

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO di Ingegneria Industriale

CORSO DI LAUREA in Ingegneria Meccanica Magistrale

TESI DI LAUREA

in

Vehicle Virtual Design

VRSDE: implementazione di tecnologie AR e VR all'interno dei processi di

Car Design

Caso Studio: Maserati GranTurismo

CANDIDATO:

Edoardo Pignatelli

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Alfredo Liverani

CORRELATORI:

Prof. Leonardo Frizziero

Giampiero Donnici

Gian Maria Santi

Giulio Galiè

Anno Accademico 2021/22

Sessione III

Indice

1	ABSTRACT	8
2	INTRODUZIONE	9
2.1	Realtà Virtuale.....	9
2.2	Realtà aumentata e realtà mista	10
2.3	Stato dell'arte	11
2.4	Tecnologie di Realtà Virtuale.....	20
2.4.1	Dispositivi di input.....	20
2.4.2	Dispositivi di visualizzazione	21
2.4.3	Head Mounted Displays.....	21
2.4.4	Occhiali con Otturatore	22
2.4.5	Sistema CAVE	23
2.4.6	HTC Vive Pro	25
2.4.7	Meta Quest 2	28
2.5	Prototipazione e Realtà virtuale.....	31
2.5.1	CAD e Modellazione 3D.....	32
3	SOFTWARE UTILIZZATI	33
3.1	Gravity Sketch	33
3.2	AUTODESK Alias	34
3.3	Blender	34
4	MODELLAZIONE SUPERFICI	35
4.1	Strumenti di analisi delle superfici	37
4.2	Teoria della modellazione delle superfici	39
4.2.1	Curve di Bèzier	40
4.2.2	Curva B-Spline.....	41
4.2.3	Curva Non Uniform Rational B-Spline (NURBS)	41
4.2.4	Passaggio alle superfici	42
5	STYLISTIC DESIGN ENGINEERING	44
5.1	Implementazione VR nel metodo SDE	45
6	CASO STUDIO: MASERATI GRANTURISMO	47
6.1	La Vettura.....	48
6.2	Ricerca Stilistica.....	50

6.3	Preparazione ambiente di disegno	53
6.3.1	Studio dell'ergonomia	56
6.4	Realizzazione Sketch	61
6.5	Modellazione superfici	63
6.5.1	Gravity Sketch	63
6.5.2	Autodesk Alias	66
6.6	Rendering	68
6.7	Rilievi dimensionali	71
7	PROTOTIPAZIONE	72
7.1	Additive manufacturing	72
7.1.1	Preparazione della stampa	73
7.2	Realtà Aumentata	76
8	CONCLUSIONI	79
9	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	80

Indice delle Figure

Figura 1 Disegno del Telesphere mask	11
Figura 2 Sistema Sensorama	12
Figura 3 Sistema Spada di Damocle	12
Figura 4 ASPEN MOVIE MAP	13
Figura 5 Guanto Data Glove e visore dea VPL Research	14
Figura 6 Prototipo SEGA VR	15
Figura 7 Nintendo Virtual Boy	15
Figura 8 Sistema chirurgico robotizzato ZEUS della Intuitive Surgical.....	16
Figura 9 Google Cardboard.....	17
Figura 10 Visore AR Microsoft HoloLens.....	18
Figura 11 HTC Vive PRO e Oculus Rift S	18
Figura 12 Esempio di Head Mounted Displays	21
Figura 13 Occhiali con otturatore	22
Figura 14 Sistema CAVE presso la sede MAN	23
Figura 15 HTC Vive PRO.....	25
Figura 16 Schema di disposizione del sistema di tracking	26
Figura 17 Visore Meta Quest 2	28
Figura 18 Rappresentazione delle continuità applicate a due curve	36
Figura 19 Rappresentazione delle continuità di superficie	36
Figura 20 Visualizzazione delle diverse tipologie di continuità	37
Figura 21 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G0	37
Figura 22 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G1	38
Figura 23 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G2	38
Figura 24 Curva di Bèzier con attivi i punti di controllo	40
Figura 25 Superficie di Bèzier	42
Figura 26 Superficie NURBS	43
Figura 27 Confronto tra i flussi di lavoro.....	45
Figura 28 Skectht stilistico di GranTurismo e vettura reale	48
Figura 29 Concept Car Birdcage 75th.....	48
Figura 30 Preparazione della stanza alla scansione e nuvola di punti ricostruita	50
Figura 31 Tracciamento delle linee di stile da modello dal vivo	51
Figura 32 Collab room dal punto di vista del visore VR	52

Figura 33 Collab Room in cui interagire con diversi modelli 3d di veicoli.....	52
Figura 34 Studio degli ingombri di interasse e carreggiata.....	53
Figura 35 Immagini utilizzate per la modellazione del motore V6 Nettuno.....	54
Figura 36 Modellazione del motore all'interno di Gravity Sketch	54
Figura 37 Piattaforma modellata	55
Figura 38 Layout del Veicolo.....	55
Figura 39 Copertina H-Point	56
Figura 40 Tabelle contenenti quote per definire la posizione degli occupanti di un veicolo	58
Figura 41 Posizionamento del Manichino del pilota condotto in prima persona.....	59
Figura 42 Utilizzo di immagini di riferimento per definire il layout del veicolo.....	59
Figura 43 Posizionamento dei gruppi ottici anteriori e posteriori.....	60
Figura 44 Primi tentativi di sketch	61
Figura 45 Sketch realizzato tenendo in considerazione tutti i vincoli.....	62
Figura 46 Operazioni di valutazione delle superfici	64
Figura 47 Verifica degli ingombri interni	64
Figura 48 Fasi di revisione in Collab Room	65
Figura 49 Utilizzo delle viste ortogonali come strumento di controllo in tempo reale delle modifiche apportate	65
Figura 50 Panoramica dei punti di controllo presenti sul modello in Alias.....	67
Figura 51 Particolare di una modifica in atto	67
Figura 52 Vista frontale.....	68
Figura 53 Vista superiore renderizzata.....	69
Figura 54 Vista di tre quarti	69
Figura 55 Render della GranTurismo in diverse colorazioni.....	70
Figura 56 Render della GranTurismo in diverse colorazioni.....	70
Figura 57 Quote Principali del veicolo	71
Figura 58 Stampante Anycubic Predator con specifiche dimensionali.....	73
Figura 59 Posizionamento sul piatto stampa.....	75
Figura 60 Anteprima della fase di stampaggio.....	75
Figura 61 Image Target.....	76
Figura 62 Visualizzazione in AR del modello	77
Figura 63 Confronto tra rappresentazione in AR e un modello fisico in scala	77
Figura 64 Accostamento al modello da cui il progetto è nato.....	78

1 ABSTRACT

Con il seguente elaborato ci si è posti come oggetto di ricerca il valutare e mostrare come l'implementazione delle nuove tecnologie di realtà virtuale e aumentata possano portare un miglioramento al metodo di studio e lavoro dello Stylistic Design Engineering nello sviluppo di un concept design di un nuovo veicolo. Si illustreranno i cambiamenti apportati dall'utilizzo di un software di modellazione in realtà virtuale lungo tutto il processo di sviluppo, mettendo in evidenza la grande potenzialità di poter essere un forte strumento di condivisione e integrazione in ogni fase del progetto di tutte le figure professionali coinvolte nello sviluppo del prodotto.

2 INTRODUZIONE

2.1 Realtà Virtuale

In bibliografia si possono trovare molteplici definizioni di che cosa sia la realtà virtuale, essa può essere definita come:

“Un’interfaccia Uomo-computer nella quale il computer crea un ambiente sensoriale immersivo che risponde in maniera interattiva ed è controllato dal comportamento dell’utente”.

Nelle diverse trattazioni riguardo la realtà virtuale emergono caratteristiche ricorrenti nel definirla, che sono le seguenti:

- *immersività*: il grado con cui l’utente si sente coinvolto dall’ambiente virtuale che a seconda della tecnologia utilizzata può essere più o meno elevata. Si può infatti differenziare in uno stato di immersione mentale e in uno fisico;
- *riscontro sensoriale*: una risposta sensoria da parte dell’ambiente virtuale alle azioni dell’utente, ciò che permette di misurare il grado di immersività dell’esperienza. Possiamo riconoscere in questo feedback di tipo visivo, tattile, sonoro e aptico;
- *interattività*: svariate possono essere le tipologie di esperienze interattive da sperimentare all’interno della VR: da un’esperienza costruita ad hoc in cui l’utente sia “libero” di esplorare, ad uno scenario nel quale utenti diversi possano interagire tra loro in maniera più o meno collaborativa.

2.2 Realtà aumentata e realtà mista

Con realtà aumentata si intende una tecnologia in grado di aumentare la percezione sensoriale dell'ambiente che circonda l'uomo, fornendo ad esso ulteriori informazioni non ottenibili tramite i sensi naturali mediante la riproduzione di immagini, suoni e modelli 3D.

Con la realtà mista l'utilizzatore si trova a sperimentare la coesistenza del mondo reale e virtuale, vedendo consentita l'interazione con gli oggetti che compongono i due ambienti in tempo reale.

Queste tecnologie richiedono dispositivi diversi da quelli della realtà virtuale, quali Google glass o Microsoft HoloLens, ma potendo queste essere implementate in qualsiasi dispositivo munito di una camera, il loro utilizzo sta sempre più sviluppandosi anche mediante l'uso di smartphone e tablet. Inoltre, il periodo in cui sta venendo redatta questa tesi è un momento importante per comprendere dove l'industria di settore stia direzionando i propri sforzi, in quanto nell'ultimo quadrimestre del 2022 e nel primo del 2023 dovrebbero essere annunciati diversi nuovi visori per realtà virtuale che dovrebbero far cadere la barriera distintiva tra le diverse tecnologie, permettendo di usufruire di queste mediante un singolo dispositivo.

2.3 Stato dell'arte

Per quanto nella visione comune le tecnologie di realtà virtuale ed aumentata siano vissute come una nuova frontiera della tecnologia, il loro reale sviluppo può esser fatto risalire anche al XIX secolo, età in cui grazie a Charles Wheatstone venne descritto il fenomeno della stereoscopia e dal quale negli anni successivi vennero prodotti i primi dispositivi che sfruttassero questo principio, quali gli occhiali di David Brewster e quelli di Holmes-Bates, che permettevano al cervello umano di elaborare immagini bidimensionali come tridimensionali, posizionandole rispetto angoli diversi.

Nell'immediato dopo guerra iniziano a vedere luce i primi prototipi di questa tecnologia per come la si conosce oggi. Dal brevetto della *Telesphere Mask* di Morton L. Heilig nel 1960, alla creazione della prima macchina VR, la *SENSORAMA*, realizzata e brevettata da Heilig stesso. Quest'ultima costituiva di una grande piattaforma che comprendeva differenti tecnologie atte a regalare un'esperienza multisensoriale: veniva riprodotto un video 3D a colori supportato da un audio stereo, vibrazioni per mezzo di una sedia e venivano anche emanati odori ed effetti atmosferici.

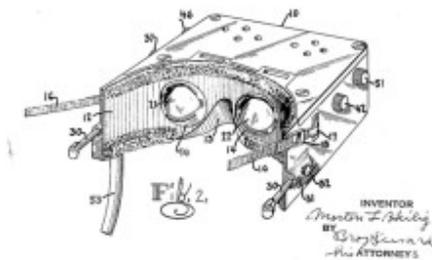


Figura 1 Disegno del Telesphere mask



Figura 2 Sistema Sensorama

Negli anni subito a seguire, 1966, la realtà virtuale fa il suo ingresso nel mondo militare sotto forma di simulatore di volo per l'aviazione statunitense con l'intento di andare ad implementare le strumentazioni per l'addestramento piloti che già erano state sviluppate durante la Seconda guerra mondiale. Tra il 1965 e il 1968 Ivan Sutherland, colui che viene definito il "padre della computer grafica", realizza il primo dispositivo indossabile per la realtà virtuale, un Head Mounted Display, chiamato *Spada di Damocle*. Il casco era composto da due tubi a raggi catodici e gruppi ottici che permettevano di proiettare immagini generate da un computer, presentando però un grande limite di portabilità, dovendo il prototipo di visore essere sorretto da braccia metalliche fissate al soffitto e da questa problematica nasce il nome del prototipo.



Figura 3 Sistema Spada di Damocle

Negli anni '70 e '80 lo sviluppo della tecnologia procede senza sosta e con grandi passi avanti compiuti. Nel 1977 vede luce il dispositivo ASPEN MOVIE MAP, realizzato dai ricercatori del MIT; un visore che consentiva di attraversare le strade della città dove l'istituto ha sede, simulando le condizioni ambientali delle diverse stagioni. In campo militare, sempre nell'ambito dello sviluppo dei simulatori per l'addestramento piloti, diversi prototipi di visori vengono concepiti, tra i quali va menzionato il casco VITAL di McDonnell Douglas. Questo è dotato di un tracciatore elettromagnetico dei movimenti della testa e due proiettori monocromatici montati ai lati della testa del pilota proiettavano immagini davanti ai suoi occhi. L'importante caratteristica di questo dispositivo era che consentisse al pilota di utilizzare i controlli analogici della cabina di pilotaggio venendo però circondato da immagini ambientali prodotte dal computer.



Figura 4 ASPEN MOVIE MAP

Durante i primi anni '80 l'azienda di tecnologia Atari apre il proprio dipartimento di ricerca e sviluppo dedicato alla realtà virtuale, che a causa della crisi del settore videoludico di quegli anni gode di vita breve; di miglior fortuna gode invece la VPL Research, società fondata da Jaron Lanier e Thomas Zimmerman, prima ditta a produrre apparecchi VR. La ricerca dell'azienda ha portato alla realizzazione di prodotti come Data Glove, l'Audio Sphere e l'EyePhone che han permesso di ampliare la percezione della realtà virtuale come tecnologia non solo legata al campo visivo.



Figura 5 Guanto Data Glove e visore della VPL Research

Lo sviluppo di tali tecnologie e l'interesse anche mediatico generatosi attorno ad esse anche grazie al grande successo di film come "Robocop" o opere letterarie, quali il *Neuromante*, ha mosso altri grandi produttori ad interessarsene nel corso degli anni '90.

Si ricordi il SEGA VR , concepito dall'omonima azienda per supportare le proprie console, costituito da due display LCD nella visiera, di cuffie stereo e sensori di movimento della testa. Pur essendo stati realizzati anche giochi appositi per il dispositivo, il SEGA VR non è stato mai commercializzato.



Figura 6 Prototipo SEGA VR

Al contrario Nintendo lanciò sul mercato la console *Virtual Boy*, in grado di riprodurre videogiochi in bianco e nero tridimensionalmente. La sua scarsa comodità di utilizzo, la mancanza di colori e un supporto non all'altezza ne hanno decretato però un fallimento a livello commerciale.



Figura 7 Nintendo Virtual Boy

Nonostante tanti altri dispositivi VR e molto diversi tra loro siano stati rilasciati durante il corso dell'ultima decade del Novecento, gli anni Novanta si sono dimostrati un fallimento per l'industria, non riuscendo ad affermarsi come sperato.

In questo decennio va però menzionata la concretizzazione di un utilizzo della realtà virtuale che vedeva la sua elaborazione protrarsi da circa trenta anni: la telepresenza applicata al campo della chirurgia. Già negli anni '80 si era riusciti ad applicare microcamere ai dispositivi endoscopici per consentire la visualizzazione in maniera condivisa su monitor di ciò che accadeva nel campo operatorio da diversi luoghi.

Fu così che nel 1998 si arriva all'esecuzione del primo intervento chirurgico robotizzato, utilizzando il robot chirurgico ZEUS.



Figura 8 Sistema chirurgico robotizzato ZEUS della Intuitive Surgical

L'inizio del nuovo millennio è risultato essere un periodo pressoché dormiente a livello di interesse mediatico nei confronti della realtà virtuale. Da riportare vi è l'implementazione da parte di Google dello strumento Street View nel suo servizio di mappe e del rilascio sul mercato di Sony del dispositivo *Playstation Eye*: una telecamera che permetteva la fruizione di esperienza di realtà aumentata nei giochi compatibili. Punto di svolta fu il 2012, quando attraverso una campagna crowdfunding su Kickstarter, la compagnia fondata da Palmer Luckey, Oculus VR, si prefisse di realizzare un visore VR a basso costo. La campagna fu un successo straordinario, riuscendo a raccogliere la cifra di 2.4 milioni di dollari, pari a dieci volte il guadagno inizialmente prefissato di 250 mila dollari.

Il fenomeno della realtà virtuale torna a far parlare di sé e di conseguenza l'interesse delle aziende torna ad alimentarsi; tra le prime a muoversi fu Google, che nel corso del 2012 annunciò pubblicamente di un nuovo dispositivo di realtà aumentata, i *Google Glass*. Nel 2014 sempre Google lanciò *Google Cardboard*, che, come suggerito dal nome, consisteva in una piattaforma di realtà virtuale munita di un supporto in cartone col quale indossare uno stereoscopio che sfruttasse le potenzialità dei nuovi smartphone, permettendo così a chiunque dotato di un nuovo dispositivo cellulare di poter accedere alla realtà virtuale con un costo di strumentazione irrisorio. Inoltre, anche dal lato sviluppo software, la possibilità di poter realizzare applicazioni che permettessero la fruizione di contenuti VR su sistemi Android ed iOS, fornendo la stessa Google il kit di sviluppo software, diede una forte spinta all'espansione a livello globale della realtà virtuale.



Figura 9 Google Cardboard

Il 2014 risulta essere l'anno decisivo per l'espansione della realtà virtuale verso il grande pubblico, avvenendo in quest'anno l'acquisizione da parte di Facebook della società Oculus VR per la cifra di 2 miliardi di dollari. I risultati di questa importante operazione si stanno vedendo negli anni più recenti con l'uscita in un breve periodo di diversi visori prodotti dalla nuova società di Facebook, Meta.

A seguito di questa grande acquisizione, nel biennio successivo l'industria si risveglia e vedono la luce importanti prodotti: Microsoft presenta nel 2015 la prima versione del visore AR *HoloLens* e nel 2016 a distanza di pochi giorni l'uno dall'altro vengono rilasciati i visori per PCVR che hanno segnato il mercato dei visori ovvero *HTC Vive* e *Oculus Rift*. Nello stesso anno anche Sony inizia a commercializzare il suo visore *Playstation VR*.



Figura 10 Visore AR Microsoft HoloLens

Dopo due anni dall'uscita dei visori PCVR e delle loro rispettive versioni aggiornate *HTC VIVE PRO* e *Oculus rift S*, sia HTC che Facebook annunciano i primi visori *standalone* ovvero dispositivi che non necessitano strettamente di un collegamento ad un computer per funzionare. Questa nuova tipologia di prodotti mira a far entrare il mondo VR nelle case di più persone possibili, non richiedendo una dotazione hardware importante e presentandosi sul mercato con prezzi competitivi.



Figura 11 HTC Vive PRO e Oculus Rift S

L'avvento della pandemia globale di Sars-CoV-2 si è rivelata drammaticamente un'opportunità per lo sviluppo del settore VR. I lunghi periodi di quarantena e la modalità lavorativa dello Smart working ha portato l'industria a concentrarsi sulla realizzazione di applicazioni che soddisfassero tutte le necessità del periodo. Molte son state infatti le nuove applicazioni social e coworking per permettere alle persone di interagire direttamente pur rimanendo a distanza.

In questo contesto vedono presentarsi sul mercato visori di diverse aziende, tra le quali spicca il Meta Quest 2, lanciato nell'ottobre del 2021. Questo è il visore che ancora attualmente corrisponde allo standard di mercato dei visori VR, nel quale il numero di dispositivi che siano autonomi da un punto di vista computazionale e che consentano non solo di svolgere esperienze VR, ma anche di realtà aumentata e mixed reality, aumenta sempre più.

2.4 Tecnologie di Realtà Virtuale

I dispositivi per realtà virtuali si dividono principalmente in dispositivi di input con i quali l'utente possa interagire con l'ambiente simulato e i dispositivi di output dai quali riceve una risposta dall'ambiente stesso, avendo stimolati i diversi sensi umani: vista, udito e tatto. Dalla completezza di questi e dalla loro copresenza dipende il grado di immersione dell'uomo nell'ambiente virtuale.

Di conseguenza la VR si classifica in *non immersiva*, *semi-immersiva* e *completamente immersiva*. Mediante la prima, l'esperienza si limita all'utilizzo di monitor e computer e al più si possono sfruttare occhiali che permettano una visione stereoscopica.

Per VR semi-immersiva si intende l'esperienza vissuta trovandosi in una stanza appositamente adibita con ampi schermi per ampliare il campo visivo, sui quali viene proiettato l'ambiente simulato; di questo tipo di tecnologia i sistemi CAVE sono un esempio.

Infine, con VR immersiva si indica quell'attività compiuta in totale isolamento dal mondo reale nella quale l'utente è immerso nell'ambiente virtuale indossando un visore VR.

2.4.1 Dispositivi di input

I primi dispositivi da menzionare sono i tracker di posizione per permettere di tracciare in tempo reale il posizionamento dell'utente nello spazio al fine di controllarne punto di vista, movimenti ed in generale azioni compiute.

Possono essere di diversa natura tecnologica: meccanica, magnetica ed ottica ed applicabili oltre ai visori anche a guanti e tute.

2.4.2 Dispositivi di visualizzazione

Caratteristica cruciale dei visori per realtà virtuale è la capacità di garantire una visione corretta e dettagliata dell'ambiente virtuale. Questa prerogativa si traduce nella necessità che essi siano dotati di una risoluzione visiva adeguata a poter garantire una fedeltà dell'immagine riprodotta.

2.4.3 Head Mounted Displays

Sono i dispositivi di visualizzazione più utilizzati, non essendo un dispositivo stereoscopico, permettono di avere un maggiore senso di profondità.

I diversi modelli presenti sul mercato oltre a differenziarsi sotto l'aspetto della risoluzione possiedono diversi valori di campo visivo, FOV.

Valori bassi di questo parametro possono restituire un'esperienza meno immersiva, al tempo stesso un elevato campo visivo può causare una distorsione dei pixel, peggiorando le performance del visore.



Figura 12 Esempio di Head Mounted Displays

2.4.4 Occhiali con Otturatore

Gli occhiali con otturatore sono progettati per fornire una visione 3D dell'ambiente virtuale. Ogni lente è costituita da un otturatore elettronico che si sincronizza con immagini visualizzate su schermi o su sistema CAVE.

Le lenti possono passare dall'essere opache a trasparenti



Figura 13 Occhiali con otturatore

2.4.5 Sistema CAVE

Sistema che consiste nell'allestire all'interno di uno spazio un cubo le cui facce siano degli schermi retroproiettati sui quali vengono trasmesse le immagini dell'ambiente virtuale opportunamente riprodotte con prospettiva opportunamente elaborato in funzione della posizione dell'utente. Ciò comporta un costante ricalcolo delle immagini che risulta essere una grande problematica di funzionamento del sistema, quando sono presenti più persone all'interno dell'ambiente.



Figura 14 Sistema CAVE presso la sede MAN

Delle diverse dotazioni strumentali attualmente disponibili sul mercato, presso il laboratorio del DIN della sede di Montecuccolino sono attualmente accessibili due visori per la realtà virtuale ed un visore Microsoft HoloLens per la realtà aumentata, che non è stato però utilizzato durante questo progetto di tesi. Nel prossimo futuro, anche grazie ai risultati ottenuti attraverso questo elaborato e alle nuove idee maturate in conseguenza ad esso, si è intenzionati ad incrementare il numero di visori disponibili per permettere agli studenti esperienze VR collettive in laboratorio, ma anche per permettere la collaborazione tra la sede di Via del Risorgimento e il laboratorio di Montecuccolino in telepresenza.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali dei Visori VR adottati.

2.4.6 HTC Vive Pro



Figura 15 HTC Vive PRO

Visore uscito nel 2018, è stato concepito per ottimizzare l'esperienza VR in particolare per le lunghe sessione d'uso. È dotato di un doppio schermo AMOLED che permette di avere una risoluzione combinata di 2880x1600 pixel, con una frequenza di aggiornamento di 90 Hz, oltre ad un campo visivo di 110° che garantisce una profonda immersione nell'ambiente.

Per essere utilizzato deve necessariamente essere collegato ad un computer e l'area di lavoro deve essere racchiuso entro il campo visivo di telecamere per il tracciamento dei controller.

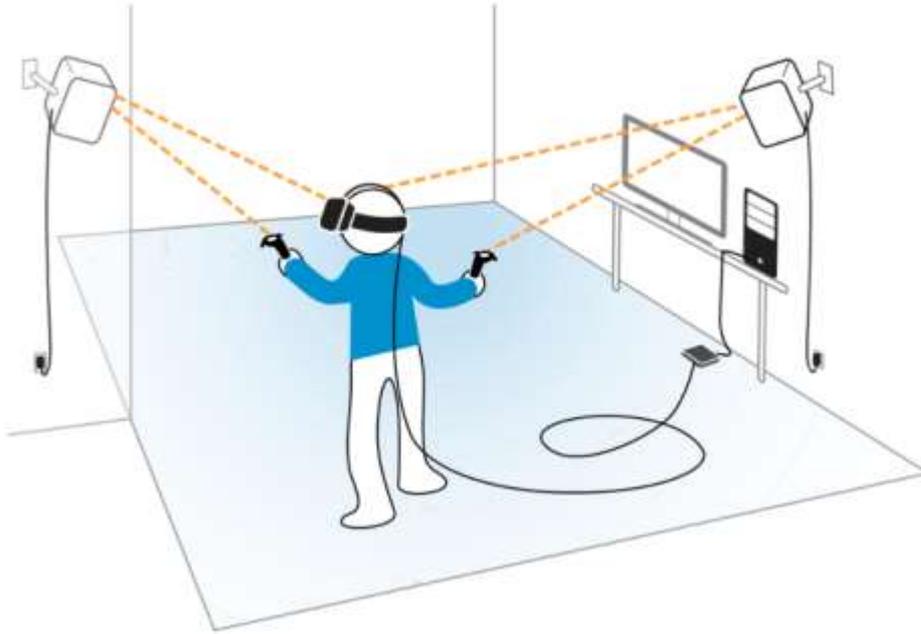


Figura 16 Schema di disposizione del sistema di tracking

È anche munito di un sistema denominato Pro Eye VR che migliora la simulazione e processo del tracciamento dell'occhio, consentendo una più dettagliata raccolta dati in ottica sviluppo di nuove applicazioni.

Ulteriore innovazione apportata su questo visore è il cosiddetto “Foveated Rendering”: questa tecnologia permette di ottimizzare la partizione del carico di lavoro della GPU, migliorando la qualità di visualizzazione e performance, senza compromettere l'esperienza grafica di chi utilizza il visore.

Vive Pro - Headset specs

Schermo: Dual AMOLED 3.5" diagonal

Risoluzione: 1440 x 1600 pixels per eye (2880 x 1600 pixels combined)

Frequenza d'aggiornamento: 90 Hz

Campo visivo: 110 degrees

Audio: Cuffie ad alta risoluzione certificate

Input: Microfoni integrati

Conessioni: USB-C 3.0, DP 1.2, Bluetooth

Sensori: SteamVR Tracking, G-sensor, giroscopio, prossimità, sensore IPD

Ergonomia: • Tracciamento dell'occhio con lenti regolabili, IPD regolabile, cuffie regolabili, Cinturino regolabile

Vive Pro – Specifiche dei controller

Sensori: SteamVR Tracking 2.0

Input: Trackpad multifunzione, Pulsanti con grip, Grilletti a due stadi, Pulsante di sistema, Pulsante di Menu

Conessioni: Porta di ricarica Micro-USB

Vive Pro – Requisiti area di gioco

In piedi / Seduto: non richiede spazio minimo

Room-scale: area minima di 2m x 1,25m, massima di 6,7m x 6,7m

Vive Pro – Requisiti di sistema

Processore: Intel® Core™ i5-4590 or AMD FX™ 8350 equivalente o superiore

Scheda Grafica: NVIDIA® GeForce® GTX 970 o AMD Radeon™ R9 290

Memoria: 4 GB RAM o superiore

Video out: DisplayPort 1.2

Porte: 1x USB 3.0

Sistema operativo: Windows® 10

2.4.7 Meta Quest 2



Figura 17 Visore Meta Quest 2

Rilasciato nel 2020, il visore prodotto da Meta rappresenta attualmente lo standard commerciale di HMD VR. È il terzo della generazione di dispositivi Meta, andando a sostituire Oculus Quest. Con il suo predecessore condivide il design delle forme, andando solamente a sostituire le plastiche nere con cover di colore bianco; allo stesso modo permette di lavorare in collegamento con un computer o in maniera indipendente. La sua architettura si basa su un sistema operativo Android 10 supportato da un chip Qualcomm Snapdragon XR2 appositamente derivato dal Snapdragon 865 per l'adozione su dispositivi VR e AR. La memoria RAM è stata aumentata a 6 GB aumentando di 2 GB dal modello precedente.

Il comparto visivo è dotato di un unico schermo LCD che garantisce una risoluzione per occhio pari a 1832x1920, inoltre l'adozione di questa tipologia di schermo rispetto ai due OLED separati montati sul modello precedente, ha permesso di ridurre l'effetto visivo *screen-door* a causa del quale sono rese visibili le linee di separazione tra i pixel. Nel corso del supporto che sta tuttora avendo da parte dell'azienda, diverse migliorie sono state implementate al dispositivo: sempre inerente al comparto grafico è stata implementata la possibilità di aumentare il refresh nativo di 72Hz fino ad un massimo di 120 Hz, il collegamento ad un computer è attuabile anche mediante wi-fi.

Nel 2021 è stata introdotta la modalità *passthrough* che consente di esplorare funzionalità di realtà aumentata anche con questo visore nato prettamente per la VR; per farlo questa API sfrutta le camere installate per tracciare i controller del visore.

I controller del Quest 2 risultano essere tra i comandi più ergonomici tra quelli in commercio, tanto da influenzare il design dei controller della concorrenza. Tra i difetti da annotare, vi è principalmente la scarsa regolazione attuabile della distanza interpupillare per avere una visione che sia perfettamente in linea con le proprie caratteristiche fisiche; infatti, questa regolazione è attuabile solo su tre posizioni che corrispondono a tre valori differenti di IPD 58 mm, 63 mm e 68 mm, costringendo così l'utilizzatore a adottare una soluzione di compromesso.

Quest 2 – Specifiche Visore

Schermo: Dual AMOLED 3.5"

Risoluzione: 1832x1920 pixels per occhio

Frequenza d'aggiornamento: 60,72,90 Hz e 120 Hz sperimentale

Campo visivo: 90°

Audio: • Altoparlanti stereo integrati

Input: Microfono integrato

Connessioni: USB-C 3.0, DP 1.2, Bluetooth, WiFi 6

Sensori: Controller Oculus Touch, giroscopio, prossimità, sensore IPD

Ergonomics: • IPD regolabile, Cinturino regolabile

Capacità batteria: 3 ore

Tempo di ricarica: 2,5 ore

Quest 2– Specifiche dei controller

Sensori: Telecamere montate su Visore

Input: Trackpad multifunzione, Pulsanti con grip, Grilletti a due stadi, Pulsante di sistema, Pulsante di Menu

Quest 2 – Requisiti area di gioco

In piedi / Seduto: non richiede spazio minimo

Room-scale: area minima di 2mx2m, massima da definire da parte dell'utente

Quest 2: Caratteristiche di Sistema

Processore: Qualcomm Snapdragon XR2

Scheda Grafica: Adren 650

Memoria: 6 GB

Spazio di Archiviazione: 128 GB,256 GB

Video out: Airlink o cavo USB-C 3.0

Sistema operativo: Android 10

2.5 Prototipazione e Realtà virtuale

Nello sviluppo di un prodotto il passaggio dal suo concept alla produzione non risulta essere un percorso lineare, ma consiste in una continua iterazione di attività.

Pertanto, i prototipi durante il processo costituiscono uno strumento essenziale per velocizzare tutte le fasi del progetto. I prototipi possono essere utilizzati, in generale, per dimostrare la progettazione concetti, valutare soluzioni alternative, testare la producibilità del prodotto o semplicemente presentare un prodotto ai potenziali utenti o consumatori.

I prototipi per alcune tipologie di prodotti possono finire per essere costosi, alle volte poco fedeli al progetto o realizzabili solo nelle ultime fasi del processo.

Per questo l'opportunità di sostituire i prototipi fisici ha da sempre costituito un imprescindibile oggetto di ricerca a livello industriale.

L'utilizzo del prototipo virtuale permette di visualizzare e lavorare a diverse soluzioni progettuali in parallelo e con un ridotto impiego di risorse.

In tale contesto la realtà virtuale può contribuire a sfruttare maggiormente i prototipi virtuali. Sia per il prototipo fisico che per quello virtuale lo scopo finale è quello di verificare la bontà del progetto attraverso l'interazione con questi e chiunque abbia giocato un ruolo nello sviluppo del prodotto dovrebbe avere modo di poter interagire con il prototipo di un prodotto per poter fornire il proprio riscontro. È sotto questo aspetto che la realtà virtuale gioca un ruolo significativo: attraverso la VR l'interazione con il prototipo virtuale non si limita all'aspetto visivo, ma consente di poter interagire con l'oggetto in modo più dinamico. Inoltre, può facilitare la comprensione dell'oggetto di sviluppo all'interno del suo contesto di utilizzo, consentendo di validarne l'efficacia all'interno di un ambiente virtuale in cui se ne simuli l'utilizzo in scenari controllati che replichino le reali condizioni di utilizzo.

Dunque, in questo contesto la realtà virtuale ha il potenziale per consentire non solo la valutazione delle caratteristiche estetiche ma anche ergonomiche ed operative.

2.5.1 CAD e Modellazione 3D

Andando poi a valutare quali benefici la VR possa apportare allo sviluppo del progetto da un punto di vista più tecnico/ingegneristico, si vedrà come questa possa facilitare mediante l'utilizzo di software che permettano la modellazione 3D del componente in ambiente VR senza dover strettamente ricorrere fin da subito ai software CAD tradizionali.

I software CAD non sono di facile utilizzo, possedendo una ripida curva di apprendimento iniziale che diventa ancora maggiormente intensa quando si tratta di software CAS per la modellazione di superfici, quali Autodesk Alias. Al contrario i software VR di modellazione ora disponibili, quale quello che è stato utilizzato, *Gravity Sketch*, risulta essere fin da subito più fruibile sia in fase di apprendimento che di vero e proprio utilizzo. Oltre ai passaggi di modellazione vera e propria, l'ispezione e controllo del lavoro fatto in ambiente VR permette una percezione del tutto nuova di ciò che viene realizzato, potendo analizzare ciò che viene modellato in diversi rapporti di scala dimensionale, anche immersa, grazie alla mixed reality, nel mondo reale. Di conseguenza la comprensione dell'oggetto sotto l'aspetto di funzionalità ed ergonomia può essere approfondita nel dettaglio senza dover necessitare di un modello fisico. Pur permettendo queste nuove possibilità, i software di modellazione VR non sono ancora così sviluppati da poter andare a sostituire i programmi CAD tradizionali, presentando ancora limiti dal punto di vista di controllo e funzioni utilizzabili.

3 SOFTWARE UTILIZZATI

3.1 Gravity Sketch



Gravity Sketch è uno strumento di progettazione 3D immersivo fondato da Sketch Limited nel 2014. Il software consente di realizzare disegni 3D in ambiente virtuale, permettendo anche la creazione di superfici sia NURBS che SUBD. Ogni oggetto creato è composto da nodi di supporto, che sono collegati tra loro consentendo di modificare la forma dei modelli andando a cambiarne il numero e la posizione.

Grazie alla gamma di strumenti di progettazione diversi, gravity sketch è adatto per risolvere compiti di progettazione industriale, in particolare durante le prime fasi di realizzazione di un prodotto, consentendo di modellare rapidamente e con relativa semplicità modelli più verosimili dell'oggetto.

Il software permette l'esperienza di lavoro in una stanza virtuale condivisa che si rivela determinante sia nelle prime fasi di lavoro, citate in precedenza, sia come ambiente di revisione nelle diverse fasi di sviluppo del prodotto. All'interno della "collab room" si può essere presenti ed interagire attraverso l'utilizzo del visore, ma anche mediante un comune browser Internet, perdendo ovviamente l'immersività dell'esperienza VR, ma mantenendo la possibilità di interagire con chi sta lavorando all'interno della stanza per mezzo di appunti scritti, disegni e la facoltà di parlare e ascoltare. Inoltre il trasferimento del lavoro realizzato all'interno del software è esportabile in diversi formati, quali .obj, .iges, .fbx, di modo da poter trasferire facilmente il lavoro sui sistemi CAD comunemente utilizzati. Al contrario nell'importazione di oggetti 3D si trova un limite del software, in quanto i modelli importati non possono essere modificati in modo sufficientemente estensivo, dal momento che vi è una ampia differenza nel numero di nodi tra i file importati e quelli creati direttamente nel software. Per gli oggetti importati, viene visualizzato un numero significativamente inferiore di nodi ed in aggiunta le prestazioni, quando si importano geometrie molto complesse o in grande numero, diminuiscono drasticamente se non si lavora con attrezzatura adeguata, fino a causare chiusure forzate del software.

3.2 AUTODESK Alias



Software di proprietà di Autodesk utilizzato principalmente nel settore automotive e nel design del prodotto industriale per la modellazione di superfici di diverso grado fino alla classe A. Per la loro realizzazione utilizza diversi metodi della modellazione quali le superfici di Bèzier, NURBS e SUBD.

3.3 Blender



Software open-source di modellazione, animazione, composizione e rendering. Dispone anche di moduli di simulazioni di fluidi e simulazioni non lineari oltre alla possibilità di sviluppare applicazioni e giochi 3D.

Blender è dotato di una vasta libreria di funzionalità tra le quali è anche l'utilizzo di raytracing. Per la realizzazione di superfici consente anch'esso di utilizzare più metodi, dalle curve Bèzier alle SUBD.

4 MODELLAZIONE SUPERFICI

Nella progettazione la modellazione di superfici attraverso strumenti CAD risulta essere necessaria in tutti quei casi in cui le forme del prodotto rappresentano un requisito di progetto imprescindibile. Ne sono un esempio le carrozzerie di automobili e le carene di motociclette nel settore automotive e gli scafi per la nautica, ancor più in generale un qualsiasi prodotto di design che debba essere commercializzato.

Per quanto concerne la realizzazione di carrozzerie la modellazione delle superfici viene supportata da processi di Reverse Engineering dai quali vengono acquisite e convertite in digitale le forme di un modello prototipale realizzato in di un prototipo fisico dello stile (in genere in plastilina).

La modellazione di superfici permette di realizzare forme complesse per mezzo dell'unione di superfici più piccole detta ciascuna *patch*, caratterizzata dall'insieme di: *equazioni parametriche, bordi e vertici*, come verrà illustrato più avanti. L'intera geometria deve essere priva di *strappi* e la continuità delle superfici deve essere garantita.

Nel dettaglio, riferendosi alla continuità di superfici, ci si riferisce, specialmente in in ambito automobilistico, a tre classi di continuità che corrispondono alla continuità geometrica di *posizione, tangenza, curvatura*.

Per capire tali concetti, facendo un passo indietro, si vedono le stesse classi di continuità, ma applicate a due curve in continuità che corrispondono alle generatrici di due superfici connesse:

- G0: *continuità di Posizione*: quando vi è contatto tra di loro in un punto;
- G1: *continuità di Tangenza*: quando nel punto di contatto le tangenti alle due curve hanno lo stesso angolo;
- G2: *continuità di Curvatura*: oltre ad avere le tangenti con lo stesso angolo, le due curve raggio di curvatura uguale in valore e segno.

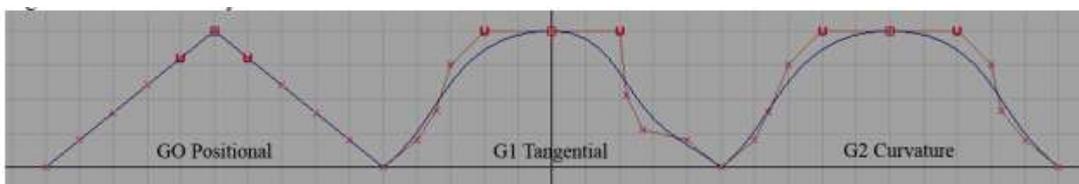


Figura 18 Rappresentazione delle continuità applicate a due curve

Estendendo il concetto a due superfici in continuità vediamo che per *continuità di posizione* il punto di contatto si traduce in un bordo in comune in forma di spigolo vivo. Con la *continuità di tangenza* il bordo di continuità non è facilmente distinguibile e si può considerare “raccordato”, mentre in *continuità di curvatura* le due superfici si incontrano in maniera ancora più morbida ed omogenea da rendere totalmente non individuabile il bordo di giunzione.

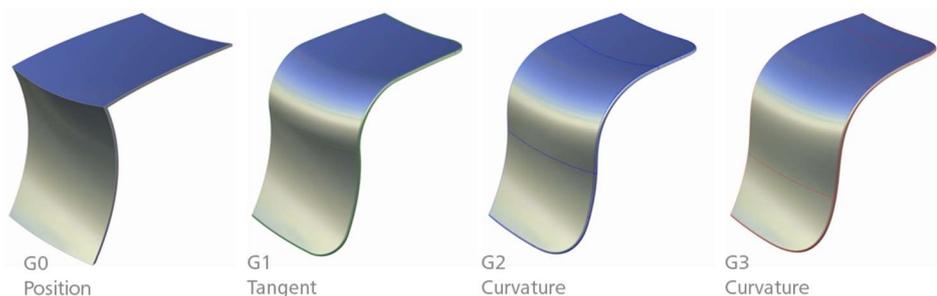


Figura 19 Rappresentazione delle continuità di superficie

Nell'immagine precedente viene anche considerata un'ulteriore classe di continuità, la G3, che è difficilmente distinguibile dalla G2, se non nella *accelerazione* con cui il raggio di curvatura cambia, rendendo ancora più “morbido” il passaggio tra una superficie e l'altra.

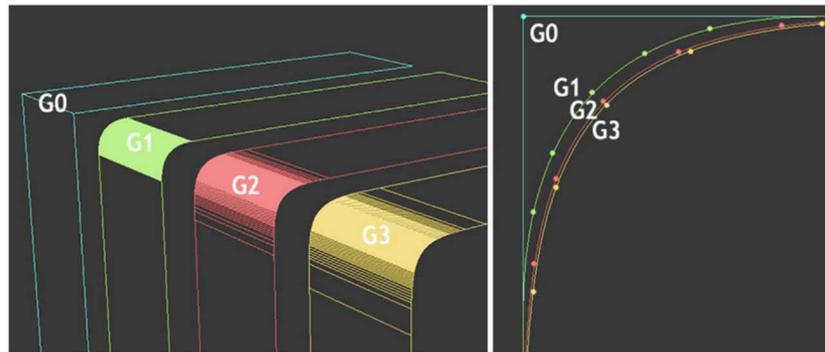


Figura 20 Visualizzazione delle diverse tipologie di continuità

4.1 Strumenti di analisi delle superfici

Diversi sono gli strumenti di analisi di curvatura che permettono di individuare eventuali presenze di discontinuità tra le superfici; uno dei più utilizzati è il metodo che utilizza le così chiamata *Zebra Stripes*.

Tramite questo tipo di visualizzazione vengono proiettate una serie di strisce alternate di colorazione bianca e nera che la cui riflessione mette in evidenza la presenza di discontinuità.

È così che è facilmente individuabile la discontinuità di tipo G1 se è presente un disallineamento tra le strisce:

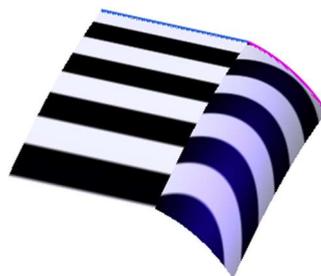


Figura 21 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G0

La continuità G2 viene invece visualizzata con strisce allineate tranne nella zona di transizione contenente il bordo di collegamento dove è presente un andamento discontinuo



Figura 22 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G1

Infine, la continuità G3 di curvatura è mostrata attraverso strisce allineate con andamento del tutto continuo nella zona di transizione; inoltre, quanto in questa zona le linee risultano essere più morbide nel loro andamento, tanto più nell'area le superfici saranno caratterizzate da rotondità.



Figura 23 Rappresentazione Zebra Stripes di continuità G2

4.2 Teoria della modellazione delle superfici

Si illustrano in breve alcune delle principali metodologie utilizzabili per la modellazione di tali geometrie. I modelli matematici sono stati sviluppati con lo scopo di:

- avere una facilità di controllo di una geometria complessa attraverso un numero finito di punti;
- avere un sufficiente livello di continuità delle espressioni matematiche che descrivono le superfici;
- fare in modo che le modifiche apportate su alcuni punti specifici modifichino l'andamento della curva/superficie in una zona limitata senza creare irregolarità lungo tutta la forma;
- ottimizzare l'elaborazione numerica dei dati.

Le superfici possono essere generate attraverso l'interpolazione di punti o di reti di curve e mediante la traslazione o rivoluzione di curve.

Alcune curve parametriche che vengono utilizzate per generare superfici sono:

- Curve di Bèzier
- B-Spline
- NURBS

4.2.1 Curve di Bèzier

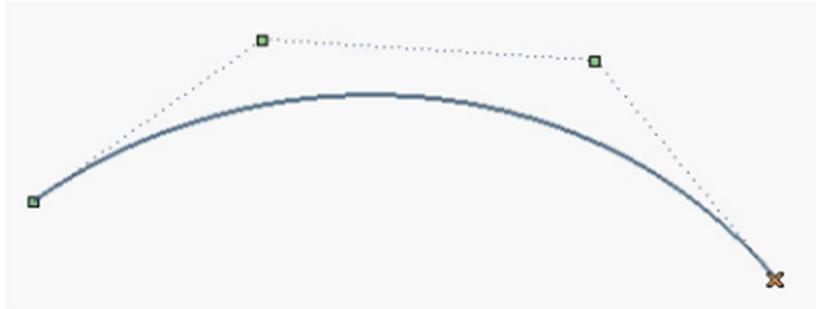


Figura 24 Curva di Bèzier con attivi i punti di controllo

Pierre Bèzier, ingegnere francese della casa automobilistica Renault, è stata una delle figure che ha apportato maggior contributo allo sviluppo di sistemi di rappresentazione di curve e superfici. Il suo metodo si basa su una costruzione con tecnica geometrica e non analitica, basata su funzioni polinomiali cubiche.

La formulazione generica di una curva di Bèzier è:

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

Con $B_{i,n}(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-i}$

P_i rappresenta l' i -esimo punto di controllo e $B_{i,n}(u)$ è la base di Bernstein, chiamata *Blending Function*, una funzione che esprime l'aspetto del poligono di controllo della curva.

I Vantaggi apportati dall'utilizzo di questa tipologia di curve nella modellazione sono

- Curve a controllo Globale che consentono di poter delineare curve con ampia curvatura con una bassa possibilità che si presentino dei punti di flesso, tuttavia non rendono possibili modifiche a livello locale.
- Permettono di definire geometrie complesse pur con un basso grado della curva

4.2.2 Curva B-Spline

Sono curve che permettono di risolvere una problematica delle curve Spline teorizzate nel 1967 che interpolano un qualsiasi numero di punto, riuscendo a mantenere una variazione di curvatura in maniera graduale.

Con le B-Spline è possibile avere un controllo locale sulla curva ovvero la possibilità di poter modificare solo una porzione della curva. Può essere considerata come un insieme di curve di Bèzier concatenate tra loro; infatti, la loro composizione analitica è molto simile a queste.

$$F(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_{i,n}(u)$$

4.2.3 Curva Non Uniform Rational B-Spline (NURBS)

Modalità di formulazione di una curva mediante la frazione di polinomi parametrici non-uniformi.

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

Con essa si è in grado di rappresentare tutte le forme complesse, tra cui le forme coniche, non rappresentabili con i modelli precedenti. Costituisce quindi attualmente lo standard principale nella modellazione digitale. Tale espressione può essere utilizzata in diverse sue forme, come quella uniforme o non uniforme, la razionale o non razionale, avendo così il grande pregio di racchiudere in sé i diversi tipi di curva descritti in precedenza.

4.2.4 Passaggio alle superfici

Facendo riferimento principalmente alle curve di Bèzier e NURBS, le superfici che vengono espresse secondo queste formulazioni godono pressoché delle stesse caratteristiche. La superficie viene descritta da una funzione polinomiale cubica nel parametro u che scorre lungo una seconda curva di Bèzier nel parametro v , ottenendo così una superficie descritta da una polinomiale bicubica nei parametri u e v .

$$s(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_i^n(u) B_j^m(v)$$

Una superficie di Bèzier rispecchia le caratteristiche viste per le curve, tra cui:

- l'interpolazione dei poli avviene ai vertici, ma nei restanti punti di controllo la superficie viene approssimata;
- le curve di bordo di bordo hanno gli estremi tangenti
- la superficie è a controllo globale;

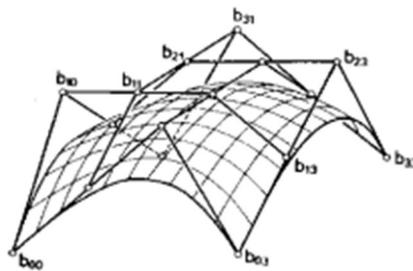


Figura 25 Superficie di Bèzier

Stessa trattazione viene fatta per le superfici NURBS, caratterizzate da una rappresentazione matematica di tipo:

$$s(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} P_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v)}$$

Alla medesima maniera delle superfici precedentemente trattate, anche le superfici NURBS possiedono gli stessi vantaggi delle curve da cui derivano tra cui la possibilità di descrivere forme complesse, tra cui le coniche senza richiedere di elevare in maniera eccessiva il grado del polinomio costituente.

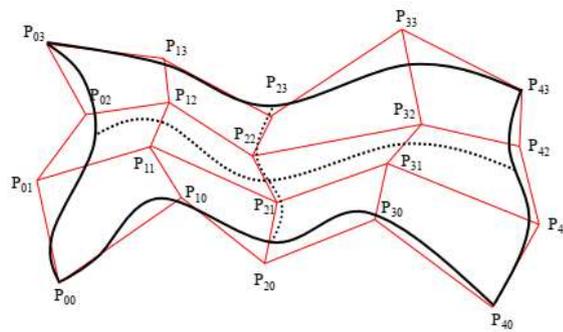


Figura 26 Superficie NURBS

5 STYLISTIC DESIGN ENGINEERING

Con tale nomenclatura si identifica una procedura organizzata di attività nella fase di ricerca e sviluppo del design di prodotto, nello specifico questo approccio viene ampiamente utilizzato nel settore automotive. Metodologia sviluppata dall'Ingegnere Ramacciotti nei suoi anni in Pininfarina viene per questo anche conosciuta come "Metodo Pininfarina".

L'applicazione del metodo inizia con la cosiddetta *Analisi dello Stile*: si tratta di uno studio approfondito dello stile che caratterizza i prodotti dell'azienda considerata nel corso della sua storia, con l'intento di andare a identificare i tratti e le forme caratterizzanti il marchio ed il suo design. A seguire vi è la fase di realizzazione di *sketch* con i quali si mettono su carta i risultati del primo passaggio per tradurli in un concept di ciò che si vuole realizzare per andare man mano a perfezionarlo. Si passa poi allo step cruciale del metodo ovvero a realizzazione delle *tavole ortogonali* degli sketch precedentemente eseguiti. È la fase più critica perché bisogna fornire ai bozzetti proporzioni e dimensioni che siano un giusto compromesso tra ciò che era l'idea e la volontà del designer e ciò che si può tradurre in qualcosa di realmente progettabile e realizzabile. Sulla base di queste segue la realizzazione del *modello 3D* che verrà poi utilizzato come input per le successive fasi di progettazione CAD e CAS e realizzazione di primi prototipi Virtuali e Reali.

5.1 Implementazione VR nel metodo SDE

Per permettere di comprendere efficacemente dove il lavoro svolto si sia discostato dal processo standard, si riporta un'immagine esaustiva dei due flussi di lavoro.

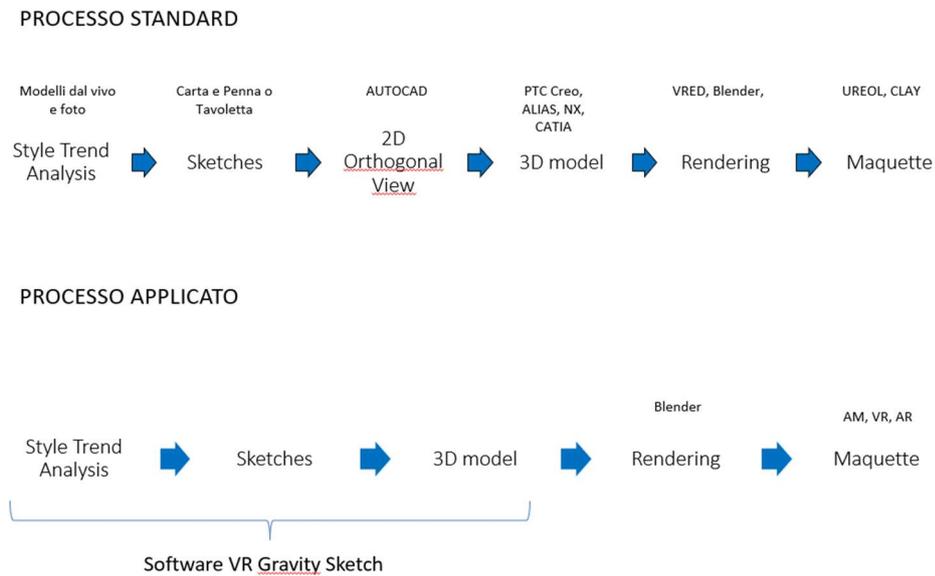


Figura 27 Confronto tra i flussi di lavoro

Alcune fasi del lavoro sono state estremizzate sia per limiti di competenze che di metodo, ma anche per poter esplorare l'esistenza di errori di sistema e di possibili approcci diversi da quelli inizialmente considerati per sviluppi futuri.

In particolare, come verrà spiegato in seguito, nella prima fase di lavoro la ricerca di stile è stata condotta in una maniera del tutto differente rispetto al metodo classico, sfruttando le nuove possibilità introdotte dall'uso della realtà virtuale come ambiente di lavoro collaborativo. Infatti, è nell'ambiente e nei mezzi di lavoro che risiede la vera innovazione che l'adozione della realtà virtuale ha portato durante lo svolgimento dell'operato. Come riportato nello schema che illustra le fasi di progetto seguite, la maggior parte di esse sono state svolte all'interno di un unico ambiente virtuale. Questo implica che lungo lo sviluppo non si debba più passare tra diverse postazioni di lavoro, necessitando di spazi e strumenti diversi, che si traducono un importante dispendio di risorse economiche.

Avere un unico ambiente di lavoro e che questo sia integrato in un sistema virtuale, comporta un altro importante vantaggio: all'interno della stanza virtuale a disposizione

possono essere presenti e lavorare al modello più persone contemporaneamente che nella realtà si trovano dislocati in luoghi di lavoro distanti tra loro. Questo si traduce in una grande apertura verso un processo di lavoro fortemente collaborativo tra le diverse figure chiamate in causa nel progetto: designer, ingegneri, reparto marketing, dirigenza e clienti, che possono così visionare e dare il loro contributo in prima persona allo sviluppo del prototipo fin dalle prime fasi di avanzamento e senza la necessità di dover attendere la creazione di prototipi fisici. Riguardo proprio questi ultimi, il poter eseguire la modellazione in superfici in VR, realizzando un esemplare valutabile direttamente in scala 1:1 del concept con anche la possibilità di adoperare strumenti di analisi, come le *zebra stripes*, ne riduce l'utilizzo, ma non lo elimina.

6 CASO STUDIO: MASERATI GRANTURISMO

L'idea di sviluppare un nuovo concept di Maserati GranTurismo nasce dalla possibilità di studiarne dal vivo un modello di ricerca stilistica in possesso del DIN presso i suoi laboratori di Montecuccolino. Presso tali strutture vi è l'intenzione di allestire un laboratorio didattico e di ricerca sul Car Design, col quale permettere agli studenti di sperimentare diverse attività inerenti alla progettazione di veicoli attraverso l'uso di diverse tecniche progettuali e produttive che spaziano dall'apprendimento delle tecniche di sketch tradizionale e realizzazione di modelli in scala alla realizzazione degli stessi prodotti, ma con l'utilizzo delle ultime tecnologie come la stampa additiva e l'uso di software di realtà virtuale per la fase di sketch, visualizzazione di render e simulazione di guida.

6.1 La Vettura



Figura 28 Skectht stilistico di GranTurismo e vettura reale

Progetto nato dalla volontà di Maserati di creare una vettura di grande carattere ed impatto. Disegnata da Pininfarina, sfruttando come base il pianale della Maserati Quattroporte e condividendo con questa la lunghezza, ma con 2 sole porte, si tratta di è una vera e propria vettura 2+2 e di una classica coupè sportiva con 2 sedili anteriori e 2 sedili posteriori minimalisti. La ricerca iniziale ha considerato tre direzioni: definire la naturale evoluzione della Quattroporte, concepire una coupé imponente e il concetto di supersportiva di classe. Scelta quest'ultima strada, si è elaborato il progetto tenendo presente diversi fattori: la *size impression*, la *sportività*, l'*eleganza*, il *carattere*, la *coerenza di gamma* e l'*assonanza con il prototipo Birdcage 75th*"



Figura 29 Concept Car Birdcage 75th

La GranTurismo mira ad unire in sé l'eredità della casa del tridente e la scuola stilistica di Pininfarina. Il concetto di *“sportività elegante”* rappresenta il tema di base del progetto. I suoi volumi richiamano fortemente le grandi vetture da corsa Maserati del passato e grande attenzione è stata posta ai dettagli che contrastano la semplicità raffinata della sua forma, in realtà molto muscolare. Il muso imponente e dinamico caratterizza la tradizionale vista in pianta del trapezoidale Maserati che termina nella grande bocca ovale. La griglia concava, forte richiamo alla Maserati A6GCS degli anni '50, si incastra nel paraurti anteriore creando una bocca imponente. Il posteriore della vettura rimarca ulteriormente l'intento sportivo e la tecnologia della GranTurismo.

Citando direttamente Pininfarina dal discorso con cui presentò il progetto GranTurismo: *“La GranTurismo è come una persona dal carattere intrigante e vario. Muta nel tempo davanti ai vostri occhi come una persona irresistibile durante una relazione: non annoia mai”*.

6.2 Ricerca Stilistica

In questa prima fase lo scopo della ricerca è quello di andare ad esplorare la storia del design del marchio, individuando i dettami stilistici che vanno a costituirne l'essenza e i tratti riconoscibili. Solitamente la fase di studio procede con la definizione delle linee caratteristiche di diversi veicoli del marchio condotta su fotografie degli stessi o attraverso "ritratto dal vivo" sui veicoli di queste linee.

La VR ha reso invece questa fase maggiormente approfondibile, riducendo al tempo stesso l'impiego di risorse. L'idea è stata sfruttare una delle stanze virtuali collaborative messe a disposizione da Gravity Sketch, rendendola una stanza di studio. Per fare ciò all'interno di questa stanza sono stati importati i modelli 3D, in formato .obj, di automobili Maserati disponibili. In aggiunta, per simulare una possibile situazione aziendale, nella quale di un modello, verosimilmente storico, non si possieda la sua versione digitale, è stata realizzata una scansione 3D del modello fisico della Maserati presente in laboratorio.

La scansione è stata realizzata mediante lo scanner laser FARO CAM2 Focus, modello prettamente utilizzato per la scansione di ambienti esterni. Per eseguire la scansione si è dovuto preparare l'ambiente da scansionare, posizionando diversi tracciatori nella stanza di modo che il dispositivo potesse sempre essere in grado di triangolare la posizione da cui viene effettuata la scansione. Effettuando il rilevamento a seguito di un angolo di rotazione, le scansioni ottenute non contenevano solamente il modello oggetto della scansione 3D e per questo motivo le scansioni, dopo esser state opportunamente allineate, hanno richiesto una rielaborazione con il software *Geomagic Design X* in modo da isolare solamente la nuvola di punti del modello.

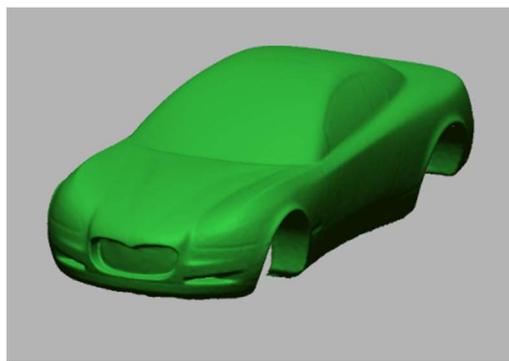


Figura 30 Preparazione della stanza alla scansione e nuvola di punti ricostruita

Lo scopo della creazione di questa stanza è stato rendere evidente come un marchio possa realizzare una sua libreria personale con i modelli più o meno storici e creare una propria aula di studio dei mezzi, dove permettere ai propri designer di effettuare le loro ricerche con il minor dispendio di spazi e risorse. Infatti, ogni marchio ha a disposizione i CAD dei veicoli più recenti da poter convertire ed importare e di quelli più datati o rari è possibile realizzare una copia digitale grazie alle tecnologie utilizzate di reverse engineering. I modelli analizzati nello specifico sono stati: *Maserati Levante*, *MC12*, *Maserati Merak*, *Alfieri*, *A6GCS*. Inoltre, grazie alle potenzialità del visore Quest 2 è stato anche possibile provare un'esperienza di reverse engineering con mixed reality. Questo è un visore VR che permette di lavorare non necessariamente collegati ad un computer e durante il suo utilizzo in modalità autonoma, l'applicazione Gravity Sketch ha abilitata la funzione *passthrough*, grazie alla quale è possibile vedere l'ambiente che circonda chi disegna ed interagirci.

Per questo il modello in scala presente in laboratorio oltre ad essere stato scannerizzato è stato riprodotto direttamente all'interno di Gravity Sketch. Sfruttando questa modalità di lavoro, di alcune vetture di cui non si era in possesso dei modelli 3D si sono estrapolate le linee caratterizzanti direttamente dai veicoli reali presso un concessionario Maserati.



Figura 31 Tracciamento delle linee di stile da modello dal vivo

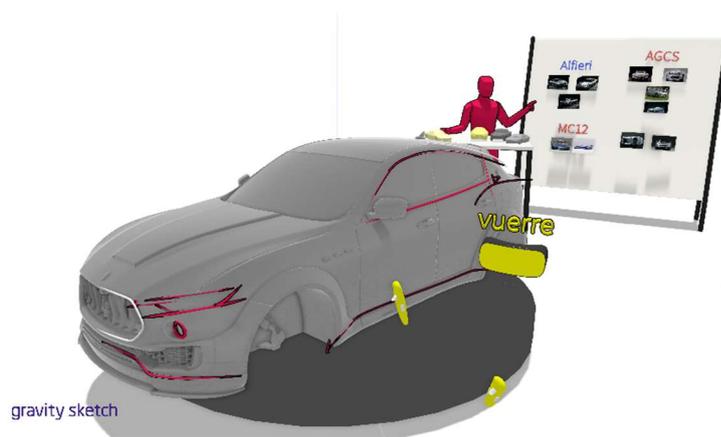


Figura 32 Collab room dal punto di vista del visore VR



Figura 33 Collab Room in cui interagire con diversi modelli 3d di veicoli

La possibilità di utilizzare la modalità *passthrough* è stata utile non solo in questo stadio, ma lungo tutto il processo creativo, permettendo scalare il disegno in 1:1 in ogni momento si è potuto sempre fare un confronto tra le proporzioni di ciò che veniva disegnato con veicoli presenti nel mondo reale.

6.3 Preparazione ambiente di disegno

Successiva miglioria illustrata nell'utilizzo della VR è la possibilità di creare un ambiente di disegno del tutto nuovo. Contrapponendosi al foglio bianco sul quale il designer è solito realizzare i primi sketch, l'idea è stata quella di vincolare il lavoro di disegno del concept della vettura a indicazioni di tipo ingegneristico/produttive, nell'ottica di simulare la possibilità che al designer venga fin da subito fornita come base di lavoro l'intera struttura del veicolo.

Per fare questo, son stati quindi importati nell'ambiente i modelli degli pneumatici opportunamente dimensionati, sia in termini di grandezza propria che di ingombro di interasse e carreggiata; questi ultimi valori sono stati ipotizzati tenendo in riferimento gli stessi adottati dalla versione precedente della GranTurismo e da veicoli del gruppo FCA che adottano la piattaforma Giorgio, quali Alfa Romeo Giulia e Stelvio e le Maserati Levante e Grecale.

All'anteriore sono stati adottati pneumatici 265/30R20 e al posteriore 295/30R21.

Il valore di interasse è di 2929mm, mentre le carreggiate anteriore e posteriore sono rispettivamente di 1647mm e 1660 mm.

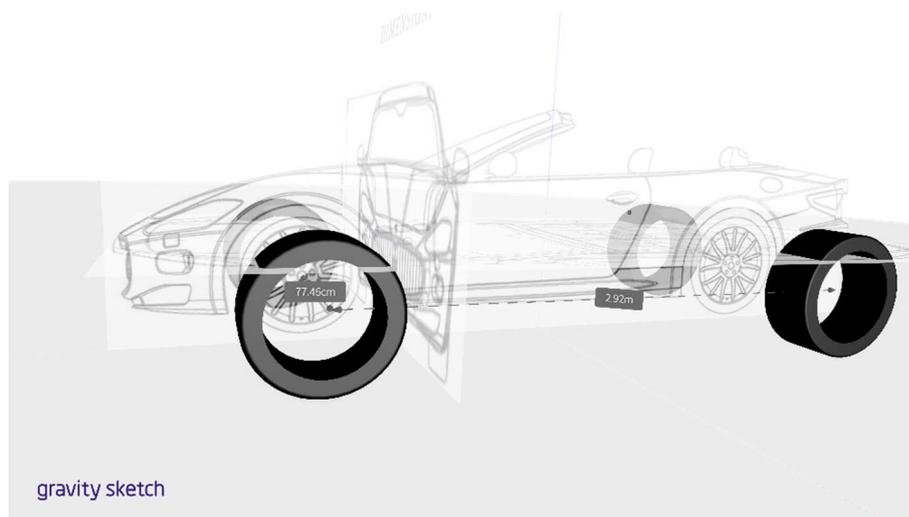


Figura 34 Studio degli ingombri di interasse e carreggiata

Ipotizzando poi che la vettura adotti il nuovo Motore V6 biturbo di Maserati da 490 Cv, chiamato Nettuno, ne è stato ricreato un modello che esprimesse i suoi ingombri di massima direttamente all'interno di Gravity Sketch, utilizzando fotografie del motore pubblicate dall'azienda come immagini canvas.

Il motore è stato opportunamente posizionato seguendo la logica del propulsore montato frontalmente e longitudinalmente con trazione al posteriore che corrisponde alla tipica configurazione per un'automobile sportiva con il motore all'anteriore.

Anche durante la modellazione del motore è stato possibile aiutarsi con la modalità *Passthrough*, per verificare il grado di accuratezza del modello, sovrapponendolo al motore reale per poter verificare la correttezza degli ingombri.

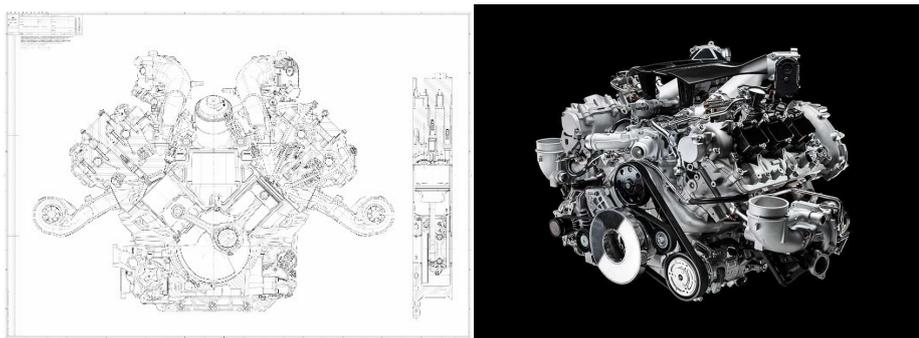


Figura 35 Immagini utilizzate per la modellazione del motore V6 Nettuno

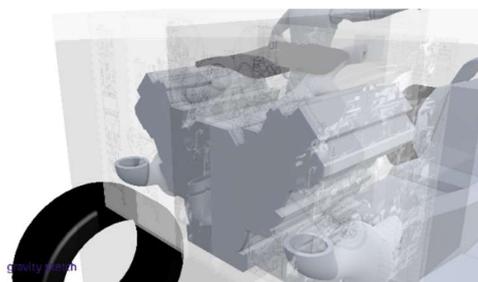


Figura 36 Modellazione del motore all'interno di Gravity Sketch

Lo stesso è stato fatto per realizzare una geometria molto semplificata del pianale dell'auto, ma non di minore utilità, andando a costituire una base sulla quale poter sviluppare lo studio dell'ergonomia dell'abitacolo.

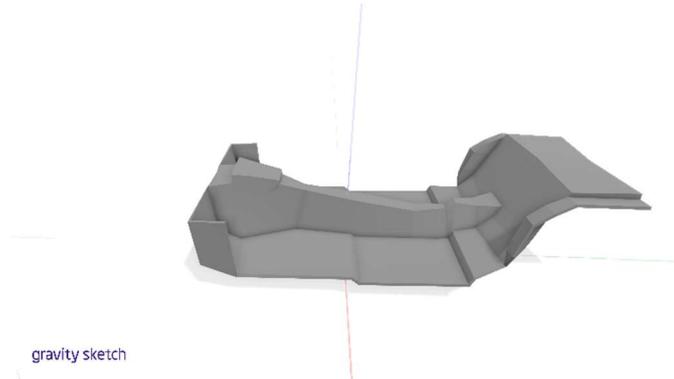


Figura 37 Piattaforma modellata

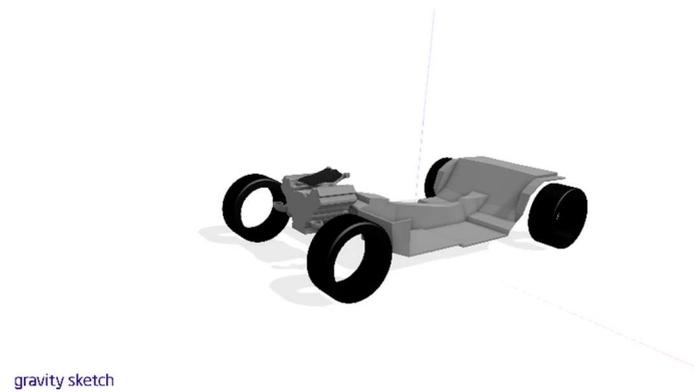


Figura 38 Layout del Veicolo

6.3.1 Studio dell'ergonomia

L'opportunità di poter inserire nell'ambiente di lavoro più vincoli progettuali possibili per la successiva fase di disegno, fornisce la possibilità, fin dalle prime fasi, di effettuare lo studio inerente all'ergonomia del veicolo, consentendo così di realizzare un design che sia già corretto e proporzionato anche rispetto a questo fondamentale aspetto.

Come riferimento per eseguire questo passaggio si è adottato il libro H-Point.

Scritto da Stuart Macey, insieme al direttore della ricerca sulla mobilità avanzata, Geoff Wardle è lo scritto di riferimento in ambito accademico attualmente utilizzato per gli studenti di design dei trasporti all'Art Center. In esso sono contenute tutte le nozioni fondamentali per comprendere l'architettura dell'automobile e i principali componenti di cui essa è costituita, fornendo anche tutte le informazioni normative necessarie per costruire il layout di una vettura a seconda della sua categoria di appartenenza.

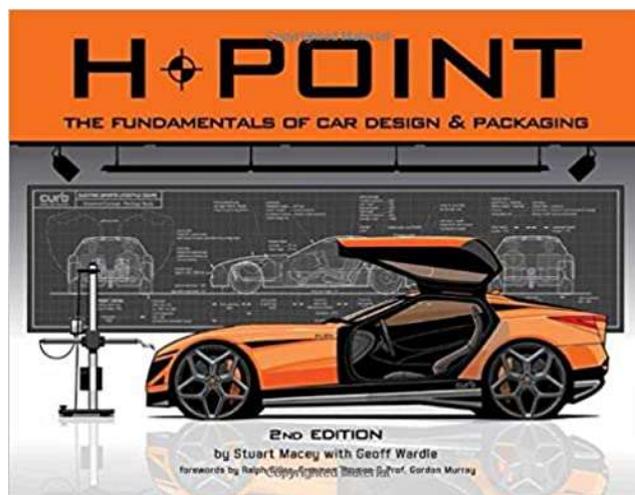


Figura 39 Copertina H-Point

Il titolo dello scritto è un rimando a quello che è il parametro di riferimento per lo studio dell'ergonomia di un autoveicolo: il Punto H.

Il punto H è la posizione teorica e relativa dell'anca di un occupante: in particolare il punto di articolazione tra il tronco e la parte superiore della gamba del corpo. Nella progettazione di un veicolo questo è misurato rispetto a diversi riferimenti; considerando ad esempio le tabelle di seguito riportate, il punto H può essere espresso rispetto al *pavimento del veicolo* (H30) o *h-punto al terreno* (H5). La misurazione del punto tiene in considerazione l'articolazione dell'anca di un occupante maschio del 50° percentile.

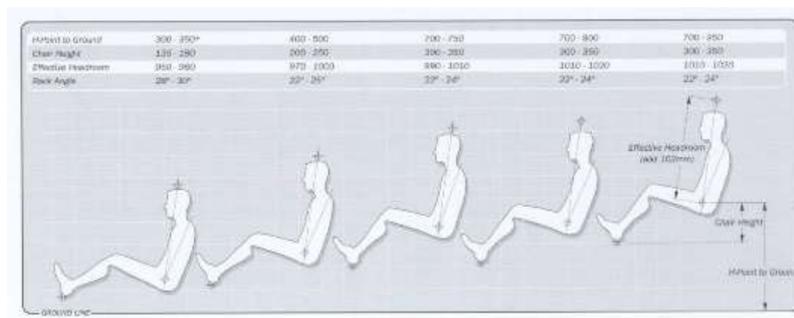
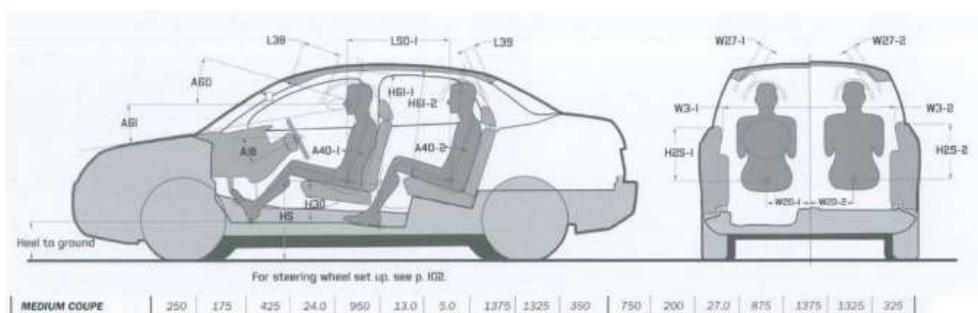
Come per la posizione di altri "punti duri" del design automobilistico, il posizionamento del punto H ha importanti implicazioni nella progettazione complessiva del veicolo, tra cui l'altezza del tetto, l'aerodinamica, la maneggevolezza, in particolare ad alte velocità, la visibilità ed il comfort dei posti a sedere, l'affaticamento del conducente, la facilità di entrata e di uscita, la sicurezza, l'SRB e la progettazione degli airbag e le prestazioni di collisione. Ad esempio, i punti H più alti possono fornire più spazio per le gambe, sia nei sedili anteriori che posteriori.

Da questa ultima considerazione si riporta come fin dai primi anni 2000 c'è stata una tendenza globale verso l'adozione di punti H più elevati rispetto alla superficie stradale e al pavimento interno del veicolo. Il *The Wall Street Journal* in un articolo del 2004 ha riportato che *“più alto è il punto H, migliore è il tuo viaggio in auto e, in alcuni casi, più ti senti a tuo agio dietro alle ruote”*.

Muniti di tutti i dati fondamentali, si è passati al posizionamento dei manichini di guidatore e passeggeri opportunamente posizionati, seguendo le indicazioni normative trovate in letteratura. Ovviamente questa è un'operazione facilmente attuabile anche in un software di modellazione tradizionale, se non che la possibilità di avere un riscontro di ciò che si sta posizionando direttamente in prima persona in dimensioni reali fornisce un grado di correttezza ed aggiustamento maggiore.

Per mantenere l'idea di fondo secondo la quale è stata concepita la prima GranTurismo, ossia quella di essere sì una coupè sportiva, ma che permettesse la comoda abitabilità di una vettura propriamente quattro posti, si sono adottate le misure di massima indicate per una *sport car* e di minima per una *passenger car*.

Di seguito vengono riportate le tre tabelle di riferimento utilizzate con evidenziati i dati considerati e come ultima un'immagine delle stesse inserite all'interno dell'ambiente di lavoro.



	DRIVER & FRONT PASSENGER														REAR OCCUPANTS							
	Heel to Ground (Ref)	Chair Height	H point to ground	Back Angle	Effective Head Room	Upper Vision Angle	Downward Vision Angle	Shoulder Room	Hip Room	Lateral Location	Clasp	Chair Height	Back Angle	Effective Head Room	Shoulder Room	Hip Room	Lateral Location					
	H30	HS	A40	HE1	AS0	AE1	WS	WS	W20	L50	H30-2	A40-2	HE1-2	WS-2	WS-2	W20-2						
CARS	NEV	325	430	725	25.0	1075	11.0	30.0	-	-	275	-	-	-	-	-	-					
	SPORTS CAR	175	150	325	28.0	950	8.0	5.0	1350	1275	250-400	-	-	-	-	-	-					
	MICRO CAR	350	275	625	21.0	1000	14.0	11.0	1200	1150	200	-	-	-	-	-	-					
	SMALL ELECTRIC CAR	450	250	700	24.0	975	15.0	9.0	1325	1325	350	750	275	26.0	950	1325	1325	325				
	SMALL CAR	225	250	475	24.0	975	13.0	7.0	1350	1325	350	750	275	27.0	950	1350	1425	325				
	MEDIUM CAR	250	250	500	24.0	975	14.0	7.0	1475	1400	350	850	275	27.0	950	1475	1400	325				
	MEDIUM COUPE	250	175	425	24.0	950	13.0	5.0	1375	1325	350	750	200	27.0	975	1375	1325	325				
TRUCKS	LARGE CAR	275	250	525	24.0	975	14.0	8.0	1500	1450	375	900	275	27.0	975	1500	1450	400				
	LARGE LUXURY CAR	375	275	550	22.0	975	15.0	7.0	1550	1500	400	975	300	26.0	975	1550	1450	375				
	MINIVAN	425	350	775	20.0	1010	19.0	11.0	1375	1325	425	850	375	22.0	1000	1575	1525	400				
	SMALL SUV	400	350	750	22.0	1010	15.0	9.0	1425	1400	400	800	375	24.0	1000	1425	1375	375				
	MEDIUM SUV	450	300	750	22.0	1010	14.0	8.0	1500	1450	400	825	325	24.0	1000	1500	1450	425				
	LARGE SUV	450	325	775	22.0	1025	14.0	7.0	1650	1600	375	875	250	24.0	1025	1650	1600	375				
	SMALL TRUCK	400	300	700	22.0	1010	14.0	7.0	1475	1450	375	625	325	18.0	950	1475	1425	400				
TRUCKS	LARGE 4x4 TRUCK	600	350	950	22.0	1025	18.0	8.0	1700	1650	475	950	375	18.0	1025	1700	1650	475				
	COMMERCIAL VAN	725	350	1075	22.0	1010	18.0	10.0	1675	1625	525	900	425	19.0	1000	1675	1625	500				

Figura 40 Tabelle contenenti quote per definire la posizione degli occupanti di un veicolo



Figura 41 Posizionamento del Manichino del pilota condotto in prima persona

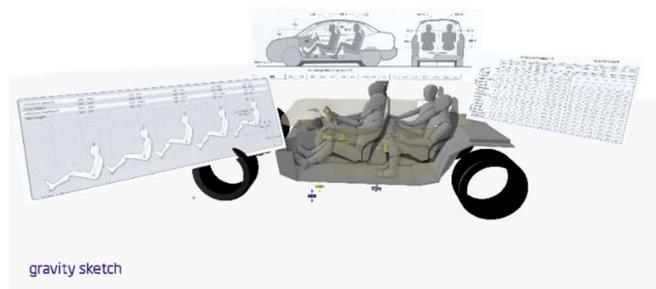


Figura 42 Utilizzo di immagini di riferimento per definire il layout del veicolo

Come ultimo oggetto importato nella stanza, siccome è consuetudine il riutilizzo di componentistica su diversi modelli, è stato supposta anche l'adozione dei gruppi ottici anteriori della Maserati MC20 e ciò è risultato essere un forte vincolo durante la fase di sketch in quanto ha influenzato fortemente la stesura delle forme del frontale del veicolo.

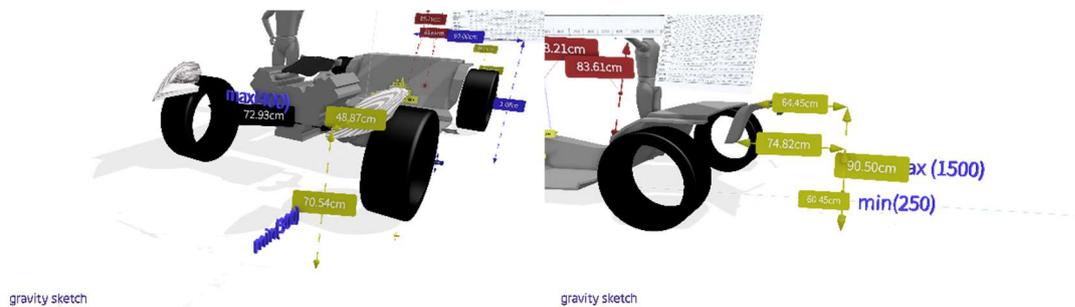


Figura 43 Posizionamento dei gruppi ottici anteriori e posteriori

Il posizionamento corretto è stato condotto facendo riferimento alla normativa europea di riferimento.

I proiettori anabbaglianti devono trovarsi ad un'altezza comprensiva tra i 508 mm e i 1200 mm ed in larghezza non possono eccedere i 400 mm dal piano di simmetria.

Al posteriore le luci d'arresto possono essere posizionate ad una altezza massima di 1500 mm e minima di 350 mm. Per i proiettori di retromarcia e indicatori di direzione, gli ingombri di massima trovano in altezza dai 250 mm ai 1500 mm.

In larghezza i bordi interni dei gruppi luci dei due lati devono distanziare almeno di 600 mm.

6.4 Realizzazione Sketch

Una premessa va fatta all'inizio di questa fase, chi ha realizzato gli sketch, non ha una educazione al disegno, se non al disegno tecnico industriale, essendo studente del corso di ingegneria meccanica; quindi, si dimostra ancora più interessante l'utilizzo di un software VR per poter analizzare quanto possa questo rendere più facile ed intuitivo eseguire sketch proporzionati di una vettura senza esser specializzati nel farlo.

Giunti alla realizzazione dei primi sketch si è proceduto in due modi: inizialmente si son realizzati alcuni tentativi di sketch, tenendo in considerazione solo le linee di stile individuate nella prima fase del lavoro e gli ingombri degli pneumatici, lasciando così più libertà al disegno. Successivamente son stati riattivati tutti gli oggetti inseriti in precedenza come vincoli e sono stati eseguiti nuovamente altri sketch.

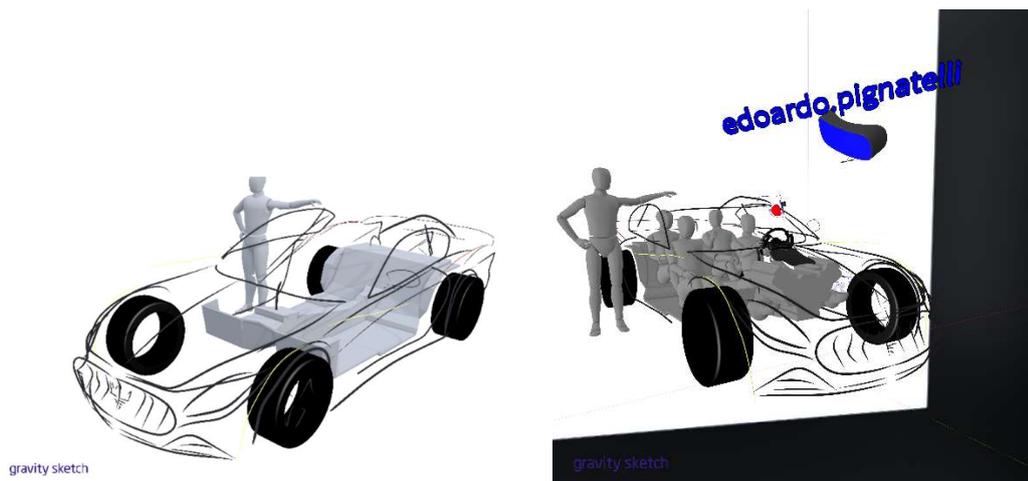


Figura 44 Primi tentativi di sketch

Nell'eseguire i disegni sono stati utilizzati diversi strumenti per tracciare le linee, ognuno dei quali ha restituito informazioni ed impressioni differenti. Dapprima è stato utilizzato lo strumento *ink* col quale si è tracciato un disegno di massima delle forme da voler utilizzare. Il tratto *ink* può essere modificato in dimensione e sezione, l'andamento può essere più morbido o segmentato, ma restituisce sempre l'impressione di star realizzando un vero e proprio sketch su carta.

Per questo motivo andando avanti nella realizzazione dei disegni si è passati a utilizzare lo strumento *stroke*, caratterizzato dall'aver un tratto spesso che fornisce ulteriore tridimensionalità al disegno e quindi una prima impressione di quello che sarà l'effettivo ingombro delle lamiere spesse. Rispetto all'utilizzo di *ink*, realizzare lo sketch è risultato più complicato, dal momento che, andando a variare lo spessore della linea, in diversi casi si è perso il senso dell'ingombro della linea stessa, accorgendosi solamente tracciando alcune superfici di prova; quindi, la stesura di uno sketch soddisfacente ha richiesto diversi tentativi anche per questo motivo. Nonostante questi problemi riscontrati, *stroke* è risultato essere lo strumento di disegno migliore per lo scopo. Inoltre, permettendo di avere come forma del tratto un *nastro*, si sono tracciate delle superfici nello spazio per disegnare i gruppi ottici posteriori.

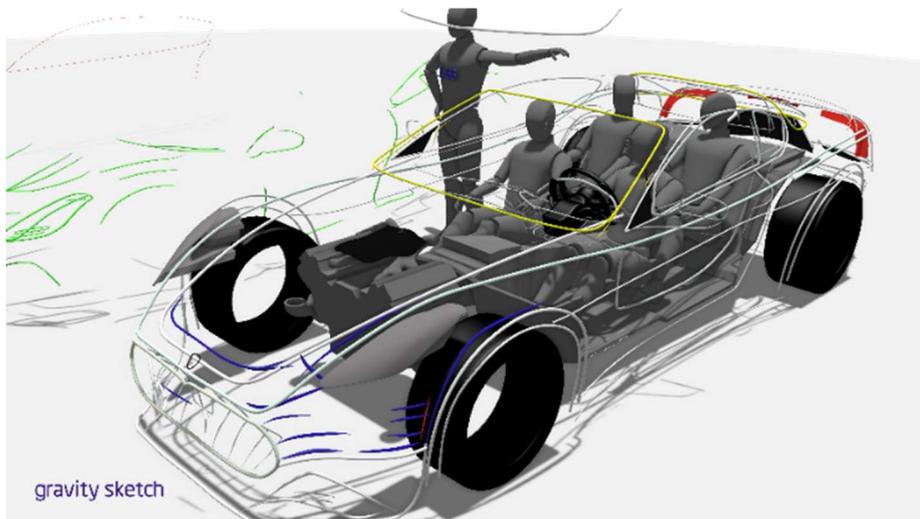


Figura 45 Sketch realizzato tenendo in considerazione tutti i vincoli

Sia in questa fase che nelle successive di modellazione delle superfici, si è sfruttata la possibilità di avere delle viste ortogonali del disegno che si aggiornassero in tempo reale con quanto disegnato, in modo tale da aver un punto di vista fisso col quale controllare le modifiche apportate. Questo ha permesso di avere lo stesso controllo visivo che si è soliti avere con i sistemi CAD tradizionali dove con facilità ci si può riposizionare secondo inquadrature ortogonali per verificare con facilità il lavoro fatto.

6.5 Modellazione superfici

6.5.1 Gravity Sketch

Parte cruciale del progetto, ha richiesto non poco impegno sia nella sua esecuzione che nell'apprendimento dei diversi strumenti a disposizione. Lo strumento *surface* consente di tracciare forme concave e convesse complesse sia con superfici NURBS che SubD, permettendo anche di passare da una tipologia di superficie all'altra in modo molto immediato e a seconda delle esigenze di modellazione, sia in termini di tempo di esecuzione che di precisione ricercata. La possibilità di tracciare in precedenza un disegno nello spazio tridimensionale ha fornito già la *rete* di linee di riferimento per iniziare direttamente la modellazione delle superfici senza la necessità di dover effettuare il passaggio intermedio di stesura delle viste ortogonali per fornire proporzionalità agli sketch. Tuttavia, come già scritto, in Gravity Sketch è possibile disporre delle diverse viste ortogonali come strumento di controllo con le quali in questa fase, abilitando la visualizzazione delle *zebra stripes*, è stato possibile monitorare in tempo reale l'andamento delle superfici. Come per ogni strumento di disegno all'interno del software vi è la possibilità di disporre con precisione forme e curve caratteristiche che continueranno ad essere editabili per qualsiasi eventuale modifica fino al prodotto finale. Da tenere in forte considerazione che tutti i dati vengono trasferiti nel caso che lo schizzo venga esportato e importato in altri pacchetti software CAD, mantenendo così aperta la possibilità di effettuare ulteriori modifiche all'interno di altri programmi. Oltre alla possibilità di andare a modificare il layout delle superfici, sono possibili effettuare operazioni di unione e separazione e realizzazione di spigoli vivi lungo le diverse linee di bordo delle suddivisioni.

Durante questo stadio la possibilità di collaborare all'interno della stessa stanza con altre persone è risultata determinante. Si sono potute apportare modifiche alle superfici modellate sia secondo indicazioni di natura qualitativa sia seguendo considerazioni più tecniche. Ad esempio di ciò, le superfici sono state unite in modo tale da simulare la miglior separazione delle lamiere che costituiscono la carrozzeria in ottica produttiva, cercando di mantenere inalterata la qualità estetica delle forme.

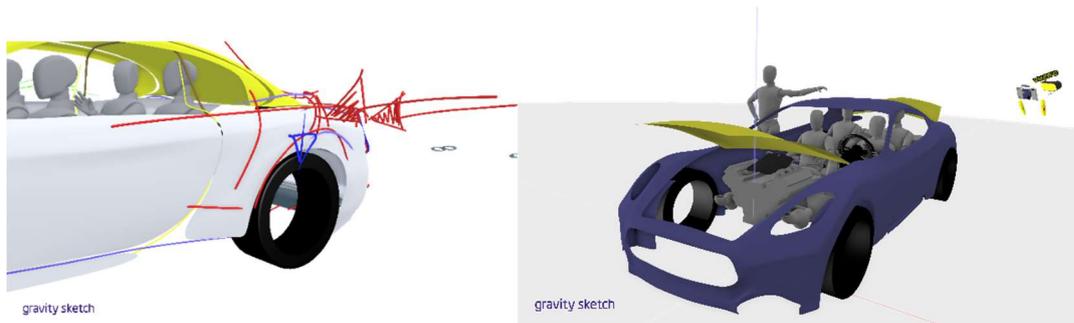


Figura 46 Operazioni di valutazione delle superfici

Durante la modellazione delle superfici che vanno a comporre la carrozzeria sono state anche tracciate delle superfici ed ulteriori sketch che fornissero una descrizione dei volumi occupati dagli interni con l'intento di esplorare ulteriormente l'ergonomia interna, verificandone gli spazi.



Figura 47 Verifica degli ingombri interni

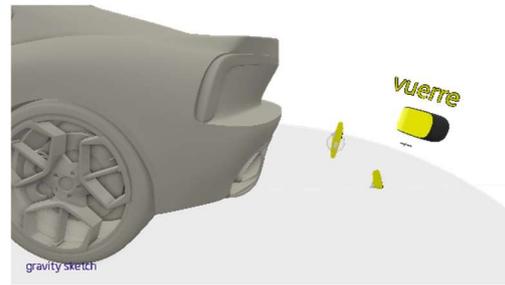
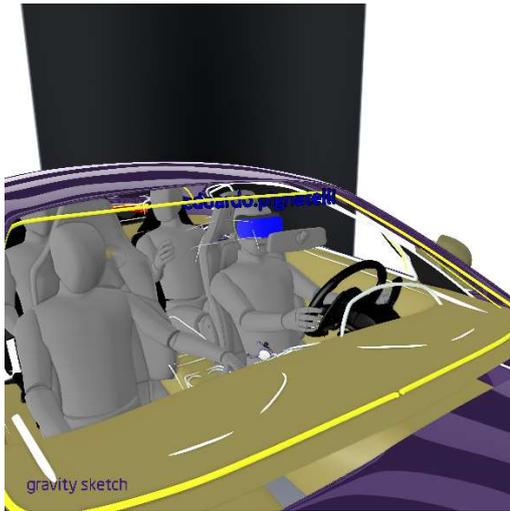


Figura 48 Fasi di revisione in Collab Room

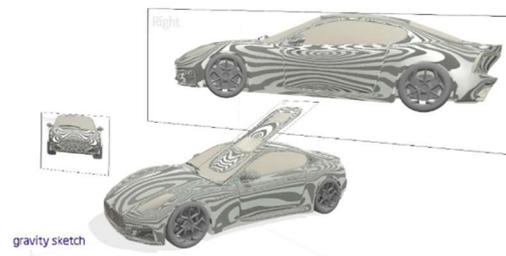
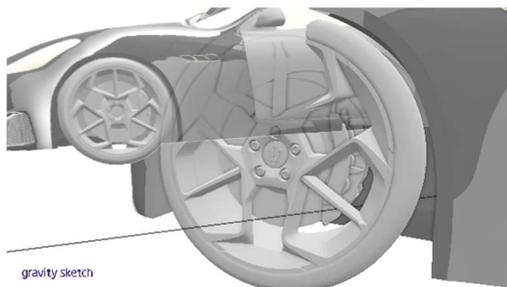


Figura 49 Utilizzo delle viste ortogonali come strumento di controllo in tempo reale delle modifiche apportate

6.5.2 Autodesk Alias

L'impiego di questo software altamente utilizzato nel settore automotive a livello industriale si è reso necessario nell'ottica di valutare il risultato ottenuto in termini di qualità superficiale con la modellazione in realtà virtuale e di avere un riscontro riguardo la capacità di valutare la qualità delle superfici modellate all'interno del software VR.

Ciò che è risultato essere chiaro è che essendo presente in Gravity Sketch come strumento di analisi delle superfici solo la possibilità di attivare le *zebra stripes*, un'indagine qualitativa delle superfici ben condotta è fattibile solo per un modellatore con una buona conoscenza del comportamento di queste.

Inoltre, fare spostamenti di minore entità dei punti di controllo in Gravity Sketch non si è dimostrato essere un'operazione di facile esecuzione e proprio in questa circostanza, dove per avere grandi miglioramenti può essere sufficiente effettuare spostamenti ridotti dei punti di controllo, compierli in Alias mediante l'utilizzo di mouse e tastiera è risultato più immediato, permettendo anche più controllo dei comandi. Anche per quanto riguarda il riscontro visivo, il punto di vista esterno attraverso il monitor piuttosto che interno direttamente di fronte all'oggetto che si andava a modificare, ha facilitato le diverse modifiche. Inoltre, in Alias è possibile applicare diversi effetti visivi, *shade*, alle superfici oltre alle *zebra stripes*, in modo da controllare la resa delle superfici con diversi strumenti.

Allo stato attuale dello sviluppo di Gravity Sketch, si può quindi dire che per ultimare la modellazione del concept, il passaggio ad un programma di modellazione tradizionale si rende ancora necessario sia in termini di facilità operativa sia per la presenza di una libreria di comandi più ampia che consente di raggiungere una qualità complessiva più elevata.

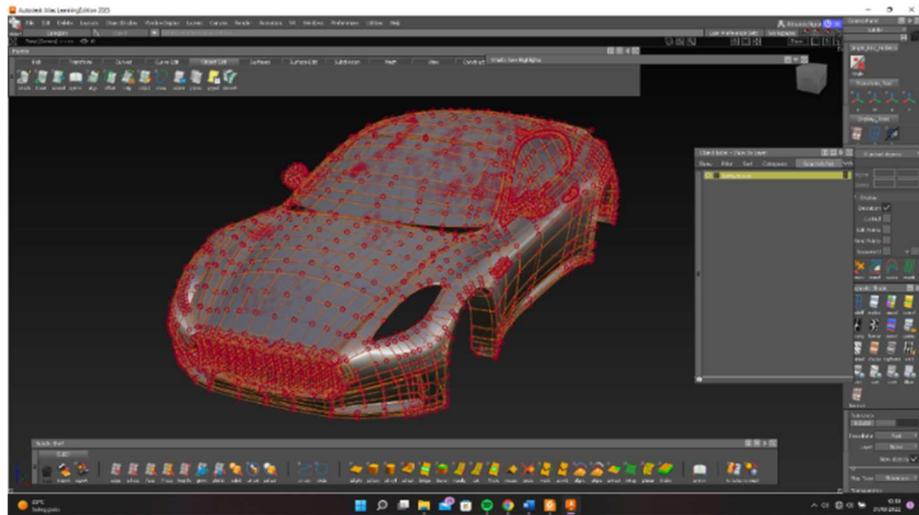


Figura 50 Panoramica dei punti di controllo presenti sul modello in Alias

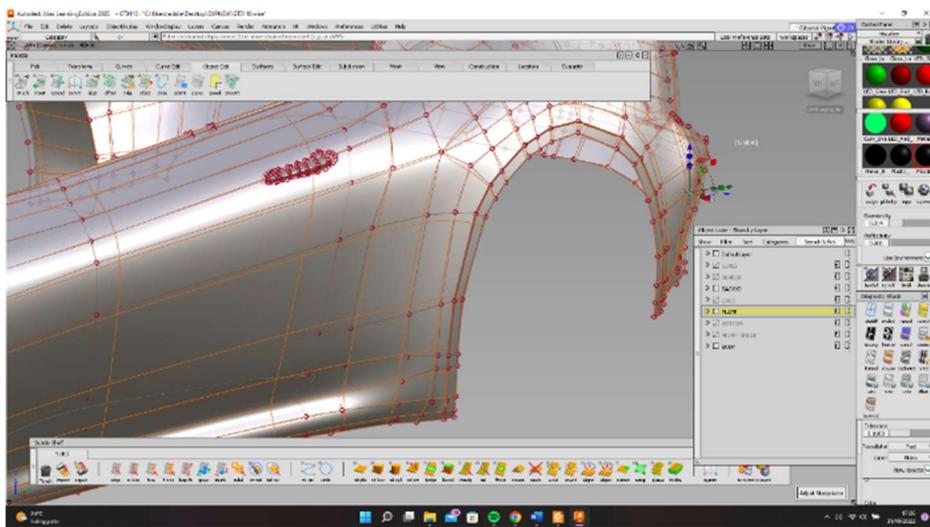


Figura 51 Particolare di una modifica in atto

6.6 Rendering

Realizzare un rendering consiste nel creare una rappresentazione digitale, principalmente statica, di come un prodotto appaia inserito nel contesto reale, assegnando alle sue diverse parti colori e caratteristiche dei materiali di cui son fatte, simulandone anche la presenza in contesti.

Lo scopo dei rendering è quello di poter veicolare nel modo più efficace ciò che il prodotto ha da esprimere al cliente; quindi, la composizione di queste scene digitali ha un forte studio delle componenti artistiche ed emozionali.

Il panorama dei software adoperati nella realizzazione di tali progetti è ampio e presenta diverse soluzioni di elevata qualità, quali Autodesk VRED, 3D Studio Max, Maya, V-Ray.

Nel caso studio è stato utilizzato Blender, col quale si sono realizzati diversi render all'interno di scene in studio.



Figura 52 Vista frontale

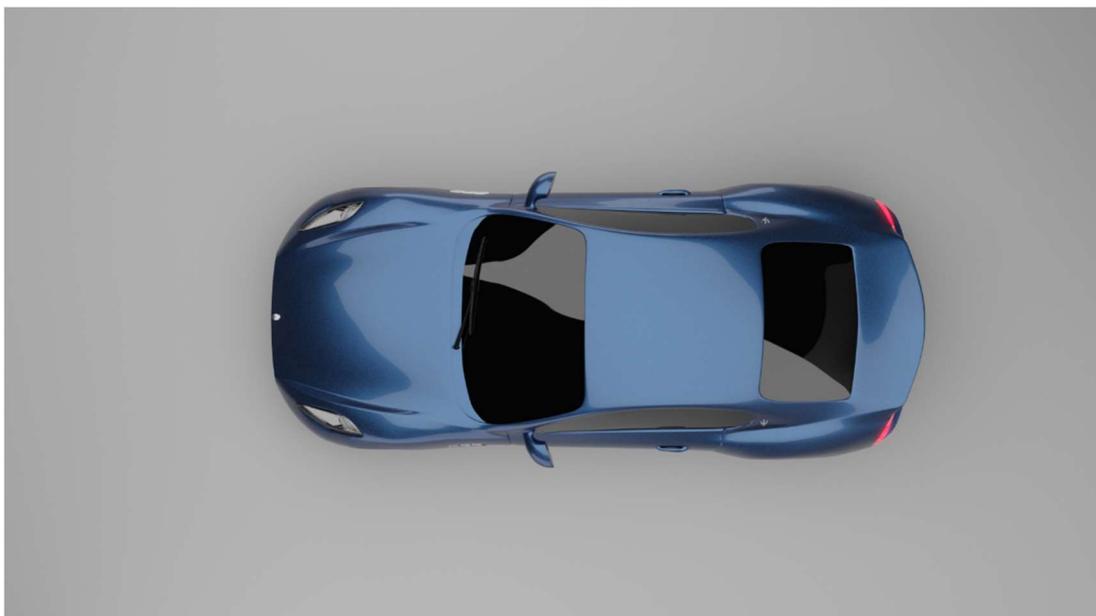


Figura 53 Vista superiore renderizzata



Figura 54 Vista di tre quarti



Figura 55 Render della GranTurismo in diverse colorazioni



Figura 56 Render della GranTurismo in diverse colorazioni

6.7 Rilievi dimensionali

In ultima analisi si riportano le viste ortogonali con riportate le quote principali della vettura.

Complessivamente l'automobile risulta lunga 4700 mm per un'altezza di 1354mm. La larghezza comprensiva di specchietti retrovisori è di 2116mm.

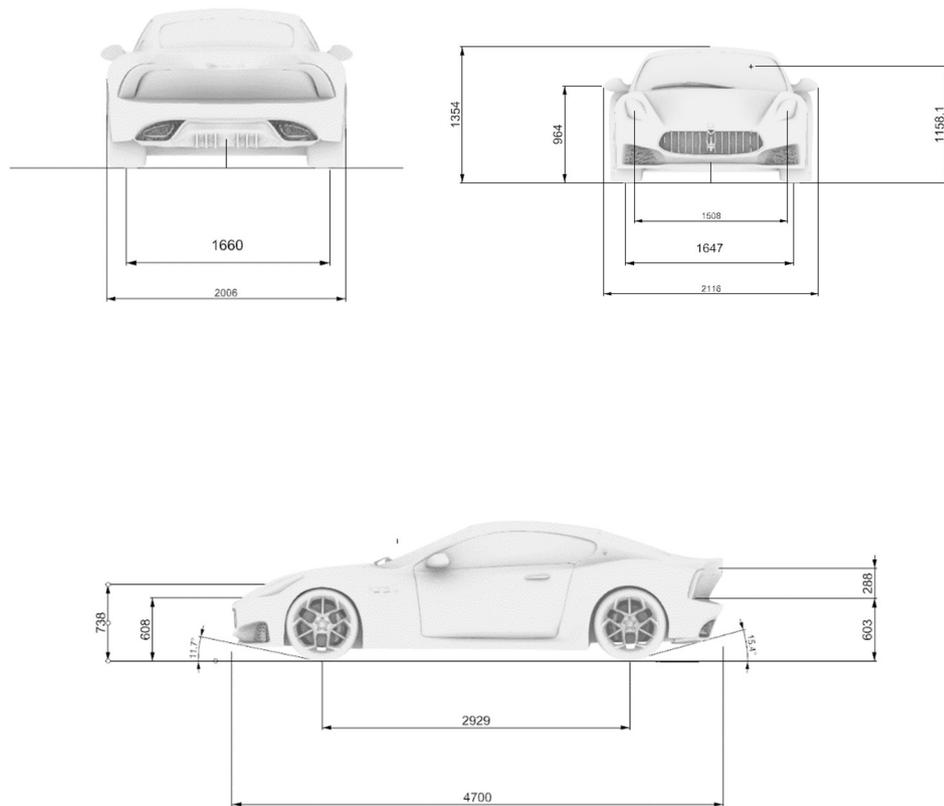


Figura 57 Quote Principali del veicolo

7 PROTOTIPAZIONE

7.1 Additive manufacturing

Seppur l'intero scopo dell'elaborato è stato quello di validare un modello digitale della vettura che potesse rappresentare in ambiente di realtà aumentata e virtuale il veicolo reale, con l'intento di ridurre al più l'impiego di risorse e tempo per la realizzazione di modelli fisici, la modellazione di *Maquette* in diversi fattori di scala rimane tuttavia un passaggio cruciale dello sviluppo di un nuovo veicolo. Questa permette la corretta valutazione per quanto riguarda la definizione delle curvature superficiali ottenute e ancor più per la gestione delle proporzioni dei diversi volumi. Con la crescente diffusione della prototipazione rapida, in particolare per la produzione di modelli in scala ridotta, la stampa 3D si è affermata come una delle tecnologie più valide e tra le diverse versioni di questa la tecnica di stampa la maggiormente diffusa è la FDM, *Fused Deposition Modeling*. Il modello viene realizzato mediante l'estrusione attraverso un ugello di un materiale polimerico fuso; il PLA e ABS sono i materiali maggiormente utilizzati.

7.1.1 Preparazione della stampa

Per eseguire la stampa del modello, si effettua una conversione del file delle superfici in formato .stl, stereolitografia. Nel farlo si va a semplificare la geometria del modello, eliminando quei particolari che possono risultare di difficile stampaggio. Inoltre, viene scomposto in diverse sotto parti: la scocca, il fondo e le ruote. Il modello semplificato viene poi importato all'interno di un software per eseguire lo *slicing* della geometria, Ultimate Cura.

All'interno del software si definiscono i diversi parametri con cui stampare il modello, la scala in cui produrlo e il posizionamento delle diverse parti che lo compongono sul piano di stampa in modo da ottimizzare l'operazione.

La stampante utilizzata è la *Anycubic Predator* che è caratterizzata da un piano di stampa circolare di diametro 370 mm; pertanto, si è scelto di stampare il modello in scala 1:20 per la quale il modello stampato avrà dimensioni 235 x 105 x 61.5 mm.

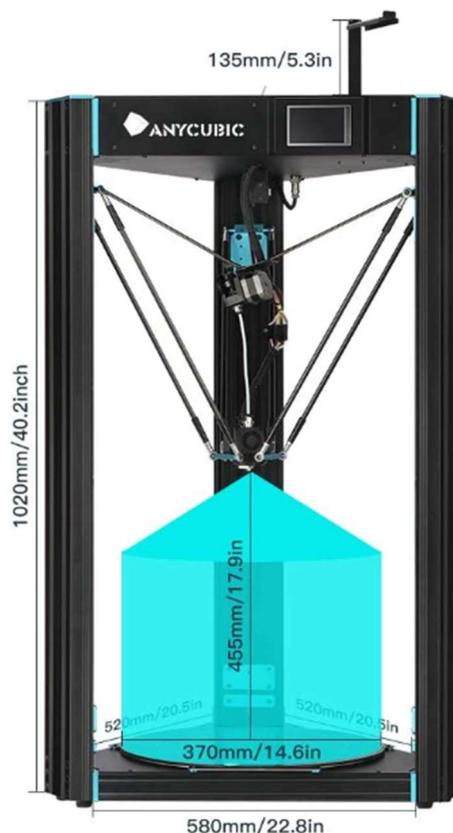


Figura 58 Stampante Anycubic Predator con specifiche dimensionali

I principali parametri di stampa impostati sono:

- *altezza del layer*: Parametro che descrive lo spessore di ogni strato depositato sul piano di stampa dall'estrusore. È strettamente ad altri parametri come per esempio la velocità, se imposta uno spessore di layer basso, la stampa sarà più lenta e di migliore qualità. 0.2mm è il valore scelto del setup di stampa;
- *velocità*: Le stampanti possono raggiungere velocità molto elevate a discapito della precisione di stampa; pertanto, si preferisce un valore conservativo per ottenere una migliore qualità. Si imposta a 50 mm/s;
- *infill*: La percentuale di riempimento interno della geometria stampata con una struttura ripetuta. In base al suo valore, il modello stampato avrà peso e resistenza differenti. Lo 0% rappresenta un oggetto totalmente cavo, il 100% un oggetto solido. Si è scelto 15% che corrisponde ad uno dei valori comunemente utilizzati;
- *temperatura*: Il materiale usato è PLA, termoplastico, per il quale è sufficiente raggiungere una temperatura di 200°C per la fusione. Anche la temperatura del piano di stampa deve essere impostata, per aiutare a favorire l'adesione dei diversi layer che sono soggetti ad un gradiente di temperatura dopo la deposizione. Si fissa a 205°C la temperatura all'estrusore e a 60°C quella per il piatto di stampa.

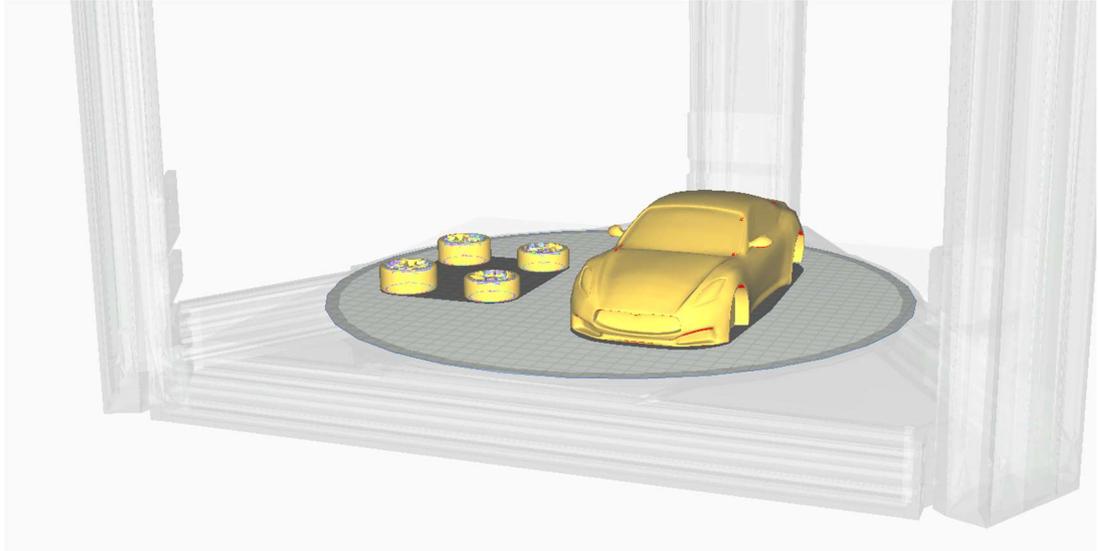


Figura 59 Posizionamento sul piatto stampa

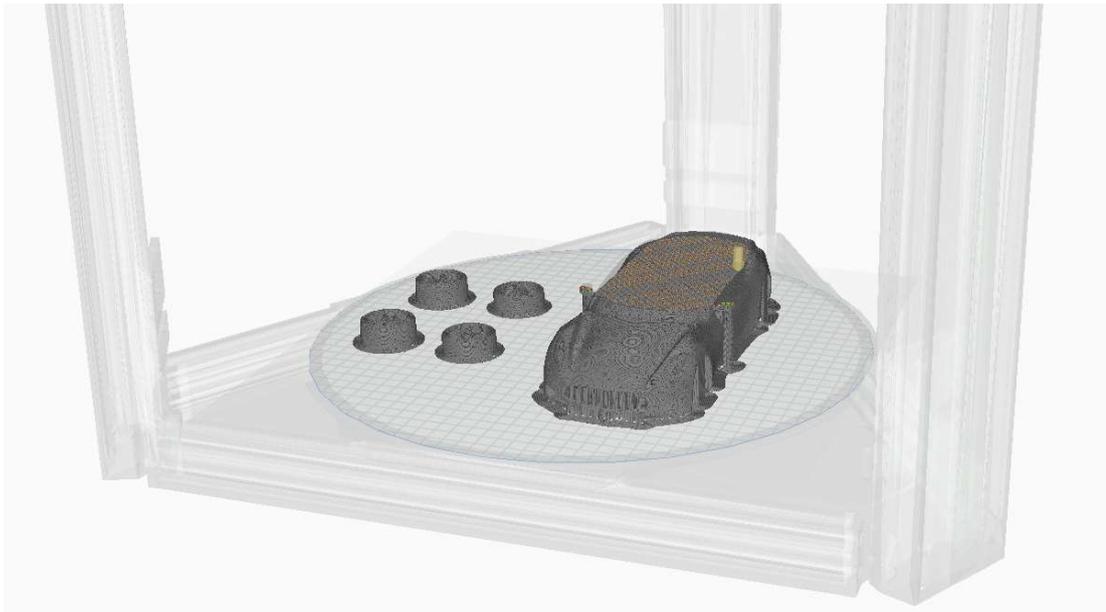


Figura 60 Anteprima della fase di stampaggio

7.2 Realtà Aumentata

Oltre alla visualizzazione del modello in scala immerso nel mondo reale attraverso la modalità *passthrough* del visore Quest 2 in bianco e nero, per avere un ulteriore riscontro del lavoro eseguito, si è passati a preparare un'applicazione che permetta di riprodurre il modello realizzato nella realtà. Per fare ciò si è adoperato l'ambiente di sviluppo Unity, un motore grafico utilizzato per la creazione di videogiochi e applicazioni AR e VR su diverse piattaforme.

Il principio alla base della creazione di contenuti AR è quello dell'*Overlay*, ovvero l'opportunità di sfruttare fotocamere e schermi di dispositivi mobili per catturare un'immagine del mondo reale nella quale viene inserito il modello 3D.

Per eseguire il corretto posizionamento dell'oggetto tridimensionale si utilizza un marker, un'immagine stampata, che consente al dispositivo di tracciare l'ambiente e collocare in maniera opportuna, sopra di essa, il modello digitale. Ciò è reso possibile da un pacchetto software aggiuntivo da implementare in Unity chiamato Vuforia.

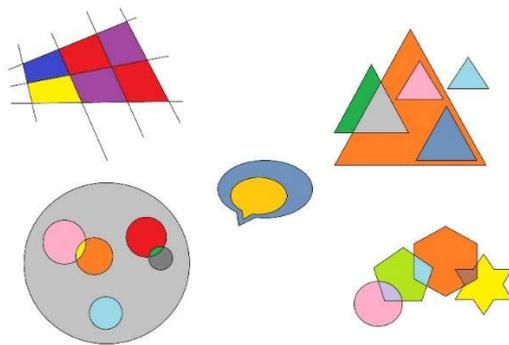


Figura 61 Image Target

Con esso si va a definire la *Image Target* alla quale il tracker si riconduce per mappare l'ambiente di visualizzazione. In esso, grazie alla *AR Camera* viene quindi individuato il marker ed elaborato il modello posizionato. Solo dopo aver definito tali strumenti si può importare all'interno di Unity il modello 3D in formato .fbx; al modello si possono apportare diverse regolazioni: scala, colori e luci ed ombre agenti su di esso, cercando

così di simulare al meglio le condizioni ambientali reali in cui il modello verrà inserito. Una volta terminata la fase di preparazione, abilitando un dispositivo mobile o la webcam di un computer alla riproduzione di contenuti AR ed inquadrando l'*Image Target*, si vedrà apparire il modello collocato sull'immagine stessa

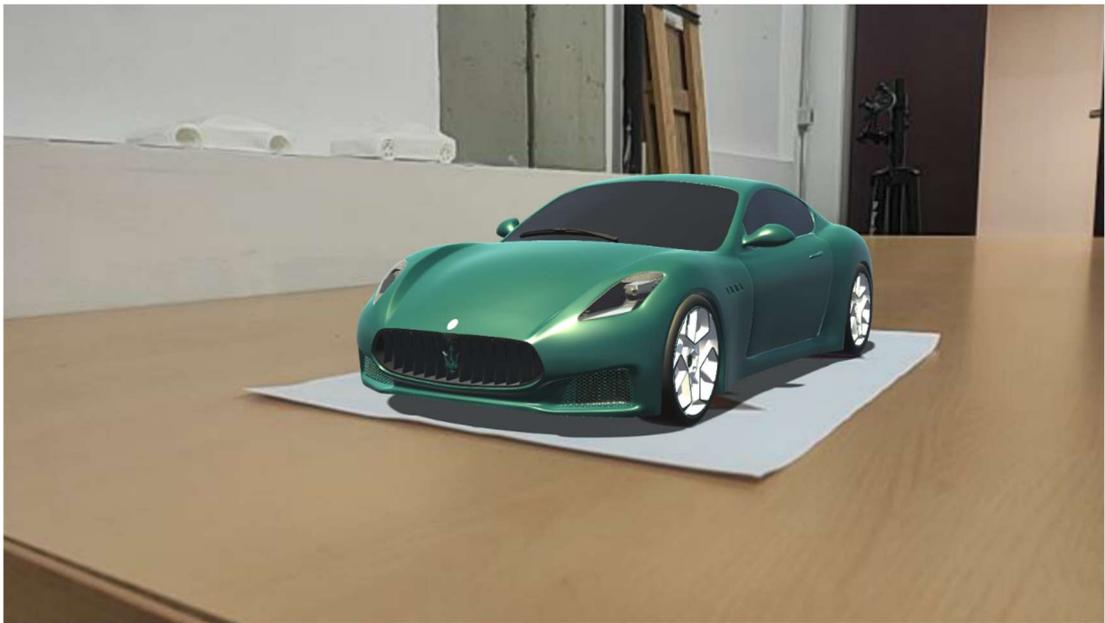


Figura 62 Visualizzazione in AR del modello

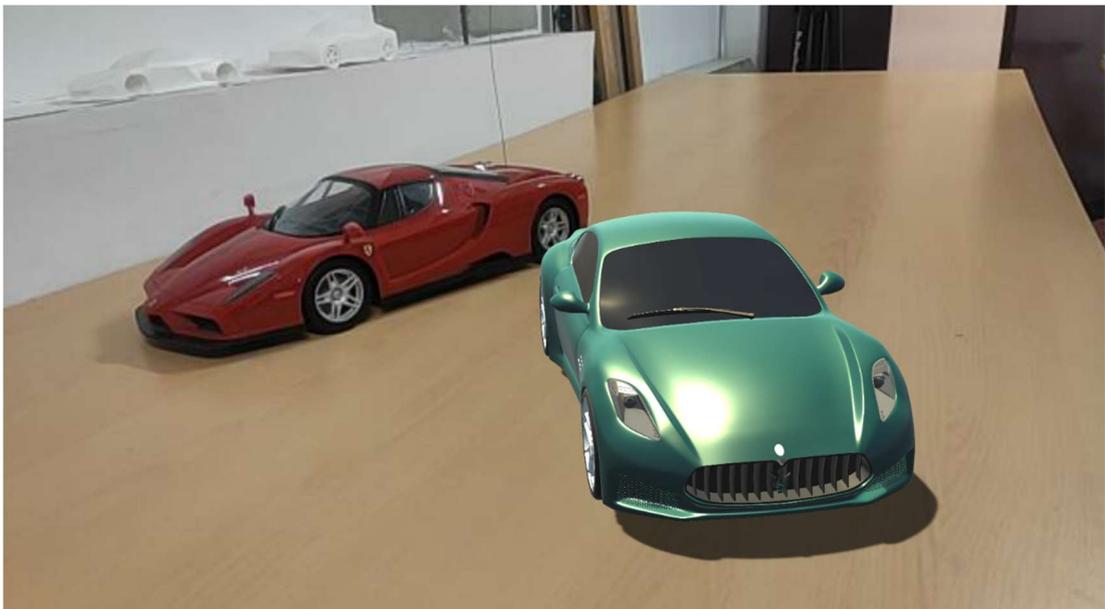


Figura 63 Confronto tra rappresentazione in AR e un modello fisico in scala

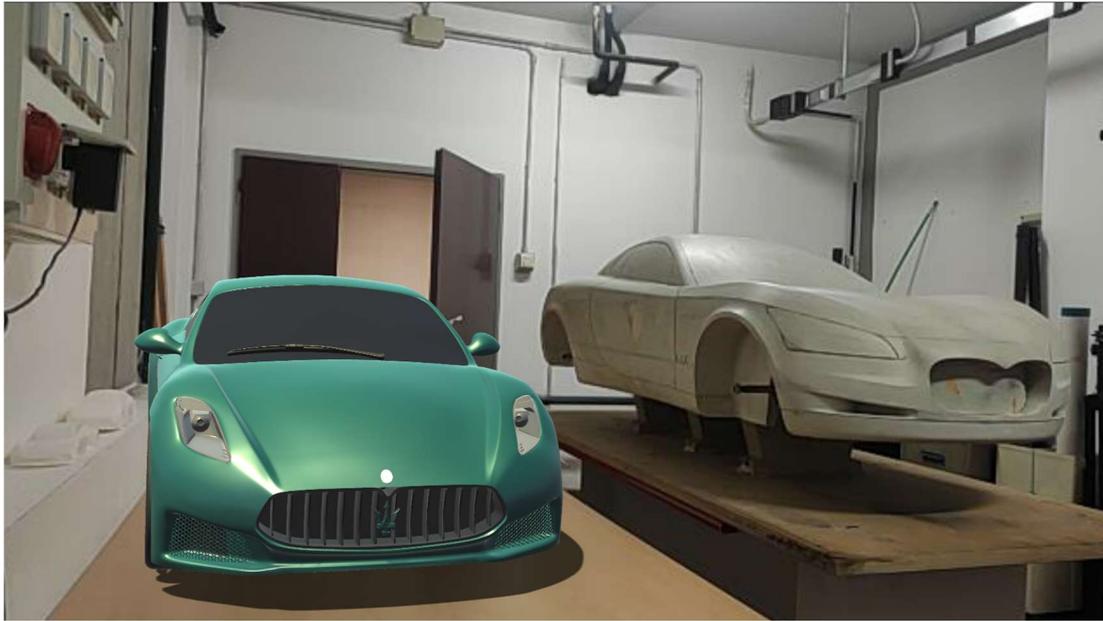


Figura 64 Accostamento al modello da cui il progetto è nato

8 CONCLUSIONI

Con il presente articolo si è presentato un approccio innovativo alla affermata metodologia dello SDE per la ricerca e sviluppo del concept di un nuovo veicolo attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie AR e VR. I benefici apportati da queste sono risultati essere di forte impatto in ogni fase del progetto: dalla possibilità di poter lavorare durante la ricerca con modelli in scala 1:1, non necessitando di averli fisicamente a disposizione, fino alla modellazione delle superfici, in cui lavorare sempre su un modello a grandezza reale si è dimostrato determinante per avere sempre un riscontro immediato di come potessero apparire le forme del veicolo nella realtà, senza dover attendere la realizzazione di una maquette. L'opportunità di svolgere intere e diverse fasi di progetto non dovendo cambiare spazi e strumenti per eseguire le diverse attività, ha permesso un importante risparmio in termini di tempo e di gestione delle risorse. Infine, lavorare sì in un ambiente virtuale, ma nel quale si potesse facilmente interagire con altre persone, ha facilitato il confronto e la presentazione dei progressi ottenuti nel tempo. Molti sono stati i concetti e procedimenti appresi durante lo svolgimento del progetto ed è sempre stato fin da subito evidente come molti, trattando aspetti molto pratici o che necessitano di un riscontro pratico per essere ben comprese, siano risultati di più facile apprendimento venendo illustrati con mezzi in realtà virtuale. Per concludere, non poche sono state le idee emerse per future possibilità di sviluppo del metodo così applicato e di potenziali ulteriori implementazioni della realtà virtuale in differenti processi e metodi di progettazione e prototipazione.

9 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- S.Macey, G. Wardle, "H-Point: The Fundamentals of Car Design & Packaging" Design Studio Press, 2014
- F. Filippini e G. Ferraresi, "Curve. 15 lezioni sul car design. Ediz. Illustrata", Rizzoli Lizard, 2021
- A. Liverani, *Lezioni di vehicle virtual design 2019*
- L. Frizziero, *Lezioni vehicle virtual design 2020*
- Rebelo, F., Duarte, E., Noriega, P., & Soares, M. M. (2011). Virtual reality in consumer product design: methods and applications. In *Human factors and ergonomics in consumer product design* (pp. 381-402). CRC Press.
- Zimmermann, P. (2008). Virtual reality aided design. A survey of the use of VR in automotive industry. In *Product engineering* (pp. 277-296). Springer, Dordrecht.
- Berni, A., & Borgianni, Y. (2020). Applications of virtual reality in engineering and product design: Why, what, how, when and where. *Electronics*, 9(7), 1064.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Vlah, D., Čok, V., & Urbas, U. (2021). VR as a 3D modelling tool in engineering design applications. *Applied Sciences*, 11(16), 7570.
- Donnici, G., Frizziero, L., Liverani, A., Galiè, G., & Lelli, F. (2019, March). A new SUV conceived by stylistic design engineering (SDE). In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bangkok, Thailand* (Vol. 5, No. 7).
- Wronecki, J. (2007, June). Surface modeling techniques for automotive and product design. In *2007 Annual Conference & Exposition* (pp. 12-1334).
- Kamińska, D., Sapiński, T., Aitken, N., Della Rocca, A., Barańska, M., & Wietsma, R. (2017). Virtual reality as a new trend in mechanical and electrical engineering education. *Open Physics*, 15(1), 936-941.

- Berg, L. P., & Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual reality*, 21(1), 1-17.
- M. Higgins, "Riding High: Auto Makers Jack Up the Car Seat New Sedans Offer Drivers An SUV-Like Higher Ride; Finding Your Ideal 'H-Point', The Wall Street Journal, 2004
- <https://www.encyclopedia.com>
- <https://www.gravitysketch.com/>
- <https://knowledge.autodesk.com>
- <https://pininfarina.it/en/work/maserati-granturismo>
- <https://www.maserati.com>