in entrata, cioè in arrivo dal motore è caldo (rosso) mentre in uscita sarà freddo (azzurro).



Le tubature scelte hanno un diametro esterno di 50 mm ed uno interno di 46 mm, queste ci garantiscono l'afflusso di liquido in quantità sufficiente per svolgere il compito assegnatogli.

Capitolo 7

7.1 La ruota

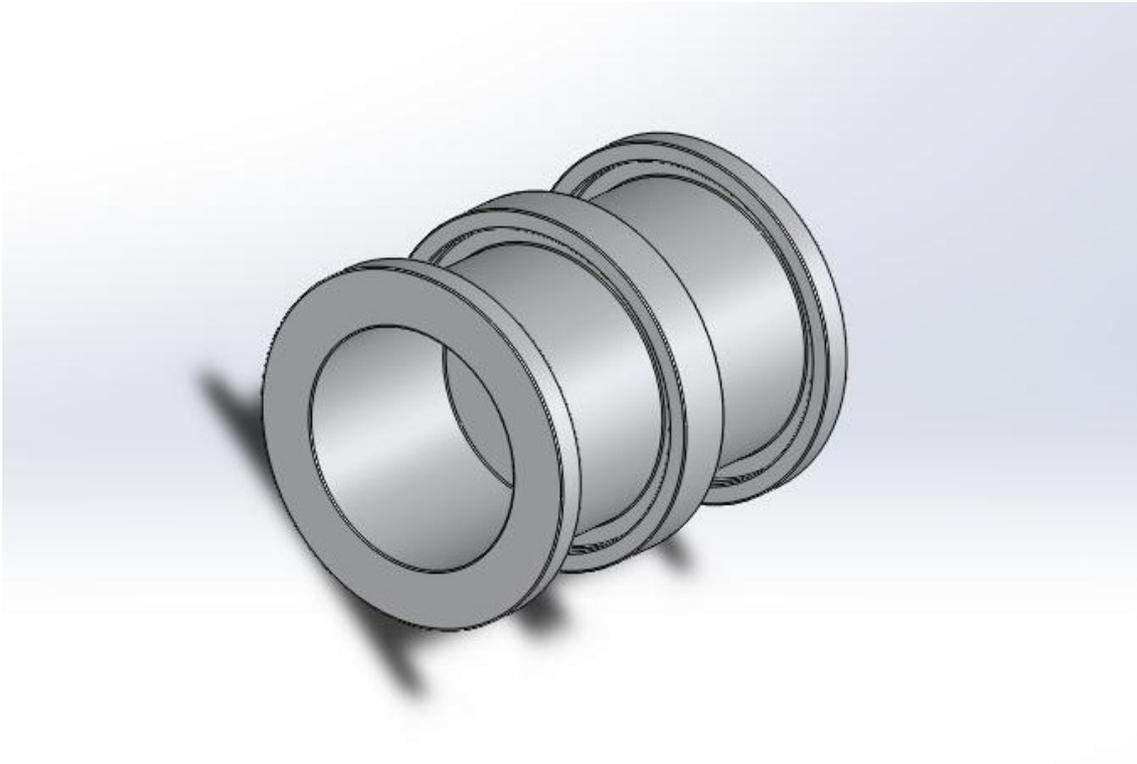
Per progettare la ruota non è stato possibile basarsi a cataloghi o manuali perché, visto il particolare impiego, questi dovranno essere fatti su misura, infatti le dimensioni dovranno essere notevoli, sia per quanto riguarda il diametro esterno sia per la larghezza del battistrada. Tutto questo per evitare sprofondamenti nel terreno sabbioso in cui il mezzo dovrà operare e per mantenere il veicolo comunque ad una certa altezza dal suolo.

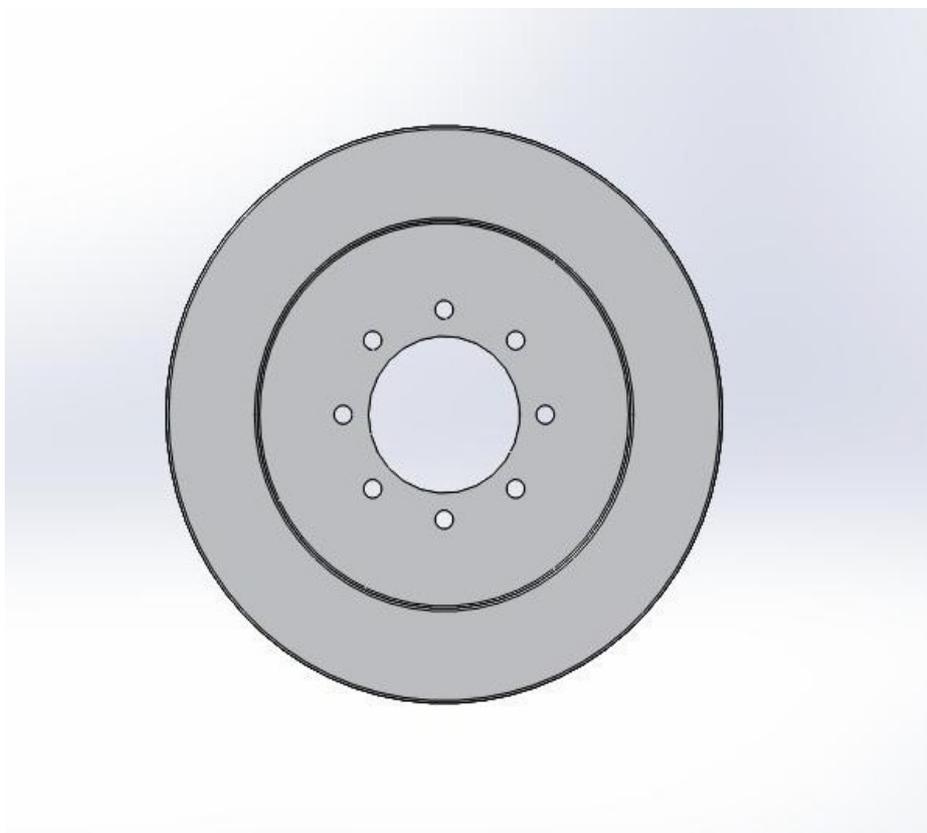
Non è tuttavia possibile utilizzare pneumatici da trattore perché non ci garantiscono affidabilità ad alte velocità, infatti questi mezzi viaggiano ad una velocità massima di circa 80/90 km/h (i più veloci) mentre il nostro autocarro deve raggiungere, come specifica di progetto, una velocità prossima ai 200km/h anche a pieno carico.

7.2 Il cerchio

Dato l'utilizzo anche su fondo sabbioso abbiamo deciso di progettare un cerchio a doppia sede, ovvero che permette l'alloggiamento di due pneumatici, questo per aumentare il "battistrada" quindi aumentare la superficie di appoggio a terra dell'autocarro diminuendo il rischio di insabbiamenti. Un altro motivo è che, in caso di foratura di uno dei due pneumatici, sarà ugualmente possibile portare a termine la missione solamente con il pneumatico ad esso accoppiato.

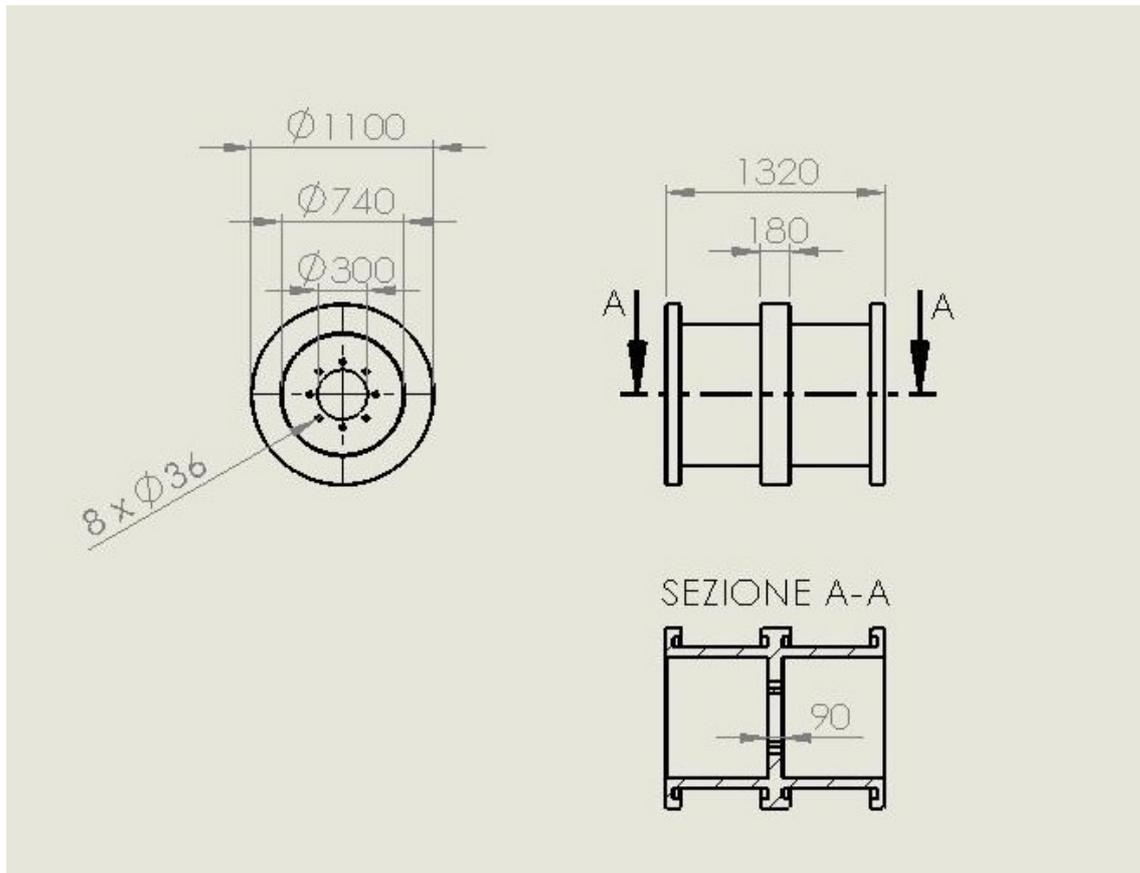
Come disegno di base è stato preso ad esempio un cerchio commerciale per autocarri con rimorchio, atti a sorreggere carichi elevati e ad alloggiare pneumatici resistenti a forti sollecitazioni.





Il cerchio può ospitare due pneumatici di larghezza pari a 655mm e di diametro interno pari a 860mm, ha una lunghezza complessiva di 1320 mm e il suo diametro interno misura 740 mm. Per il fissaggio al perno della ruota sono stati eseguiti 8 fori in grado di impegnarsi con viti mordenti M36.

Disegno del cerchio e vista in sezione:

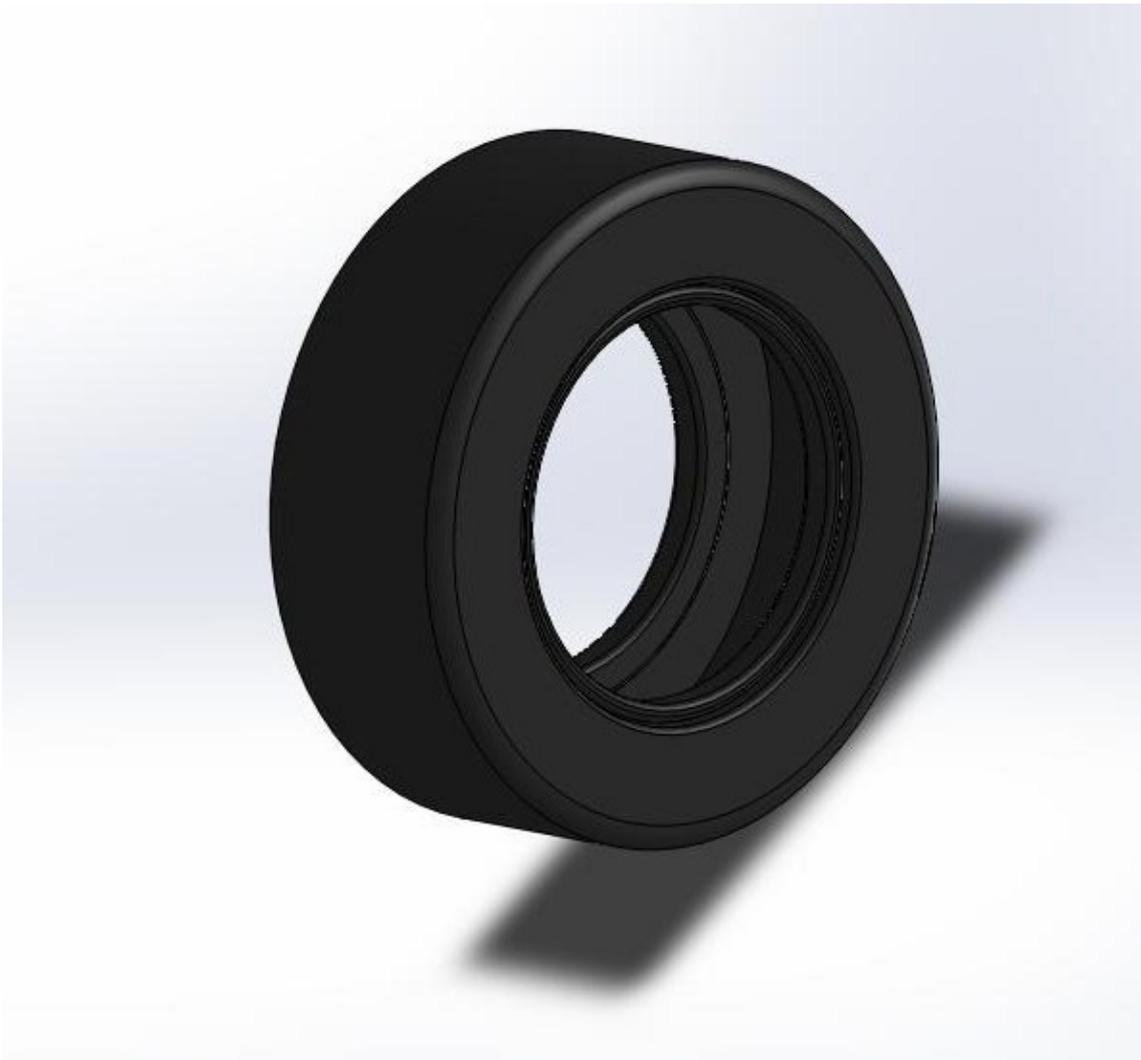


7.3 Lo pneumatico

Come detto nell'introduzione di questo capitolo è necessario realizzare appositamente per questo automezzo uno pneumatico in grado di sorreggere il peso del veicolo e dell'eventuale carico anche nel caso in cui uno dei due pneumatici accoppiati si sgonfiasse. Questa caratteristica permette al veicolo di terminare la missione anche perché risulterebbe impossibile pensare ad una sostituzione durante essa visto che il peso dell'intera ruota renderebbe difficile l'operazione di smontaggio-montaggio senza l'utilizzo di macchinari specifici.

Lo pneumatico progettato ha una larghezza di 655 mm con un battistrada garantito di circa 600 mm, con un diametro interno di 860 mm adatti al montaggio del cerchio illustrato sopra, con un diametro esterno di 1845 mm.

Le scelte di queste dimensioni sono state fatte per mantenere l'altezza da terra di circa 400 – 450 mm e per garantire un'elevata superficie di appoggio a terra, l'elevato diametro e l'elevata larghezza permettono al veicolo di non insabbiarsi anche su terreni sabbiosi e a pieno carico.

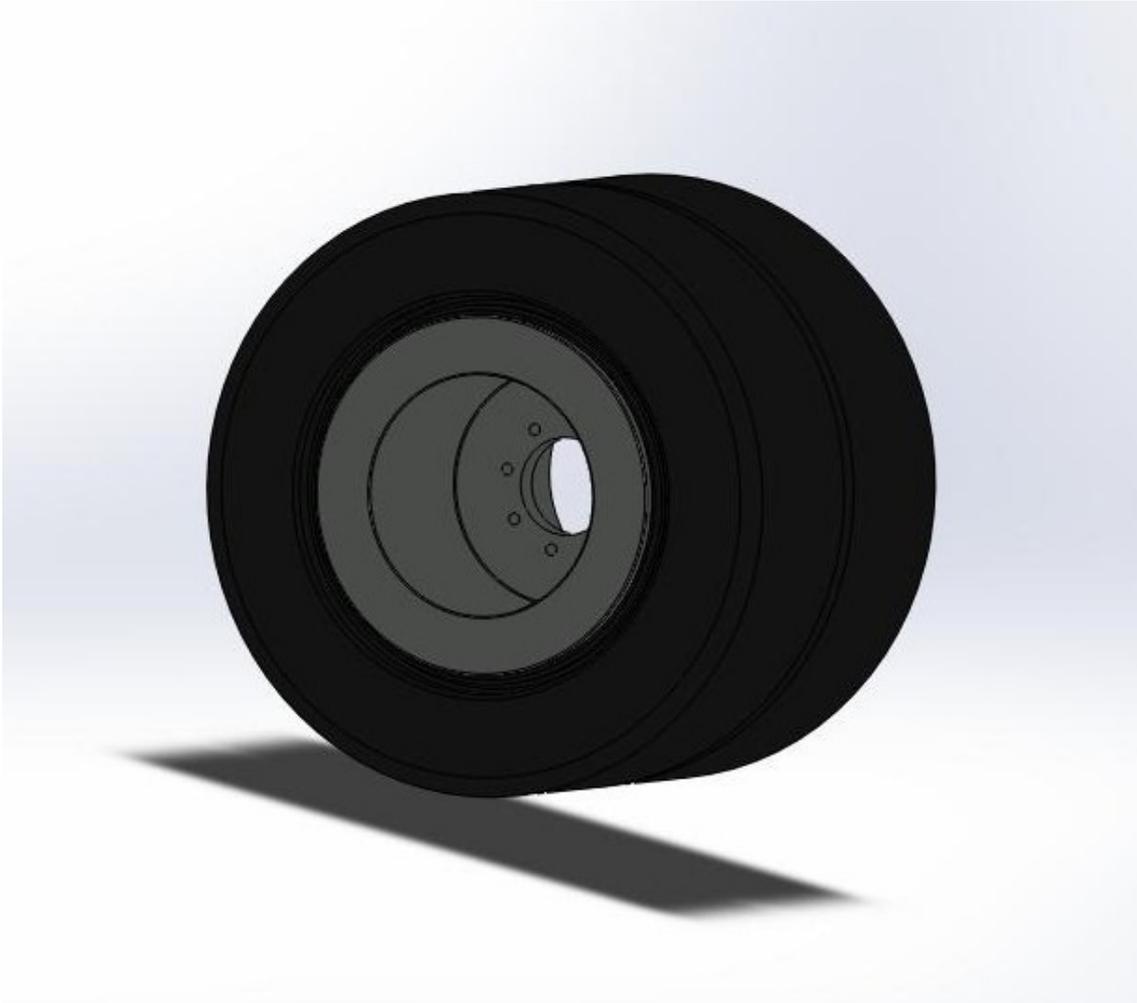


Mostriamo una sezione dello pneumatico in cui si può vedere la struttura interna con i due fili metallici e la forma sagomata in modo da impegnarsi correttamente nel cerchio sopra illustrato.



7.4 La ruota assemblata

La ruota assemblata si presenta come da figura:



In fase di progettazione il costruttore dello pneumatico dovrà studiare un battistrada idoneo, tenendo in considerazione il campo di impiego, le alte velocità e l'elevato carico che esso dovrà sopportare.

Capitolo 8

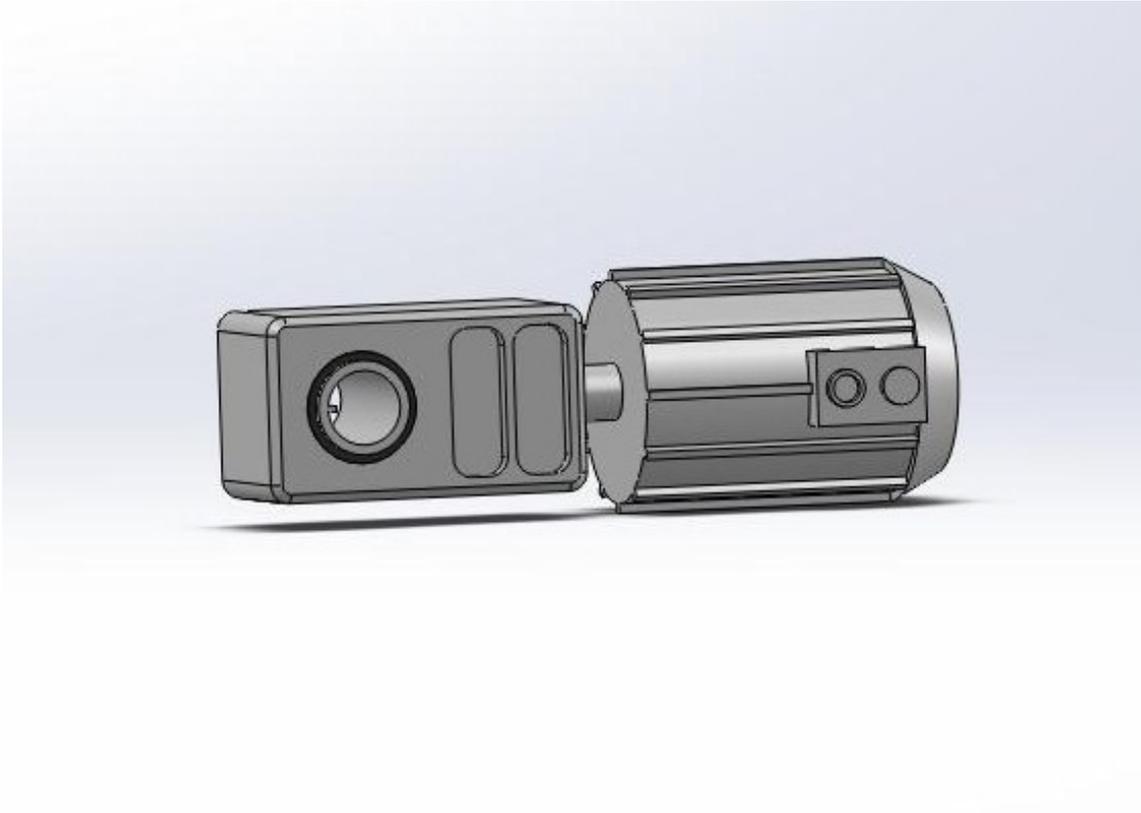
8.1 I motori ausiliari

Le ruote centrali dell'autocarro hanno la funzione di appoggio durante i “fuoristrada” ma potranno anche trasmettere coppia motrice, grazie all’installazione di due motori elettrici abbinati a due riduttori di tipo modulare ortogonale, uno su ogni ruota, da 40 kW l'uno, azionabili in caso di emergenza.

Abbiamo scelto dei motoriduttori modulari ortogonali di tipo commerciale, in particolare quelli della Serie A dal catalogo Bonfiglioli perché garantiscono una ottima affidabilità, efficienza e versatilità.



In condizioni normali durante la marcia lungo la pista asfaltata questi non verranno utilizzati in quanto l'asse centrale risulta essere sollevato da terra, per questo i motoriduttori saranno utilizzati saltuariamente. L'accoppiamento con i mozzi dell'asse centrale avverrà attraverso un profilo scanalato.



Il motore da 40 kW è di tipo Asincrono Trifase e il riduttore ha una rapporto di trasmissione di 10:1

Capitolo 9

Le sospensioni

9.1 Introduzione

Data la particolare configurazione del telaio del nostro veicolo non è stato possibile disegnare una sospensione prendendo spunto da una già esistente, per questo abbiamo cercato di realizzare una sospensione di tipo standard, formata da un braccio inferiore, un braccio superiore, un ammortizzatore, un porta-mozzo ed un mozzo che ci permettessero di rispettare le specifiche di progetto quali avere un'altezza da terra minima di 400 mm.

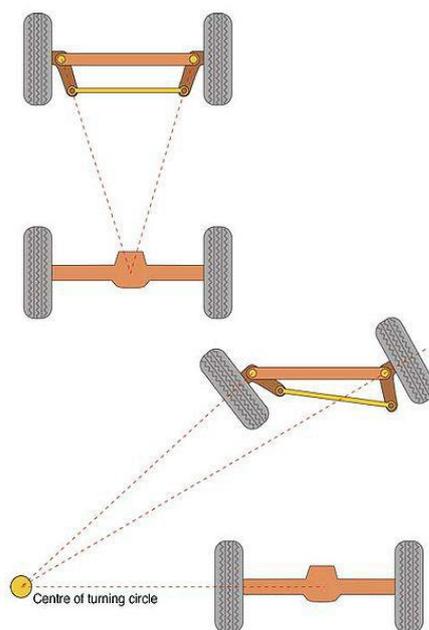
Le specifiche di progetto ci imponevano anche di avere un sistema di ruote sterzanti sia all'anteriore che al posteriore, mentre l'asse centrale, che viene a contatto col terreno solo in caso di insabbiamento, doveva avere una sospensione fissa. Per questo motivo abbiamo studiato due diverse tipologie di sospensioni, quella montata sull'asse centrale non sterzante e quella montata sull'asse anteriore e posteriore sterzante.

9.2 Il braccio inferiore

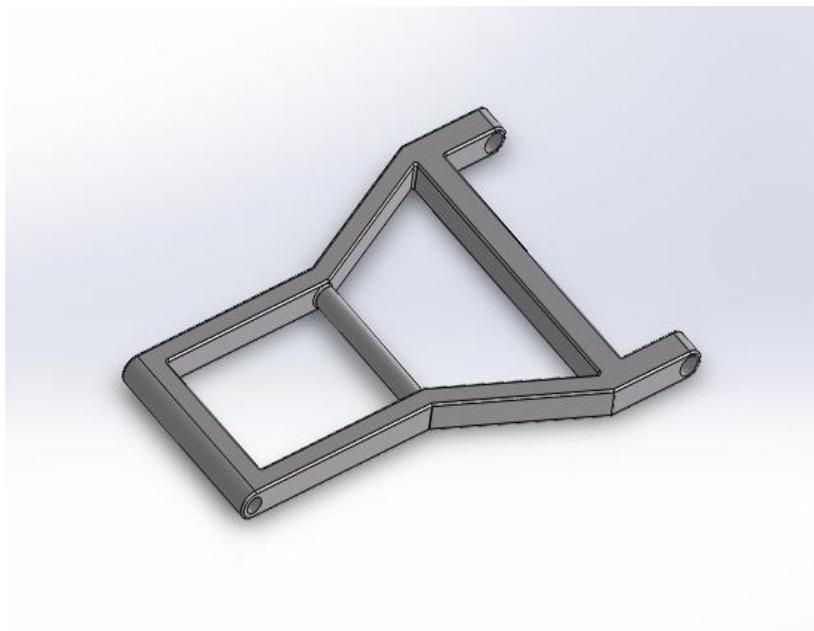
Il braccio inferiore ha il compito di mantenere ad opportuna distanza la ruota dal telaio. Per dimensionare quindi tale distanza si deve tener conto della possibilità di sterzo del veicolo, in quanto se la distanza fosse insufficiente, si avrebbe un contatto tra ruota e telaio durante lo sterzo.

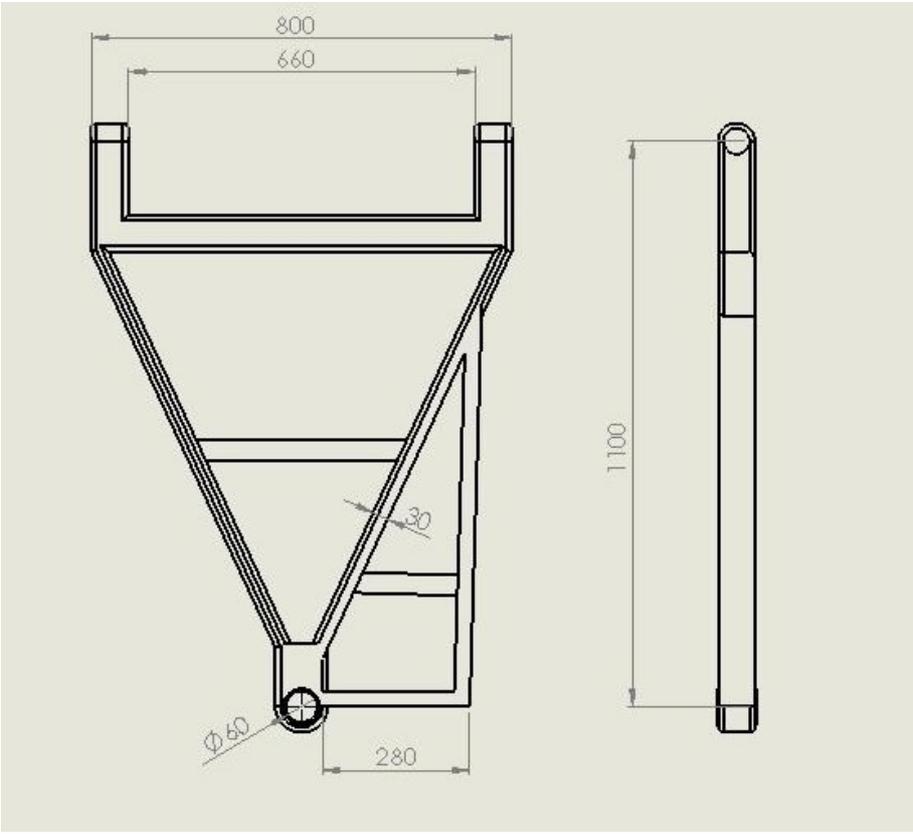
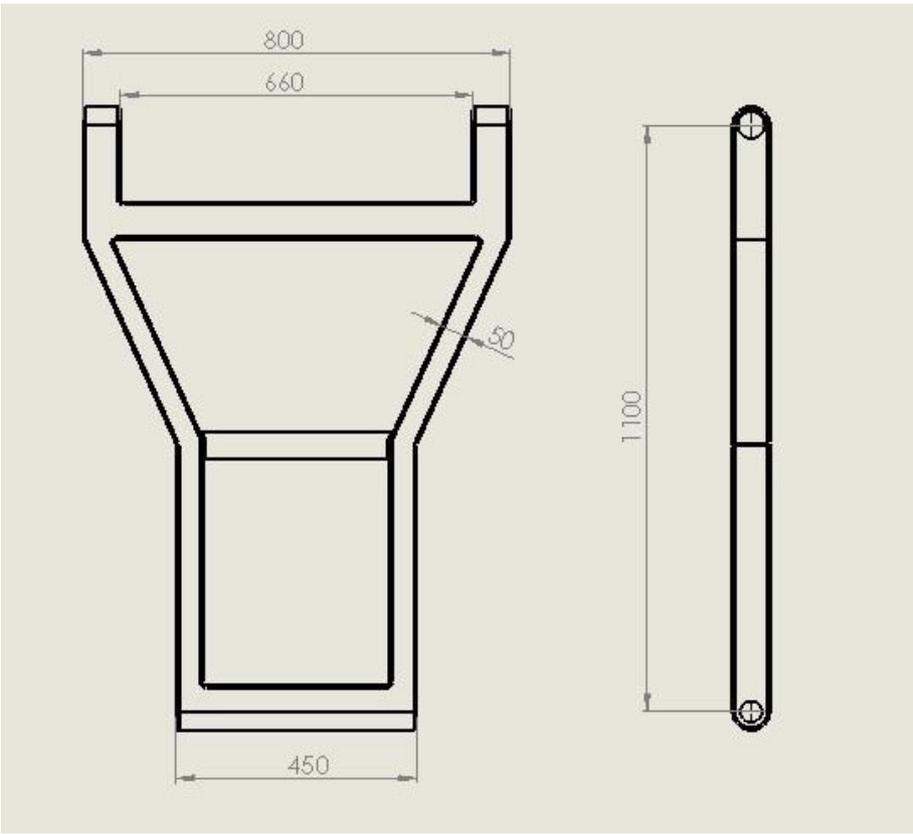
È quindi necessario calcolare l'angolo di sterzo della ruota e poi in base alle dimensioni della ruota stessa si calcola lo sbalzo richiesto alle sospensioni, vale a dire la distanza della ruota dal telaio. Tale distanza è appunto la lunghezza del quadrilatero inferiore in oggetto.

Si suppone un raggio minimo di sterzata pari a 12,5 m, considerando una ruota di diametro esterno pari a 1845mm, per evitare l'interferenza tra ruota e telaio quando lo sterzo è a fine corsa, l'asse di rotazione della ruota dovrà essere distante una quota d , tale che:



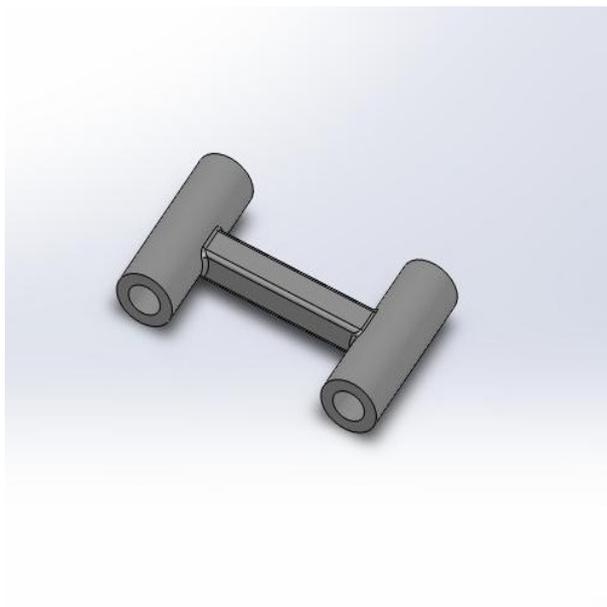
Tenuto conto delle condizioni sopra citate abbiamo disegnato due bracci inferiori diversi, uno per la sospensione centrale ed uno per quella anteriore-posteriore, ne riportiamo la vista e le dimensioni di massima:





9.3 Il braccio superiore

Il braccio superiore risulta molto semplice, di sezione quadrata con due parti cilindriche alle estremità, risulta diverso nei due casi, quello per la sospensione fissa:



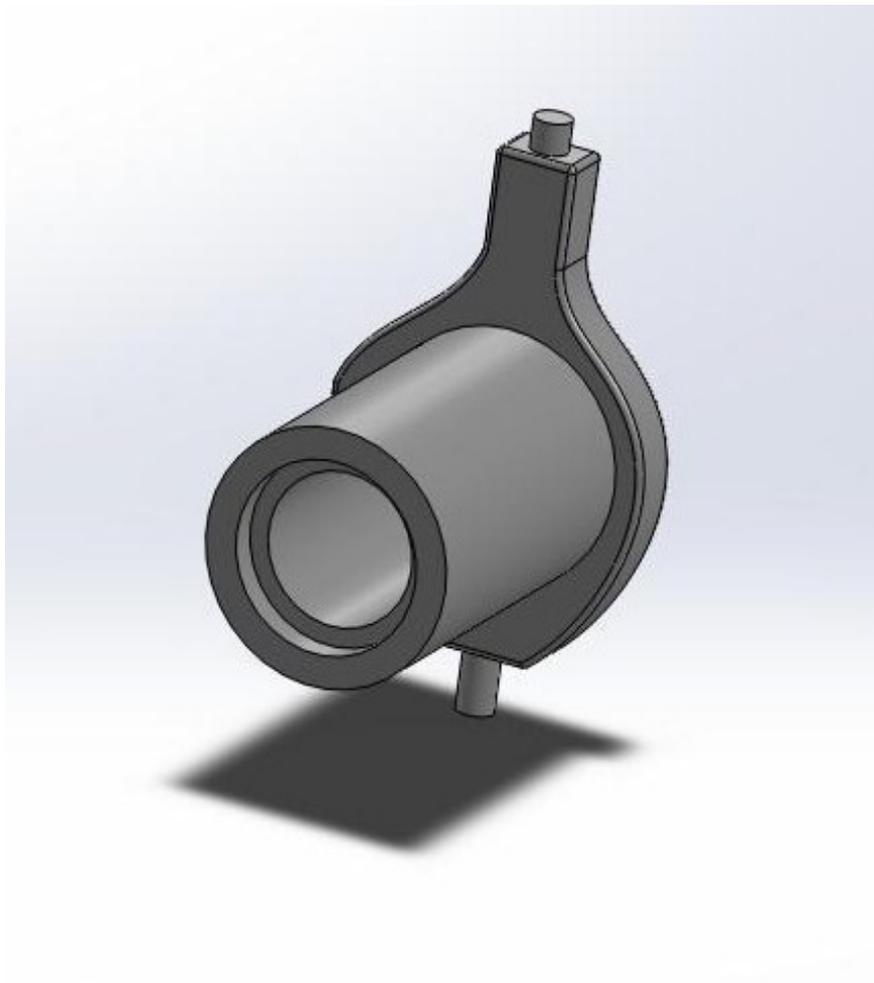
Quello per la sospensione sterzante:



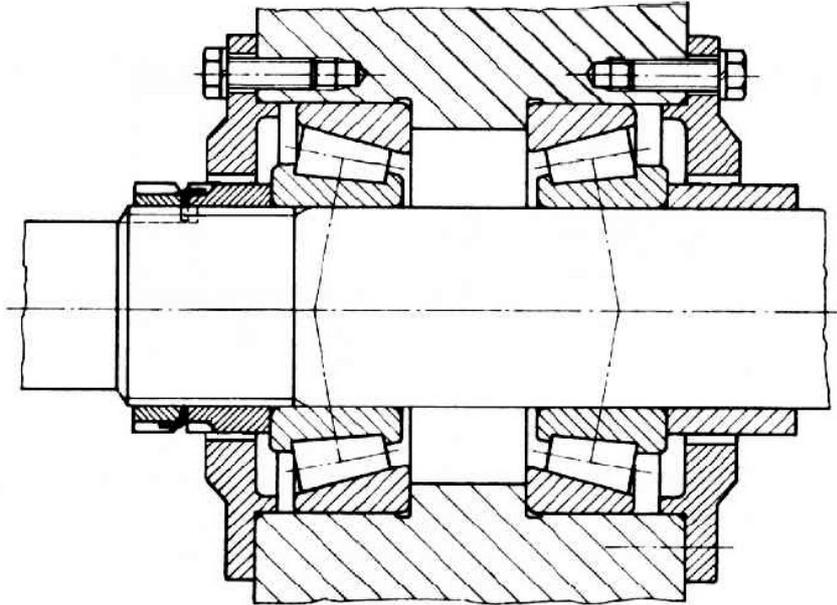
9.4 Il porta mozzo e il mozzo

Il porta mozzo ha la funzione di sorreggere la ruota e di permettere un suo corretto funzionamento. Ad esso si attaccano tutte le componenti del sistema sospensivo.

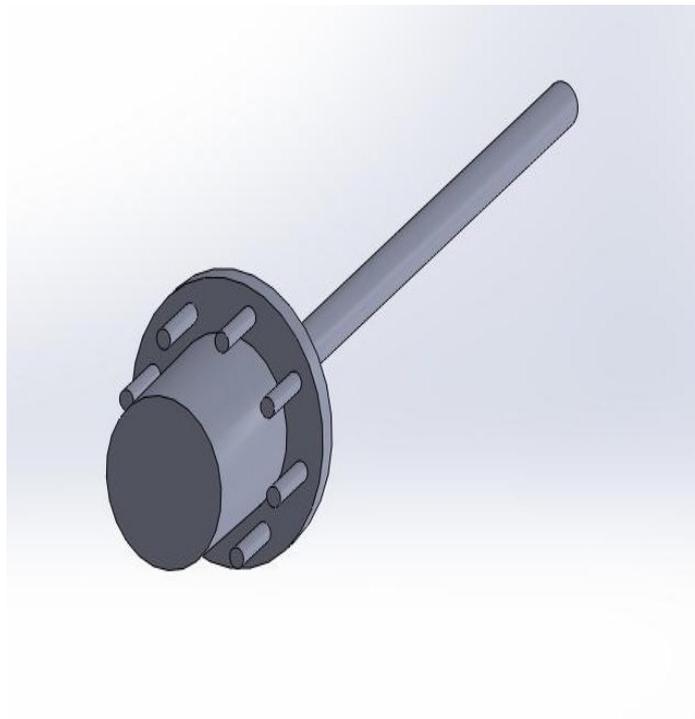
All'interno del porta mozzo ruota il mozzo: in meccanica il mozzo è la parte centrale di una ruota che porta generalmente cuscinetti per permettere alla componente che verrà montata sopra di esso di ruotare e al quale viene fissata la ruota.



All'interno del mozzo ruota il perno della ruota che, come detto qui sopra, poggia su due cuscinetti radiali a rulli conici, atti a sorreggere il carico radiale ed i carichi assiali. Tali cuscinetti vengono montati con un montaggio a "O".



Per il fissaggio della ruota sono state previste 8 viti M36.



9.5 L'ammortizzatore

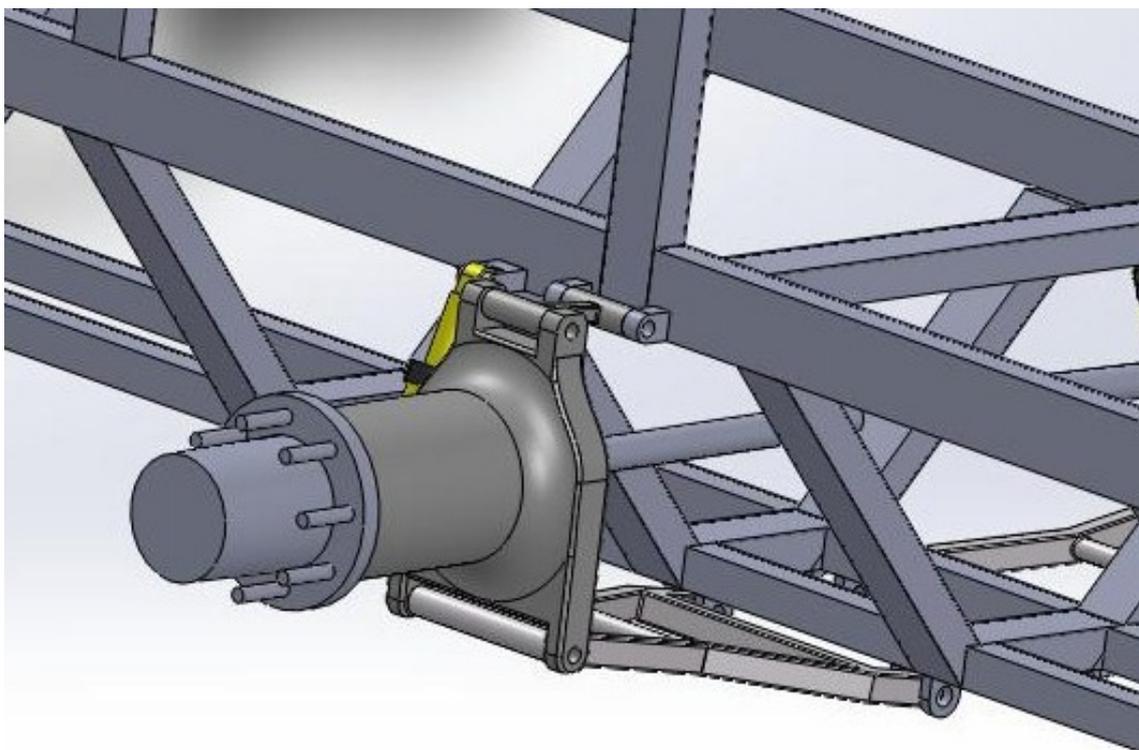
L'ammortizzatore da montare sull'autocarro dovrà essere fatto su misura, vista la particolare applicazione, sarà fissato al telaio nella parte superiore tramite un opportuno supporto mentre la parte inferiore sarà fissata al porta mozzo nella sospensione fissa e al braccio inferiore per la sospensione sterzante.



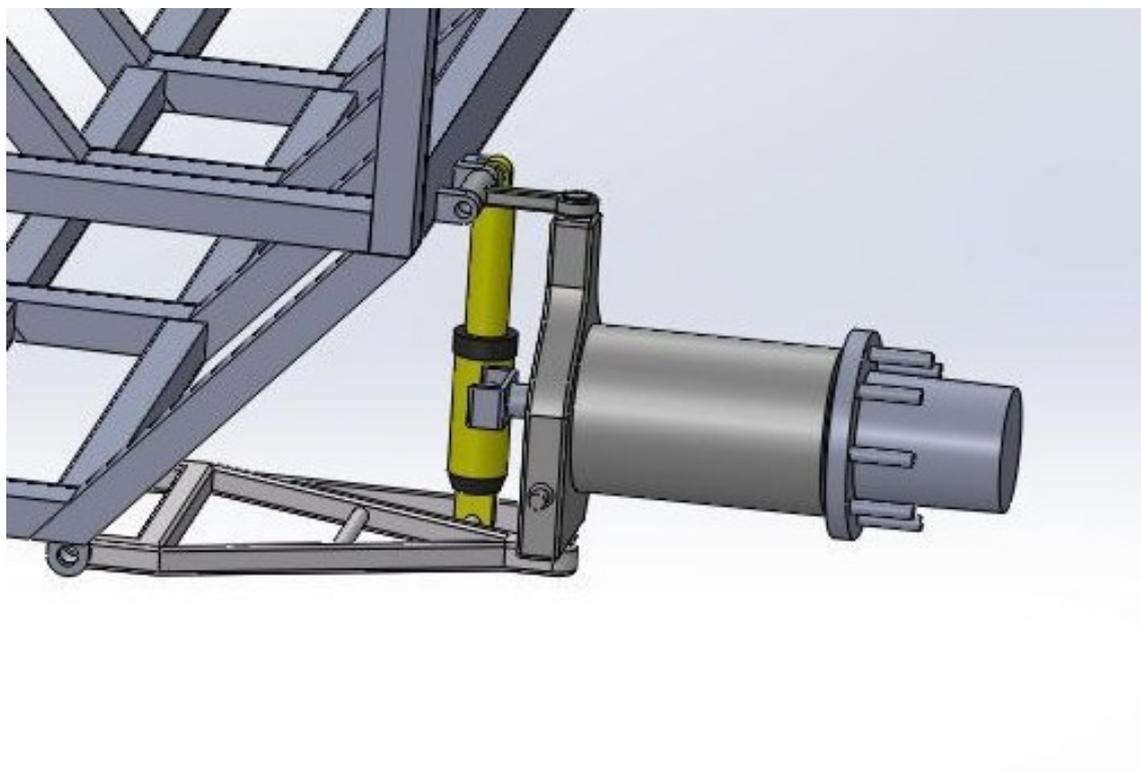
9.6 Il gruppo sospensivo completo

Le due sospensioni descritte nel capitolo si presentano assemblate come nelle figure sotto riportate.

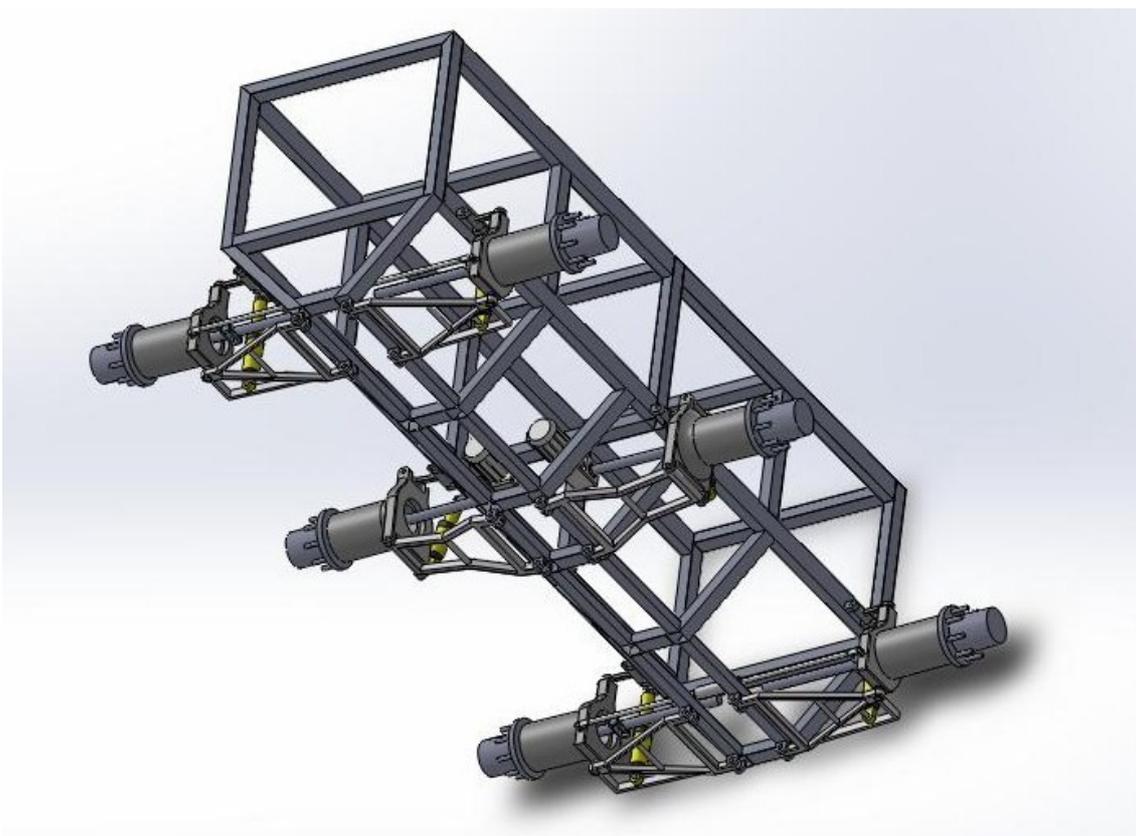
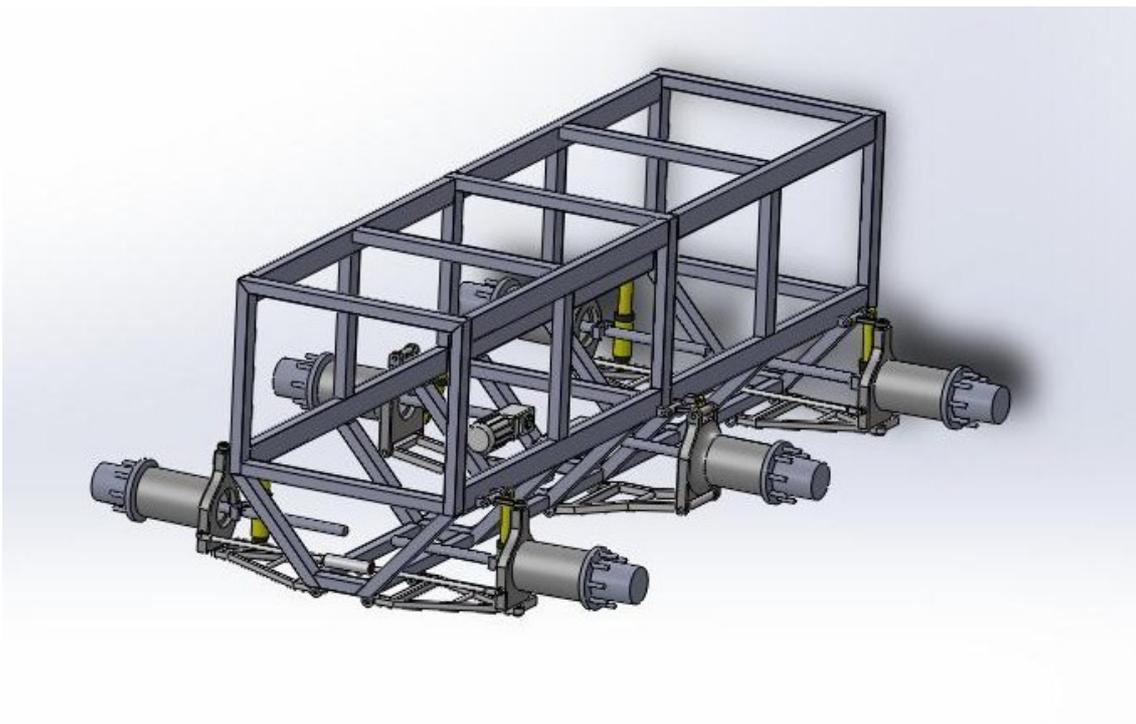
La sospensione centrale fissa:



La sospensione sterzante, che verrà montata sull'asse anteriore e posteriore del veicolo:



Il telaio con tutte le sospensioni montate:

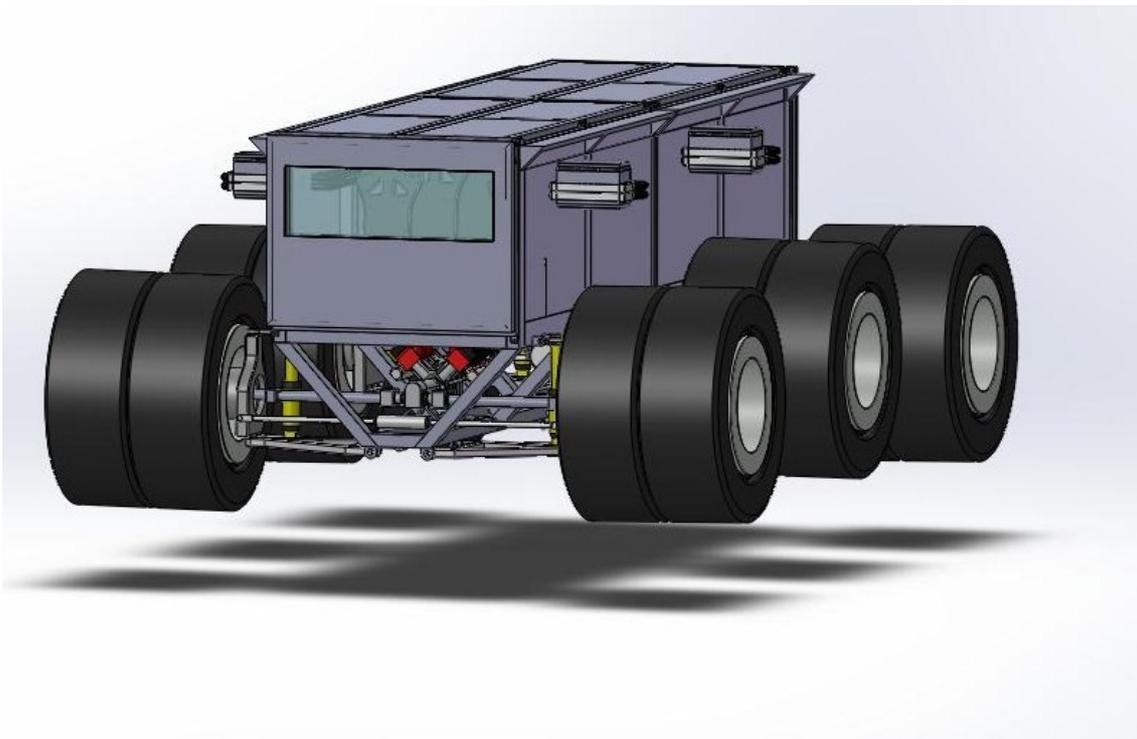


Capitolo 10

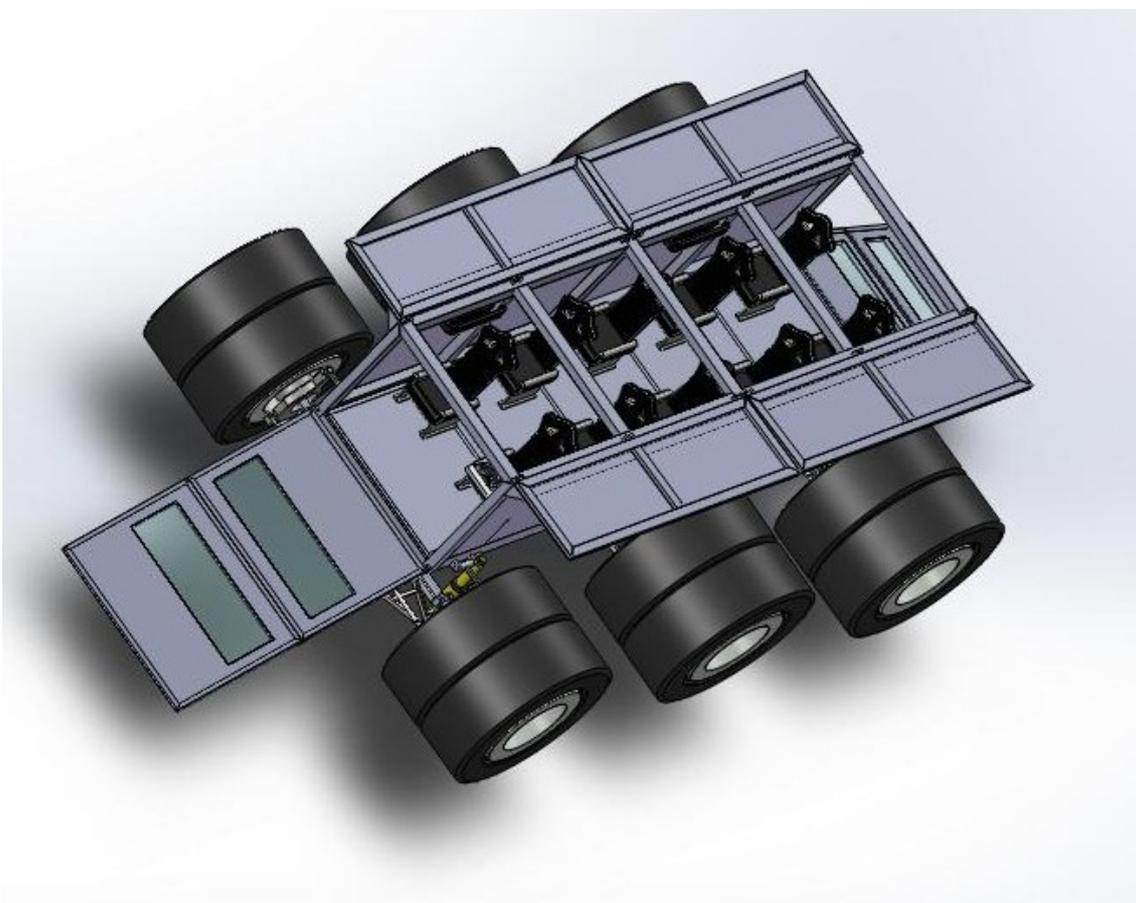
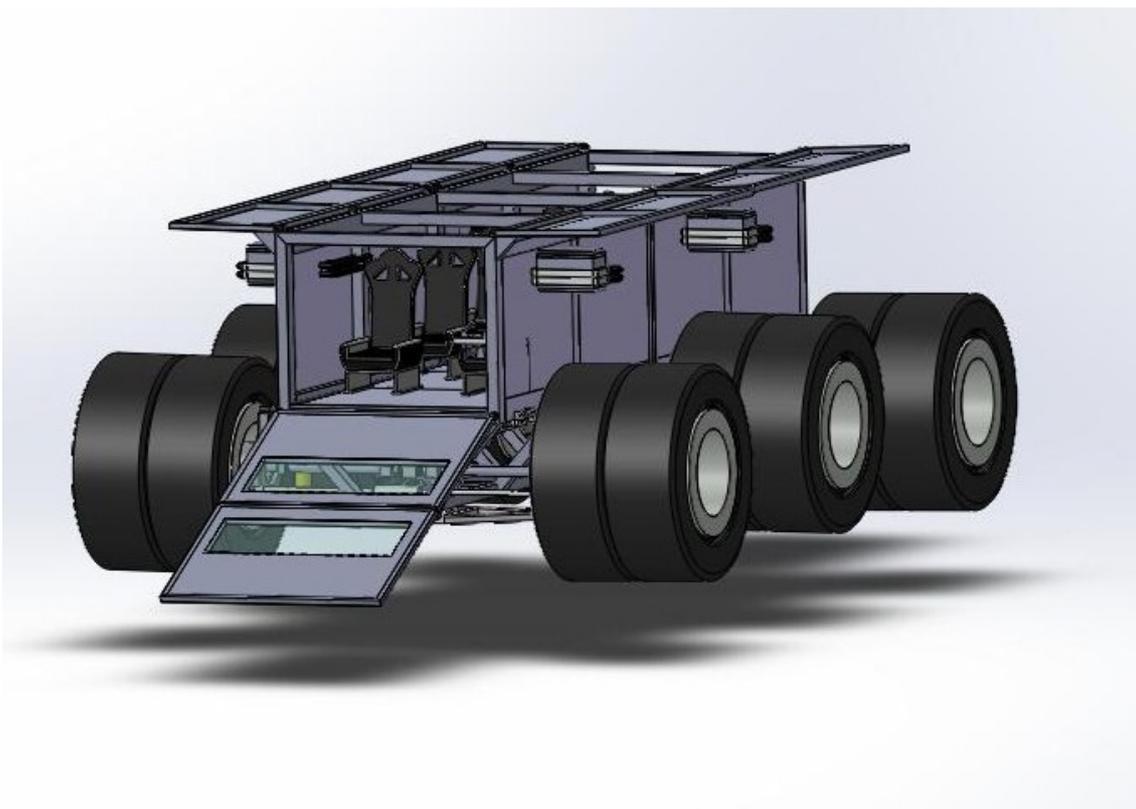
L'autocarro completo

L'autocarro completo, risultato dell'assemblaggio di tutti i componenti visti nei capitoli precedenti come il telaio, il sistema di carico esterno, i portelloni anteriori e posteriori, i sedili, il sistema di raffreddamento, il gruppo propulsivo, i motori ausiliari, le sospensioni e le ruote, si presenta come nelle figure sotto riportate.

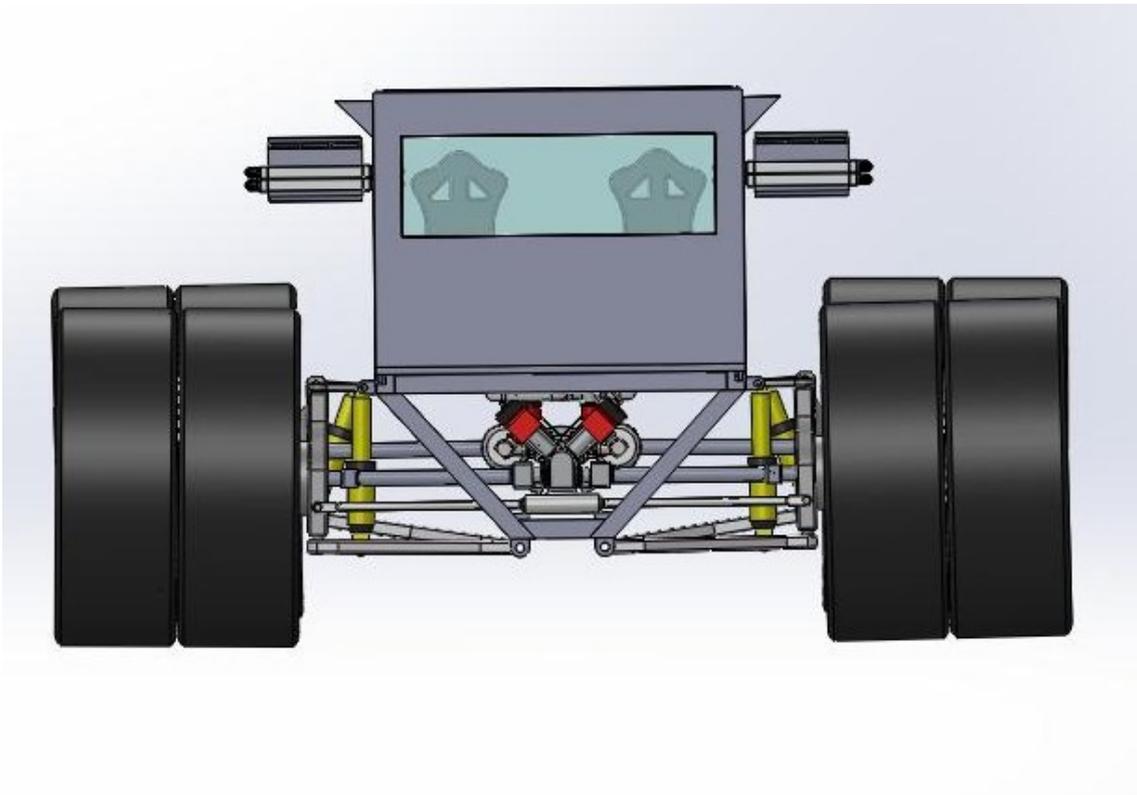
Con gli sportelli di carico e i portelloni chiusi:



Con gli sportelli di carico e i portelloni aperti:

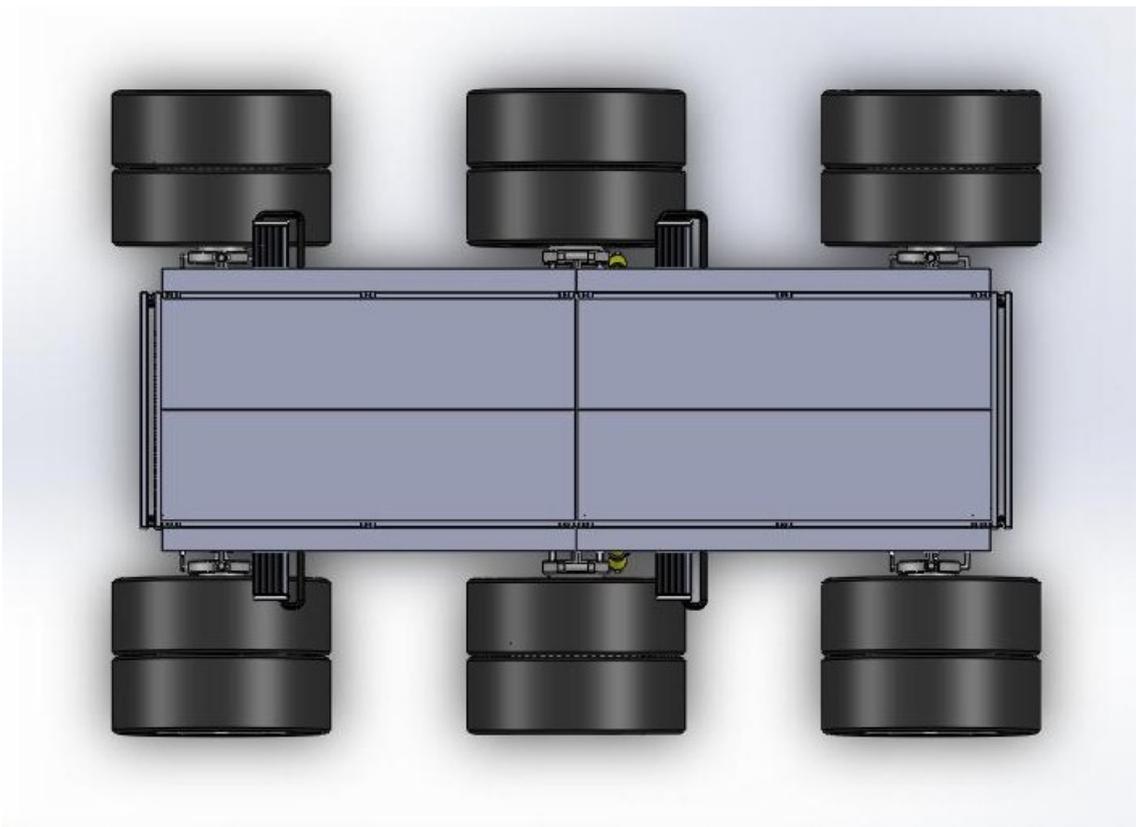


Nella vista frontale (che riportiamo sotto) si mettono in evidenza principalmente l'architettura a sbalzo del gruppo sospensivo, le ruote a doppio pneumatico, la larghezza del veicolo e l'altezza dal suolo di circa 400 mm, in accordo con le specifiche progettuali.

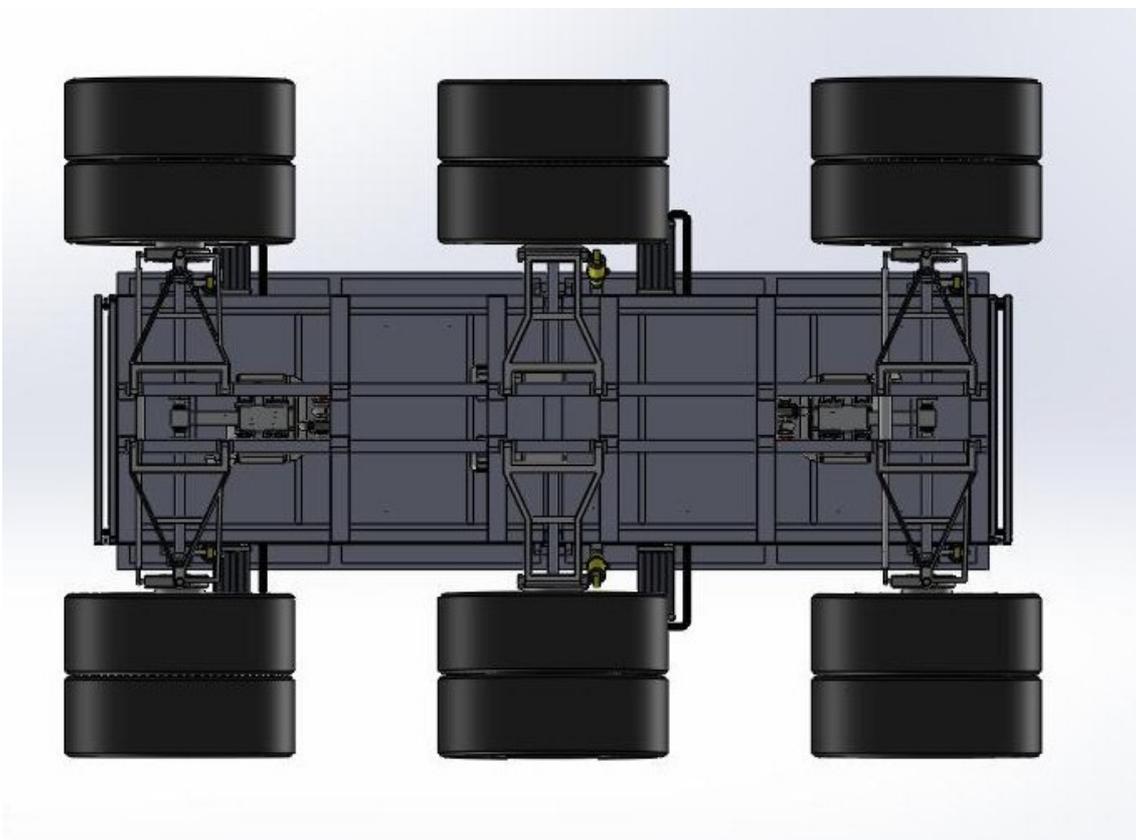


Da progetto sono presenti anche le carenature della parte inferiore, fatte con lamiera di alluminio da 3 mm rivettate a telaio, nella foto le abbiamo rese trasparenti per mostrare la geometria delle sospensioni e l'interno del vano motore.

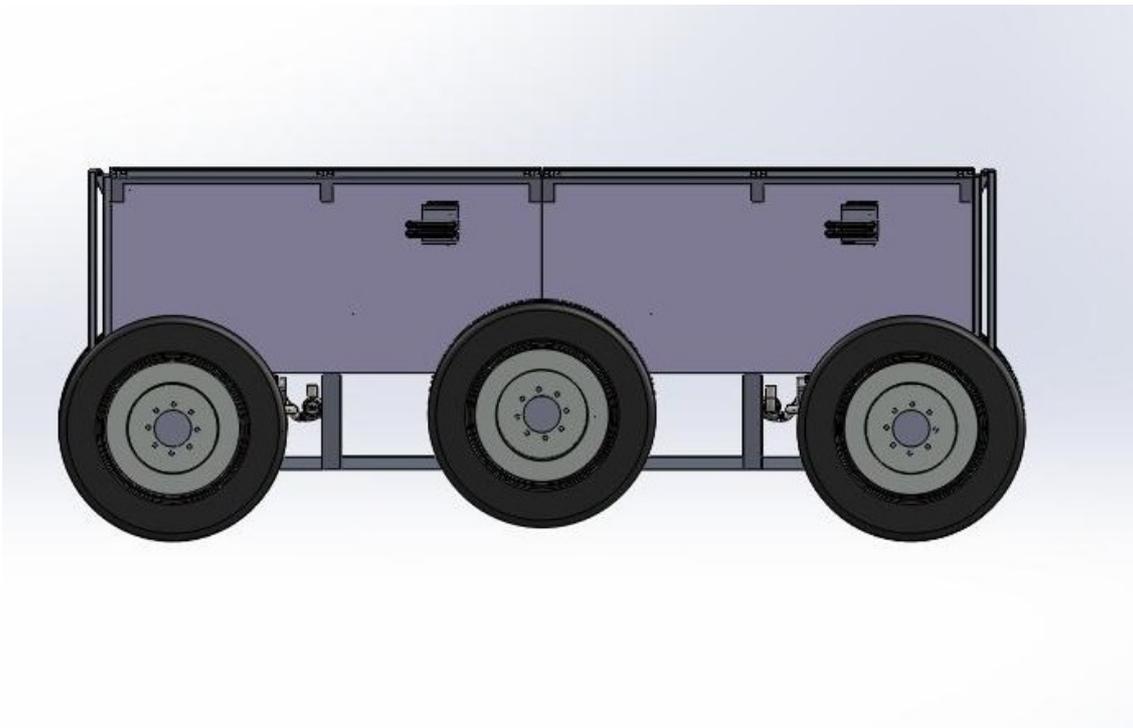
Vista superiore dell'autocarro:



Vista inferiore in cui è possibile notare i due gruppi sospensivi diversi:



Riportiamo un'immagine della vista laterale in cui è possibile notare in particolar modo la diversa altezza delle ruote centrali rispetto a quelle d'estremità. Questo perché, come ampiamente discusso in precedenza, le ruote centrali non devono essere sempre a contatto con il terreno in quanto non hanno funzione motrice durante il moto su pista, ma solo durante i fuoristrada.



Conclusioni

L'obbiettivo di questa tesi era sviluppare un autocarro ad uso desertico progettato per il trasporto sia di personale che di parti di ricambio per oleodotti. Durante tutte le fasi di progettazione dovevo tenere conto delle specifiche di progetto assegnate quali le dimensioni, lunghezza di 7 metri e larghezza di circa 4, la capacità di carico, 15000 kg, una velocità massima raggiungibile su pista asfaltata di 200 km/h, avere la sezione del telaio inferiore a V per ridurre il rischio di insabbiamenti e per permettere di guardare piccoli corsi d'acqua che potrebbe incontrare durante la missione ed infine avere le ruote sterzanti sia all'asse anteriore sia su quello posteriore.

Per prima cosa ho progettato il telaio di tipo reticolare in tubi scatolati di sezione quadrata in acciaio di dimensioni commerciali, come descritto nel capitolo dedicato siamo partiti da un primo progetto per poi effettuare una modifica alla parte inferiore per abbassare il baricentro di tutto l'autocarro. Il telaio verrà poi rivestito di lamiera di alluminio da 3 mm di spessore rivettata.

Successivamente ho disegnato il sistema di carico esterno, quattro sportelli fissati alla parte superiore del telaio che chiusi fungono da tetto dell'abitacolo ma che, ruotando di 180° formano un piano d'appoggio per i pezzi molto ingombranti pari a circa 21 m².

Data la struttura del veicolo con 6 ruote di notevoli dimensioni si è disegnato un sistema di entrata e uscita dall'abitacolo a rampe, sia all'anteriore che al posteriore, che una volta aperte garantiscono all'equipaggio un'agevole entrata ed uscita dall'autocarro.

L'interno è stato equipaggiato con 10 sedili appositamente disegnati in grado di garantire un elevato standard di sicurezza, sia un notevole spazio di carico interno essendo abbattibili.

I propulsori impiegati sono due Audi 8 cilindri 4200 TDI, uno all'asse anteriore ed uno all'asse posteriore ciascuno in grado di erogare 326 CV con una coppia motrice di 650 Nm abbinati al cambio Audi Tiptronic 6 rapporti, all'uscita del differenziale sono installati due riduttori 3:2. Il tutto montato su opportuni supporti appositamente studiati.

Per garantirne l'adeguato raffreddamento ho progettato un sistema composto da quattro gruppi, montati al di fuori della carrozzeria e paralleli al terreno formati ciascuno da 2 scambiatori di calore aria-acqua, due elettroventole, un convogliatore ed un estrattore, per tutta la descrizione si rimanda al capitolo 6.

Considerate le specifiche era necessario disegnare due gruppi sospensivi diversi, uno per l'asse anteriore-posteriore e uno per l'asse centrale, entrambi di tipo standard ma dimensionati in modo da creare una sospensione efficace per il tipo di utilizzo. Considerando che la sezione inferiore del telaio è a V abbiamo creato un braccio inferiore, uno superiore, un porta-mozzo, un mozzo ed un ammortizzatore completamente nuovi e studiati appositamente per il nostro veicolo. Abbinati a questi ci sono 6 ruote gemellate di diametro pari a 1845 mm, con pneumatici appositamente studiati, che ci garantiscono le specifiche di stabilità richieste e che, grazie alla loro larghezza di circa 1000 mm, permettono al veicolo di non insabbiarsi anche a pieno carico.

L'asse centrale, come descritto nel capitolo 9 e ben visibile dalle figure

d'assieme riportate in precedenza rimane staccato dal terreno durante l'utilizzo del mezzo su pista asfaltata ma potrà essere azionato in caso di emergenza perché equipaggiato con due motoriduttori modulari ortogonali da 40 kW ciascuno.

Bibliografia

- [1]. “Lezioni di meccanica applicata alle macchine vol.1”, E.Fumaioli – A. Maggiore – U. Meneghetti, Pàtron Editore, Bologna 1989.
- [2]. “Progetto e costruzione di macchine”, J.E Shigley – C.R Mischke – R,G. Budynas, edizione italiana a cura di P.G. Molari, McGraw-Hill, Milano 2005.
- [3]. “Il nuovo manuale di meccanica”, quarta edizione, Zanichelli editore, Bologna 2007.
- [4]. “Meccanica dei solidi – Elementi di scienza delle costruzioni”, *Beer F. P. - Johnston E. R., jr. - DeWolf J. T.*, seconda edizione italiana a cura di Giuliano Augusti, McGraw-Hill, Milano 2002.
- [5]. “SKF Quaderni formativi – Elementi di meccanica delle trasmissioni”, fornito da SKF Industrie S.p.a.
- [6]. “SKF quaderni di formazione – I cuscinetti volventi”, fornito da SKF Industrie S.p.a.
- [7]. “Motori endotermici alternativi”, Minelli G.
- [8]. Appunti delle lezioni del corso di “Costruzione di Macchine L”, del Professor P.G. Molari.
- [9]. Appunti delle lezioni del corso di “Meccanica degli azionamenti L”, del Professor U. Meneghetti.
- [10]. Appunti delle lezioni del corso di “Macchine idrauliche e motori a combustione interna L”, del Professor Minelli G.
- [11]. “Inside TTX - The Ohlins TT manual”, Ohlins Racing AB, 1st edition, Sweden 2005.
- [12]. Software “Solid Edge” V.20.
- [13]. Software “Microsoft Office 2007”.
- [14]. Software “GT-SUIT” e “GT-Power”.
- [15]. Tesi di Laurea “Studio ed ottimizzazione di una trasmissione per macchina movimento terra” di Davide Sandoni.
- [16]. Tesi di Laurea “Studio del comportamento dinamico su strada della vettura Astura” di Eugenio Morganti.