



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE (DIN)

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA AEROSPAZIALE

**PROGETTAZIONE DI ELEMENTI PER
L'INTEGRAZIONE DI
COMPONENTISTICA ELETTRICA ED
ELETTRONICA DI UNA VETTURA
PROTOTIPALE IBRIDA SOLARE-FUEL
CELL**

Tesi di laurea in Turbomacchine

Relatore

Prof. Vittorio Ravaglioli

Correlatori

Dott. Ing. Giacomo Silvagni

Ing. Andrea Nicolò Damiani

Ferretti

Presentata da

Giovanni Vernazzaro

Sessione di dicembre 2024

Anno accademico 2023/2024

Indice

1	Introduzione	5
2	Cenni Teorici.....	7
2.1	Solidworks	7
2.2	Emilia 4H	9
2.3	Componenti elettronici.....	15
2.3.1	Centralina	15
2.3.2	Relè	16
2.3.3	Indicatori led	17
2.3.4	Connettori “DB-9” e “Banana”	18
3	PROGETTAZIONE	19
3.1	Contenitori per componenti elettronici	19
3.2	Fissaggi	23
3.3	Layout pannello led e relay boards	27
4	Connessioni	32
5	Conclusioni	37
6	Bibliografia	38

Indice delle figure

Figura 1: Barra comandi "Sketch"	7
Figura 2: Barra comandi " features".....	7
Figura 3: Interfaccia inserimento relazioni	8
Figura 4: (a) Emilia 4H, vista frontale (b) Emilia 4H, vista laterale.....	9
Figura 5: (a) Dimensioni Emilia 4H, vista laterale (b) Dimensioni Emilia 4H, vista dall'alto	10
Figura 6: (a) MPPT (b) MPPT montata su Emilia 4H	11
Figura 7: (a) Batteria di "Archimede Energia "posizionata nel tunnel centrale di Emilia 4H	13
Figura 8: (a) coda di Emilia 4H (b) vano per lo stoccaggio dell'idrogeno di Emilia 4H (c) serbatoio per lo stoccaggio dell'idrogeno su Emilia 4H.....	14
Figura 9: Centralina veicolo "Miracle 2"	15
Figura 10: Relè.....	17
Figura 11: Indicatore led	18
Figura 12: a) Connettore femmina DB-9 b) Connettore femmina banana.....	18
Figura 13: Relay board utilizzata su Emilia 4H	19
Figura 14: (a) RS 517 3484 (b) RS 517 3333 (c) Pomona 2397.....	20
Figura 15: RS 517 3333 modificata per alloggiare relay board progettata su Solidworks	21
Figura 16: a) Coperchio Tyenaza box b) Interno Tyenaza box c) Tyenaza box assemblata	22
Figura 17: Tyenaza Box, progettata su Solidworks.....	23
Figura 18: Fissaggi di tipo Binario, progettato su Solidworks.....	24
Figura 19: (a) Fissaggi angolari, progettati su Solidworks (b) Fissaggi angolari implementati su Solidworks.....	25
Figura 20: Fissaggio finale relay board a box con scheda millefori	25
Figura 21: Scheda millefori, progettata su Solidworks.....	26
Figura 22: Fissaggio relay board a box con scheda millefori, progettato su Solidworks	26
Figura 23: Vista in sezione della configurazione finale	27

Figura 24: Layout finale, configurazione finale.....	28
Figura 25: Indicatore led, progettato su Solidworks	29
Figura 26: Pannello led	30
Figura 27: Aperture input relay board 2.....	32
Figura 28: Aperture output relay board 2.....	35
Figura 29: Modifiche input/output per relay board 1.....	36

Indice delle tabelle

Tabella 1: Legenda indicatori led.....	31
Tabella 2: Tabella di input della relay board 1, trasmessi dal canale A della VCU	33
Tabella 3: Tabella di input della relay board 2, trasmessi dal canale “B” e “C” della VCU	34

1 Introduzione

Il progetto “Emilia 4H” si occupa della progettazione di una vettura prototipale ibrida, alimentata da una batteria, pannelli solari e una fuel cell.

Nei mesi durante il quale si è svolta l’attività di tesi, il progetto richiedeva lo sviluppo, la progettazione e i test dell’impianto elettrico della vettura.

In particolare, è stato richiesto l’apprendimento e l’utilizzo del software “Solidworks”, impiegato per la progettazione 3D dei componenti necessari allo sviluppo del nuovo comparto elettrico ed elettronico.

Nella prima parte dell’attività, si è studiato e compreso il layout e il funzionamento di Emilia 4H. Mediante la documentazione raccolta, redatta e fornita da coloro che hanno partecipato al progetto precedentemente, si è potuto riprendere la ricerca da una base di conoscenze pregresse.

Il gruppo di lavoro di Emilia 4H si è occupato di testare il pacco batteria e la fuel-cell, inoltre ha progettato il layout e le connessioni di tutto l’impianto elettrico. Nello specifico, questa tesi tratta la progettazione di boxes e di fissaggi per il contenimento dei relè dell’automobile, oltre che dei loro collegamenti tra i diversi apparati elettrici ed elettronici presenti. In aggiunta, si è analizzata la progettazione di un pannello led, con l’ausilio del quale il pilota possa verificare il corretto funzionamento dei vari sistemi di bordo.

Il lavoro ha richiesto una prima parte in laboratorio nella quale sono state effettuate delle misurazioni sul telaio dell’auto; nella seconda parte, invece, si è stimato il posizionamento di tutti i componenti progettati in base alle dimensioni precedentemente ottenute.

L’attività di tesi è stata svolta all’interno di strutture de campus di Forlì dell’Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, quali il laboratorio di Meccanica e Aeronautica, situato in via Cicognani 5/7, e la sede di via Fontanelle 40.

Il laboratorio è fornito di tutte le attrezzature e macchine da lavoro utili per svolgere attività di ricerca nell’ambito meccanico e aeronautico, oltre che di tutti i dispositivi di protezione collettivi e individuali necessari per compiere in modo efficiente e sicuro l’attività di tirocinio.

Nello specifico, sono presenti banchi prova e ambienti in cui testare la componentistica elettronica e meccanica su cui verte il lavoro, oltre che un’area in

cui sono situate macchine utensili per asportazione di truciolo, minuteria e utensili da lavoro.

Il gruppo di lavoro di Emilia 4H si riuniva in incontri settimanali sia nei laboratori universitari, sia online tramite la piattaforma Teams, al fine di un corretto e fluido avanzamento coordinato del progetto; inoltre era previsto un aggiornamento ed un confronto quotidiano con i propri supervisori riguardo i compiti svolti singolarmente.

2 Cenni Teorici

2.1 Solidworks

L'utilizzo di un software per il disegno CAD è stato essenziale per potere rappresentare le connessioni e il posizionamento della componentistica, senza avere necessità fisica della stessa.

La prima parte dell'attività di tesi infatti è stata impiegata per l'apprendimento dell'utilizzo e della meccanica di "Solidworks".

Il programma permette la progettazione parametrica di componenti 3D chiamate "parti", le quali possono essere connesse ad altre per formare "assiemi", che infine costituiranno il corpo da realizzare [1].

Per poter ottenere una "parte", il software richiede la realizzazione di uno o più schizzi 2D, da creare su uno dei tre piani di riferimento: piano superiore, piano laterale, piano frontale.

L'utilizzo della barra comandi dello schizzo permette la progettazione di componenti di molteplici forme.

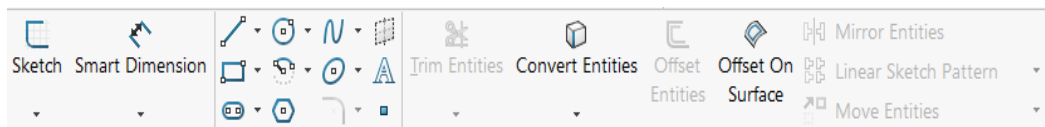


Figura 1: Barra comandi "Sketch"

Successivamente lo schizzo verrà "estruso" per poter fornire la terza dimensione e quindi modellare il componente. Tra le funzioni più utilizzate c'è il taglio, con il quale si possono creare aperture o fori nelle superfici già estruse. È possibile, inoltre, creare la filettatura per l'utilizzo di viti.

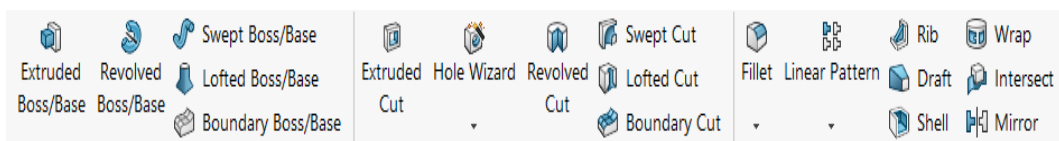


Figura 2: Barra comandi "features"

Infine, una volta create le “parti” è essenziale metterle in relazione tra loro per costituire l’“assieme”. Questo è possibile tramite le funzioni “mate” del software. Le due “mate” principali sono: la “coincidenza”, che permette l’unione due componenti, e la “concentricità”, che rende concentriche due entità (quest’ultima è principalmente utilizzata per i fissaggi con viti).

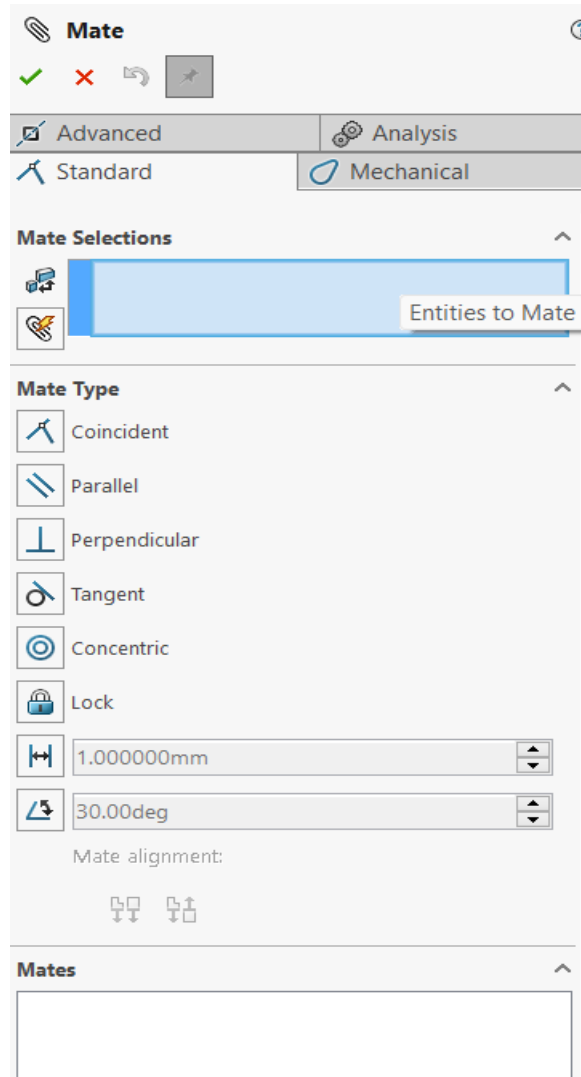


Figura 3: Interfaccia inserimento relazioni

Il software permette anche di creare saldature, di utilizzare un ampio numero di materiali e di effettuare lavorazioni come se le funzioni solide fossero lamiere [1].

2.2 Emilia 4H

L'attività di tesi si è occupata della progettazione di elementi per l'implementazione di componenti elettrici ed elettronici a bordo della vettura prototipale universitaria: "Emilia 4H".



(a)



(b)

Figura 4: (a) Emilia 4H, vista frontale (b) Emilia 4H, vista laterale

La conoscenza dell'auto e di alcuni aspetti del suo funzionamento è stata essenziale per poter condurre agevolmente la ricerca. Il gruppo "Emilia 4H" si è occupato di riprogettare, migliorare e implementare sistemi che non erano presenti a bordo della versione precedente, "Emilia 4".

Le dimensioni della vettura sono molto simili a quelle della versione precedente, in quanto il telaio è stato mantenuto invariato, ad eccezione della coda, completamente riprogettata, includendo la creazione di un nuovo da 443 L, che potesse contenere il serbatoio per l'idrogeno e la fuel cell.

Le dimensioni della vettura possono essere riassunte negli schemi sottostanti.

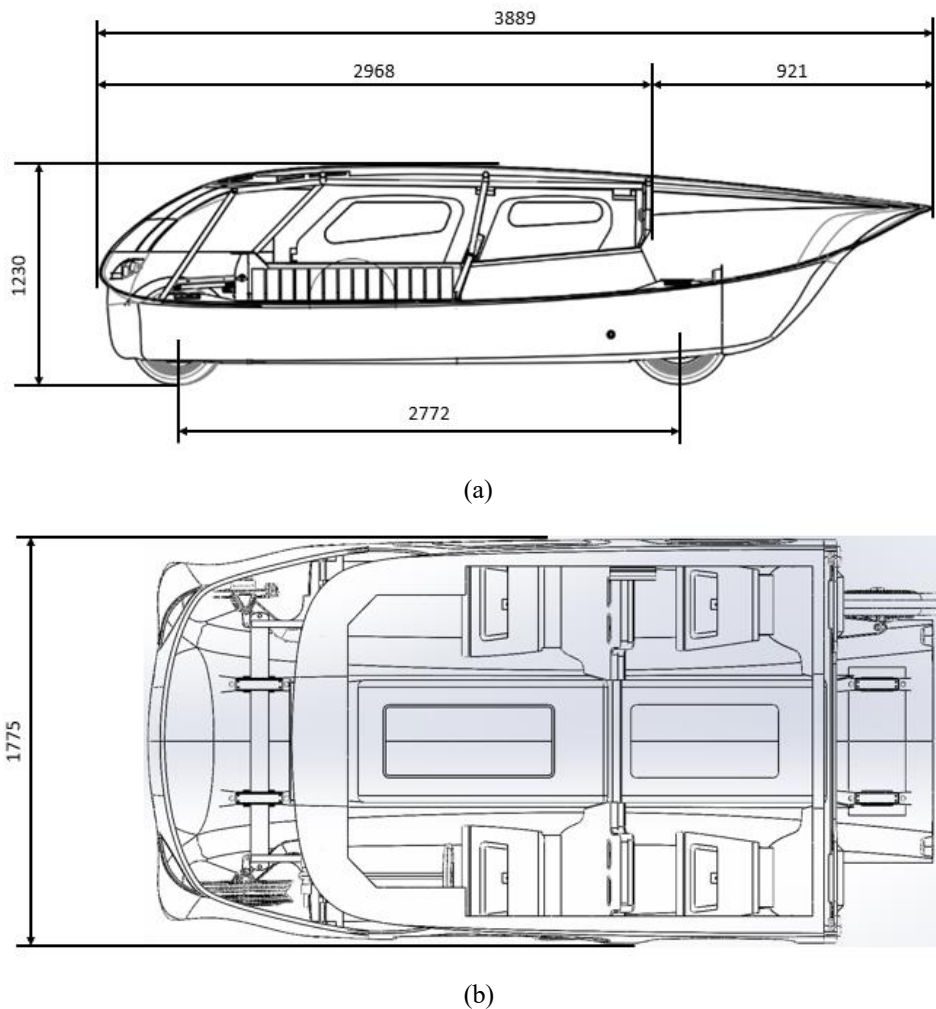


Figura 5: (a) Dimensioni Emilia 4H, vista laterale (b) Dimensioni Emilia 4H, vista dall'alto

Il nuovo programma di lavoro propone la progettazione di una vettura con alimentazione ibrida, che possa competere nelle gare automobilistiche alle quali partecipano le vetture prototipali elettriche del resto del mondo.

L'affiancamento di un'alimentazione fornita dall'idrogeno, stoccato a bordo in un serbatoio, permetterà di non dipendere più esclusivamente dall'energia solare, che viene ricavata dai pannelli installati su tutta la superficie del tettuccio dell'auto.

I pannelli fotovoltaici variano l'efficienza del trasferimento di carica in base alle condizioni di temperatura, ombra, quantità di luce disponibile e delle caratteristiche elettriche del carico. Al variare di queste condizioni cambia la caratteristica del carico che permette il trasferimento di potenza massimo.

Ragione per cui vengono utilizzati sistemi MPPT ("Maximum Power Point Tracking"), per l'inseguimento costante del punto di massimo trasferimento di potenza alla massima efficienza [2].

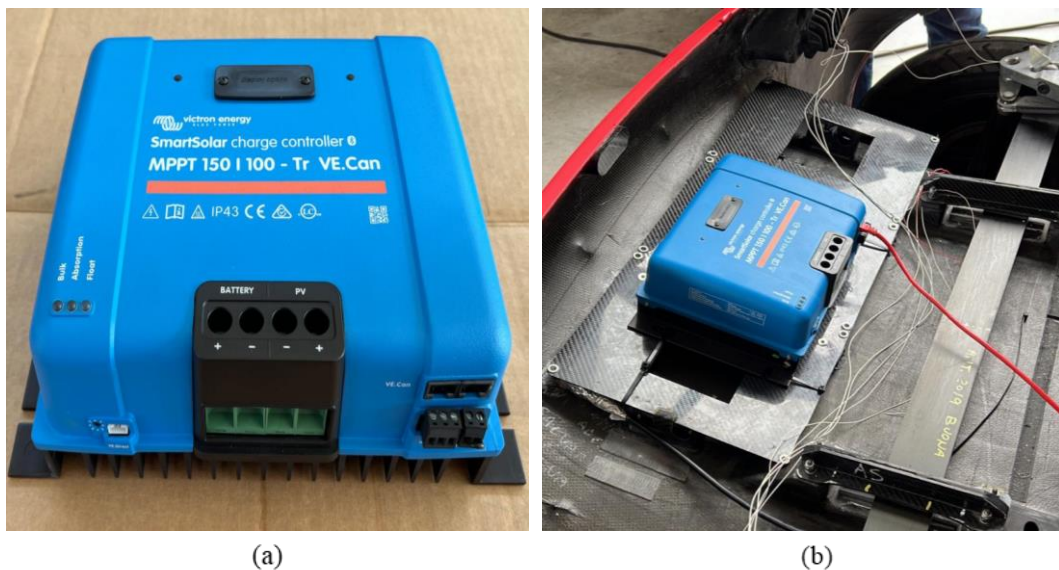
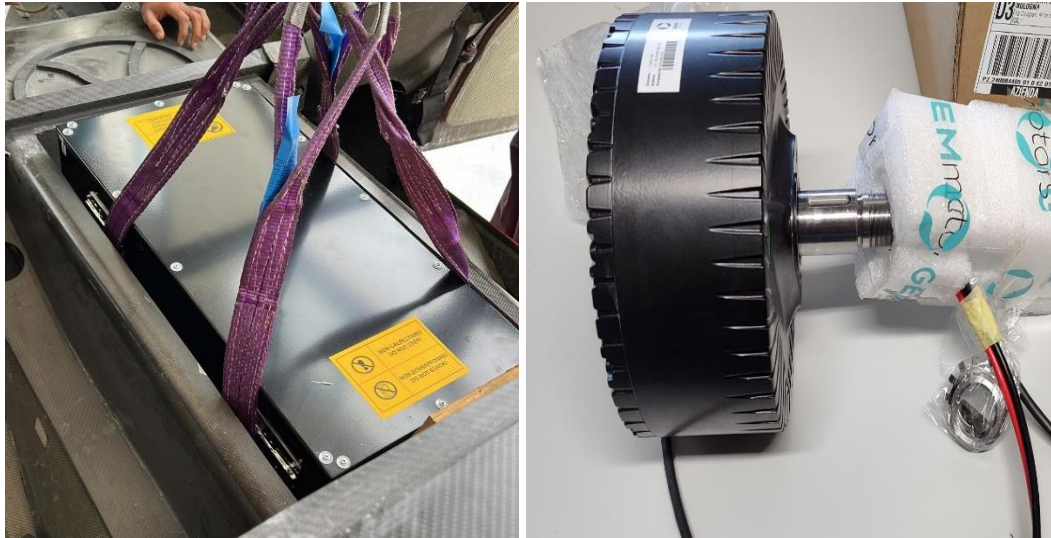


Figura 6: (a) MPPT (b) MPPT montata su Emilia 4H

L'utilizzo di una cella a combustibile ("fuel cell" in inglese) fornita da "H3 Dynamics" permetterà di convertire l'energia chimica dell'idrogeno, che è il combustibile, in energia elettrica, sfruttando la reazione con l'ossigeno, producendo acqua come unico sottoprodotto di reazione. Questa energia elettrica verrà poi utilizzata per ricaricare la batteria dell'automobile [1].

La batteria “LiNMC” al litio e ossido di nickel-manganese-cobalto dell’azienda italiana “Archimede Energia”, alimenta la vettura con una tensione nominale di 48 V e una capacità di 200 Ah. Per il monitoraggio continuo delle grandezze fisiche caratteristiche è presente un “BMS” (“Battery Management System”). Tra i parametri controllati sono presenti: il bilanciamento energetico delle celle, il calcolo dello stato di carica (“State Of Charge”, SOC) e dello stato di salute (“State Of Health” SOH). Tutte queste grandezze ed altri parametri di interesse vengono registrati in un “Data Logger”, per analizzare eventuali problematiche e il comportamento della batteria nei vari ambienti e modalità di utilizzo.

La trazione è fornita da due motori elettrici multifase a magneti permanenti della casa costruttrice “GEM Motors”, che vengono montati sulle ruote posteriori. Questi forniscono una potenza nominale è di 3 kW e una massima di 4,5 kW, mentre la coppia nominale è di 100 Nm e quella massima di 140 Nm.



(a)

(b)



(c)

*Figura 7: (a) Batteria di "Archimede Energia" posizionata nel tunnel centrale di Emilia 4H
(b) Motore elettrico di "GEM Motors" (c) Fuel cell di "H3 Dynamics"*

Il telaio della vettura è stato modificato creando una zona isolata, che potesse ospitare la fuel cell e il serbatoio contenente l'idrogeno. A causa della natura esplosiva di questo elemento, si necessitava di spazi che permettessero un ricambio d'aria, al fine di scongiurare la formazione di nuvole di gas entro il limite di infiammabilità dell'idrogeno.



(a)

(b)



(c)

Figura 8: (a) coda di Emilia 4H (b) vano per lo stoccaggio dell'idrogeno di Emilia 4H (c) serbatoio per lo stoccaggio dell'idrogeno su Emilia 4H

L'implementazione di un metodo di alimentazione aggiuntivo ha ampliato la quantità di componentistica elettrica ed elettronica presente a bordo, così da richiedere una valutazione del layout elettrico e del cablaggio molto accurata. Lo stesso alloggiamento dei componenti deve permettere che le connessioni siano le più ordinate e lineari possibili, così da agevolare il cablaggio e le sostituzioni in caso di guasto.

2.3 Componenti elettronici

2.3.1 Centralina veicolo

A bordo di Emilia 4H è installata una centralina veicolo (“Vehicle control Unite” VCU), denominata “Miracle 2”, prodotta dall’azienda italiana “Alma Automotive”. “M2” si occupa del controllo e monitoraggio delle funzioni dei motori e dell’intero veicolo grazie ai dati forniti dai sensori installati a bordo. Le dimensioni compatte e la resistenza ad alti livelli di vibrazioni la rendono perfetta per le applicazioni nel settore automobilistico e del motorsport.



Figura 9: Centralina veicolo "Miracle 2"

La VCU oltre ad acquisire dati e avere funzione di “data logger”, permette il controllo degli attuatori e dei feedback, nonché il monitoraggio dei valori limite e della gestione degli allarmi [3]. L’acquisizione dei dati registrati e di grafici riguardanti la telemetria sono possibili utilizzando una connessione ethernet tra M2 e un pc.

Tra le sue funzionalità principali riscontriamo:

- Gestione della coppia dei motori elettrici e dell’erogazione di potenza.
- Gestione della SOC, monitoraggio della SOH, controllo della temperatura e della ricarica della batteria.

- Coordinamento della frenata rigenerativa
- Rilevazione di errori e malfunzionamenti, adottando modalità di sicurezza all'occorrenza

La VCU riceve una tensione di alimentazione pari a 5 V ed è dotata di 24 canali di input analogici, di cui due ad alta tensione, e 16 digitali. Tra gli ingressi analogici sono presenti tutte le rilevazioni provenienti dai sensori di pressione e temperatura dell'auto, e anche acquisizioni ricevute dai potenziometri dell'acceleratore. Come input digitali, invece, la centralina dell'auto riceve segnali provenienti dai motori elettrici e dal BMS mediante la linea can_0, e dal sistema di propulsione dell'idrogeno e dal MPPT attraverso la linea can_1.

In uscita, invece, M2 ha tre connettori da 43 pin ciascuno, denominati: "Channel A", "Channel B" e "Channel C".

Il canale "A" viene collegato alla relay board 1 per il controllo dei segnali riguardanti i motori elettrici, la MPPT e la segnalazione dell'interruzione del trasferimento di dati lungo la linea "can_0". Channel "B" si occupa del trasferimento dei segnali relativi al BMS mentre il canale "C" quelli relativi al sistema di controllo dell'idrogeno, entrambi sono connessi alla relay board 2.

2.3.2 Relè

Per lo sviluppo di "Emilia 4H", questa attività di tesi ha trattato la progettazione di componentistica che potesse permettere l'installazione e il funzionamento dei relè, per il controllo dell'impianto elettrico. Costituiti da una serie di terminali di ingresso, i relè si occupano di proteggere l'impianto elettrico con apertura e chiusura di un contatto. I relè di potenza sono impiegati per l'apertura e la chiusura di interruttori e si attivano grazie a circuiti in cui si lascia passare la corrente [4]. Questo dispositivo è costituito da una bobina di filo di rame attorno ad un nucleo di materiale ferromagnetico, il cui funzionamento si basa sulle caratteristiche dei semiconduttori. Al passaggio di corrente elettrica attraverso la bobina, si crea una forza elettromagnetica che forza il contatto ad aprirsi o chiudersi a seconda della modalità di funzionamento. Il ritorno del contatto nella propria condizione di "riposo" è assicurato dalla gravità oppure più frequentemente da una molla [5].

Oltre ad essere interruttori, questi permettono di trasferire dei valori di corrente maggiori rispetto alla centralina dell'auto, che al contrario opera con valori di corrente prossimi a 0,1 A.

Per Emilia 4H si è scelto di utilizzare due relay boards dell'azienda costruttrice "Seeid". Ciascuna relay board ospita dei relè caratterizzati dalle seguenti specifiche elettriche: tensione di alimentazione in ingresso 5V c.c. e una corrente a 85 mA.

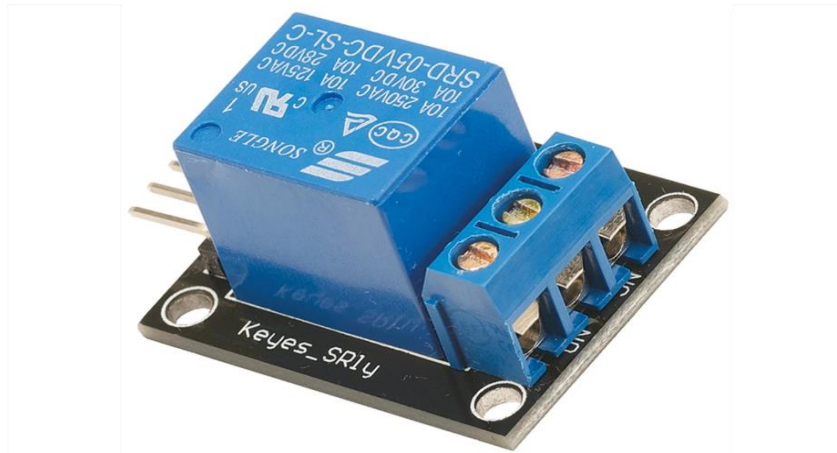


Figura 10: Relè

2.3.3 Indicatori led

Per il pannello di controllo dei sistemi presenti a bordo, sono stati impiegati degli indicatori led dell'azienda costruttrice "RS PRO", i quali hanno una tensione nominale di ingresso di 12V c.c. ed una corrente nominale di 20 mA. Sono stati implementati quattro colori per agevolare il pilota nella comprensione del sistema a cui si riferisce il led:

- VERDE → Segnalazioni dal BMS (Battery Management System)
- BLU → Indicazioni legate al sistema di utilizzo dell'idrogeno
- ROSSO → Stato funzionamento dei motori elettrici
- GIALLO → Indicazioni di potenza e MPPT

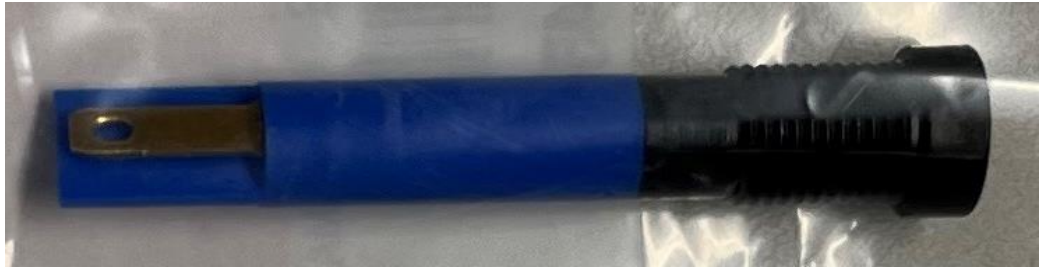


Figura 11: Indicatore led

2.3.4 Connettori “DB-9” e “Banana”

I connettori “DB-9” contengono nove pin disposti in due file parallele circondati da una calotta a forma di “D”, comunemente in metallo, acciaio o plastica. Tali dispositivi vengono utilizzati per la trasmissione seriale in elettronica tra due dispositivi di comunicazione e sono caratterizzati da terminazioni in metallo che richiedono una saldatura con i cavi utilizzati per la trasmissione [6].

I connettori di tipo “Banana” sono stati utilizzati, in questa applicazione, per le connessioni di potenza e per la messa a terra dei componenti.

Il connettore ha un diametro di 4 mm che termina con un polo bombato, all’interno del quale è presente una molla che permette il bloccaggio a seguito dell’inserimento nella presa [7].



(a)

Figura 12: a) Connettore femmina DB-9



(b)

b) Connettore femmina banana

3 PROGETTAZIONE

3.1 Contenitori per componenti elettronici

Per il controllo dei vari segnali elettrici, inviati dalla centralina a tutti gli utilizzatori, e per l'accensione, lo spegnimento o per permettere agli indicatori led di lampeggiare (“blinking”), Emila 4H si serve di sedici relay, disposti su due tavolette.

Ciascuna board ha un volume di involucro massimo di 134.6 x 52.2 x 18.5 mm (L x W x H).

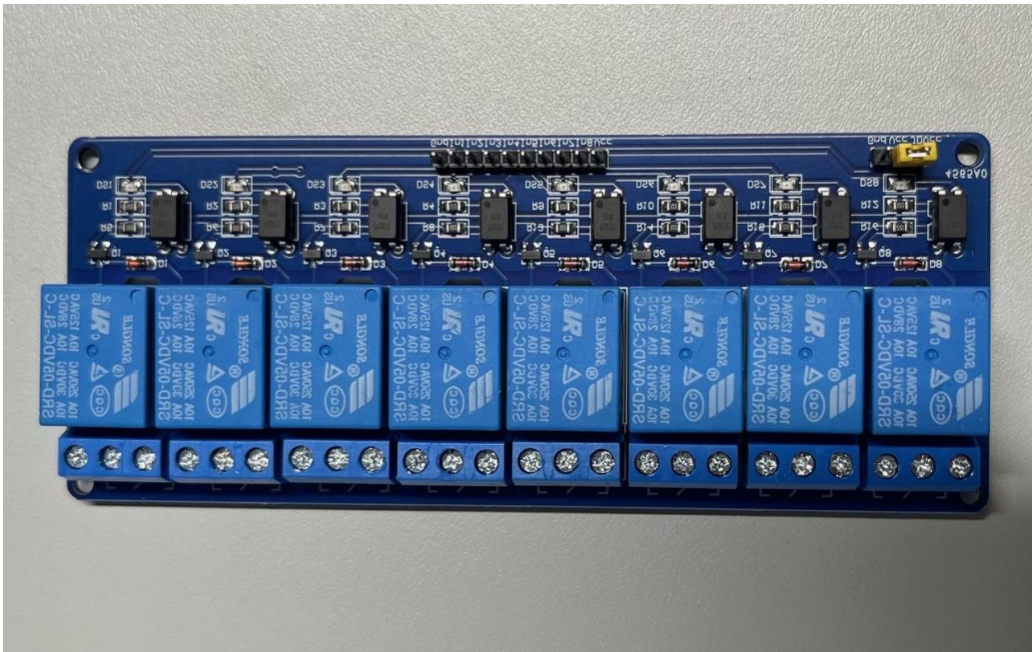


Figura 13: Relay board utilizzata su Emilia 4H

Una delle prime necessità da soddisfare quindi, era la progettazione di un loro alloggiamento, che garantisse un efficiente sviluppo dei collegamenti, tra l'interno del contenitore e l'esterno, affidabilità durante la marcia del veicolo e una manutenzione agevolata. Le prime valutazioni sono state svolte sulle scatoline protettive RS 517 3333, RS 517 3484 e Pomona 2397. Tutte boxes in lega di alluminio 1100, che permettono di schermare fenomeni di interferenza

elettromagnetica (Electromagnetic Interference, EMI), ovvero disturbi di alta frequenza che influenzano i circuiti a causa di radiazioni provenienti dall'esterno [4].

Oltre ad essere leggere e ideali per contenere attrezzature industriali, elettroniche e altre apparecchiature sensibili, sono resistenti alle alte temperature, fino a circa 250°C.

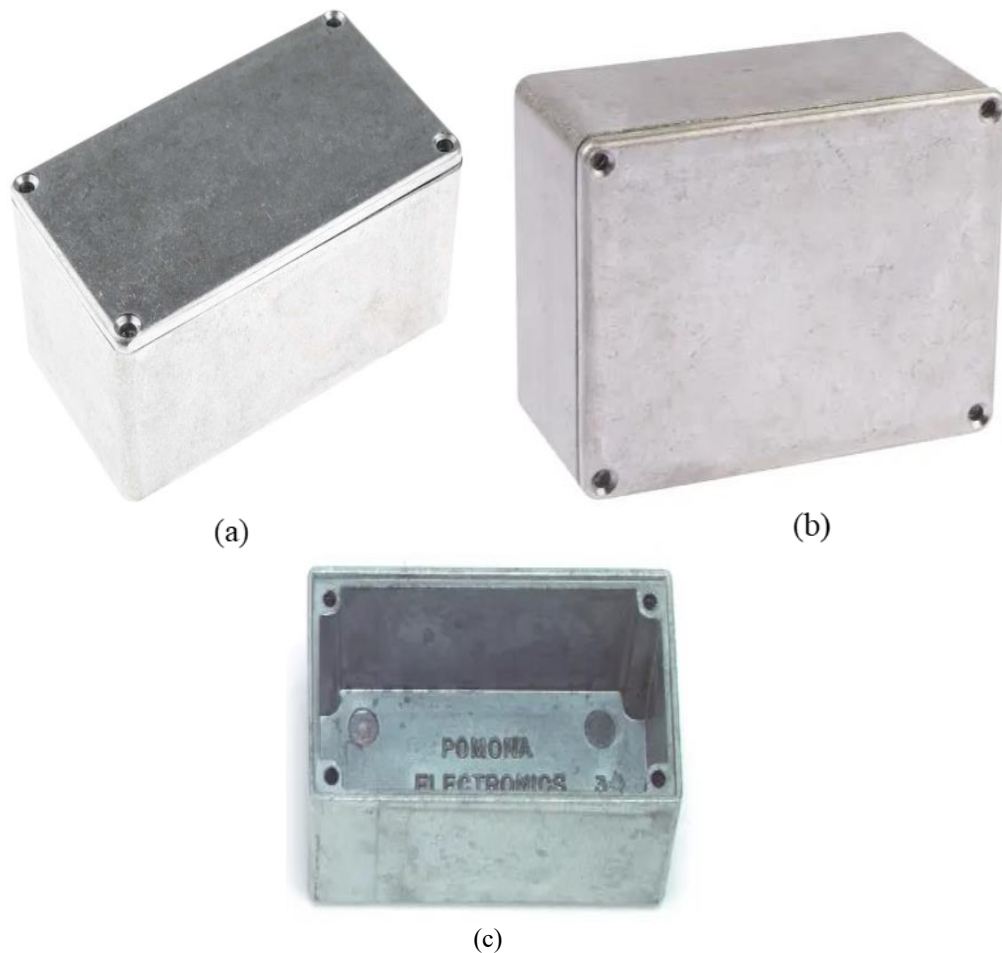


Figura 14: (a) RS 517 3484 (b) RS 517 3333 (c) Pomona 2397

A seguito della loro rappresentazione su “Solidworks”, sono state aggiunte delle modifiche al corpo, atte a permettere il contenimento delle relay boards sopracitate. L’esigenza di essere contenuti negli spazi occupati, infatti, aveva condotto alla

valutazione di contenitori di piccole dimensioni, i quali necessitavano di aperture su alcune facce, per ospitare i relè.

Successivamente, sono state inserite all'interno del progetto dei contenitori le relay boards, disegnate utilizzando le loro quote di massimo ingombro in modo da lavorare con un margine di sicurezza quando le box sarebbero state modificate.

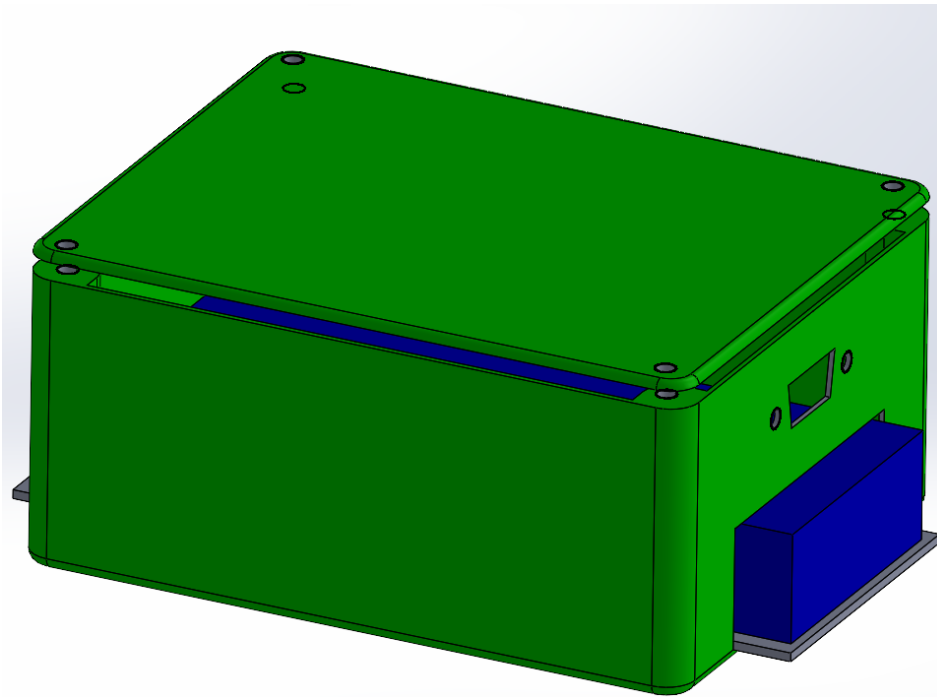


Figura 15: RS 517 3333 modificata per alloggiare relay board progettata su Solidworks

Successivamente ai rilevamenti, presi direttamente a bordo della vettura, e ai confronti col gruppo di lavoro, si è deciso di optare per una scelta di compromesso così da non dover lasciare aperture di alcun genere nel corpo dei contenitori, al netto dei fori per i connettori DB-9 e Banana, e rimanendo pur sempre entro la zona di posizionamento prefissata.

Le scatole di derivazione, dell'azienda produttrice Tyenaza (200 x 120 x 55.5 mm), verranno montate al di sotto del coperchio del tunnel centrale dell'auto.



(a)



(b)



(c)

Figura 16: a) Coperchio Tyenaza box b) Interno Tyenaza box c) Tyenaza box assemblata

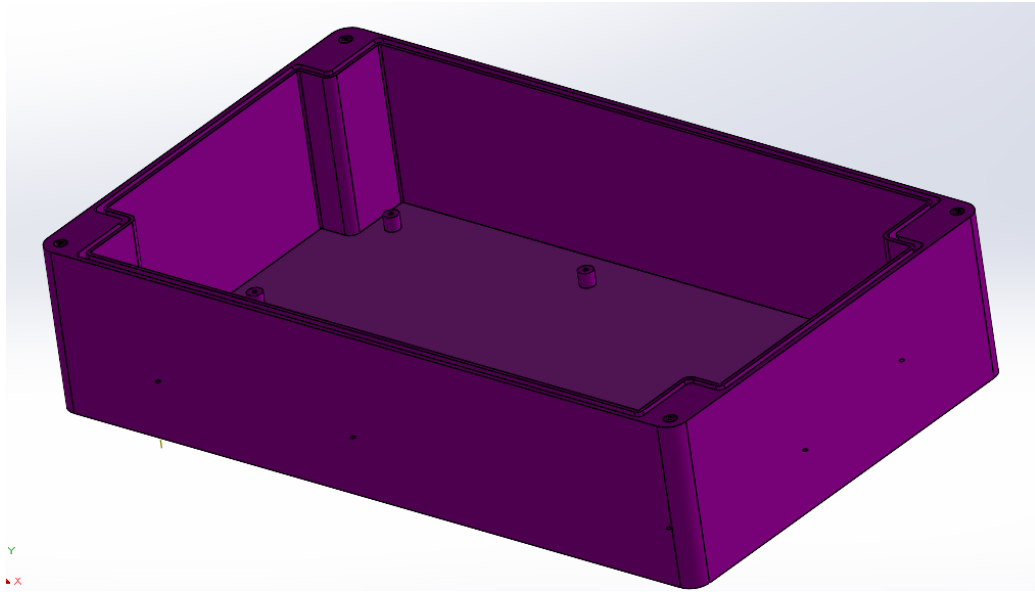


Figura 17: Tyenaza Box, progettata su Solidworks

3.2 Fissaggi

Scelti il tipo di contenitori e le relative dimensioni, si è ideato l'ancoraggio delle boards ai propri alloggiamenti. Tra le principali condizioni del fissaggio si sono considerate:

- **Praticità:** caratteristica che permette di potere comodamente inserire e rimuovere le relay boards ed anche necessaria per la facile sostituzione in caso di eventuale guasto del componente.
- **Compattezza:** essenziale a causa degli spazi ridotti in cui poter posizionare i bloccaggi.

Inoltre, al fine di rendere più agevoli le connessioni tra i relè e l'esterno, era necessario che queste potessero avvenire quando ancora la board non fosse fissata, quindi fuori dalle proprie scatole contenitrici.

Queste valutazioni hanno condotto, in fase di progettazione, a valutare tre diverse possibili soluzioni alternative: binari, clip e schede millefori.

I primi permettevano l'inserimento e il bloccaggio delle barrette tramite il loro scorrimento, manovra che però avrebbe richiesto più spazio e di conseguenza anche

una differente modalità di posizionamento dei contenitori. Infatti, le box sarebbero state fissate con delle viti tra il proprio fondo e il coperchio del tunnel centrale dell'auto. Inoltre, sarebbero stati impiegati anche i coperchi delle box Tyenaza, superfici dove sarebbe avvenuto l'ancoraggio dei binari e quindi delle tavolette, a causa della maggior richiesta di spazio per l'inserimento della board tra i fissaggi, e quindi per il suo bloccaggio.

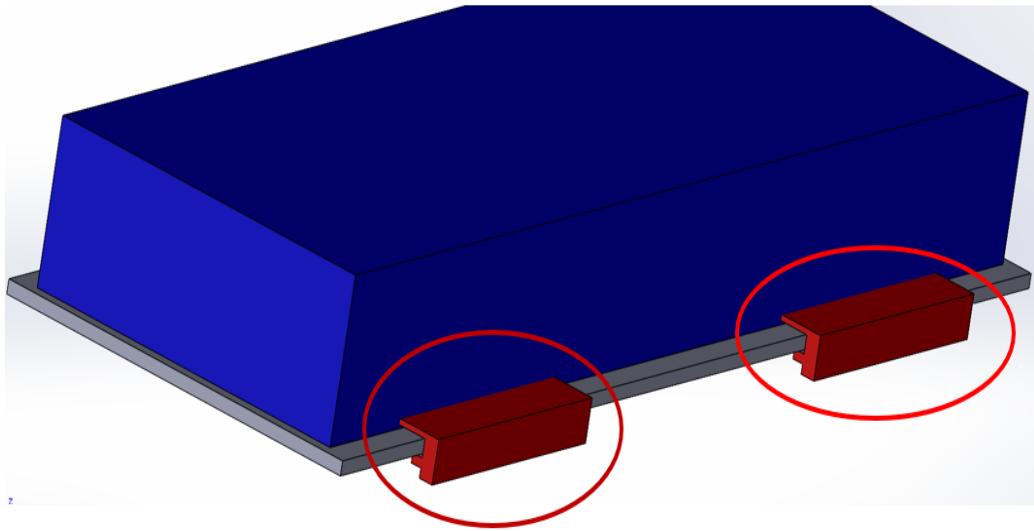


Figura 18: Fissaggi di tipo Binario, progettato su Solidworks

La seconda opzione, ossia l'utilizzo di angolari clip, rispettava le condizioni precedentemente elencate.

L'inserimento del contenuto comportava una flessione delle alette, le quali permettevano il bloccaggio a seguito del proprio ritorno nella posizione originaria. L'utilizzo degli angolari non necessitava dei coperchi delle box Tyenaza in quanto si sarebbero disposti sul fondo della scatola con l'utilizzo di viti.

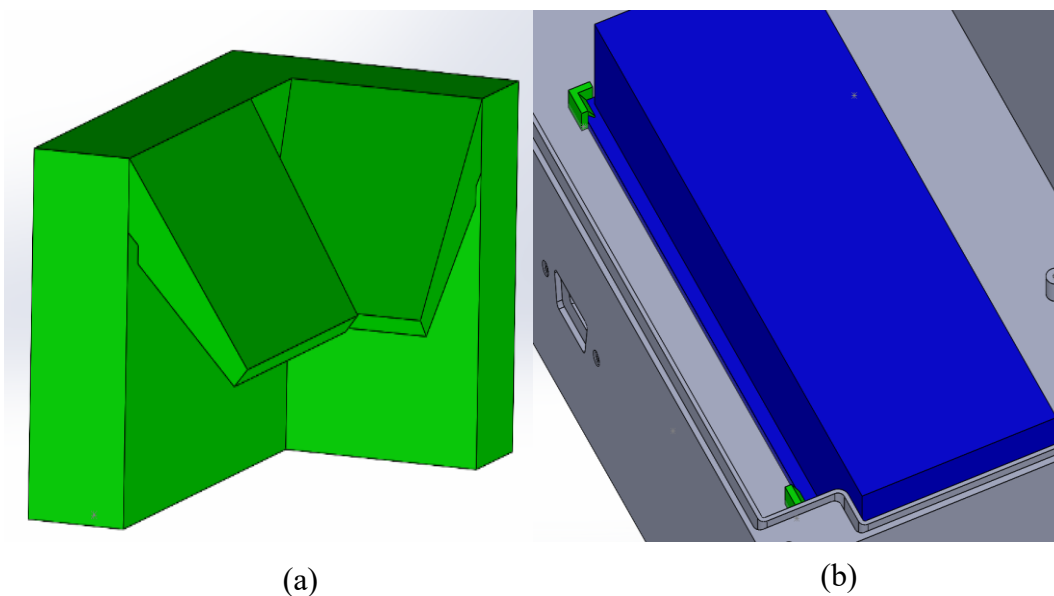


Figura 19: (a) Fissaggi angolari, progettati su Solidworks (b) Fissaggi angolari implementati su Solidworks

Infine, a seguito delle valutazioni condotte, la soluzione che più si adattava alle richieste era l'utilizzo di una scheda millefori come modalità di ancoraggio tra le relay boards e i propri contenitori. L'impiego di questo dispositivo permette il fissaggio utilizzando gli alloggiamenti per le viti, presenti sul fondo della scatola. Le dimensioni della scheda scelta sono 220 x 100 mm.

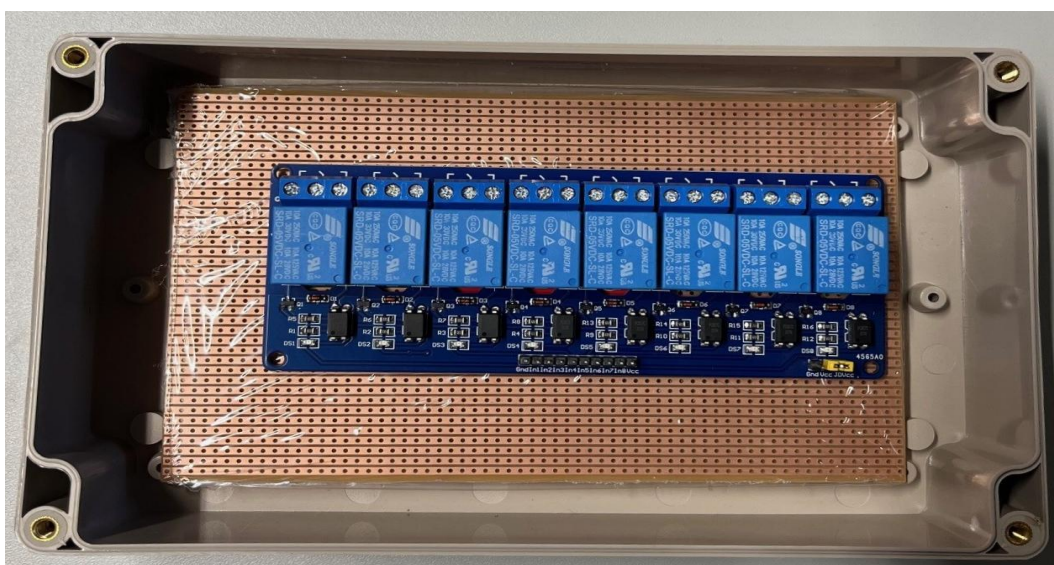


Figura 20: Fissaggio finale relay board a box con scheda millefori

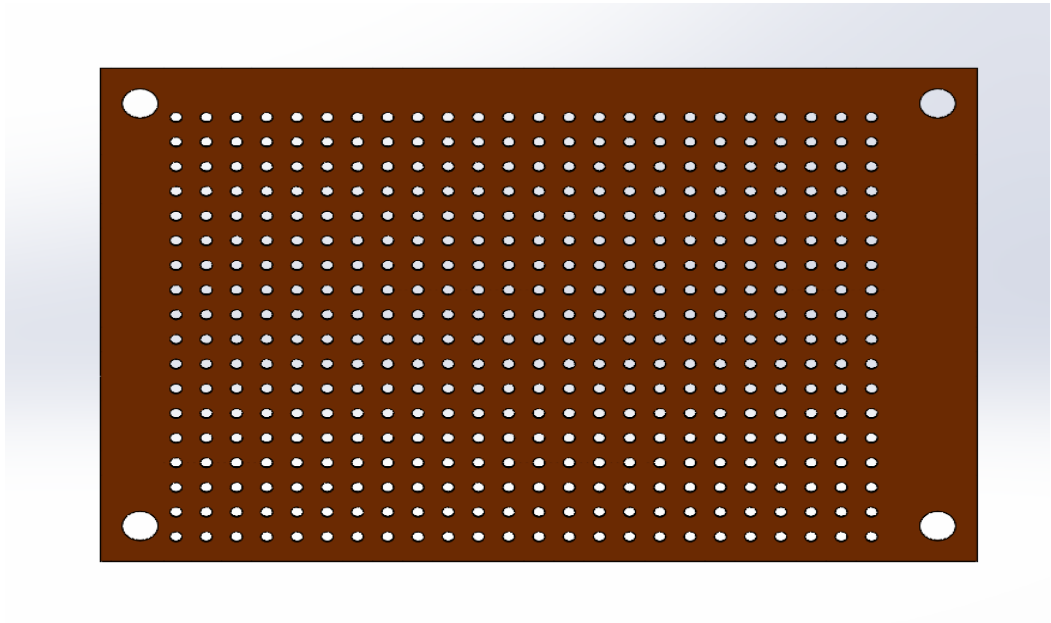


Figura 21: Scheda millefori, progettata su Solidworks

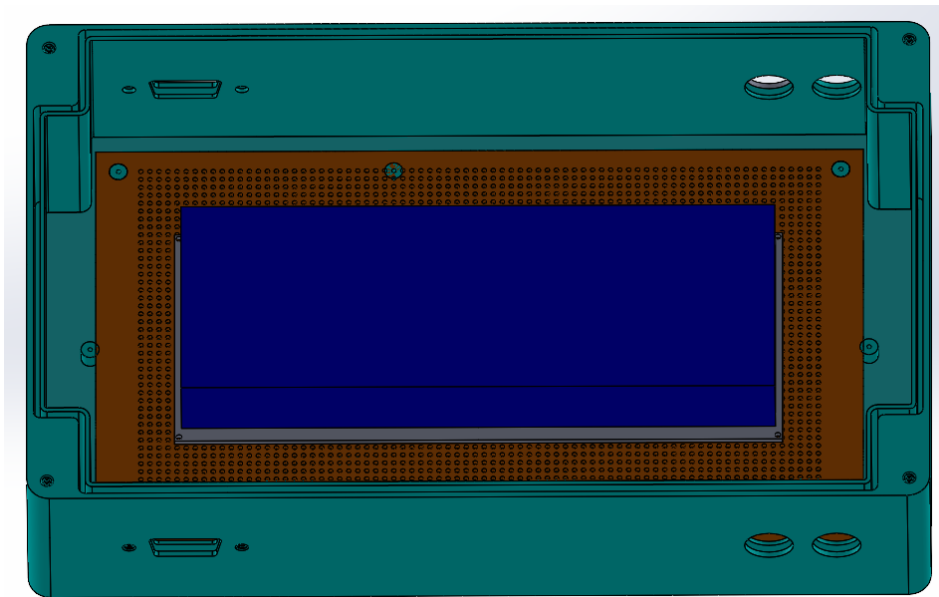


Figura 22: Fissaggio relay board a box con scheda millefori, progettato su Solidworks

3.3 Layout pannello led e relay boards

I relè necessitano di essere posizionati in zone in cui è possibile il collegamento con molti degli utilizzatori e sensori, nonché con la centralina della vettura. Anche il progetto di un pannello led che permetta al pilota il monitoraggio dei vari sistemi dell'auto, costituisce un vincolo per la collocazione delle scatoline contenitrici. In seguito, si è optato per l'ubicazione delle Tyenaza, e quindi delle relay boards, all'interno del tunnel centrale della vettura, in particolare sono fissati con viti direttamente al di sotto della copertura. Le dimensioni delle boxes, dove alloggiavano le relay boards, hanno indotto l'orientamento in modo tale che non fuoriuscissero dai limiti della bombatura del coperchio del tunnel centrale.

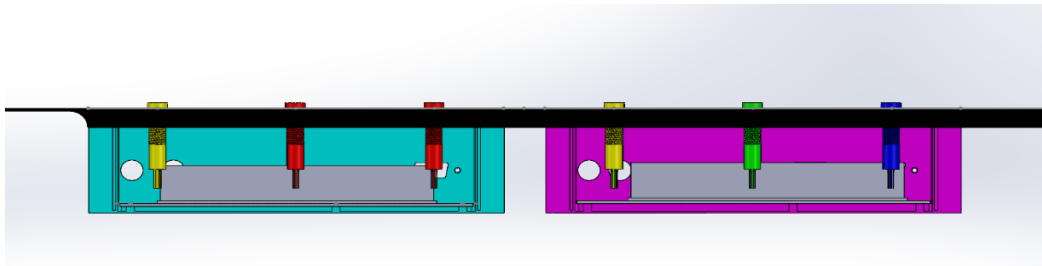


Figura 23: Vista in sezione della configurazione finale

A causa dello spazio ridotto della bombatura, i layout disponibili per il posizionamento delle scatoline contenitrici erano due: il primo prevedeva una disposizione nella parte anteriore, il secondo, invece, comprendeva una collocazione nella parte posteriore del coperchio. Il posizionamento anteriore aveva numerosi vantaggi: in primo luogo permetteva una connessione semplificata tra gli indicatori led, la centralina e tutta l'apparecchiatura elettronica a disposizione del pilota; inoltre, causava una riduzione delle distanze di connessione. Quest'ultimo vantaggio avrebbe permesso di sviluppare un cablaggio relativo ai relè e ai led che si mantenesse all'interno dei contenitori, sviluppando così un sistema elettrico più compatto e lineare rispetto ad una posizione arretrata.

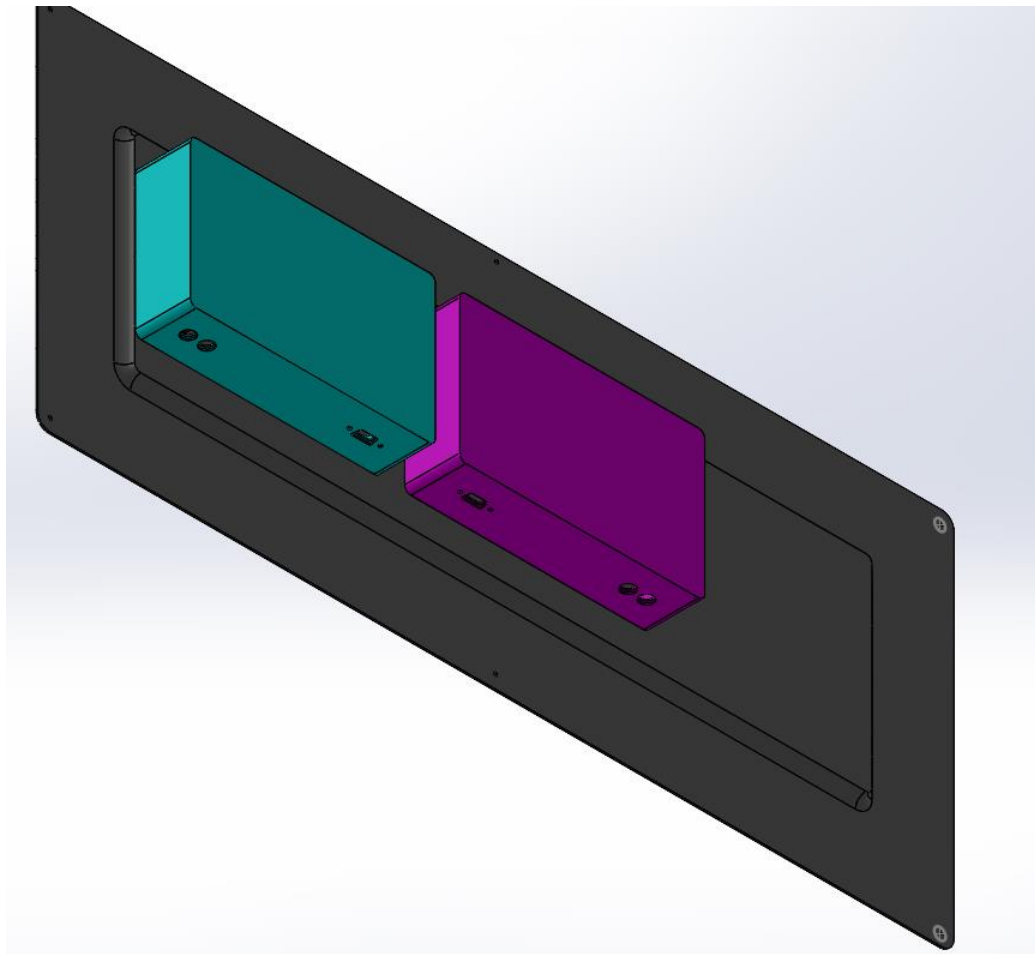


Figura 24: Layout finale, configurazione finale

La scelta di utilizzare un'alimentazione ibrida implicava inevitabilmente un aumento della complessità e del numero di sistemi da monitorare. A tale scopo sono stati adottati indicatori led da una tensione nominale di alimentazione pari a 12 V, della lunghezza di 34.8 mm, con un diametro del foro per l'inserimento nel pannello pari 8 mm.

Parte di questi led, oltre alla classica possibilità di essere accesi e spenti, dispongono anche della funzione "blinking", ovvero lampeggiano per segnalare particolari condizioni, come un errato funzionamento di un apparato.



Figura 25: Indicatore led, progettato su Solidworks

Il pannello led è stato arricchito, rispetto alla versione precedente, ospitando un totale di diciotto indicatori, disposti al di sopra delle due relay boards in tre file da tre per ciascuna. Aver adottato tale configurazione permetteva di preservare l'ergonomia, consentendo quindi, un rapido controllo del corretto funzionamento di tutti gli apparati della vettura. Si è cercato di disporre i led per colore, entro i limiti del possibile, così da raggruppare nella stessa area tutti gli indicatori relativi ad uno stesso sottosistema.

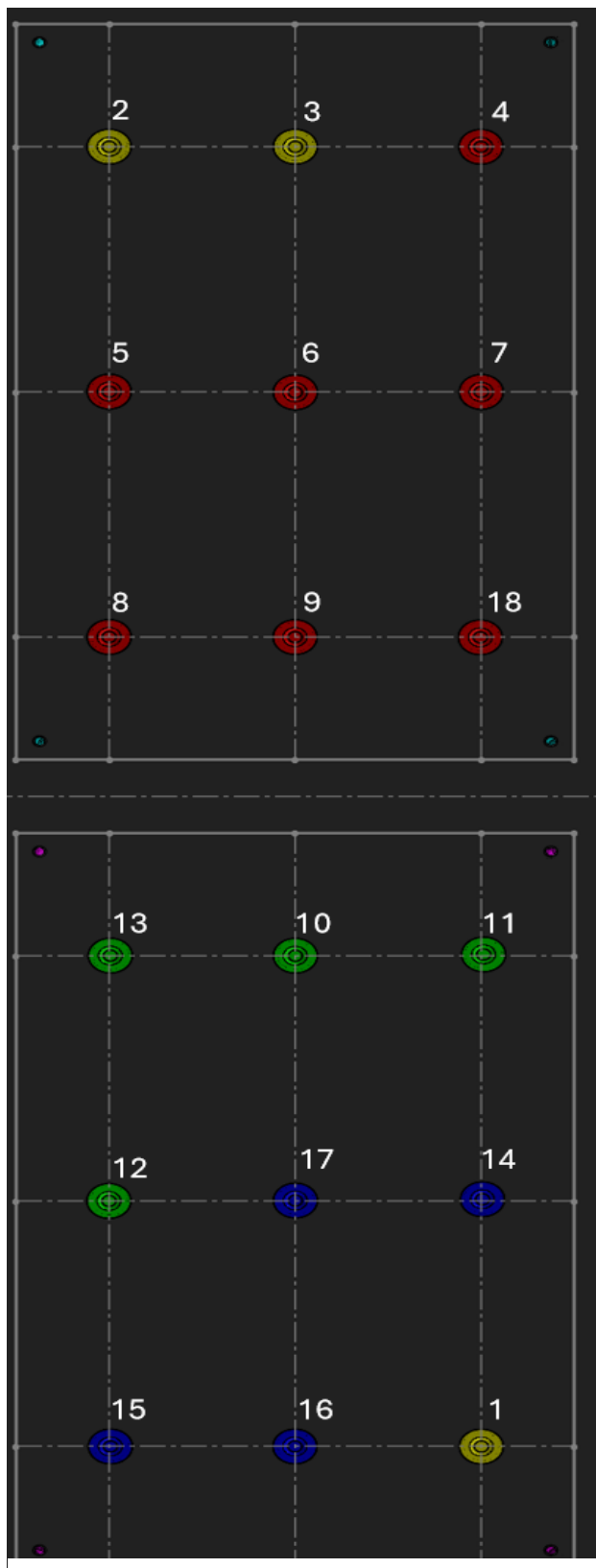


Figura 26: Pannello led

PANNELLO LED	
N°LED	RIFERIMENTO
1	VCU_POW_ON
2	ALMA_DC/DC_ON
3	VCU_CAN0_BUSOFF
4	eMOTOR_MCU_ON
5	eMOTOR_HW_ENABLE
6	eMOTOR_RUN/BOOST
7	eMOTOR_LeftMotor_ERROR/IDLE
8	eMOTOR_RightMotor_ERROR/IDLE
9	eMOTOR_REVERSE
10	BMS_POW_ON
11	BMS_ERROR
12	BMS_DISCHARGE
13	BMS_CHARGE
14	H2PropulsionSystem_ON
15	H2PropulsionSystem_H2Delivery_ON
16	H2PropulsionSystem_H2fan_ON
17	H2PropulsionSystem_FC_POW_ON
18	PV_MPPT_ON

Tabella 1: Legenda indicatori led

4 Connessioni

Lo sviluppo delle connessioni tra le apparecchiature elettroniche, in particolare tra la centralina del veicolo (“Miracle 2”, M2), i relè e i vari utilizzatori, necessitava che si apportassero delle modifiche alle scatoline contenitrici. Era fondamentale per l’impiego di questi componenti lo sviluppo di aperture che permettessero la connessione tra l’interno delle scatoline e l’esterno.

L’alloggiamento dei connettori femmina “DB-9” previsto sulle facce delle scatoline contenitrici era la soluzione che implicava il minor numero di modifiche da apportare alla box.

Il numero di connettori da utilizzare dipendeva dai canali di output della VCU.

Tale quantità varia tra le due relay board: la prima è connessa ad un solo canale denominato “Channel A” di M2, mentre la seconda è connessa sia al canale “B” che al “C”, richiedendo pertanto l’utilizzo di due DB-9.

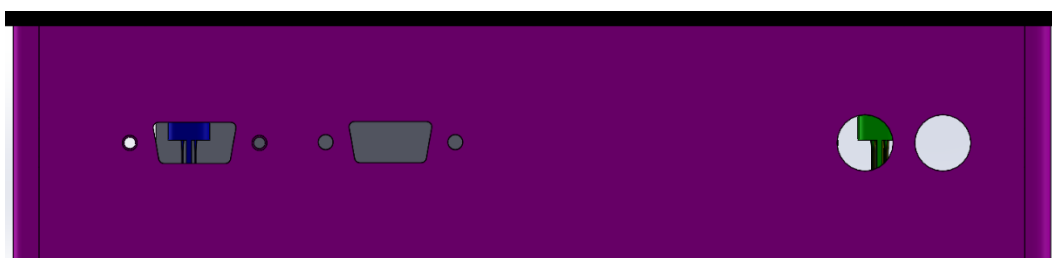


Figura 27: Aperture input relay board 2

Di seguito sono riportati in tabella i segnali che ricevono i relè:

RELAY BOARD 1		
CANALE	OUTPUT MIRACLE	SUB-SYSTEM
	2	
VCU_CAN0_BUSOFF	1	Power Indicators
eMOTOR_MCU_ON	2	EDrive Indicators
eMOTOR_HW_ENABLE	3	
eMOTOR_RUN/BOOST	4	
eMOTOR_LeftMotor_ERROR/IDLE	5	
eMOTOR_RightMotor_ERROR/IDLE	6	
eMOTOR_REVERSE	7	
PV_MPPT_ON	8	PV_INDICATORS

Tabella 2: Tabella di input della relay board 1, trasmessi dal canale A della VCU

I relè che vanno dal numero due al sette gestiscono i segnali provenienti dalla VCU relativi ai motori elettrici.

Nello specifico:

- 2 – MCU (Motor Control Unit) attiva
- 3 – Motori elettrici attivi
- 4 – Motori in modalità “Run” o “Boost”
- 5 – Motore sinistro al minimo oppure che segnala un errore
- 6 – Motore destro al minimo oppure che segnala un errore
- 7 – Motori in modalità “Reverse”

Inoltre, il relè numero uno gestisce il segnale relativo alla connessione “can_0”, “Powertrain management & control” (la quale assicura il collegamento tra batteria, centralina e motori elettrici), indicando se questa non è attiva. Infine, il numero otto è utilizzato per il segnale di funzionamento della Mppt relativa ai pannelli solari.

RELAY BOARD 2		
CANALE	OUTPUT MIRACLE 2	SUB-SYSTEM
BMS_POW_ON	9	BMS Indicators
BMS_ERROR	10	
BMS_DISCHARGE	11	
BMS_CHARGE	12	
H2PropulsionSystem_ON	13	H2System Indicators
H2PropulsionSystem_H2Delivery_ON	14	
H2PropulsionSystem_H2fan_ON	15	
H2PropulsionSystem_FC_POW_ON	16	

Tabella 3: Tabella di input della relay board 2, trasmessi dal canale "B" e "C" della VCU

In input alla relay board 2, invece, sono presenti tutte le connessioni relative al BMS (Battery Management System) e al sistema di controllo relativo all'idrogeno provenienti dalla centralina dell'auto.

Nello specifico:

- 9 – BMS è attivo
- 10 – BMS segnala un errore
- 11 – Batteria si sta scaricando
- 12 – Batteria si sta caricando
- 13 – Sistema propulsivo idrogeno è attivo
- 14 – Invio idrogeno a fuel cell
- 15 – Ventola sistema propulsione idrogeno attiva
- 16 – Fuel cell attiva

Ad ognuno dei segnali in ingresso corrisponde il relativo indicatore led. A questi, ne sono stati aggiunti altri due, relativi alla messa in funzione della VCU e del convertitore DC-DC, relativamente contrassegnati come led 1 e 2.

Ogni relay board ha in ingresso due connettori “Banana” per la messa a terra e per l’alimentazione a 5 V proveniente da M2. In output, invece, ognuna ha una connessione di potenza proveniente da un convertitore DC-DC per l’alimentazione dei led ed una messa a terra. La relay board 2 è connessa ulteriormente ad una messa a terra e ad una batteria esterna da 12 V che alimenta la centralina del veicolo e il relativo led.

Il layout preliminare aveva posizionato il led numero uno in questione, lontano dal connettore a banana che l’avrebbe alimentato, ragione per cui è stato spostato nei pressi delle aperture per l’alimentazione. Le conseguenze di queste scelte sono una maggiore linearità nelle connessioni e un accorciamento delle distanze che i cavi dovranno coprire, comportando, così, una significativa riduzione dei pesi dei cablaggi.

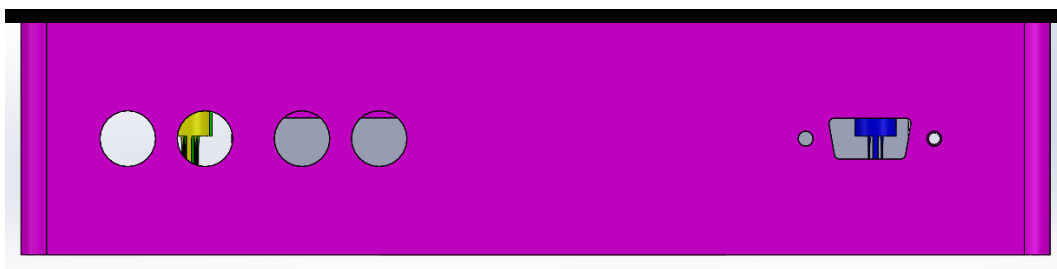


Figura 28: Aperture output relay board 2

Le valutazioni per l’orientamento delle relay boards e delle scatole contenitrici fissate al coperchio del tunnel dell’auto, hanno indotto alla scelta di apportare le modifiche per l’alloggiamento dei connettori sulle facce più lunghe delle Tyenaza. Queste valutazioni hanno permesso delle connessioni semplici e rapide, anche quando tutto è già posizionato.

Le aperture sono state progettate per essere il più lontano possibile tra loro in modo tale da evitare delle interferenze tra le connessioni di potenza e quelle di segnale, (le prime sono trasferite dai connettori banana, mentre le ultime, grazie ai DB-9).



Figura 29: Modifiche input/output per relay board 1

Infine, l'aver posizionato i led sopra al coperchio e all'interno della proiezione delle scatole, oltre che permettere di diminuire la distanza tra i collegamenti, ne impedisce la fuoriuscita dei cavi.

5 Conclusioni

Questa attività di tesi ha contribuito allo sviluppo della vettura prototipale ibrida Emilia 4H, alimentata con pannelli solari, una fuel cell e una batteria.

Nello specifico questa tesi ha sviluppato i componenti per permettere l'alloggiamento delle relay boards e di tutte le connessioni annesse. E' stato, inoltre, sviluppato un pannello led che indicasse al pilota lo stato di funzionamento di tutti i sistemi presenti a bordo.

La vettura parteciperà a gare automobilistiche, per cui era richiesto che le connessioni e le sostituzioni dei vari componenti potessero avvenire in modo rapido e flessibile.

L'utilizzo di "Solidworks", software di disegno "CAD", ha permesso l'elaborazione di diverse soluzioni per il raggiungimento degli obiettivi. Inizialmente sono state progettate delle scatole contenitrici che fossero compatte, leggere e adatte al contenimento di componenti elettronici, quali i relè. Queste sono state fissate al disotto del coperchio del tunnel centrale dell'auto, nella zona anteriore e nelle vicinanze degli altri dispositivi elettronici dell'abitacolo. Questo posizionamento ha consentito lo sviluppo del pannello led al di sopra delle scatole contenitrici, in modo tale da diminuire la distanza tra i led e i relè ed impedire così anche la fuoriuscita dei cavi dalle boxes.

È stato adottato l'utilizzo di led di diverso colore per indicare il sistema a cui si riferiscono e sono stati disposti in tre file da tre per preservare l'ergonomia dei sistemi.

Per consentire i collegamenti tra i dispositivi esterni e le relay boards, infine, sono state apportate modifiche alle facce di ogni box per permettere l'alloggiamento dei vari connettori.

Lo sviluppo di questo layout è stato fondamentale per poter procedere al cablaggio e permettere un alloggiamento sicuro ed efficace dei relè garantendo, quindi, un corretto funzionamento dell'impianto elettrico, nonché il progredire della progettazione di Emilia 4H.

6 Bibliografia

- [1 Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, «Solidworks,» [Online].
] Available: <https://www.solidworks.com/it>.
- [2 Wikipedia, «Wikipedia, l'enciclopedia libera,» [Online]. Available:
] https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking.
- [3 Alma Automotive s.r.l., «Alma Automotive,» [Online]. Available: <https://alma-automotive.it/it/servizi/prototipazione-rapida/>.
- [4 ENERDOOR, «Enerdoor, Engineered by Finmotor,» [Online]. Available:
] https://www.enerdoor.com/it/application/emi_rfi_filter.
- [5 Wikipedia, l'enciclopedia libera, «Wikipedia, l'enciclopedia libera,» [Online].
] Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Relay#:~:text=Wikipedia%2C%20%27enciclopedia%20libera>.
- [6 RS Italia, «RS ITALIA,» [Online]. Available: <https://it.rs-online.com/web/p/connettori-d-sub/5443755>.
- [7 Hi-fi prestige, «HI-FI PRESTIGE,» [Online]. Available:
] https://www.hifiprestige.it/it/blog/amplificatori/connettore-a-banana-cos-e-a-cosa-serve-quanto-costa?srsId=AfmBOoo54HVICXeVY_QEMzNiUPRekf-33sOElaShCfjUPxpJjFpD7XBs.
- [8 HYDAC S.p.A., [Online]. Available: <https://modofluido.hydac.it/fuel-cell>.
]
- [9 Wikipedia, «Wikipedia, l'enciclopedia Libera,» [Online]. Available:
] <https://it.wikipedia.org/wiki/Relè>.